

RENDIMIENTOS Y COSTOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL ALGARROBO BLANCO EN SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA

Marta Coronel de Renolfi¹⁴

Importancia del algarrobo

Las especies del género *Prosopis* son arbustos de tamaño mediano o árboles que pueden llegar a tener una altura de 12 m, con troncos de más de un metro de diámetro. Su alta adaptabilidad a diferentes suelos hace de los “algarrobos” un importante agente recuperador de la capacidad productiva de los mismos (Barrios, 2009).

Los “algarrobos” son especies muy plásticas que se adaptan a diversas condiciones, ambientes y sistemas productivos. Contienen gran variabilidad genética, por lo que dentro de una población de algarrobos se encuentran individuos con comportamientos disímiles: florecen y fructifican en épocas diferentes y crecen a ritmos distintos. Esta variabilidad es una garantía frente a los cambios externos y permite mejorar notablemente ciertos atributos deseables como lograr mayor producción de frutos y mayor crecimiento maderero.

La cantidad de usos alternativos y la plasticidad de los *Prosopis* los convierten en un excelente aliado de cualquier sistema de producción agropecuaria de zonas semiáridas. Son ideales como componente de sistemas productivos múltiples tales como los sistemas silvopastoriles.

En particular, la especie algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) crece naturalmente al Norte de Argentina, en la región del Chaco Semiárido, región a la que pertenece casi toda la provincia de Santiago del Estero. La madera de esta especie es muy apreciada para mueblería, carpintería de obra, parquet y revestimiento debido, entre otras cualidades, a su excelente veteado y su

¹⁴ Cátedra de Economía Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: mrenolfi@unse.edu.ar

nobleza, que permite el procesamiento sin necesidad de secado. Su creciente utilización también para leña, forraje y alimentos hace que este recurso forestal sea explotado de manera irracional (Juárez de Galíndez *et al.*, 2005). Como consecuencia, el bosque se encuentra degradado y limitado para atender las necesidades de un mercado altamente insatisfecho. Para cubrir este déficit entre oferta y demanda es necesario disponer de bosques implantados con esta valiosa especie. Esta realidad sumada a la existencia de grandes superficies inactivas con aptitud forestal en el área de riego de Santiago del Estero, justifican emprender acciones para recuperar estas zonas mediante el cultivo de bosques productivos de algarrobos (Ledesma *et al.*, 2008).

La Ley Nacional 25.080/99 (y su modificatoria Ley 26.432/08), Ley de Inversiones para Bosques Cultivados, promueve la forestación en todo el país con especies maderables nativas o exóticas, constituyendo una herramienta importante para incentivar el cultivo de esta especie.

La actividad de forestación en Santiago del Estero es una alternativa de producción que ha tomando auge en los últimos años y el algarrobo blanco es una de las especies promocionadas en la provincia para realizar plantaciones comerciales. En el marco de los beneficios económicos de la mencionada ley, un productor puede presentar su plan de forestación y solicitar el subsidio respectivo, que consiste en un reintegro económico a plantación lograda, cuyo monto varía según zona, especie y densidad de plantación. Para la zona de riego de Santiago del Estero, el monto actual es de 5.900 \$/ha cuando se trata de *Prosopis sp.* con una densidad de más de 500 plantas/ha. También se puede recibir apoyo económico no reintegrable para la primera, segunda y tercera poda, cuyos montos son de 930, 1.024 y 1.171 \$/ha respectivamente. Para una intervención de raleo, el monto del subsidio es de 1.040 \$/ha. Entre 2001 y 2013, la provincia ha otorgado subvenciones a 88 productores para forestar con algarrobo por un total de 1.524 has (SAGyP, 2012).

Necesidad de generar información para la provincia

Garantizar el éxito de la gestión forestal desde el punto de vista técnico y económico, requiere que las labores y operaciones se realicen con la mayor calidad posible, en condiciones óptimas y estén basadas en estándares de

productividad y eficiencia, de modo que se maximice el rendimiento y se minimicen los costos. A su vez, el cálculo de costos en las actividades forestales exige disponer previamente de datos técnicos de tiempos operativos y rendimiento de las diferentes operaciones.

¿Cuántos jornales requiere el llenado de envases en un vivero de algarrobo? ¿Qué tiempo lleva plantar una hectárea de esta especie? ¿Cuántos metros cúbicos de madera se pueden extraer de una hectárea de monte de algarrobo? ¿Cuál es el costo de un proceso de aserrado? ¿Es lo mismo en Santiago del Estero que en otros lugares del país? ¿Es válido utilizar los datos técnicos de otros sitios cuando se precisa estimar un costo forestal para Santiago del Estero?

Estos son solo ejemplos de los muchos interrogantes que no tenían respuestas precisas para la actividad forestal en la provincia.

En el país existen algunos estudios de rendimientos, productividad y costos de diversas actividades forestales. Sin embargo Balducci *et al.* (2012) advierten que el vacío de información con que cuenta el sector forestal del NOA en la actualidad es resaltado por sus propios actores en talleres y foros, identificándose como una debilidad, a la falta de estudios de productividad y costos de actividades silvícolas.

Sobre la producción en viveros, Barrios (2009) evalúa la calidad silvicultural de plantines de algarrobo blanco en un vivero de Formosa, pero no hace referencia a la medición de rendimientos ni costos. Navall *et al.* (2010) aportan consignas metodológicas para la producción en vivero de *Prosopis sp.* en Catamarca, con algunos datos aislados de tiempos y rendimientos. Entre los estudios efectuados para Santiago del Estero se pueden mencionar la medición de producción y crecimiento de algarrobo blanco de Ledesma *et al.* (2008) y la determinación de fallas en la siembra comercial de algarrobo blanco de Guzmán *et al.* (2011). Sin embargo, ninguno de estos trabajos locales abordan la medición de rendimientos.

Entre los trabajos sobre plantación se pueden citar el de Vera *et al.* (2004) sobre implantación de eucaliptos, de INTA (2007) y de Colcombet (2008) sobre cálculo de coeficientes técnicos de plantaciones forestales en Misiones y Corrientes. En tanto, Palavecino y Pérez (1988) y Sánchez Acosta (1995), entre otros, analizan el rendimiento del proceso de aserrado en diferentes especies forestales.

El breve panorama descrito conduce a advertir que, en el caso de Santiago del Estero, la carencia de datos empíricos resultantes de estudios de tiempos de

trabajo de los diferentes procesos productivos del sector forestal ha conducido, en muchas ocasiones, a utilizar coeficientes de rendimiento y de productividad de otras regiones, a la hora de calcular costos y rentabilidad de las actividades.

Estas consideraciones han motivado la necesidad de generar información útil para ser transferida a productores, técnicos y empresarios que integran la cadena productiva del algarrobo blanco.

Se entiende por cadena productiva una sucesión de operaciones realizadas por diversas unidades de producción, involucrando una serie de recursos físicos, tecnológicos, económicos y humanos. La misma consta de etapas consecutivas a lo largo de las cuales diversos insumos sufren algún tipo de transformación hasta la constitución de un producto final. La cadena productiva abarca desde la provisión de la materia prima hasta la transformación en productos intermedios y finales.

Estudio de rendimientos y costos

En el marco de un proyecto de investigación¹⁵ desarrollado entre 2008 y 2012, se midieron los rendimientos y se estimaron los costos de los siguientes eslabones de la cadena productiva del algarrobo blanco: vivero, plantación, raleo y aserrado primario de la madera.

Selección de la muestra y recolección de datos

Los datos se obtuvieron a partir de informantes primarios, seleccionados para conformar la muestra de estudio (responsables y/o propietarios de establecimientos forestales). Se aplicó el diseño de muestreo intencional en función de la disposición de aquéllos a someter a medición, las actividades que desarrollan.

¹⁵ Proyecto "Estimación de rendimientos y costos de actividades forestales en Santiago del Estero", código 23/B078, financiado por el CICyT-UNSE (Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas-Universidad Nacional de Santiago del Estero).

Se tomaron datos en el vivero de la Universidad Católica de Santiago del Estero (UCSE) para la fase de “vivero”; en tres forestaciones comerciales de la zona de riego para las actividades de “plantación”; en dos plantaciones experimentales de algarrobo blanco de 20 años de edad para la tarea de “raleo”. La operación de “aserrado” fue analizada en diez pequeños aserraderos locales.

Para la recolección de información se utilizó la técnica de observación directa y de medición con cronómetro de precisión; se usaron como herramientas accesorias la cámara fotográfica, la cámara filmadora, el GPS y la cinta métrica. El procedimiento de toma directa de datos consistió en observar, describir y medir *in situ* los tiempos de trabajo de las operaciones que se llevan a cabo (Niegel y Freivalds, 2001).

Características de los sitios de estudio

El vivero de la Estación Experimental Fernández, perteneciente a la UCSE, está emplazado en la ciudad de Fernández (Dpto. Robles). Este vivero se dedica a la producción comercial de plantas de especies forestales para abastecer parte de la reforestación anual local. En la provincia, es uno de los pocos proveedores de plantines de algarrobo blanco y el único que utiliza semillas cosechadas de sus propios árboles semilleros. Las operaciones estudiadas fueron: a) preparación del sustrato, b) preparación de la semilla para siembra, c) siembra directa; d) mantenimiento (riego, clasificación de plantines, resiembra, desmalezado manual y aplicación de insecticidas y fungicidas) y e) carga de plantines para la venta.

Las plantaciones seleccionadas pertenecen a tres pequeños productores privados, quienes presentaron planes para forestar con algarrobo blanco en el marco de la Ley 25.080/99. Las mismas están ubicadas en Colonia El Simbolar (Dpto. Banda) con 4 has, en Zanjón (Dpto. Capital) con 10 has y en Nueva Francia (Dpto. Silípica) con 5,6 has. Tienen una densidad de 625 plantas por ha, con distanciamiento de 4 x 4 m. Las labores que se analizaron fueron: a) preparación del suelo (rastreada, sistematización de riego y riego), b) plantación (marcación, hoyado, distribución de plantas y plantación propiamente dicha) y c) cuidados culturales (limpieza, poda de formación y control de hormigas).

El raleo se llevó a cabo en plantaciones experimentales ubicadas en la zona de riego de la provincia. En ambos casos se trata de la primera intervención silvícola

de raleo que reciben. Una de las plantaciones, con 2 ha de superficie, está localizada en Fernández (Dpto. Robles); la otra plantación, de 0,56 ha, se localiza en San Isidro, localidad de Santa María (Dpto. Capital). La tarea cronometrada comprendió los movimientos de ubicación, corte, volteo, desrame y traslado al árbol siguiente.

La fase de aserrado fue analizada en diez pequeños aserraderos ubicados en La Banda (Dpto. Banda), Capital (Dpto. Capital), Loreto (Dpto. San Martín) y Frías (Dpto. Choya), los cuales trabajan con madera de algarrobo blanco, entre otras especies. Los aserraderos evaluados poseen características tecnológicas similares con respecto a la maquinaria y el método de trabajo. Disponen de una sierra principal (sierra sinfín vertical con carro manual, trabada 2 x 1) donde se obtienen los tablones. Las operaciones cronometradas correspondieron al aserrado o entablonado de los rollizos con la sierra principal.

Medición de los tiempos de trabajo y la productividad

El estudio de tiempos de trabajo es una técnica de medición del trabajo que sirve para planificar, calcular costos, programar y evaluar la productividad. Consiste en determinar, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea predeterminada, según una norma de ejecución preestablecida, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables (Niebel y Freivalds, 2001).

Ambrosio y Tolosana (2007) y Villagómez (2011), entre otros autores, señalan que el objetivo de un estudio de tiempos es la estimación de rendimientos y costos en la organización del trabajo, con la finalidad de incrementar la productividad de la empresa. La productividad determina el ritmo de trabajo y permite estimar el costo unitario de producción; su medición sirve para establecer el desempeño de cada trabajador en su jornada de trabajo, determinar el grado de eficiencia con que se realiza una tarea y proponer mejoras en dicho desempeño.

Rico *et al.* (2005) señalan que cualquier empresa que busque un alto nivel competitivo debe centrar su atención en las técnicas de estudio de tiempos y tener la capacidad de seleccionar la técnica adecuada para analizar la actividad seleccionada.

Para cronometrar y determinar los tiempos operativos de trabajo de las diferentes tareas, se seleccionó una por vez y se midió el tiempo de realización de las mismas (Figuras 1 a 5). El cronometraje se efectuó en forma aleatoria, en distintos momentos de la jornada laboral y a diferentes operarios, a fin de recoger las variaciones en el rendimiento de trabajo. Para estimar la productividad o rendimiento (Nájera Luna *et al.*, 2011; Guevara y Murillo, 2009) se relacionó la cantidad de producto generado por unidad de tiempo de cada tarea (por hora o por día de trabajo).

Resultados más destacados

Vivero

La información obtenida permitió calcular la productividad de cada una de las tareas manuales que se realizan para la obtención de plantines de algarrobo blanco para la venta. Se estimó la cantidad requerida de jornales para una producción anual de 30.000 plantas. Se determinaron el índice de eficiencia, la productividad efectiva y la productividad real de las fases de preparación del sustrato, preparación de la semilla, siembra, mantenimiento y carga de plantines.

Los mejores índices de desempeño se presentaron en las operaciones de molinado del sustrato, escarificación de semillas y clasificación de plántulas. El llenado de envases, el tamizado de semillas y la siembra exhibieron índices normales. El molinado de semillas, el hoyado y las operaciones de carga de plantas presentaron importantes tiempos no productivos que inciden en la productividad del proceso productivo.

Con los índices de productividad obtenidos se estimó que este vivero requiere unos 70 jornales de mano de obra directa para lograr su nivel anual de producción. La preparación del sustrato y el mantenimiento fueron las dos tareas de mayor gravitación en el total de jornales (Figura 6). El rendimiento de dicha mano de obra fue de 433 plantas por jornal.

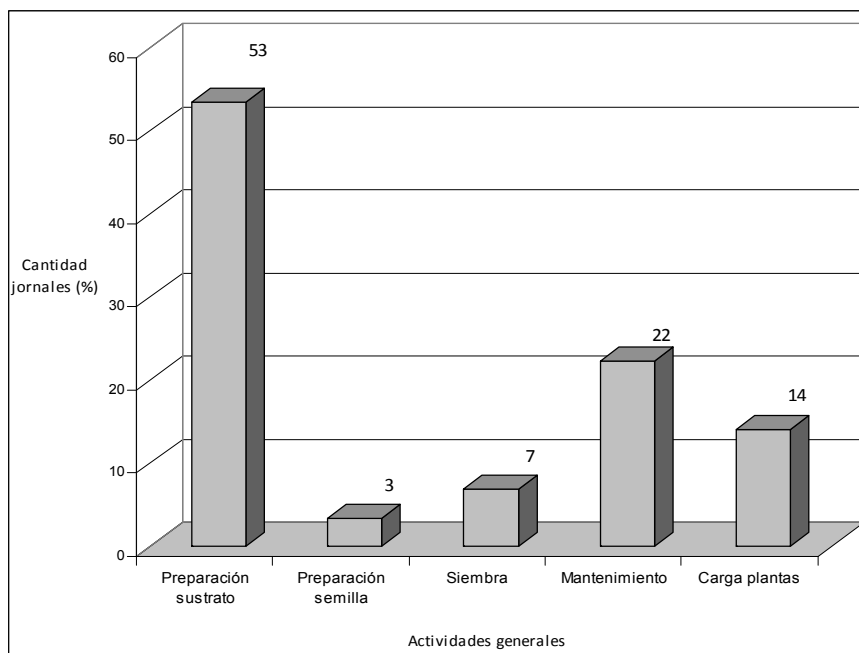


Figura 6. Participación porcentual del total de jornales en las tareas generales para la producción anual de 30.000 plantines de algarrobo blanco

Plantación

Se cronometraron los tiempos operativos y se calcularon los rendimientos y costos de las labores manuales y mecanizadas de los dos primeros años de implantación.

Los tiempos operativos obtenidos fueron, en general, diferentes a los relevados en otras regiones del país, pero muestran la realidad en la que desarrollan las actividades de forestación, los pequeños productores en la provincia.

El costo total de implantación del primer año fue de 5.104,24 \$/ha y el de mantenimiento del segundo año, de 2.125,54 \$/ha. En el primer año, la participación porcentual del costo por tareas globales es la que muestra la Figura

7, donde se destaca la incidencia de los gastos de plantación y de riegos. Si se compara el costo de implantación con el valor de la subvención estatal, se advierte que el reintegro estatal cubre holgadamente dicho costo.

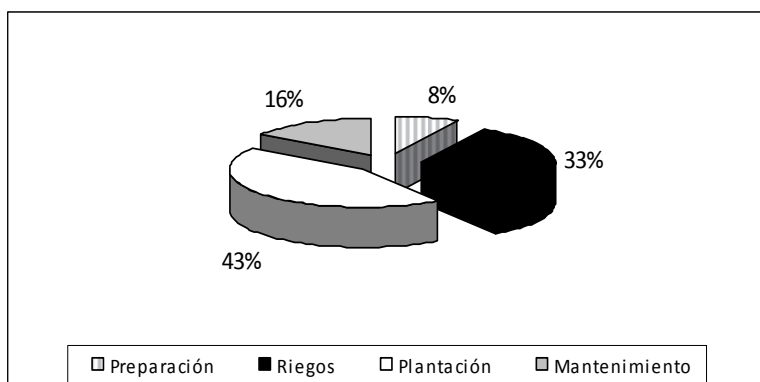


Figura 7. Costo de implantación de algarrobo. Participación porcentual por tareas

Raleo

Se analizó la operación del raleo forestal para conocer la productividad operacional y los costos asociados al proceso de apeo con motosierra.

Del total de tiempo operativo del raleo, el 51% pertenece al tiempo efectivo de trabajo. La productividad en el derribo fue de $1,54 \text{ m}^3/\text{hora}$, es decir, una proyección de productividad diaria de $12,34 \text{ m}^3/\text{día}$. El tiempo efectivo de trabajo de la máquina mostró una relación exponencial directa, estadísticamente significativa, con las variaciones del diámetro a la altura del corte ($R^2 = 77\%$) y del volumen de los árboles raleados ($R^2 = 93\%$).

La mano de obra representó el ítem de mayor incidencia (93%) en el costo diario de la tarea. El costo unitario del raleo fue de $3,17 \text{ \$/árbol}$; los valores equivalente en litros de gasoil y jornales por m^3 se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costo unitario del raleo

en \$/árbol	en \$/m ³	en litros gasoil/m ³	en jornal/m ³
3,17	46,43	6,94	0,18

Con un valor unitario de 3,17 \$/pie y una densidad de plantación de 4 x 4 m, el costo del raleo en términos de superficie ascendería a 1.981,25 \$/ha, en el escenario del presente estudio. Comparativamente, el costo calculado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) para otorgar el subsidio por raleo es de 1.300 \$/ha, según la Resolución N° 281/12 (SAGyP, 2012).

Aserrado

Se evaluaron los tiempos de trabajo, rendimiento y productividad del aserrado primario de madera de algarrobo blanco y se estimó el costo directo del proceso (materia prima, mano de obra y consumo de energía).

Se midieron 40 trozas de algarrobo blanco con un volumen de 9,47 m³ con corteza, los cuales generaron 260 tablas de diferentes dimensiones, con un volumen aserrado de 5,59 m³.

El rendimiento promedio en madera aserrada fue del 59% con corteza, lo que significa que por cada m³ de rollo que pasa por la sierra es posible obtener 247,2 pie² de tablas aserradas. La productividad media del proceso fue de 232 pie² por hora de trabajo. El tiempo promedio de aserrado fue de 15,33 minutos por rollo.

El costo directo del proceso resultó en 2,33 \$/pie² del cual la materia prima exhibe un 89% de incidencia. Se encontró que los costos del aserrado están asociados a los rendimientos en una relación exponencial inversa, donde la función obtenida explica que el casi 95% de la disminución en los costos se debe al aumento en los rendimientos (Figura 8).

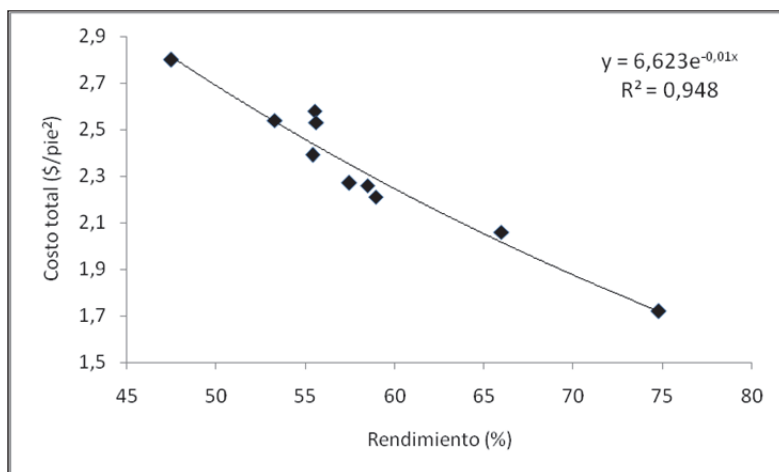


Figura 8. Relación entre rendimientos y costos del aserrado

Consideraciones finales

- La provincia de Santiago del Estero aún no tiene amplia tradición forestadora en comparación con otras zonas del país, por lo que la mano de obra no posee el entrenamiento suficiente para realizar con eficiencia algunas de las tareas silvícolas.
- La falta de experiencia de la mano de obra, sumado a la escasa planificación de algunas de las tareas forestales observadas, conducen a obtener bajos índices de productividad que se traducen en costos superiores.
- El costo de implantación de algarrobo blanco puede ser recuperado en su totalidad con el monto del subsidio estatal que incentiva a los productores locales a forestar con esta especie.
- Respecto a las operaciones de raleo, debería mejorarse la productividad del actual sistema de trabajo, si se pretende cubrir el costo de dicha actividad con el valor de la subvención nacional.

- En cuanto al proceso de aserrado se puede señalar que si el 41% de la madera de algarrobo blanco en bruto no es transformada en tablas aserradas y si, además, la incidencia de aquélla en el costo es la más alta, se impone pensar en alternativas de uso de alto valor agregado para los residuos de una materia prima tan valiosa.
- La información generada por el presente estudio sienta las bases para futuras investigaciones que permitan avanzar en el conocimiento de los rendimientos y costos de toda la cadena productiva del algarrobo blanco en Santiago del Estero.

Referencias bibliográficas

- Ambrosio Torrijos, Y.; Tolosana, E. 2007. "El control de tiempos y rendimientos en los trabajos forestales". El programa Kronos. Montes 87: 14.20. Madrid, España.
- Balducci E.; Sánchez, E.; Eliano, P. 2012. "Empresas forestales". Modelos de operación y costos asociados para la Región NOA. Ediciones del Sutrópico. Fundación ProYungas. Tucumán, Argentina. 30 p.
- Barrios, MF. 2009. "Calidad silvicultural de plantines de *Prosopis alba* Griseb destinados a forestación". Trabajo final de Ingeniería Forestal. Facultad de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Formosa. Formosa, Argentina. 99 p.
- Colcombet, L. 2008. "Coeficientes técnicos para lograr plantaciones y podas forestales en Misiones y Noreste de Corrientes". XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM. INTA EEA Montecarlo. Misiones, Argentina. 32 p.
- Guevara, M.; Murillo, O. 2009. "Costos y rendimientos de ocho tipos de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica". Kurú: revista forestal 6(17). Costa Rica. 7 p.
- Guzmán A.; Coronel de Renolfi, M.; Pece, M. 2011. "Determinación de fallas en la siembra comercial de Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en un vivero de Santiago del Estero". Quebracho 19: 23-30. Santiago del Estero.
- INTA. 2007. "Coeficientes técnicos de plantaciones forestales en la provincia de Misiones". INTA EEA Montecarlo. Misiones, Argentina. 34 p.

- Juárez de Galíndez, M.; Giménez, A. M.; Ríos, N.; Balzarini, M. 2005. "Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos". Quebracho 12: 34-42. Santiago del Estero, Argentina.
- Ledesma, T.; De Bedia, G.; López, C. 2008. "Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero". Quebracho 15: 5-9. Santiago del Estero, Argentina.
- Nájera Luna, J. A.; Aguirre, J.; Treviño, E.; Jiménez, J.; Jurado, E. 2011. "Tiempos y rendimientos del aprovechamiento forestal en El Salto, Durango, México". Revista Chapingo Vol. 17 (1): 58-69. México.
- Navall, S.M.; Silva, R. E.; Padilla Bortayro, G. 2010. "Metodología para la producción de algarrobos en vivero forestal (*Prosopis sp.*)". Bajo de la Alumbreira, Dpto. Belén. Catamarca. Argentina. XXIV^o Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, Argentina. 7 p.
- Niebel, B.; Freivalds, A. 2001. "Ingeniería Industrial". Métodos, estándares y diseño del trabajo. 10^a edición. Alfaomega Grupo Editor. México.
- Palavecino, S.; Pérez, W. 1988. "Rendimiento de materia prima de las principales especies del parque chaqueño". VI^o Congreso Forestal Argentino. Tomo III, pp 620-623. Santiago del Estero, Argentina.
- Rico, L.; Maldonado, A.; Escobedo, M. T.; de la Riva, J. 2005. "Técnicas utilizadas para el estudio de tiempos: un análisis comparativo". Revista CULCYT 11(2): 9-18. México.
- SAGyP. 2012. Resolución N°281/12. "Costos de implantación y tratamientos silviculturales". Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Argentina.
- Sánchez Acosta, M. 1995. "Eficiencia y calidad en aserrado de madera de eucalipto". IV^o Simposio Florestal do Rio Grande du Sul. Brasil. 16 p.
- Vera, L.; Larroca, F. 2004. "Evaluación económica de producción de madera de eucalipto en el nordeste de Entre Ríos". INTA EEA Concordia. Entre Ríos, Argentina. 19 p.
- Villagómez Loza, M. A. 2011. "Selección de maquinaria para la operación de derribo en bosques de coníferas". Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 2, N° 5. INIFAP, México DF.



Figura 1. Vivero: toma de tiempos en la siembra



Figura 2. Plantación: toma de tiempos en la marcación



Figura 3. Plantación: vista de los plantines



Figura 4. Raleo: toma de tiempos en el volteo



Figura 5. Aserrado: toma de tiempos en el corte