

NOTA TÉCNICA

## Análisis de rendimiento y desempeño de un tractor adaptado para la extracción de leña en un sistema silvopastoril

*Yield and performance analysis of a tractor adapted for the extraction of firewood in a silvopastoral system*

de Bedia, G. R.<sup>1</sup>; W. Cassino<sup>2</sup>; J. García<sup>3</sup>; R. Cortez<sup>1</sup>;  
A. Chávez<sup>1</sup>; R. Ibáñez<sup>1</sup> y R. López<sup>1</sup>

Recibido en noviembre de 2019; aceptado en septiembre de 2021

### RESUMEN

Tradicionalmente la extracción forestal de leña en el Chaco Semiárido, es ejecutada de manera precaria con implementos de escaso desarrollo tecnológico y exigua ergonomía. El empleo de máquinas agrícolas durante el aprovechamiento forestal, ocasiona un alto impacto ambiental sobre la vegetación remanente. Con la intención de minimizar los daños sobre los árboles en pie, se plantea la necesidad de diseñar nuevas alternativas mecanizadas. El objetivo de este estudio, es analizar el rendimiento y desempeño de un tractor de pequeño porte adaptado para operaciones forestales durante el transporte primario incorporando un trineo forestal. El trabajo tuvo lugar en un bosque bajo manejo de sistema silvopastoril, localizado en la región del Chaco Semiárido de Argentina, departamento Silípica, provincia de Santiago del Estero. Se registraron tiempos operativos de noventa ciclos de trabajo, rendimientos y distancias durante el aprovechamiento forestal. El material leñoso obtenido se cubió de forma directa en las playas de acopio. Los resultados obtenidos del análisis, muestran que durante el ciclo de extracción la actividad que mayor tiempo insume es la "Carga" (0:03':19"), seguido de la "Descarga" (0:02':21") y tanto el "Transporte vacío" como el "Transporte cargado" (0:01':29"0) se mantienen similares, sumando un tiempo promedio por ciclo de trabajo de 0:08':39". La distancia total y media recorrida por ciclo de trabajo neto fue de 325,6 m y 162,8 m; en donde la velocidad media de traslado obtenida fue de 7,5 km/h. El rendimiento promedio de extracción de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto, fue de 1,02 metros cúbicos estéreos/viaje, lo que representa aproximadamente 650 kg/viaje. En virtud a las características y capacidades del equipo utilizado, el desempeño del equipo se encuentra dentro de un rango razonable, con amplias posibilidades de mejoras.

**Palabras clave:** Transporte primario; Chaco Semiárido; Tiempos operativos

### ABSTRACT

Traditionally, the forest extraction of firewood in the Semi-arid Chaco is carried out in precariously with implements of little technological development and meager ergonomics. The use of agricultural machines during forest harvesting causes high environmental impact on the remaining vegetation. Aiming at minimizing the damage to standing trees, the need to design new mechanized alternatives arises. The objective of this study is to analyze the yield and performance of a small tractor adapted for forestry operations during primary transport by incorporating a forest sled. The work was located in a forest managed by the silvopastoral system in the Semi-arid Chaco region of Argentina, Silípica Department, Province of Santiago del Estero. Ninety working-cycle operating systems, yields and distances were recorded during forest harvesting. The woody material obtained was directly cubed on the store yards. The results show that in the extraction cycle the longest activity is "Loading" (0: 03 ': 19"), followed by "Downloading" (0: 02 ': 21") while both "Empty Transport" and "Loaded Transport" (0: 01 ': 29 ")0 remain similar which adds an average time of 0: 08 ': 39" per duty cycle. The total and average distance covered was of 325.6 m and 162.8 m per net working cycle, where the mean transfer speed obtained was of 7.5 km / h. The average yield of wood extraction as firewood per net working cycle was of 1.02 stereo cubic meters / trip, which represents approximately 650 kg / trip. According to the characteristics and capabilities of the equipment used, its performance lays within a reasonable range, with ample room for improvement.

**Keywords:** Primary transport; Semi-arid Chaco; Operating times

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Santiago del Estero. Jujuy 850. (4200) Santiago del Estero, Argentina. E-mail: gonzadebedia@gmail.com

<sup>2</sup> Nodo Forestal Norte 2. Dirección Nacional de Bosques (DNB), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). Independencia 2462 PB. (CP 4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>3</sup> Becario CONICET

## 1. INTRODUCCIÓN

La operación de aprovechamiento forestal en la Región del Chaco Semiárido cobra características particulares, principalmente por las limitantes que imponen los aspectos biofísicos del paisaje, entre los cuales se pueden mencionar el bajo volumen de productos aprovechables por hectárea, el relieve llano, las características de suelos con baja estabilidad estructural y la alta densidad del estrato arbustivo.

El transporte primario es la fase del aprovechamiento forestal en la cual se realiza el movimiento del producto forestal obtenido desde el pie del árbol hasta una playa de acopio y carga, quedando disponible para la fase posterior (Daniluk, 2011; Heikkila s.f.).

Históricamente, la operación tradicional de extracción conocida localmente como *rodeada*, se realizaba por medio de un carro de dos ruedas denominado *zorra*, traccionada por una mula (Turc y Mazzucco, 1995). Desde hace algunos años esta modalidad de extracción es cada vez menos frecuente, utilizando en su lugar un tractor agrícola sin ninguna modificación adicional, con uno o dos acoplados que ingresan dentro del monte para realizar el transporte desde el pie del árbol hasta su destino final. Esta opción mecanizada de transporte con tractores agrícolas, conviene ya que las trozas aprovechadas son de escaso volumen, el terreno no es abrupto y en la zona es más fácil conseguir estas máquinas agrícolas, que máquinas forestales especializadas (Dykstra y Heinrich, 1996).

Para el ingreso de estos equipos en el monte es necesaria la apertura de una trocha de rodamiento superior a los cinco metros de ancho. La eliminación de la vegetación para la apertura de la vía de circulación del equipo, genera un impacto mayor sobre la masa forestal remanente que el apeo de los árboles aprovechados. No cumpliendo así, el objetivo de provocar el menor daño posible a los árboles que quedan en pie y a los brinzales que podrían ser aprovechados a futuro (Daniluk, 2011).

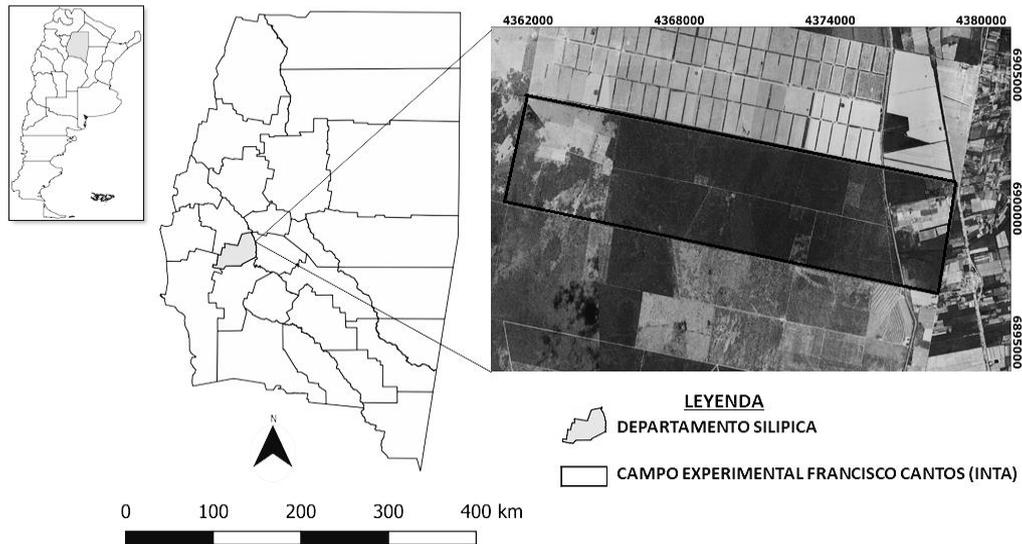
Con el propósito de experimentar otra alternativa mecanizada y de bajo impacto ambiental, para la extracción forestal en un sistema silvopastoril, se realizó el análisis del *transporte primario* o *rodeada* utilizando un tractor de pequeño porte adaptado para las operaciones forestales y un trineo construido con materiales locales.

El objetivo de este trabajo fue analizar el rendimiento y desempeño del equipo utilizado durante el transporte primario de leña en un sistema silvopastoril de la Región del Chaco Semiárido de Argentina.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental “Ingeniero Francisco Cantos” de la Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero, Argentina ubicado a 29 km al Sur de la ciudad Capital de Santiago del Estero, Departamento Silípica; con su acceso principal sobre la Ruta Nacional N° 9, en el kilómetro 1.108.



**Figura 1.** Área de estudio: Campo Experimental Ingeniero Francisco Cantos, Departamento Silípica, Santiago del Estero, Argentina.

## 2.2 La vegetación, el monte y su manejo

La vegetación está representada por las unidades fisonómicas características del Chaco Semiárido: bosque, parque, arbustal y pastizal. Los bosques presentan una matriz de cobertura arbórea de 12 m a 18 m, con un estrato arbustivo inferior de hasta 3 m a 4 m de altura total. Las especies arbóreas dominantes son *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlttl. (quebracho blanco) y *Schinopsis quebracho colorado* Schlttl. (quebracho colorado), mientras que entre los arbustos se destacan por su dominancia *Acacia furcatispina* Burkart. (teatín), *Celtis pallida* Toor. (tala) y *Capparis atamisquea* Kuntze. (atamisqui) (Equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, 2012).



**Figura 2.** Fisonomía del bosque en el área de estudio.

En el año 2012, el equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, realizó un Inventario Forestal en el sitio de estudio, empleando parcelas circulares de 3.000 m<sup>2</sup> y se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 1.** Parámetros estadísticos del muestreo para el área basal.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Media (m <sup>2</sup> /ha)	7,57
Desvío estándar (m <sup>2</sup> /ha)	2,14
Coefficiente de variación (%)	28,33
Valor t Student	2,00
Error de muestreo (%)	7,88

En valores promedios, el bosque tiene una abundancia de 541 individuos/ha de árboles mayores a 5 cm de diámetro altura pecho (DAP), y 151 individuos/ha de árboles mayores a 10 cm de DAP.

En cuanto al volumen de la masa, las existencias maderables expresadas en metros cúbicos sólidos por hectárea (m<sup>3</sup>/ha) son: quebracho blanco 25,89; algarrobo negro 3,53; quebracho colorado 16 y mistol 33,88; representando un total de 49,3. (Equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, 2012).

En este espacio, los objetivos de producción fueron:

1. Aprovechamiento de madera para dendroenergía (leña y/o carbón) y para aserrío en industria propia (carpintería de obra y rústica).
2. Producción de carne en manejo silvopastoril.

En cuanto a la intervención del monte, se realizó un rolado selectivo de baja Intensidad (Kuntz *et al.*, 2011) con una pasada, luego se realizó la marcación de poda y raleo empleando la aplicación móvil SilvoINTA (Navall, 2011) y la corta forestal aplicando el método silvícola del Árbol Futuro (MAF) propuesto por Gómez *et al.*, (2012).

Por otro lado, se incorporó como criterio de corta la restricción establecida en cuanto a la intensidad de la intervención, que permite una corta de hasta el 30 % del área basal.

### 2.3 Equipo

Se utilizó un tractor Valpadana 2536 RS de fabricación italiana, tipo viñatero, con una potencia de 36 HP, adaptado para su utilización en tareas forestales. Las modificaciones principales tienen que ver con protecciones de las partes más vulnerables del equipo, para evitar roturas frecuentes y trabajar con cierta efectividad en un ambiente forestal. Los neumáticos están provistos de una cubierta metálica articulada y el frente o trompa del tractor tiene una protección metálica. Esto es particularmente importante en Santiago del Estero, donde los bosques tienen un denso estrato arbustivo y un ambiente muy agresivo (ramas, espinas, etc.).

El tractor se complementó con un trineo de 1,5 m de largo por 0,80 m de ancho, construido con madera local. En el mismo, las uniones de las piezas se realizaron con anclajes metálicos. El trineo trabaja por arrastre, como un remolque sobre el cual se dispone totalmente suspendida la carga.



**Figura 3.** Equipo utilizado durante actividad de extracción primaria (tractor adaptado con trineo).

El transporte primario fue realizado por 5 operarios en total, de los cuales dos operarios se encontraban en cada punto de carga, dos operarios en cada zona de descarga y el operador del tractor quién colaboró en la acción de enganche y desenganche del trineo.

#### 2.4 Registro de tiempos, rendimientos y distancias

Los tiempos fueron medidos mediante un cronómetro manual Modena modelo STOPWATCH MS – 101, empleando el método de “tiempo individual” (Stohr y Leinert, 1978) y registrando los valores en minutos y segundos en un formulario preestablecido. Se registraron los tiempos parciales de noventa (90) ciclos de trabajo neto, conformados por las actividades: transporte vacío – carga – transporte cargado – descarga. Los límites para registrar los tiempos operativos en cada actividad se definieron de la siguiente manera:

Transporte vacío: se considera desde el inicio de cada ciclo cuando el equipo mecanizado inicia su marcha y termina al detener la marcha en cada punto de carga.

Carga: se considera desde que el equipo mecanizado detiene la marcha en cada punto de carga hasta iniciada la marcha de regreso, incluyendo el acomodamiento del trineo y la carga propiamente dicha sobre el mismo.

Transporte cargado: se considera desde que el equipo mecanizado inicia la marcha cargado, hasta que llega y detiene la marcha en la playa de acopio.

Descarga: se considera desde que el equipo mecanizado está estático y termina la descarga en la playa de acopio para iniciar un nuevo ciclo. Tanto las actividades de carga, cómo descarga se realizaron en forma manual.

Se midió la distancia recorrida por ciclo, haciendo uso de un dispositivo GPS de mano marca Garmin modelo MAP Serie 64. El mismo, fue montado en el equipo mecanizado, el cual se activó al inicio y desactivó al final de las jornadas laborales. Se registró la distancia total y fraccionó por el número de ciclos completados en nueve (9) jornadas laborales de 8 horas.

#### 2.5 Aprovechamiento forestal

El material extraído fue madera maciza en forma de leña mezcla de las siguientes especies: quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y mistol (*Ziziphus mistol*). Las piezas de leña fueron de diámetros variables y longitud de un metro, como así también rollos de diversas dimensiones. El material obtenido se cortó y estibó individualmente al pie de los individuos abatidos. La extracción del material se realizó hasta 4 playas de acopio estratégicamente distribuidas. En cada playa se realizó la estiba del material para poder realizar las mediciones de volumen.

Luego de cada jornada laboral, se midió con cinta métrica metálica de 5 metros, en forma directa, el volumen en metros estéreos para leña y cúbicos para rollos.

La información recabada se sistematizó, el posterior análisis consistió en el cálculo del promedio y la desviación estándar. Se complementó con gráficos y agrupación de frecuencias. Para ello, se utilizó el software de licencia libre (Infostat) y planilla electrónica de libros MS - Excel.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### a) Tiempos empleados por actividad y totales

**Tabla 2.** Tiempos promedios por actividad de los ciclos de trabajo netos.

<b>Actividad</b>	<b>Valor</b>
Transporte vacío	0:01':29"
Carga	0:03':19"
Transporte cargado	0:01':29"
Descarga	0:02':21"
<b>Total</b>	<b>0:08':39"</b>

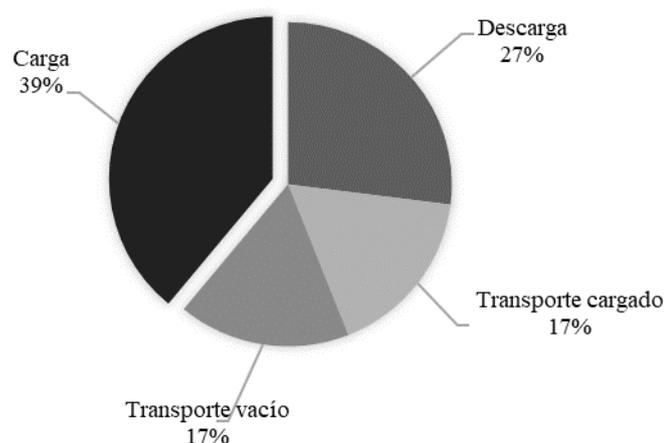
Según Tabla 2, la actividad del ciclo de extracción que más tiempo consume es la “Carga” (0:03':19”), seguido de la “Descarga” (0:02':21”) y tanto el “Transporte vacío” como el “Transporte Cargado” (0:01':29”) se mantienen iguales. Sumando un tiempo promedio por ciclo de trabajo de **0:08':39”**.

**Tabla 3.** Desviaciones respecto al tiempo medio de los ciclos de trabajos netos.

<b>Tiempo mínimo</b>	<b>Tiempo medio</b>	<b>Tiempo máximo</b>
0:06':54"	0:08':39"	0:10':24"

Los valores mínimos, medios y máximos de los tiempos promedios por ciclo de trabajo son **0:06':54”**, **0:08':39”** y **0:10':24”**, respectivamente. Presentando una desviación respecto a la media de **0:01':45”** por ciclo de trabajo, como se presenta en la Tabla 2. Sin embargo, estos resultados difieren con estudios previos en los que se plantea un tiempo de **5'** para el “ciclo medio de extracción” de leña con mula y zorra, (Turc y Mazzucco, 1995).

La distribución porcentual de las actividades en el ciclo de trabajo se presenta en la Figura 4.



**Figura 4.** Participación porcentual de los tiempos por actividad del trabajo.

Como puede observarse, se verifica un mayor tiempo en la actividad de carga (39 %), seguido por la descarga (27 %) y por último el tiempo de los traslados (17 %) son similares. Concentrando un 66 % del tiempo invertido en las dos primeras actividades.

En función de los resultados obtenidos y comparando los valores de los tiempos de “carga” y “descarga”, se podría suponer que el valor del tiempo de “carga”, es mayor por el acomodamiento del trineo en cada punto, que por la carga propiamente dicha sobre el mismo.

En cuanto a la paridad en los resultados obtenidos entre el “transporte vacío” y “transporte cargado,” y asumiendo que el “transporte cargado” tiene una velocidad menos de traslado neto, se podría suponer que la igualdad en los valores resultantes, se explican por la elección de la vía de saca para llegar a cada punto de “carga” (pila de madera de árbol apeado a podado).

#### **b) Distancias recorridas y velocidad de traslado por ciclo de trabajo neto**

La distancia total y media recorrida por ciclo de trabajo neto, fue de 325,6 m y 162,8 m, representando una distancia media de recorrido superior a la obtenida por (Turc y Mazzucco, 1995), que registraron 54 m para este valor de variable en extracción con mula y zorra, lo cual estaría explicando la diferencia en la duración del ciclo de extracción.

En un esquema de planificación para la producción de carbón en hornos fijos, es normal la distancia entre los caminos secundarios de 500 metros, dando una distancia media de transporte primario para la leña, de entre los 100 metros a 150 metros (FAO, 1983), lo que representa valores no muy alejados a los obtenidos en la experiencia.

La velocidad media de traslado obtenida fue de 7,5 km/h. Si esta labor se realizara por arrastre con mulos, según (Peraza, 1964) estaría en el orden de los 3,96 km/h, lo que representa menos de la mitad de lo registrado. Si esta misma faena se realizara con mula y zorra, según (Turc y Mazzucco, 1995), la velocidad de traslado sería de 0,65 km/h, lo que representa un valor claramente inferior a lo registrado.

Por otro lado, generalmente los tractores empleados en trabajos de extracción por arrastre son de mayor potencia que el empleado en esta experiencia y se toma de referencia entre 30 km/h de velocidad para transporte vacío y 4 km/h para transporte cargados (Daniluck, 2011). Lo cual representa una velocidad media de traslado del orden de los 17 km/h, lo que sería 2,2 veces superior a lo alcanzado.

### c) Rendimiento de transporte primario de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto

El rendimiento promedio de transporte primario de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto, fue de 1,02 metros cúbicos estéreos/viaje o ciclo de trabajo, lo que representa aproximadamente 650 kg/viaje y es coincidente con los rendimientos del trabajo con mulo y zorra (Turc y Mazzuco, 1995). El volumen promedio por ciclo se vio limitado por la potencia del tractor, ya que cuando se cargaron volúmenes más altos, se imposibilitaba el arrastre del trineo.

## 4. CONCLUSIONES

- I. En función de las características, capacidades del equipo y condiciones ambientales de trabajo, el desempeño del equipo empleado se encuentra dentro de un rango razonable tomando como parámetro la misma actividad ejecutada con zorra.
- II. La “carga” y “descarga”, se presentan como las principales actividades limitantes, dónde se debe poner especial atención si se busca destinar recursos para mejorar los rendimientos en el tiempo de trabajo.
- III. La incorporación de un sistema de carga suspendida (acoplado) de bajo costo y acondicionado a las exigencias y capacidades del tractor, podría ser una herramienta de impacto positivo inmediato, en las actividades de “descarga” y “transporte”. De esta manera, también se podría mejorar la productividad de la operación, al posibilitar una mayor capacidad de carga sobre el remolque.
- IV. Es factible destinar una menor dotación de mano obra en el equipo de trabajo, designando un operario fijo en la actividad de “carga”, otro operario para la “descarga” y una mayor participación del operador del tractor en ambas actividades.

Por otro lado, se cree necesario plantear como hipótesis de trabajo futuro, la baja incidencia en el ambiente, la sustentabilidad económica y fácil adaptación de esta tecnología de extracción forestal en un sistema silvopastoril de éste y otros ambientes similares.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta iniciativa se hizo posible con el apoyo del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), Dirección General de Bosques y Fauna de Santiago del Estero, Grupo Producción Forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, en el marco del Plan de Manejo y Conservación de Bosques del Campo Anexo “Francisco Cantos”, financiado por la Dirección General de Bosques y Fauna de la Provincia, con fondos de la Ley Nacional N°26.331.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daniluk, G. 2011. *Sistemas de Saca, Madereo o Desembosque*. Apuntes de Apoyo a la Docencia en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Universidad de Valladolid. [En línea] Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~forestal/cursos/tecmadera/Gustavo/SISTEMAS%20DE%20SACA.pdf>.
- Dykstra D. P. y R. Heinrich, 1996. *Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO*. Capítulo 5 - Las operaciones de saca. FAO. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/v6530s/v6530s08.htm#TopOfPage>.

- Equipo forestal EEA INTA Santiago del Estero. 2012. *Informe técnico interno sobre inventario forestal en Campo Experimental Ing. Agr. Francisco Cantos*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1983. Estudio Montes: N° 41 – *Métodos simples para fabricar carbón vegetal*, Capítulo 3. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/X5328S/X5328S04.htm#s>.
- Gómez, C.; M. Brassiolo; S. Kees; A. Guzmán. 2012. Efectos de diferentes intensidades y métodos de corta sobre la regeneración del Bosque Alto del Chaco Húmedo *Quebracho* 20(1-2):60-67 Universidad Nacional de Santiago del Estero Santiago del Estero, Argentina.
- Heikkila, T. A. S.f. *Transporte de madera*. Proyecto CEMAPIF. [En línea] Disponible en: [https://pdfhoney.com/compress-pdf.html?queue\\_id=60f876db42187340548b456f](https://pdfhoney.com/compress-pdf.html?queue_id=60f876db42187340548b456f)
- Kuntz, C. R.; R. R. Ledesma y J. M. Navall. 2011. *RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad*. [En línea] Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/rbi-rolado-selectivo-de-baja-intensidad>
- Navall, J. M. 2011. *SilvoINTA: una aplicación móvil para asistir la Silvicultura de Bosques Irregulares*. [En línea] Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/silvointa-una-aplicacion-movil-para-asistir-la-silvicultura-de-bosques-irregulares>
- Peraza, C. 1964. *Técnicas de Desembosque: Desembosque con tracción animal*. [En línea] Disponible en: <http://infomadera.net/modulos/revista.php?id=10>
- Stohr G. W. D. y S. Leinert. 1978. *Importância e aplicação do estudo do trabalho*. [En línea] Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR7902185>.
- Turc, C. O. y R. V. Mazzucco, 1995. Caracterización de los sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en los montes Santiagueños. *Quebracho* 6:59-68.

