

# Análisis productivo y económico de sistemas silvo-apícola pastoriles en el norte de la provincia de Buenos Aires

FERRERE, P.<sup>1</sup>; Signorelli, A.<sup>2</sup>; CABRINI, S.M.<sup>3</sup>

## RESUMEN

La incorporación de alternativas productivas que generan valor a las poblaciones locales y protegen los recursos naturales es un tema de creciente interés. La homogeneización de la superficie cultivada, la aparición de eventos climáticos extremos y la necesidad de un uso más eficiente de los recursos han generado la revisión de los sistemas productivos tradicionales en búsqueda de alternativas económicamente rentables pero que aseguren el uso sustentable de los recursos naturales. Este estudio tiene como objetivo hacer una evaluación de una propuesta de diversificación productiva para productores de la región pampeana continental a través de la incorporación de la actividad forestal junto con la producción de forraje y de miel. Se estiman indicadores de productividad de madera, forraje y miel a través de mediciones a campo, recopilación de información bibliográfica y consultas con referentes de la zona. Se calculan costos y beneficios asociados a la producción y venta de madera, forraje y miel, y los aportes del estado a través de los pagos previstos en la ley nacional 25080 y la eximición del impuesto inmobiliario y otros beneficios de la ley provincial 12662. Los resultados obtenidos indican un valor actualizado neto positivo y que varía entre 3898 USD.ha<sup>-1</sup> a 2615 USD.ha<sup>-1</sup> de acuerdo al sistema seleccionado, con o sin subsidio y muestran que estos sistemas representan una opción válida para complementar las actividades agroganaderas de la región.

**Palabras clave:** álamo, Buenos Aires, valor actualizado neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR).

## ABSTRACT

*The addition of value-generating productive alternatives that safeguard natural resources for local communities is a topic of growing interest. The cultivated area standardization, together with the occurrence of extreme climatic events and the need for a more efficient use of resources, has given rise to the reconsideration of the traditional production systems looking for profitable yet sustainable alternatives for the use of natural resources. The objective of this study is to perform an assessment of a productive diversification proposal for producers in the continental Pampa area, through the integration of forestry activity together with pasture and honey production. Wood, forage and honey productivity indicators are estimated through field measurements, bibliographic research and the input of knowledgeable locals. The costs and benefits associated with the production and sale of wood, forage and honey, and the State contributions are calculated according to the payments set forth in National Law 25080, and the property tax exemption and other benefits set forth in*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, Agencia de Extensión Rural (AER) 9 de Julio. Mitre 857, (6500) 9 de Julio. Correo electrónico: ferrere.paula@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, Agencia de Extensión Rural (AER) Vedia, (6030) Vedia. Correo electrónico: signorelli.alejandro@inta.gov.ar

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Ruta 32, km 4,5 (2700) Pergamino. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires Correo electrónico: cabrini.silvina@inta.gov.ar

Recibido 13 de agosto de 2018 // Aceptado 22 de marzo de 2019 // Publicado online 17 de junio de 2020

*Provincial Law 12662. The results obtained show a current positive net present value that range from 3898 u\$. ha<sup>-1</sup> to 2615 u\$.ha<sup>-1</sup> depending on the target system and regardless of grant allocations. Therefore, they confirm that these systems represent a valid option to supplement the agro-livestock activities in the region.*

**Keywords:** poplar, Buenos Aires, net present value, internal rate of return.

## INTRODUCCIÓN

El norte de la provincia de Buenos Aires es una de las zonas más productivas del país donde se ha dado una rápida expansión de los cultivos anuales, desplazando sistemas mixtos agrícola-ganaderos, con un importante avance de la soja sobre los demás cultivos (Fernandez, 2015). En Pergamino, partido de referencia en la zona, un 65% de la tierra de aptitud agrícola es destinada al cultivo de soja de primera (Datos Abiertos Agroindustria<sup>1</sup>). La homogeneización de la superficie cultivada, la aparición de eventos climáticos extremos y la necesidad de un uso más eficiente de los recursos ha generado la revisión de los sistemas productivos tradicionales en búsqueda de alternativas económicamente rentables, pero que aseguren el uso sustentable de los recursos naturales (Tittonel, 2014; Ma y Swinton, 2011; Zhang *et al.*, 2007; Rossing *et al.*, 2007). Esto implica una redefinición de los sistemas de producción agropecuarios en busca de un equilibrio entre altos niveles de producción y la protección de los servicios ecosistémicos.

Una alternativa productiva son los sistemas silvopastoriles que encuentran ampliamente difundidos en el Delta del Paraná, con la producción de álamo con materiales de alta calidad genética e implementación de cuidados culturales e intervenciones silvícolas (Casaubón *et al.*, 2016 y 2012), que surgieron en la región a partir de la incorporación de ganado bovino desplazado por la intensificación del cultivo de soja en el continente (Casaubon y González, 2008).

En la zona continental de la región pampeana, el cultivo de salicáceas cuenta en la actualidad con 5.000 hectáreas de plantaciones en macizo, predominantemente de álamos (Achinelli *et al.*, 2006). En muchos de estos casos, los sistemas productivos se asocian a una ganadería bovina de cría cuando el rodal presenta un crecimiento adecuado para permitir el pastoreo (Cornaglia *et al.*, 2011). Las forestaciones con una baja densidad de plantación mantienen en forma continua un sotobosque herbáceo que con manejo adecuado puede mejorar sustancialmente la eficiencia de los sistemas ganaderos actualmente establecidos, complementándolos en vez de desplazarlos (Carámbula y Piñeiro, 2006). En forma complementaria, Jobbagy *et al.* (2006) afirman que las forestaciones con especies deciduas podrían complementar a los sistemas ganaderos existentes, minimizando los impactos ambientales asociados sobre el ciclo del agua y los nutrientes.

Los sistemas silvo-apícola-pastoril (SAP) se proponen como otra alternativa que permitiría diversificar la producción, combinando la producción de madera, miel y forraje en un mismo ambiente (Ferrere *et al.*, 2014). Estos sistemas consisten en la producción de árboles, generalmente especies de rápido crecimiento, junto con la producción de cultivos o forrajes, en un mismo lote y al mismo tiempo. La presencia de más de un estrato de vegetación, presupone conocer y manejar múltiples interacciones ecológicas, que son complejas y dinámicas. Estas dependerán de las especies involucradas, de los arreglos espaciales y temporales y de las condiciones medioambientales que lo rodean (Mead, 2009). El estudio de las interacciones entre los distintos componentes del sistema y sus efectos conducirá a nuevos modelos productivos, donde la obtención de alimentos estará permanentemente presente acompañando la producción forestal (Fassola *et al.*, 2009). Estos sistemas están asociados a la provisión de otros servicios ecosistémicos como la captura de carbono en el suelo, la protección de la biodiversidad, el control de erosión de cuencas y la reducción de los riesgos de contaminación con nutrientes (Kandus *et al.*, 2010). El pago por los servicios ecosistémicos es motivo de análisis puesto que está asociado a una externalidad del sistema que en la mayoría de los casos, los productores no contemplan (Pagiola *et al.*, 2007; Rode *et al.*, 2015) en la región pampeana. Este tipo de producción es especialmente valiosa en la cercanía de poblados, cascos, o escuelas rurales donde una mínima o nula aplicación de agroquímicos, la protección contra la deriva y la conformación del paisaje rural representan un mayor beneficio (Signorelli *et al.*, 2015).

La ganadería es una actividad tradicional que mantiene importancia en la zona aunque ha sido desplazada a campos de menor calidad, sin embargo algunos productores, principalmente lácteos, realizan praderas sobre alfalfa en campos agrícolas.

Por una parte, en relación con la componente apícola, los cambios en el uso de la tierra y el aumento en el uso de fitosanitarios han incluido negativamente sobre el sector apícola tanto en Buenos Aires como en el resto de la región pampeana. Por un lado debido a una muy baja presencia de especies melíferas y por el otro la deriva de agroquímicos se asocia con la mortandad de las colonias por envenenamiento (Salizzi, 2014). Un sistema silvo-apícola-pastoril aportaría no solo un espacio físico libre de agroquímicos, sino también una mayor oferta floral sostenida en el tiempo.

<sup>1</sup><https://www.agroindustria.gov.ar/datosabiertos/>

Por otra parte, aun cuando existe una ley nacional de promoción de inversiones para bosques cultivados (Ley 25080), que contempla apoyo económico no reintegrable para la preparación del terreno, plantación y mantenimiento, esta actividad ha tenido una expansión muy limitada en la zona continental de la provincia de Buenos Aires. Esto se debería principalmente a la carencia de un mercado formal, la falta de una industria procesadora, a la escasa información sobre rendimientos, costos e ingresos y la visión a corto plazo del agro argentino que motiva a que los productores opten por las actividades tradicionales de la región (Ferrere *et al.*, 2014).

Este estudio tiene como objetivo hacer una evaluación de una propuesta de diversificación productiva para productores de la región pampeana continental, a través de la incorporación de la actividad forestal junto con la producción de forraje y de miel. Se estiman indicadores de productividad de madera, forraje y miel mediante una combinación de datos relevados a campo por el grupo de trabajo, datos de fuentes bibliográficas y consultas con informantes calificados. Se calculan costos y beneficios privados asociados a la producción y venta de madera, forraje y miel, y los aportes del estado a través de las leyes vigentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del sistema

La alternativa productiva para evaluar se propone como la incorporación de una superficie con monte forestal, producción de forraje y colmenas dentro de establecimientos agrícolaganaderos del norte de la provincia de Buenos Aires. El componente forestal incluye una plantación de álamo para obtención de madera de calidad a partir de una plantación de estacas a un espaciamiento inicial de 4\*4 m, en fajas de cuatro filas de árboles y con callejones de 10 m, lo que arroja una densidad final de 625 pl.ha<sup>-1</sup> si se consideran solo las fajas, pero que extrapolado a hectárea son 340 pl.ha<sup>-1</sup>. Esta densidad se considera apropiada para la

producción de madera de calidad, similar a la densidad comúnmente empleada en el Delta (Casaubon, 2016) y permite contar con una oferta forrajera desde el momento de plantación hasta los 7 años.

El planteo forrajero contempla una pastura consociada (alfalfa, pasto ovillo, cebadilla y trébol blanco) con el objetivo de realizar un aprovechamiento a partir de la conformación de rollos. Dado que se trata de una propuesta de especial interés para áreas periurbanas, el planteo no considera aplicaciones de fitosanitarios convencionales. Se incluye laboreo y siembra convencional de pasturas, control de malezas alrededor de los árboles mediante carpidas en los primeros años, y de hormigas con barreras mecánicas, adicionalmente, se proponen insumos biológicos para control de insectos en la pastura.

En cuanto a la actividad apícola se asume que se realiza en sociedad con un apicultor, quien es dueño de las colmenas y entrega parte de la producción de miel al dueño del monte.

### Cálculo de indicadores productivos

Para el cálculo de los indicadores productivos del sistema productivo se utilizó una combinación de datos relevados a campo por el grupo de trabajo, datos de fuentes bibliográficas y consultas con informantes calificados.

### Producción de madera

La productividad de la plantación forestal es un punto crítico en la evaluación del sistema, dado que es el componente más importante dentro del resultado económico. Los datos utilizados en este estudio fueron recolectados en mediciones a campo en Morse (Junín, Bs. As.), en los años 2013 y 2015, dentro de rodales de álamos pertenecientes al establecimiento forestal "San José". En esta zona el clima es templado húmedo, con una temperatura promedio anual de 15,9 °C y precipitaciones promedio anuales de

Edad	N.º parcelas	Densidad (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )
5	3	628(±64)	7,79(±3,37)	43,96(±24,94)
6	6	642(±31)	14,91(±5,48)	102,1(±46,27)
7	12	571(±77)	13,98(±5,37)	113,26(±53,00)
8	9	502(±151)	16,39(±4,66)	130,03(±45,47)
9	8	472(±123)	21,57(±4,35)	200,16(±46,5)
10	6	339(±53)	20,09(±3,86)	191,82(±37,6)
11	5	317(±45)	24,54(±5,85)	232,03(±44,94)
15	8	447(±104)	35,18(±5,49)	394,43(±58,67)
16	5	360(±56)	34,53(±5,04)	383,68(±17,30)
17	10	372(±39)	32,74(±3,46)	388,22(±43,68)

**Tabla 1.** Caracterización de los rodales muestreados, partido de Junín, Buenos Aires. Valores medios por rodal (entre paréntesis el desvío estándar).

1014 mm (Conti, 1980), siendo el suelo un Hapludol, franco arenoso. Las plantaciones seleccionadas constituyen una cronosecuencia que abarcaría una rotación forestal, con rodales desde los 5 hasta los 16 años. Se asume que estos rodales representan el estado de desarrollo característico de esta a esas edades (tabla 1).

Se midieron 72 parcelas de entre 324 y 625 m<sup>2</sup> elegidas al azar. En las parcelas medidas en el año 2013 (54), se midió el diámetro a 1,3 m de altura (dap) de todos los individuos y cinco alturas (h): las correspondientes a los tres árboles más gruesos, al más fino y al promedio. En las parcelas medidas en el año 2015, solo se midió el dap de todos los individuos. Con los mencionados pares dap-altura y la edad de cada rodal (n=210) se ajustó un modelo de crecimiento para la estimación de todas las alturas de la parcela (n=165, empleándose los restantes para su validación), de la siguiente forma utilizada por Peng *et al.* (2001):

$$[1] \quad h = a * (1 + b * e^{-c*dap})^{-1}$$

La evaluación de la bondad de ajuste del modelo se basó en la obtención del desvío estándar de los residuales ( $\sqrt{CME}$ ). Además, se tuvo en cuenta el error estándar de las estimaciones de los parámetros (EE) y la significancia de estos. Se calcularon el sesgo y la media de los valores absolutos de los errores.

La construcción del modelo de altura fue necesaria para estimar el volumen total con corteza (vtcc), mediante la ecuación de Fernández Tsieder *et al.* (2011). La sumatoria del volumen de todos los árboles de la parcela fue calculada por hectárea, de modo de contar, para cada parcela, con un dato de volumen y edad para la estimación del crecimiento. El modelo empleado adquirió la forma:

$$[2] \quad V = a * e^{-b * e^{-c * Edad}} \quad (\text{Clutter } et al., 1983)$$

Donde V: es el volumen total por hectárea (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), Edad: es la edad del rodal, a b y c los parámetros del modelo.

### Producción de forraje

Para estimar la productividad de una pastura bajo dosel se consideró, en primer lugar, una productividad de 10,5 t MS.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> para una pastura consociada, base alfalfa, a cielo abierto en la zona núcleo agrícola es (Bacigalup, 2007). Se estima un potencial productivo a cielo abierto un 30% menos, por tratarse de un recurso forrajero en el que no se utilizan fitosanitarios. Luego, se utilizaron mediciones de disponibilidad lumínica bajo una plantación de *Populus deltoides*, realizadas por el equipo de trabajo con un sensor Licor (tabla 2), y estimaciones de la incidencia del sombreado sobre el crecimiento de las pasturas (Varela *et al.*, 2001). A partir de los datos reportados por estos autores se utilizó un parámetro del 0,6% de pérdida en la productividad de la pastura por cada 1% de reducción en la disponibilidad lumínica.

### Producción de miel

Se asume que se realiza en sociedad con un apicultor, quien es dueño de las colmenas y entrega parte de la pro-

Fecha y estación del año	bajo dosel	callejón	edad
04/04/18 otoño	7,4	54,5	6
15/6/18 invierno	41,9	63,1	6

**Tabla 2.** Disponibilidad lumínica en relación con cielo abierto bajo dosel de álamo y callejón en una plantación de *Populus deltoides*.

ducción de miel (12 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) al dueño del monte, que es una práctica común en los establecimientos de la zona (Gatti, 2018. com pers.).

### Cálculo de resultados económicos

Se utilizan precios en dólares en promedio en un período de 5 años (2013-2017) para insumos y productos. No se incluye el costo de oportunidad de la tierra en el análisis. Para evaluar el resultado económico de los sistemas de producción se utilizó el criterio del valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) (Calcaterra, 1994). El valor actualizado neto (VAN) se define como la suma de los valores actuales de los flujos de caja a los que da lugar un proyecto de inversión descontados a un tipo de interés constante. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero. Se consideró un período de 16 años para el proyecto de inversión. La tasa de descuento utilizada es del 8%. Este valor representa una tasa de interés real, que refleja el costo de oportunidad del capital en inversiones de similar riesgo. Se calcula además la tasa interna de retorno (TIR), que es la tasa real que proporciona un proyecto de inversión y es aquella que al ser utilizada como tasa de descuento en el cálculo del VAN dará como resultado cero. Se consideran los aportes contemplados por la ley nacional de inversiones para bosques cultivados 25.080 (reintegros del 80% de costos de implantación y 70% de podas y raleos) y ley provincial 12.662 (entrega de estacas y eximición del impuesto inmobiliario).

## RESULTADOS

### Estimación de la producción de madera

El modelo ajustado para la estimación de la altura total del álamo en la zona de trabajo (ecuación 1) tuvo un comportamiento promisorio, con un sesgo de 0,52 m y la media de los valores absolutos de los residuos de 2,30 m (tabla 3).

El modelo resultante para la estimación del volumen (ecuación 2) se observa en la tabla 4. Aunque no se localizaron plantaciones entre 12 y 14 años, los resultados son consistentes en el comportamiento de la curva. El modelo presenta un buen ajuste (= 32), siendo el sesgo de 6,7m<sup>3</sup> y el error absoluto de 37 m<sup>3</sup>.

El valor estimado del rendimiento al turno (16 años) es de 374,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (figura 1).

Parámetro	Estimador	Error estándar	p-valor
a	37,19	1,38	<0,0001**
b	-8,73	1,38	<0,0001**
c	0,12	0,01	<0,0001**

**Tabla 3.** Valores estimados mediante regresión no lineal y sus estadísticos.

Parámetro	Estimador	Error estándar	p-valor
a	595,27	109,9	<0,0001**
b	5,11	0,1	<0,0001**
c	0,15	0,04	<0,0001**

**Tabla 4.** Parámetros para la estimación del volumen total ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) mediante regresión no lineal y sus estadísticos.

### Estimación de la producción de forraje

La figura 2 muestra los valores de productividad forrajera estimados bajo dosel, en los callejones y a nivel parcela, a lo largo del proyecto. Luego de 8 años, se considera que el sombreado de los árboles no permite continuar con la producción de forraje.

### Cálculo de ingresos y costos de producción

La tabla 5 muestra un resumen de los costos e ingresos del componente forestal. Se considera que el 15% se destina para debobinado, el 70% para aserrado y el 15% para triturado. Los destinos de la madera son Tigre (debobinado

y aserrado) y San Pedro (triturado), provincia de Buenos Aires, en donde se encuentran las principales industrias consumidoras de la región.

Se observó que el 91% de los egresos corresponden al aprovechamiento y flete, y se realizan en el momento de la tala rasa, mientras que los costos asociados a la plantación representan una mínima composición del gasto del sistema forestal y contrastan la de los cultivos que predominan en la región pampeana. En el caso maíz y soja, los gastos de labores e insumos representan un 50% del gasto total, mientras que otro 50% gastos de cosecha y comercialización de los productos (Cabrini *et al.*, 2018).

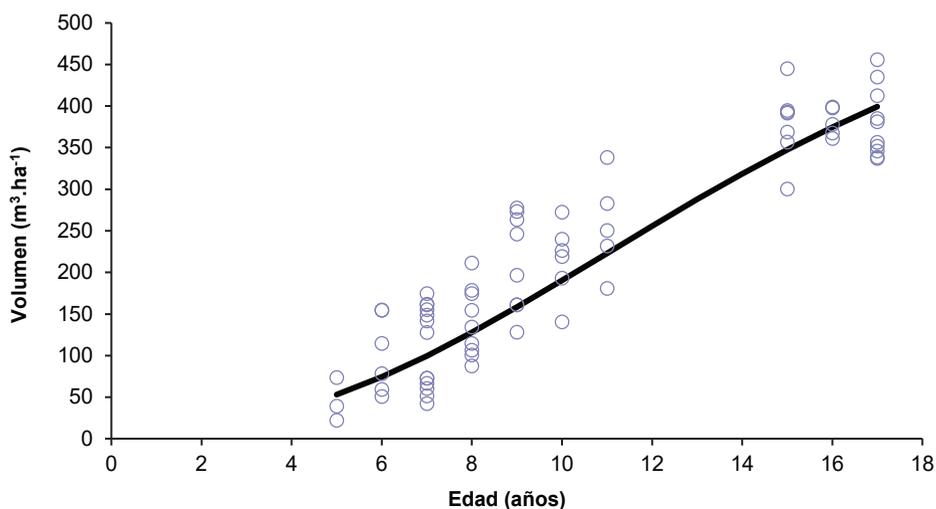
Cuando la ley está vigente, los costos de implantación y manejo son absorbidos por el subsidio forestal, 746 USD. $ha^{-1}$ .

En cuanto al componente forrajera (tabla 6), se optó una simplificación del sistema –los rollos y su venta– aunque la propuesta apunta a la producción de carne en el predio, que podría ser después del 3.º año, momento en que las plantas tienen un tamaño adecuado para permitir el ingreso de ganado sin daño. El sistema se podría implementar en un campo agrícola-ganadero y se asume que es un productor que podría contar con las herramientas y la mano de obra para realizar las tareas de mantenimiento. La disminución de la producción después del 4.º año, considera el impacto del sombreado en el crecimiento de la pastura.

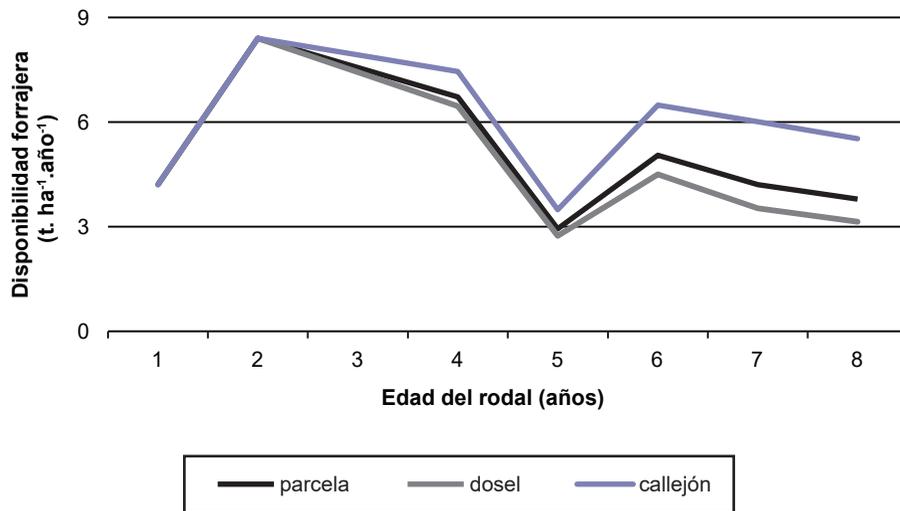
No se consideran costos por la producción de miel, solo un ingreso adicional de 27,48 USD. $ha^{-1} \cdot año^{-1}$  asumiendo que el apicultor otorga 2 kilos de miel por colmena y por año como retribución al dueño del campo.

### Valor actual neto y tasa de retorno de la inversión

El VAN calculado es de 3113,69 USD. $ha^{-1}$  para el sistema SAP, y de 2887,01 USD. $ha^{-1}$  para el sistema silvopastoril y de 2615,02 USD. $ha^{-1}$  para la plantación forestal. Estos valores no consideran el subsidio que pueden recibir productos-



**Figura 1.** Relación entre la edad del rodal y el volumen de madera de álamo, partido de Junín, Buenos Aires.



**Figura 2.** Disponibilidad forrajera (t. ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) estimada bajo una plantación de *Populus deltoides* desde el momento de su establecimiento hasta el año 8.

Egresos		USD.ha <sup>-1</sup>
año 0	Preparación del terreno	82
año 1	Plantación forestal	355
año 2	Reposición de plantas	29
año 1	Mantenimiento (Control de malezas)	168
año 2	Mantenimiento (Control de malezas)	112
año 4	Poda	28
año 8	Poda y raleo	126
año 16	Servicio de aprovechamiento	2840
año 16	Flete	3253
Ingresos		USD.ha <sup>-1</sup>
año 16	Madera para debobinado	2699
año 16	Madera de aserrado (tabla)	11516
año 16	Madera triturada (celulosa)	2055
<b>Total</b>		<b>16270</b>

**Tabla 5.** Detalle de los egresos e ingresos del componente forestal.

res de menos de 300 ha en el marco de la ley 25080. Para el análisis del SAP se considera también un ingreso anual de 26 USD.ha<sup>-1</sup>, proveniente de la venta de miel, aunque dicho valor muestra que la apicultura solo representa un aporte menor al resultado económico del sistema, coincidentemente con un ciclo de escasa valoración de dicho producto, mientras que el resultado de la producción de forraje es más importante. En cambio, si consideramos los aportes no reintegrables, los valores del VAN son de 3898,08 USD.ha<sup>-1</sup>, 3671,40 USD.ha<sup>-1</sup> y 3339,33 USD.ha<sup>-1</sup>, para los sistemas SAP, silvopastoril y forestal, respectivamente. Estos valores representan información útil para los productores y

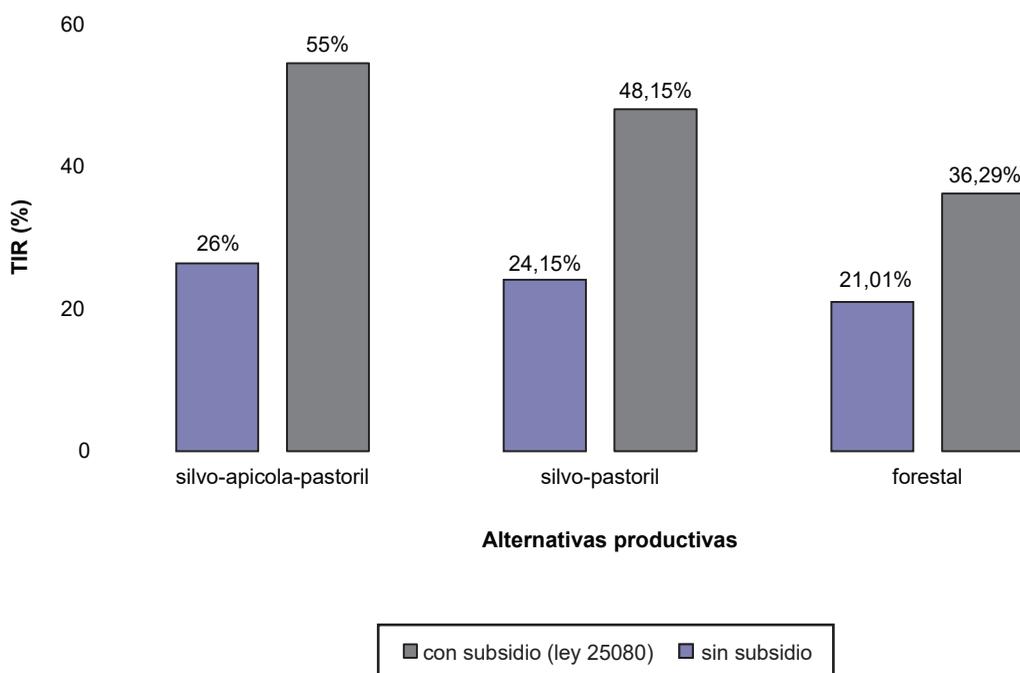
	Egresos (USD.ha <sup>-1</sup> )		Ingresos	
	Implantación pastura	Mantenimiento y confección de rollos	Venta de rollos	
año 0	201,24	114,17	177,4	(3,3 rollos)
año 1		216,75	405,48	(8 rollos)
año 2		216,75	405,48	(8 rollos)
año 3		193,96	354,8	(7 rollos)
año 4	282,97	79,98	101,37	(2 rollos)
año 5		125,57	202,74	(4 rollos)
año 6		125,57	202,74	(4 rollos)
año 7		114,17	177,4	(3,5 rollos)

**Tabla 6.** Detalle de los egresos e ingresos del componente forrajera.

asesores de zona de estudio, ya que no se han publicado recientemente valores de tasas de retorno de este tipo de inversiones en la zona. Existen estudios en otras regiones que analizan económicamente los sistemas forestales y sistemas basados en la utilización de bosque nativos en otras regiones del país, como es el caso de Martínez Ortiz *et al.* (2006) quienes refieren que la inclusión de un certificado de manejo forestal mejora los índices de rentabilidad en la provincia de Formosa y muestran valores de TIR del 82% cuando se incluye el costo de la tierra. Estas alternativas productivas planteadas en el presente estudio resultan superiores en rentabilidad a lo referido por Mariot y Renolfi (1994) para diferentes planteos con *Populus sp.* bajo riego con alfalfa en Santiago del Estero, aunque estos autores definen un planteo sin mencionar el empleo de incentivos a la forestación y emplean un turno de corta de 10 años. Cabe destacar que ninguna de las alternativas propuestas en el mencionado trabajo contempla el costo de oportunidad de la tierra.

Es interesante transformar los valores en una anualidad equivalente, para comparar los resultados obtenidos con indicadores económicos para cultivos anuales. En el caso del sistema completo las anualidades equivalentes son de 351,48 USD.ha<sup>-1</sup> y 440,39 USD.ha<sup>-1</sup>, sin y con subsidio, respectivamente. Siendo los márgenes brutos de referencias de la soja 1.<sup>a</sup> para el mismo período de 401 y 467 USD.ha<sup>-1</sup> para bajo y alto rendimiento, respectivamente (Revista Márgenes Agropecuarios). El resultado económico del SAP, considerando los subsidios, es similar o levemente inferior al del cultivo agrícola. Lo que sugiere que el sistema silvo-apícola pastoril es una interesante alternativa de diversificación productiva, y una propuesta atractiva para zonas con restricciones para el uso de agroquímicos, ya que estos pueden ser reemplazados por tareas manuales con un costo similar en este tipo de sistemas. Además de estos factores no puede dejar de considerarse el aspecto financiero para la subsistencia de los sistemas productivos.

La figura 3 muestra los valores de la TIR para los tres sistemas propuestos, sin considerar y considerando el subsidio forestal nacional y provincial. Los valores de la TIR son de 26, 24 y 21%, para el sistema SAP, silvopastoril y forestal, respectivamente, cuando no se consideran los ingresos por subsidios. Cuando se incorporan estos aportes, la tasa de retorno aumenta a 55, 48 y 36% para los tres sistemas en estudio. Los altos valores para la TIR en comparación con el costo de oportunidad que se consideran generalmente para evaluar inversiones en producción agropecuaria (8 al 12%), confirman que se trata de una inversión atractiva en la región pampeana argentina.



**Figura 3.** Tasa Interna de Retorno para las alternativas productivas propuestas.

## CONCLUSIONES

El análisis económico-financiero arroja resultados favorables para la consideración de la inclusión de la actividad forestal formando parte de un silvo-apícola pastoril como inversión en la zona norte de la provincia de Buenos Aires.

Los costos de aprovechamiento resultan elevados representando la corta y el flete, el 63% de los costos del proyecto, con lo cual la industrialización en la zona de producción sería consideración importante para mejorar la rentabilidad del sistema.

La complementación de la actividad forestal a las agroganaderas tradicionales es un objetivo deseable en un marco de sustentabilidad orientado a la producción de madera de alto valor en la región pampeana. La profundización de la investigación debería contemplar el estudio de indicadores ambientales en los costos de producción del sistema.

## AGRADECIMIENTOS

A Sr. Daniel Sama y a la familia Urionaguena por la información brindada y la colaboración en las tareas de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

ACHINELLI, F. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda, Actas Jornadas de Salicáceas, CABA. 21-36 pp.

CABRINI, S.M.; LLOVET, J.A.; PAOLLILI, M.C.; FILLAT, F.A. BITAR, M.V. 2018. Márgenes brutos de las principales actividades agrícolas Campaña 2017/2018. INTA Pergamino. (Disponible:

<https://inta.gov.ar/documentos/indicadores-economicos-e-informes-tecnicos-verificado>: febrero de 2019).

CALCATERRA, C. 1994. Manual de evaluación de proyectos de inversión. Programa de Intercambio Rural. INTA Pergamino.

CARÁMBULA, M.; PIÑEIRO, D. 2006. La forestación en Uruguay: cambio demográfico y empleo en tres localidades. *Agrociencia X* (2): 63-73.

CASAUBON, E.; ANANO, A.; TASSANO VIAÑA, J. 2012. Manual de buenas prácticas silvopastoriles para producir madera de álamo y carne bovina. Ediciones INTA. 123 p.

CASAUBON, E.A.; CORNAGLIA, P.S.; PERI, P.L.; GATTI, M.L.; CLAVIJO, M.P.; BORODOWSKI, E.D.; CUETO, G.R. 2016. *Silvopastoral Systems in the Delta Region of Argentina. Silvopastoral Systems in Southern South America* Springer. 41-62 pp.

CASAUBON, E.; GONZALEZ, A. 2008. Silvopastoral systems with poplar in the lower delta of the Paraná River, Argentina. 23.º Sesión de la Comisión Internacional del Álamo. Beijing.

CLUTTER, J.L.; FORTSON, J.C.; PIENAAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. 1983. *Timber management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons, Inc. 333 p.

CONTI, 1980. Cartas de suelo de la República Argentina. Hoja 3560- 7 y 8 L.N Alem y Junín. INTA Centro de investigación en Recursos Naturales, reconocimiento de suelos.7-12 pp.

CORNAGLIA, P.; CLAVIJO, M.; RODRÍGUEZ, D.; SIGNORELLI, A.; BORODOWSKI, E.; 2011. Management practices that maximize the herbaceous productivity in temperate sylvopastoral systems. ix Internacional Rangeland Congress, Rosario, Argentina, 2 al 8 de abril.

FASSOLA, H.E.; LACORTE, S.M.; PACHAS, A.N.; GOLDFARB, C.; ESQUIVEL, J.; COLCOMBET, L.; CRECHI, E.H.; KELLER, A.; BARTH, S.R. 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina.

FERNANDEZ, D.A. 2015. Evolución de la estructura socioeconómica de la región pampeana argentina. El proceso de concentración de la producción en el período 1988-2008. *Cuadernos de Economía*, 34(64): 143-171. (Disponible: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/45943/62830> verificado: 17 de julio de 18).

FERNANDEZ TSIEDER, E.; FASSOLA, H.E.; GARCÍA CORTEZ, M. 2011. Ecuación de volumen total para *Populus deltoides* de plantaciones del Bajo Delta del Paraná. *Revista RIA* 37, V2, 172-179 pp.

FERRERE, P.; MILLANES, A.; GURINI, L.; LOPEZ, C.; PALACIO, A. 2014 Estudio de un sistema silvo-apícola-pastoril como alternativa de diversificación productiva en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. Proyecto BIRF 7520. Componente 2, Plantaciones forestales sustentables. Informe final. 29 p.

JOBBÁGY, E.G.; VASALLO, M.; FARLEY, K.A.; PIÑEIRO, G.; GARBULSKY, M.F.; NOSETTO, M.D.; PARUELO, J.M. 2006. Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*, 10(2), 109-124.

KANDUS, P.; MORANDEIRA, N.; SCHIVO, F. 2010. Bienes y servicios ecosistémicos de los humedales del Delta del Paraná. Fundación Humedales/Wetlands Internacional, Buenos Aires, Argentina, 32 p.

LUPI, A.M.; ANGELINI, M.; FERRERE, P. 2013. Tierras elegibles para cultivos forestales según el protocolo de Kyoto en dos partidos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista RIA* 39 (2), 138-148.

MA, S.; SWINTON, S.M. 2011. Valuation of ecosystem services from rural landscapes using agricultural land prices. *Ecological Economics* 70: 1649-1659.

MARIOT, V.; RENOLFI, M. 1994. Análisis de rentabilidad de cuatro alternativas de manejo en forestaciones con álamo en Santiago del Estero. *Revista Quebracho*, (2) 28-38.

MARTÍNEZ ORTIZ, U.; TOMASINI, D.; ADÁMOLI, J.; LONGO, L. 2006. Evaluación económico ambiental de un modelo de aprovechamiento sustentable de los bosques de Formosa, Argentina. *Rev. Fac. Agron.* 106 (1): 97-108.

MEAD, D. 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspectives. *Actas 1.º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones. 3-11 pp.

PAGIOLA, S.; RAMÍREZ, E.; GOBBI, J.; DE HAAN, C.; IBRAHIM, M.; MURGUEITIO, E.; RUÍZ, J.P. 2007. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. *Ecological Economics*, 64(2), 374-385.

PENG, C.; ZHANG, L.; LIU, J. 2001. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario Boreal Forests. *N. J. Appl. For.* 18: 87-94.

RODE, J.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; KRAUSE, T. 2015. Motivation crowding by economic incentives in conservation policy: A review of the empirical evidence. *Ecological Economics*: 117, 270-282.

ROSSING, W.A.H.; ZANDER, P.; JOSIEN, E.; GROOT, J.C.J.; MEYER, B.C.; KNIERIM, A. 2007. Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: a review for France, Germany and The Netherlands. *Agriculture, ecosystems & environment*, 120(1), 41-57.

SALIZZI, E. 2014. Reestructuración económica y transformaciones en el agro pampeano: la expansión del cultivo de la soja y sus efectos sobre la apicultura bonaerense en los inicios del siglo XXI. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, 16(1): 13-46.

SIGNORELLI, A.; BORODOWSKI, E.; GAUTE, M. 2010. Situación forestal en el Delta del Paraná, Actualidad y perspectivas. Simposio Científico Académico Delta del Paraná: Historia, Presente y Futuro, San Fernando, Buenos Aires.

SIGNORELLI, A.; FERRERE, P.; CABRINI, S.; SORONDO, M. 2015. Análisis económico financiero de un sistema agroforestal apícola en el centro norte de la Provincia de Buenos Aires. 8.º congreso internacional de sistemas agroforestales y III Congreso Nacional de Sistemas silvopastoriles, en la localidad de Iguazú, Misiones.

TITTONELL, P. 2014. Ecological intensification of agriculture — sustainable by nature, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8: 53-61.

VARELLA, A.C.; PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J.; MCNEIL, D.L. 2001. Dry matter production and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under different light regimes. En: J.A. GOMIDE, J.A. (ed.). *Proc. XIX Int. Grassland Congr. FEALQ, Piracicaba*. 660-661 pp.

ZHANG, W.; RICKETTS, T.H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S.M. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64, 253-260.