

## **Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual**

*Peri, P. L.*

EEA INTA Santa Cruz – UNPA – CONICET. Casilla de Correo 332, (CP 9400), Río Gallegos, Santa Cruz, email: pperi@correo.inta.gov.ar

### **Resumen**

Los sistemas silvopastoriles que combinan en una misma unidad de superficie árboles con pasturas o pastizales bajo pastoreo con ganado, son una alternativa productiva en Patagonia, y podría constituir una actividad ecológica, social y económicamente viable. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue presentar la información generada en Patagonia sobre los sistemas silvopastoriles. Los mismos se centran principalmente en: (1) sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) con pastizales naturales y en menor medida con introducción de pasturas, (2) sistemas silvopastoriles de pino (principalmente con *Pinus ponderosa* y *Pinus radiata*) instalados sobre pastizales naturales de coirón dulce (*Festuca pallescens*) y coirón amargo (*Stipa speciosa*) en el ecotono, y (3) en menor medida sistemas silvopastoriles con salicáceas (*Populus* spp. y *Salix* spp.) con pasturas en valles irrigados. Para cada sistema silvopastoril se presenta información productiva respecto a sus tres principales componentes: silvicultura y producción del componente arbóreo, producción forrajera del sotobosque y producción animal. Además se resaltan los avances en los estudios de ecofisiología, pautas para la conservación del ñirantal bajo uso silvopastoril y el impacto de los sistemas silvopastoriles con pinos sobre la biodiversidad. Se ha avanzado en el conocimiento de estos sistemas principalmente en la producción y calidad del componente forrajero e interacciones con el estrato arbóreo. Sin embargo, resta profundizar aspectos relacionados al manejo animal a escala de establecimiento durante todo un ciclo productivo, fortalecer la factibilidad de instalación de industrias primarias o secundarias alternativas para aumentar el valor agregado de los productos madereros, y en el caso de los sistemas silvopastoriles en bosque nativo son necesarios futuros estudios que tengan en cuenta el impacto a nivel paisaje y la conectividad para la vida silvestre a escala regional. Asimismo, son necesarios fortalecer estudios económicos a nivel de sistema y principales aspectos sociales de los mismos.

**Palabras claves:** ganadería, ñire, pastizal, pino, salicáceas, silvicultura, Patagonia

## **Silvopastoral systems in Patagonia: review of the actual knowledge**

### **Abstract**

Silvopastoral systems, that combine trees and grasslands or pastures under grazing in the same unit of land, would be an economical, ecological and social productive alternative in Patagonia. Therefore, the aim of this work was to review the available information related to silvopastoral systems in Patagonia that encompass three distinct types: (1) silvopastoral systems in *Nothofagus antarctica* native forest mainly with natural understorey as a forage resource and in less extent with introduced pastures, (2) planting of pine trees (mainly *Pinus ponderosa* and *Pinus radiata*) into existing tussock grasslands (*Festuca pallescens* and *Stipa speciosa*) in the ecotone area, (3) silvopastoral systems carried out by planting poplars and willows with pastures in irrigated valleys. Information about silviculture and timber production, understorey forage production and livestock are provided. Also, other aspects of silvopastoral systems such as ecophysiology studies and conservation information are outlined in this work. There are advances in knowledge related mainly to quality and production of the understorey component interacting with tree strata. However, research on sheep and cattle production at farm level over a year, the improve of primary and secondary timber industry that incorporate value to the harvested wood, and further studies that incorporate the impact on landscape and fauna connectivity at regional level, are needed. Integrated economical information and social aspects of silvopastoral systems in the region also are important to be developed.

**Key Words:** grassland, livestock, ñire, pine, salicáceas, silviculture, Patagonia

## Introducción

La Patagonia (37° a 55° LS) con casi 197 millones de hectáreas presenta una gran diversidad de climas y ambientes, destacándose la estepa (representando ~93% de la superficie total), el ecotono (~3,7%), los valles (~1,5%) y bosques nativos (~1,8%). Como característica principal presenta un gradiente de precipitación que decrece de oeste a este de 4000 a 200 mm. La producción ganadera (principalmente ovina) se extendió en Patagonia a fines del siglo XIX, con un aumento paulatino en el número de animales a través del tiempo (Tabla 1) lo que determinó la presencia de la ganadería en la zona de la cordillera. Por razones de fluctuación de precios de la lana y disminución de la oferta forrajera en ciertas áreas de estepa patagónica donde hubo procesos de desertificación (por ejemplo 6,5 millones hectáreas desertificadas en meseta Central de Santa Cruz con una producción de biomasa inferior a los 40 Kg MS/ha), el número de ovinos disminuyó principalmente desde 1988 al 2002, pero aumentó en la zona de ecotono donde existen mejores pastizales.

**Tabla 1.** Evolución del número de animales en la región Patagónica desde 1895 al 2002  
(Fuente: Censo Nacional Agropecuario 1988, 2002 del Instituto Nacional de Estadística y Censos, INDEC).

Año	ovinos	bovinos	caprinos	equinos
1895	1.790.000	297.100	79.300	117.300
1988	13.225.000	756.400	1.252.200	236.100
2002	8.192.941	896.054	959.802	196.076

Los sistemas silvopastoriles que combinan en una misma unidad de superficie árboles con pasturas o pastizales nativos bajo pastoreo con ganado, es una alternativa productiva en Patagonia y podría constituir una actividad ecológica, social y económicamente viable. Estos sistemas deben ser diseñados de manera tal que se favorezcan las interacciones ecológicas beneficiosas que se manifiestan en un incremento de la producción, en la eficiencia del uso de los recursos, y también en aspectos del medio ambiente.

En Patagonia, existen diferentes sistemas de producción silvopastoril. Desde un punto de vista del manejo, Somlo et al. (1997) clasifican a los sistemas silvopastoriles en: (i) sistemas nómadas principalmente en Neuquén donde ganado mixto de cabras, ovejas y vacas pastorean en la estepa en invierno y en bosque nativo durante el verano, (ii) sistema continuo anual de pastoreo en campos con bosques, y (iii) pastoreo estacional con el uso de pastizales en tierras bajas con bosque nativo o el área ecotono-bosque en invierno y pastoreo en zonas altas con bosques en verano. Según Laclau (1997), el componente para autoconsumo de la producción ganadera en Patagonia norte, enmarcado en sistemas silvopastoriles con rotaciones de veranada-invernada, es importante para la economía predominante de pequeños productores.

El objetivo del presente trabajo fue presentar la información generada en Patagonia sobre los sistemas silvopastoriles. Los mismos se centran principalmente en: (1) sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oerst.) con pastizales naturales y en menor medida con introducción de pasturas, (2) sistemas silvopastoriles de pino (principalmente con *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) y *Pinus radiata* D. Don.) instaladas sobre pastizales naturales de coirón dulce (*Festuca pallezens* (St. Ives) Parodi) y coirón amargo (*Stipa speciosa* Trin. et Rupr.) en el ecotono, y (3) en menor medida sistemas silvopastoriles con salicáceas (*Populus* spp. y *Salix* spp.) con pasturas en valles irrigados.

### (1) SISTEMAS SILVOPASTORILES EN BOSQUES NATIVOS DE ÑIRE

El ñire es una especie nativa de los bosques patagónicos con una distribución amplia que se extiende desde el norte de Neuquén hasta Tierra del Fuego ocupando una superficie de 751.643 ha (SAyDS, 2005), de la cual aproximadamente el 70% tiene un uso silvopastoril. En particular, en Santa Cruz y Tierra del Fuego existen 97 estancias con bosque de ñire de las cuales un 68% tiene más del 10% de su superficie ocupada con bosque de ñire (Ormaechea et al., 2009). La importancia de los bosques nativos de ñire como sistemas silvopastoriles principalmente radica en la capacidad productiva ganadera (ovina y bovina) y la obtención de productos maderos provenientes de las intervenciones silvícolas como postes, varas y leña. El uso sustentable de los bosques nativos toma relevancia a partir de la promulgación de la *Ley de Presupuestos Mínimos Ambientales* para la protección de los bosques nativos, la cual podría financiar parte de los costos del manejo. Actualmente no se registran prácticamente Planes de Manejo presentados en las Direcciones de Bosques provinciales para el uso de los bosques de ñire en el marco del uso silvopastoril, pre-

sentándose además un insuficiente marco legal vigente en las provincias patagónicas que contemple el uso ganadero en estas masas forestales (Picco y Escalona, 2008). En este contexto, fueron propuestas pautas generales para el manejo silvopastoril de los bosques nativos de ñire en Patagonia que tiendan a maximizar la producción del sistema y propender a su conservación (Peri et al., 2009).

### **1.1 Silvicultura y producción del componente arbóreo**

La propuesta silvícola en sistemas silvopastoriles con ñire debería contemplar, en líneas generales, la intensidad de los raleos y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo. Integrando el conocimiento generado (Peri, 2005; Peri et al., 2005a,b; Sarasola et al., 2008a,b) y conceptos de practicidad operativa se proponen dos intensidades de raleo para diferentes sitios de ñirantales, quedando excluidos de intervención silvícola aquellos bosques con alturas finales de árboles dominantes menores a los 4 m debido a la fragilidad ambiental del ecosistema (Quinteros et al., 2008). Mientras que en sitios de estrés hídrico severo (alturas de los árboles dominantes inferiores a los 5-8 m) se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente entre 50 y 60%, en sitios con un régimen de precipitaciones más favorable (ñirantales con alturas de los árboles dominantes superiores a los 8 m) se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente entre 30 y 40% (Peri et al., 2009). Sarasola et al. (2008b) evaluaron que la respuesta del crecimiento medio en diámetro de árboles de ñire al raleo fluctuó desde 0,18 a 0,49 cm/año para rodales densos y semiabierto, respectivamente. Recientemente se generó un índice de densidad de rodal de ñirantales, independiente de la edad del rodal y la calidad de sitio, como una herramienta biométrica para determinar intensidades de raleo de modo de alcanzar diferentes coberturas arbóreas bajo un uso silvopastoril (Ivancich et al., 2009).

Los volúmenes totales aprovechados de los raleos en bosques de ñire bajo uso silvopastoril de Santa Cruz fueron superiores en rodales con un remanente de transmisibilidad luminosa de ~60% (de 64 a 220 m<sup>3</sup>/ha dependiendo de la calidad de sitio) comparado con aquellos de una transmisibilidad luminosa del ~30%, pero con similares porcentajes de madera destinada a aserrado (15%), a postes y varas (30%) y leña (55%) (Peri et al., 2005b). Por su parte, el potencial de cosecha y el rendimiento industrial de ñirantales de Tierra del Fuego fueron analizados por Martínez Pastur et al. (2008) en rodales cuya área basal original fue de 59 m<sup>2</sup>/ha con una intensidad de raleo que dejó un remanente de 30 m<sup>2</sup>/ha. El volumen cosechado fue de 102 m<sup>3</sup>/ha, y el rendimiento en aserradero varió con la calidad y el tamaño de las trozas desde 34% para trozas >30 cm de diámetro en punta fina de calidad alta (pudrición blanca <10% en la peor cara, pudrición parda <30%, mancha <50%, flecha <3 cm/m, rajaduras <50 cm y sin fustes retorcidos) a 4% para trozas de baja calidad. Las trozas de mejor calidad produjeron 9% de tablones, 21% de tablas, 49% de tirantes, 5% de madera corta y 16% de madera para pallet. Los resultados sugieren la posibilidad de incorporar al aserrado sólo trozas de alta calidad de cualquier diámetro, lo que representa rendimientos de cosecha de 50 m<sup>3</sup>/ha para bosques de calidad de sitio media-alta. Considerando sólo el punto de vista maderero, los rendimientos obtenidos pueden solventar la aplicación de los tratamientos silvopastoriles con ingresos brutos de hasta U\$S 3500 por hectárea. La inclusión de madera para pallets (producto que usualmente no se produce en el aserradero) incrementó significativamente el rendimiento en el aserradero.

La continuidad del estrato arbóreo del bosque nativo de ñire tendrá los objetivos de mantener la productividad de pasto, el reparo para los animales, los servicios ambientales y conservar una producción diversificada. Trabajos previos (Tejera et al., 2005; Peri et al., 2006a; Hansen et al., 2008) concluyen que la continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoril no puede asegurarse a través de la regeneración por semillas, por lo que fue necesario generar técnicas silviculturales que mantengan la sustentabilidad del sistema. En este sentido, una propuesta es la instalación de clausuras temporales de la regeneración pre-establecida por cepa, de semilla o raíz (o en sitios que no existiera regeneración, la forestación con plántulas de ñire obtenidas de vivero) que protejan las plantas del pastoreo y el ramoneo hasta que adquieran una altura superior a 2,5 m. Se estima que se deberá proteger de 2 a 5 renovales de ñire por ha/año hasta asegurar el reemplazo total de los individuos en fases de envejecimiento o con edades superiores a los 150 años.

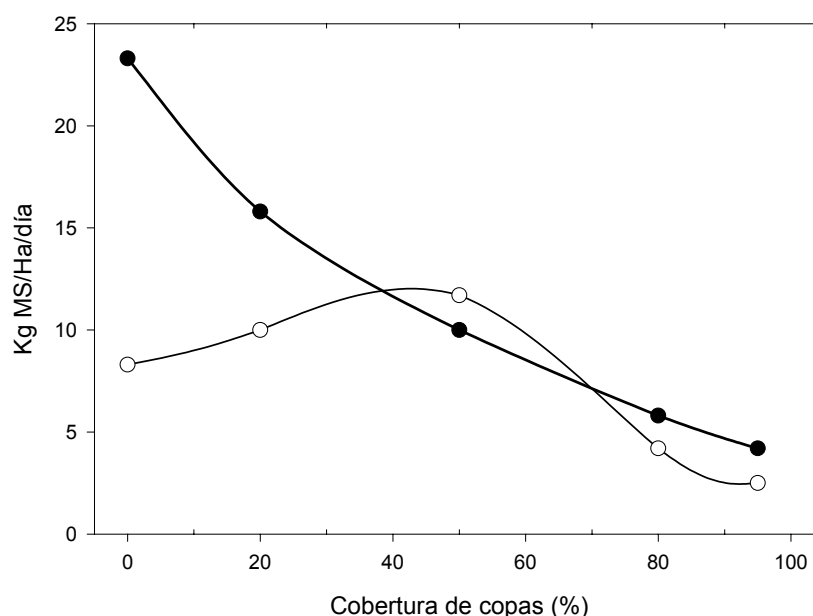
### **1.2 Producción forrajera del sotobosque**

La producción del sotobosque en sistemas silvopastoriles de ñire en la región patagónica sur tiene relación directa con la cobertura del dosel arbóreo, y con la temperatura y régimen hídrico interac-

tuando con los diferentes niveles de sombra. Por ejemplo, en la zona de El Foyel (Río Negro) se evaluó la producción del sotobosque de ñire en tres densidades de cobertura arbórea. Los resultados indican que en un bosque ralo (300 a 500 árboles/Ha), la producción de gramíneas fue mayor que en bosques de mayor densidad con una producción media fluctuando desde 1129 hasta 2909 Kg MS/Ha (Somlo et al., 1997). Para la misma zona, Sarasola et al. (2008a) determinaron para dos años de evaluación (2006-2007) que la productividad media forrajera del sotobosque varió desde 1106 Kg MS/ha para un bosque de ñire denso (60% de cobertura), desarrollándose en un suelo subhúmedo, a 2575 Kg MS/ha para un ñirantal ralo (30% cobertura) en sitios de suelos húmedos.

En Chubut, se evaluó la productividad forrajera y la composición por grupos de especies (gramíneas, leguminosas y otras especies) en bosques de ñire desarrollándose en distintas condiciones de sitio (húmedos correspondientes a bosques de 15 m de altura y secos correspondientes a ñirantales de 3-4 m de altura) y en distintas condiciones de cobertura arbórea (Fertig et al., 2007). Los sitios húmedos presentaron una disponibilidad media 2,5 veces mayor que los sitios secos (1288 vs 565 Kg MS/ha), y las situaciones entre copas presentaron una disponibilidad total promedio (1217 Kg MS/ha) superior a las situaciones de cobertura de copas densas (418 Kg MS/ha). Además, Fertig et al. (2009) determinaron que la disponibilidad forrajera total, luego de cuatro años de realizados los raleos, se incrementó desde un 75% en los sitios secos (bosque bajo, <4m de altura, 50% cobertura) hasta casi 5 veces en los sitios intermedios (bosque medio de 4 a 8m y 40% cobertura). En ambientes húmedos (bosque alto mayor a 8m de altura), los autores detectaron que la producción del sotobosque aumentó desde 808 Kg MS/ha (bosque testigo sin raleo) a 2002 Kg MS/ha (50% cobertura), determinado por un incremento principalmente en la disponibilidad de gramíneas y leguminosas.

En Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego) en el límite entre estepa y bosque, el clima determina un régimen con un fuerte déficit hídrico coincidente con la estación de crecimiento. En estos sitios, el pastizal sometido a un sombreado y a la protección del efecto desecante de los fuertes vientos presenta menores tasas de transpiración y evaporación en comparación con sitios abiertos. Esta diferencia en la disponibilidad de agua en suelo en los sistemas silvopastoriles en comparación con pastizales de áreas sin árboles determinó una mayor productividad. Por ejemplo, en estos sitios de severo estrés hídrico se alcanzó la máxima tasa de crecimiento de materia seca con una cobertura de copas del 55% (Figura 1). En contraste, con un régimen de precipitaciones más favorable se detectó una disminución de la tasa de crecimiento de materia seca de la pastura aproximadamente lineal con el aumento de la cobertura de copas desde 23,3 Kg MS/Ha/día en pastizales creciendo en la zona adyacente sin árboles a 4,2 Kg MS/Ha/día con un 95% de cobertura de copas. Sin embargo, la presencia de árboles en estos sitios disminuyó el daño directo ocasionado por las heladas y/o acumulación de nieve sobre el pastizal. Por ello, los períodos vegetativos de los pastos se alargan en los sistemas silvopastoriles comparados a los de un pastizal abierto, modificando de esta manera el tiempo de oferta forrajera para los animales. Esta respuesta diferencial en la producción de materia seca de acuerdo a los diferentes niveles de sombra y estrés hídrico nos brinda una herramienta de criterio para determinar la intensidad de raleo, pudiendo ser más intenso en sitios con moderado o sin estrés hídrico. Además de los aspectos biológicos mencionados, también es importante determinar la factibilidad económica del sistema.



**Figura 1.** Tasa media de producción de materia seca (MS) del pastizal desarrollándose en sitios de ñirantales con distintos grados de cobertura de copas y zonas adyacentes sin árboles (0% cobertura). El sitio con estrés hídrico severo (○) se correspondió con una humedad media del suelo hasta los 25 cm de profundidad inferior a 16% durante el principal periodo de crecimiento (Octubre-Abril) y el sitio con estrés hídrico moderado (●) con una humedad media del suelo superior a 19% (Fuente: Peri et al., 2005a).

Además existen antecedentes de producción de materia seca del pastizal mejorado a través de la introducción de pasturas forrajeras de alto rendimiento en sistemas silvopastoriles de ñire con diferentes niveles de radiación (Peri et al., 2005). La magnitud de la mejora en la productividad del pastizal con pasturas de trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) estuvo en función del grado de sombreado (Tabla 2). Por ejemplo, mientras que en sitios adyacente sin árboles (100% transmisibilidad luminosa) el aumento de producción de biomasa con la introducción de especies forrajeras representó un 35%, en el sistema silvopastoril con un 30% de transmisibilidad luminosa dicho aumento fue del 20% (Tabla 5).

**Tabla 2** Producción de materia seca (Kg MS/ha) del pastizal y el pastizal mejorado con trébol blanco (*Trifolium repens*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) correspondiente al rebrote de primavera (Septiembre-October) para el sitio adyacente sin árboles (100% transmisibilidad luminosa) y para sistemas silvopastoriles con 30 (SS 30%) y 60% de transmisibilidad luminosa (SS 60%). Entre paréntesis se presenta el desvío estándar de la media (Adaptado de: Peri et al., 2005b).

Tipo de pastizal	Descampado	(Kg MS/ha)	
		SS 60%	SS 30%
Pastizal	970 (69)	820 (54)	710 (38)
Pastizal con pastura mejorada	1300 (85)	1170 (67)	860 (45)

En forma similar a la productividad, Peri et al. (2005b) determinaron que la proteína bruta (PB) del pastizal de los ñirantales varió según la interacción entre los factores sitio e intensidad lumínica que ingresa al sotobosque, con un rango entre 8,2 y 12,2%. En general, el contenido de PB fue mayor en los niveles de sombra severa (10% de transmisibilidad) y en aquellos sitios de menor estrés hídrico. En contraste, la digestibilidad *in vitro* del pastizal (DIVMO) no presentó diferencias frente los diferentes niveles de sombra (Peri et al., 2005b). Mientras que los bajos valores anuales promedios de DIVMO (55,6%) se detectaron en sitios o períodos de mayor déficit hídrico, la mejor digestibilidad media del pastizal (68,9%) se observó en los sitios de menor estrés hídrico.

Fertig et al. (2009) determinaron el efecto del raleo sobre la calidad forrajera en distintos ambientes de ñire en el noroeste de la provincia de Chubut. Mientras que el contenido de proteína bruta (PB) disminuyó en los sitios húmedos raleados (50% cobertura) respecto al bosque sin intervenir (6,94 vs. 8,90%) debido probablemente a la dilución provocada por el crecimiento, la Fibra Detergente Neutro (FDN) aumentó (47,33 vs. 40,75%) lo cual podría provocar una disminución en el

consumo potencial del ganado. Por su parte, los valores de Fibra Detergente Acido (FDA) no presentaron diferencias en los rodales raleados (promedio 37,65%).

Por otro lado, para garantizar el uso silvopastoril de los ñirantales a nivel predial es necesario incorporar la evaluación de pastizales dentro del Plan de Manejo del sistema, ya que provee información para optimizar la producción ganadera y evitar el deterioro del sistema por sobrepastoreo. La evaluación de pastizales dará lugar a la Planificación del Pastoreo, el cual consiste en determinar el número de animales (carga animal) y la época de uso de cada potrero. Recientemente se ha logrado desarrollar un método de evaluación de pastizales (Ñirantal Sur- *San Jorge*) adaptado al ecosistema de ñirantales en Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego), el cual sirve como herramienta técnica para estimar la capacidad de carga animal en sistemas silvopastoriles a nivel predial (Peri, 2009). El mismo se basó en la estimación de la Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) del pastizal para diferentes condiciones del ñirantal y momentos de uso (primavera o pico de biomasa, verano, otoño e invierno), siendo a su vez de fácil uso, ya que las únicas variables que deben tomarse a campo son la cobertura de copas, la clase de sitio expresado por la altura promedio de los árboles dominantes y la cantidad de residuos leñosos. Sin embargo, es necesario ampliar la validación del método incorporando otras provincias como Chubut y Río Negro para detectar potenciales limitaciones del método, como así también monitorear la respuesta del pastizal bajo pastoreo con el fin de determinar la necesidad de ajustar la metodología propuesta.

### 1.3 Producción animal

El sistema de producción con bovinos y mixto (bovino+ovino) representa el 78% de los establecimientos con ñire de Santa Cruz y Tierra del Fuego, con valores de carga animal que fluctúan entre 0,60 y 0,65 ovejas/ha, y donde más del 75% de las estancias presentan un manejo de los potreros en veranadas e invernadas (Ormaechea et al., 2009). Estimaciones de productividad en ñirantales de Chubut, arrojan valores de 14 Kg de carne vacuna/ha/año, lo cual aparece como un piso potencialmente mejorable ante las condiciones agro-ecológicas del área (Fertig, 2006). Para los establecimientos ganaderos ovinos de Patagonia Sur, el promedio del porcentaje de señalada es del 75% y la producción media de lana por animal de 4,7 Kg/animal (Ormaechea et al., 2009). La principal dieta en la que se basa la producción ganadera (ovinos y bovinos) pastoreando los bosques de ñire a lo largo del año son las gramíneas y graminoides (56-90%) donde se destacan *Poa pratensis*, *Festuca pallenscens*, *Holcus lanatus* y *Carex* sp. (Manacorda et al., 1996; Bonino, 2006).

Existen antecedentes de ensayos que cuantificaron la respuesta de ovinos (ovejas Corriedale de 4 años de edad) y bovinos (vaquillonas Polled Hereford de 14 meses de edad) frente a la variación de los atributos del pastizal para dos coberturas arbórea (40 y 60%) y pastoreando hasta dos condiciones de residual del pastizal (óptimo y sub-óptimo) en sistemas silvopastoriles de ñire en Santa Cruz (Peri et al., 2006b; Peri, 2008). En ambos estudios, se midió la ganancia de peso vivo (GPV) individual (gr/animal/día) y por hectárea (Kg/ha/día) durante el mes de diciembre coincidente con el pico de biomasa del pastizal y en parcelas de 0,7 ha. Si bien no hubo diferencias significativas en GPV diario individual entre diferentes coberturas del sistema silvopastoril, las GPV disminuyeron entre un 50% (para el caso de ovinos) y 86% (para bovinos) cuando los animales pastorearon hasta un residual sub-óptimo. La mayor disponibilidad de pasto en el sistema silvopastoril con 40% de cobertura de copas permitió una carga animal mas alta que el potrero con 60% de cobertura, resultando en una GPV por hectárea significativamente mayor para animales pastoreando hasta un residual óptimo (29,9 vs. 17,1 Kg/ha/día para bovinos y 3,8 vs. 2,4 Kg/ha/día para los ovinos).

El manejo del pastoreo tiene una gran importancia en la producción ganadera. En Chubut se analizó los efectos de un sistema de pastoreo continuo (potrero de 10,1 ha) y un pastoreo rotativo (cuatro parcelas de 2,7 ha) durante 82 días en novillitos y vaquillonas Hereford de alrededor de 13-15 meses de edad en un ñirantal alto y abierto con un pastizal conformado por especies de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Trifolium repens* (trébol blanco) (Fertig, 2006). Si bien no hubo diferencias en la ganancia promedio de peso individual (~1 Kg/día/animal) entre sistemas, la producción de carne por unidad de superficie (219 Kg/ha) y la eficiencia de cosecha (57%) bajo pastoreo rotativo fueron mayores que en el sistema continuo (174 Kg/ha y 40%).

Si bien se avanzó en la cuantificación de la producción del componente animal en estos sistemas silvopastoriles, los estudios fueron realizados en superficies pequeñas (potreros entre 0,7 y 10,1

ha) y en períodos cortos (20 a 82 días). Por lo tanto, es necesario realizar estudios de producción y manejo animal a escala de establecimientos y que incorporen todo un ciclo productivo.

#### **1.4 Avances en los estudios de ecofisiología**

Existe un importante avance en el conocimiento de los sistemas silvopastoiles de ñire en lo que respecta a la dinámica y cambios en la compartimentalización aérea y subterránea de la biomasa y macro nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) para gradientes de edad (desde fase de regeneración-5 años a fase de envejecimiento- 220 años), clases de copa (dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos) y clases de sitio (*Clase de Sitio V* con altura de árboles dominantes menor a 6 m hasta *Clase de Sitio III* con alturas entre 8 y 10 m) (Peri et al., 2005c; Peri et al., 2006c; Gargaglione et al., 2008; Peri et al., 2008a; Gargaglione et al., 2009). Mientras que la biomasa total acumulada varió, según la calidad de sitio y edad del rodal, desde 60,8 a 394,1 ton/ha, la acumulación total de nutrientes fluctuó entre 660 y 1258 Kg/ha. Es importante resaltar que la proporción de biomasa y de la mayoría de los macro nutrientes del componente subterráneo fue superior al 50% en la fase de regeneración en todos los sitios estudiados. En sitios marginales, mientras que la concentración de nutrientes siguió el orden: hojas > corteza > raíces medias > ramas finas > raíces finas > albura > raíces gruesas > duramen, el orden de la acumulación de nutrientes en rodales maduros fue Ca > N > K > P > Mg > S (Peri et al., 2008a). Este tipo de información puede asistir a cuantificar el impacto de diferentes prácticas silvícolas y establecer pautas de manejo que tiendan a mantener la productividad del sistema silvopastoril en ñirantales a largo plazo. Por ejemplo, si el raleo forma parte del manejo silvícola, sería conveniente descortezar los fustes antes de retirarlos, evitando de esta manera la exportación fundamentalmente de Ca del sistema. Asimismo, al raleo y extraer árboles quedaría en el subsuelo las raíces que, al descomponerse, aportarían P que puede ser aprovechado por las pasturas. Con respecto al N, se podría hacer un raleo por lo bajo con una intensidad de extracción de hasta el 75%, ya que el aporte de solo los árboles dominantes alcanza para cubrir los requerimientos del pastizal. Sin embargo, numerosos factores afectan la disponibilidad efectiva de nutrientes al pastizal y al sistema en general, entre ellos, las tasas de descomposición, mineralización, el contenido de lignina, etc. En este sentido, existen antecedentes donde se cuantificó el aporte anual, la distribución espacial y temporal de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en bosques de ñire bajo manejo silvopastoril desarrollándose en diferentes clases de sitio (Peri et al., 2008b), e información sobre tasas de descomposición y mineralización en bosques con uso silvopastoril de Tierra del Fuego (Moretto et al., 2005; 2006).

Por otra parte, para estos ecosistemas se cuantificó la distribución aérea y subterránea de carbono (C) de árboles individuales de ñire en diferentes fases de desarrollo (desmoronamiento-220 años, envejecimiento-152 años, crecimiento óptimo final-85 años, crecimiento óptimo inicial-45 años, regeneración-5 años) y clases de copa (dominante, codominante, intermedio, suprimido), y la distribución de C en el perfil del suelo hasta una profundidad de 0,6 m (Peri et al., 2005d). Sin embargo, sería necesario modelizar la fijación de C de los bosques de ñire desarrollándose en diferentes calidades de sitio y densidades para poder predecir su tasa de fijación anual en diferentes rodales bajo uso silvopastoril, por lo que este trabajo fue un punto de partida para futuras investigaciones.

Para acompañar el entendimiento de la respuesta de producción de materia seca del sotobosque, se evaluó las variaciones microclimáticas (temperaturas del aire y suelo, humedad relativa del aire, velocidad de viento y precipitaciones) en bosques de ñire bajo uso silvopastoril desarrollándose en dos clases de sitio, comparados con áreas sin cobertura arbórea en Patagonia Sur (Bahamonde et al., 2009).

#### **1.5 Conservación del ñirantal bajo uso silvopastoril**

Los sistemas silvopastoriles en los ñirantales de Patagonia son sistemas productivos desarrollados en bosques nativos, por lo que es estratégico asegurar su sustentabilidad. El sistema de Criterios e Indicadores (C&I) permite abordar la complejidad de los sistemas silvopastoriles en forma jerárquica y lógica, otorgando herramientas para el monitoreo y fijando pautas de manejo (Rusch et al. (2009a). En este contexto, es importante contemplar (i) diseños adecuados de densidad de caminos, (ii) áreas de protección para el mantenimiento de la biodiversidad y servicios ambientales del bosque nativo, y (iii) sistemas permanentes de monitoreo que nos brinden información para mitigar los posibles efectos negativos de las intervenciones en el ñirantal y así elaborar protocolos de manejo que faciliten su sustentabilidad. Según Rusch et al. (2009b), dos aspectos principales son claves para la sustentabilidad de los sistemas silvopastoriles en ñirantales: el mantenimiento de la capacidad productiva de los componentes arbóreo y forrajero, y el mantenimiento o mejora del

bienestar de los actores asociados al manejo. Sugerencias y detalles respecto a este tema se encuentran en Rusch et al. (2004), Gallo et al. (2004), Carabelli y Peri (2005), Rusch et al. (2009a,b). Los estudios desarrollados hasta el momento brindan pautas que permiten conservar la biodiversidad en los sistemas bajo manejo silvopastoriles, al integrar las escalas regionales, de paisaje y de sitio.

## (2) SISTEMAS SILVOPASTORILES EN PLANTACIONES CON PINOS EN ECOTONO

Actualmente en la precordillera andina de Neuquén, Río Negro y Chubut hay aproximadamente 70000 ha plantadas con coníferas exóticas entre las cuales el pino ponderosa representa más del 70% de esta superficie, y además existen unas 2.250.000 ha de tierras aptas para el establecimiento de plantaciones industriales (Andenmatten et al., 2002). La superficie de sistemas silvopastoriles de pino (mayoritariamente con *Pinus ponderosa*) instaladas sobre pastizales naturales de coirón se centran en el ecotono de Patagonia norte (principalmente en Neuquén) con una superficie aproximada de 2500 ha. Es importante resaltar que en el departamento Minas (Neuquén), donde hay una clara competencia por el uso del suelo entre la ganadería trashumante (la que representa el 25% del total de las chivas de la provincia) y las forestaciones con pino con 12000 ha forestadas (7000 ha pertenecientes al sector petrolero y el resto de los municipios y asociaciones de fomento rural) (Dirección de Bosques de la Provincia de Neuquén, Inventario Forestal Provincial, 2008), las cuales están siendo usadas en forma temporal como sistemas silvopastoriles. En la zona de Esquel-Trevelin existe potencialmente 16.600 ha que podrían destinarse a sistemas silvopastoriles con pino radiata (Enricci et al., 1995).

### 2.1 Silvicultura y producción del componente arbóreo

Según Enricci et al. (1995), para sistemas silvopastoriles con *Pinus radiata* instalados en pastizales naturales, proponen un distanciamiento inicial de 416 plantas/ha (8x3 m), 3 podas (hasta una altura de 4,40 m) y 2 raleos selectivos (intensidad del 10%), determinando una densidad final de 310 plantas/ha (Tabla 3). Una cuarta poda hasta los 8,40 m de altura es recomendada si el precio de la madera "libre de nudos" es conveniente. El rendimiento esperado al turno de corta (~35 años) es aproximadamente del 90% del volumen total que se obtendría en plantaciones tradicionales, con crecimientos que fluctúan entre 23 y 40 m<sup>3</sup>/ha/año según la calidad de sitio (Enricci et al., 1995). Sin embargo, se detectó una tendencia de aumento en del diámetro de las ramas laterales lo que bajaría la calidad de la segunda troza.

**Tabla 3.** Plan de manejo silvicultural y rendimiento de sistemas silvopastoriles con *Pinus radiata* desarrollándose en una buena calidad de sitio en Chubut (adaptado de Enricci et al., 1995).

Edad	Actividad Tipo/intensidad	Densidad inicial (árboles/ha)	Densidad remanente (árboles/ha)	Volumen extraído (m <sup>3</sup> /ha)
0	Plantación (8x3 m)		416	
1	Reposición (5%) <i>mortandad 1% anual</i>	395	416	
5	1 <sup>ra</sup> poda (h/1,20 m altura) <i>mortandad 0,4% anual</i>	400	400	
9	2 <sup>da</sup> poda (h/2,20 m altura) <i>mortandad 0,2% anual</i>	393	393	
13	3 <sup>ra</sup> poda (h/4,40 m altura) <i>mortandad 0,1% anual</i>	390	390	
18	1 <sup>er</sup> raleo (10% intensidad) <i>mortandad 0,07% anual</i>	388	350	8
26	2 <sup>er</sup> raleo (10% intensidad) <i>mortandad 0,07% anual</i>	348	313	28
35	Corta final <sup>1</sup>	310	0	770
<b>TOTAL</b>				<b>806</b>

<sup>1</sup>árbol medio de 50 cm DAP, 30 m de altura y 2,48 m<sup>3</sup> de volumen.

La densidad inicial de plantación recomendada para los sistemas silvopastoriles con *Pinus ponderosa* en pastizales de *Festuca pallescens* es de 600-800 plantas/ha para llegar a los 25-30 años con 400 plantas/ha. Sin embargo, en la zona más seca de estepa (menos de 500 mm de precipitación anual) donde los sistemas silvopastoriles se instalan en pastizales de *Stipa speciosa*, se propone densidades inferiores de plantación. Gyenge et al. (2005, 2006) generaron un modelo general para sistemas silvopastoriles en Patagonia de *Pinus ponderosa* en pastizales de *Festuca pa-*



*llescens*, en el cual se calcula con una dinámica anual y en períodos de simulación referidos a un turno de corta, la producción forestal, la producción forrajera, el balance hídrico y la interceptación de luz del canopeo arbóreo. Para utilizar dicho modelo se precisa disponer de los siguientes datos iniciales: latitud, densidad de plantación, diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio, realización de poda y/o raleo (proporción de copa extraída y/o intensidad de raleo, y umbral de cobertura al cual se realiza la intervención), biomasa inicial del pastizal, temperatura mensual promedio, y un índice de humedad del suelo. Por ejemplo, simulaciones con diferentes prácticas silvícolas estimaron una tasa de crecimiento volumétrico de 20 m<sup>3</sup>/ha/año en un sistema silvopastoril con 600 árboles/ha de densidad inicial y 3 podas (años 10, 20 y 30) con una intensidad de extracción del 50% de la copa realizadas cuando la cobertura del rodal llegó al 100% (Gyenge et al., 2005). En el caso de la simulación correspondiente a un sistema silvopastoril con 800 árboles/ha, se estimó que las copas de los árboles crecieron hasta la ocupación plena del sitio al año 7 (DAP= 21,9 cm), y al turno de 40 años el volumen fue de 1000 m<sup>3</sup>/ha (Gyenge et al., 2006).

Los crecimientos volumétricos de pino ponderosa medidos entre los 15 y 20 años de plantación fueron de 17,0 y 14,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para sistemas silvopastoriles de 500 y 350 árboles ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gyenge, 2005).

En base a estudios de biometría Andenmatten y Letourneau (2001) estimaron la evolución del volumen total para plantaciones de pino ponderosa creciendo en diferentes densidades y calidades de sitio. En la Tabla 4 se presenta valores de volumen para plantaciones poco densas (750 árboles/ha) de pino ponderosa, los cuales podrían ajustarse a los sistemas silvopastoriles.

**Tabla 4.** Evolución del volumen total (m<sup>3</sup>/ha) para plantaciones poco densas (750 árboles/ha) de pino ponderosa desarrollándose en dos calidades de sitio expresado como Índice de Sitio a edad base de 20 años (IS<sub>20</sub>) (Adaptado de Andenmatten y Letourneau, 2001).

Edad luego de la plantación (años)	IS <sub>20</sub> = 11m (m <sup>3</sup> /ha)	IS <sub>20</sub> = 23m (m <sup>3</sup> /ha)
15	100	400
25	200	900
35	300	1450
45	450	1750

Por otro lado, la edad de plantación a la cual se podría introducir los animales varía entre 6 y 10 años dependiendo de la especie forestal utilizada, la calidad de sitio y el tipo de animal (vaca, oveja o chivas).

## 2.2 Producción forrajera del sotobosque

En sistemas silvopastoriles con *Pinus radiata* instalados en pastizales naturales del Valle 16 de Octubre (zona Esquel-Trevelin, Chubut), siguiendo el manejo silvícola presentado en Tabla 3, Enricci et al. (1995) determinaron una respuesta de la producción de materia seca del sotobosque en tres etapas según la edad de la plantación: (i) aumento de la producción de 660 a 7950 Kg MS/ha desde la plantación y durante el periodo de clausura o hasta el comienzo de la competencia por parte de los árboles (aproximadamente año 6-7); (ii) etapa de decaimiento del pastizal debido a la cobertura de acículas y falta de luz con una disminución desde su máxima productividad hasta cerca de los 2000 Kg MS/ha al año 13 desde la plantación; y (iii) etapa de estabilización del sistema donde se establecen las especies tolerantes a la sombra. Sin embargo, de acuerdo al porcentaje de participación de las especies palatables del sistema (*Stipa speciosa*, *Stipa humilis* y *Festuca palleescens*), los mismos autores estimaron una utilidad forrajera que fluctúa desde 50% al año 2 hasta 20-25% a partir del año 6 desde la plantación.

Gyenge et al. (2005) estimaron, a partir del uso de modelos, que podas regulares (4 podas cuando la cobertura arbórea llega al 100% a los 5, 15, 25 y 35 años desde la plantación y una intensidad del 50% de las copas) cuadruplican la producción anual de pasto comparado con rodales sin intervenir de la misma densidad (600 árboles/ha). Tomando como partida un pastizal típico de las pampas altas de coirón blanco degradado (40% de cobertura de *Festuca palleescens*) con una productividad máxima estimada de 500 Kg MS/ha/año, Gyenge et al., 2006 estimaron un crecimiento de la producción forrajera hasta que la cantidad de radiación solar que llega al sotobosque fue menor al 18% con respecto a la que llega a cielo abierto. Para un mismo sistema silvopastoril, pero sometido a podas (intensidad del 60% de la longitud de la copa cuando la cobertura del rodal alcanzó el 90%), la producción forrajera llegó a un máximo de 560 Kg MS/ha que se mantuvo

constante hasta el final de la simulación (año 40) (Gyenge et al., 2006). Por su parte, Fernández et al. (2002) determinaron que plantas de *Stipa speciosa* dejan de crecer con coberturas de *Pinus ponderosa* mayores a 70%.

### 2.3 Producción animal

La información sobre el componente animal en estos sistemas silvopastoriles es escasa. Caballé et al. (2009a) evaluaron la evolución del peso y condición corporal de cabras en el campo forestal Mallín Verde (Neuquén) bajo dos diseños de sistemas silvopastoriles de *Pinus ponderosa* de 10 años sobre pastizal natural (400 árboles/ha distribuidos en fajas y regularmente), un sistema forestal puro (testigo, 800 árboles/ha) y un sistema pastoril a cielo abierto. Estos tratamientos se replicaron tres veces en parcelas de 0,5 a 1,5 ha, donde la carga animal se fijó en base a la receptividad disponible, un factor de consumo del 50% y un consumo diario por animal promedio del 2% de su peso vivo. Los animales, en iguales proporciones de clases de edad (boca llena, 6 y 4 dientes) y un peso inicial promedio de 35,9 Kg/animal, se incorporaron a las parcelas a inicios de marzo y permanecieron pastoreando durante 30 días. La composición botánica de la dieta determinó una preferencia de los caprinos por las gramíneas consumiendo especies palatables y no palatables, con una mayor participación de *Poa spp* y *Festuca spp*. Si bien la productividad primaria mostró diferencias entre tratamientos, no se detectó diferencias en la evolución del peso (peso final promedio de 36,4 Kg/animal) y la condición corporal final (promedio de 2,6) de los animales. Según los autores, estos resultados preliminares indican que los sistemas silvopastoriles representan una alternativa viable, que puede contribuir significativamente a compatibilizar la actividad pecuaria tradicional con la forestal, en el noroeste de Patagonia.

### 2.4 Avances en los estudios de ecofisiología

Existen antecedentes respecto a estudios de ecofisiología de los sistemas silvopastoriles con pinos relacionados al uso del agua, tema que toma relevancia ya que la región patagónica posee un clima semiárido con períodos de déficits hídricos durante la época de crecimiento. En un sistema silvopastoril con pino ponderosa (25 años, 350 árboles/ha, altura media dominante 15 m) sobre pastizales naturales en el Valle de Meliquina (Neuquén) de clima mediterráneo, Licata et al. (2008), a través de mediciones de conducción de savia y contenido de agua en diferentes horizontes del suelo (hasta 1,8 m de profundidad), determinaron que los valores de transpiración anual para años secos (333 mm) y húmedos (395 mm) no solo fueron inferiores a la de una plantación densa con fines madereros (1135 árboles/ha), sino que también la cantidad de agua utilizada fue estable a lo largo de la estación de crecimiento. Asimismo, se estudiaron otros detalles del balance hídrico entre el componente arbóreo de *Pinus ponderosa* y el pastizal natural de sistemas silvopastoriles desarrollándose bajo diferentes densidades y manejos, como el potencial pre-alba de las hojas, evapotranspiración, interceptación de la lluvia, contenido de agua a diferentes profundidades del suelo, respuesta de la densidad de flujo de savia al déficit de presión de vapor, conductancia hidráulica y transpiración a nivel planta individual, entre otros (Gyenge et al., 2002, 2003). Estos trabajos concluyen que la mayor productividad de los sistemas silvopastoriles comparados con el pastizal puro podría deberse a un mayor uso de agua que se perdería del sistema. En este contexto, Fernández et al. (2008) utilizando isótopos estables de oxígeno, determinaron que el componente arbóreo de pinos y los pastizales naturales hacen un uso complementario del recurso agua, y que los pinos en sistemas silvopastoriles usan menos agua en los horizontes superficiales del suelo que en plantaciones puras con fines madereros.

Además, se midió la variación de radiación, temperatura, humedad relativa, y estatus hídrico y crecimiento relativo de *Festuca palleescens* en diferentes niveles de coberturas de pino ponderosa, concluyendo que esta es una especie adecuada para los sistemas silvopastoriles ya que presenta un balance positivo entre procesos de facilitación y competencia en ambientes semiáridos de Patagonia (Fernández et al., 2006a, 2007).

Por otro lado, Fernández et al. (2002) determinaron relaciones de tasa de producción y altura de macollos para *Stipa speciosa* creciendo en un amplio rango de coberturas (0 a 100%) de *Pinus ponderosa*, y se ajustó los parámetros de la curva de fotosíntesis para diferentes niveles de luz fotosintéticamente activa y status hídrico de las plantas expresados como potencial agua. Los resultados demuestran que esta especie mantiene tasas positivas de fotosíntesis en condiciones de sombra moderada y severo estrés hídrico (-4.3 MPa). Fernández et al. (2004) concluyeron que la capacidad de aclimatación a ambientes sombreados de *Festuca palleescens* fue debido a cam-

bios en el particionamiento de biomasa (relación hoja/raíz), arquitectura del canopeo (ángulo foliar) y al incremento en el área foliar específica.

Cabe mencionar también que se han generado modelos de conductancia estomática y fotosíntesis a nivel foliar para *Festuca pallescens* creciendo en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa de Patagonia bajo diferentes niveles de radiación, temperatura del aire y humedad relativa (Fernández et al., 2006b). Particularmente, Caballé et al. (2009b) ajustaron un modelo multiplicativo que permite predecir la respuesta de la tasa de fotosíntesis neta máxima ( $P_{max}$ ) a partir de la integración de las variables temperatura, el estrés hídrico y el ambiente lumínico de crecimiento.

Estos modelos ayudan a predecir y entender los procesos fisiológicos que determinan la capacidad productiva de las especies forrajeras desarrollándose en sistemas silvopastoriles.

#### 2.4 Impacto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad

Existen antecedentes sobre el impacto de los cambios en diversidad de flora y aves que se producen en estepas y bosques de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) que son reemplazados por plantaciones de coníferas con potencial uso silvopastoril (plantaciones ralas) en el noroeste de la Patagonia (Rusch et al., 2003a, Rusch et al., 2003b; Lantschner et al., 2008). Los resultados indican que las plantaciones de coníferas con bajas coberturas arbóreas albergan mayor diversidad que las plantaciones densas. A su vez en estas últimas, las comunidades son similares a las de los bosques de ciprés de la cordillera adyacentes (en especial al considerar vegetación y aves). Cuando las plantaciones reemplazan estepas, en cambio, los cambios en la fauna son abruptos y hay mayor mortandad de la vegetación original. Un dato importante, sin embargo, es que la especie *Festuca pallescens*, principal forrajera de estos sistemas, no solo tiene alta permanencia en estos ambientes, sino que su cobertura se incrementa bajo la protección arbórea. Más detalles de esta temática y del efecto de las plantaciones de uso silvopastoril sobre el manejo de plagas y la conservación de insectos nativos se encuentra en la revisión efectuada por Caballé et al. (2009c).

### (3) SISTEMAS SILVOPASTORILES CON SALICACEAS EN VALLES IRRIGADOS

En nuestro país existen 64.000 ha forestadas con álamos y 46.000 ha forestadas con sauces, siendo las principales zonas productoras de salicáceas el Delta del Paraná (58.000 ha), Cuyo (23.377 ha), y Patagonia (19.595 ha). Considerando las provincias del Chubut, Río Negro y Neuquén, las salicáceas aportan alrededor del 80% del volumen de madera extraída de bosques implantados (García, 2002). En Patagonia norte, la superficie de sistemas silvopastoriles con salicáceas bajo riego es de aproximadamente 765 ha.

Si bien existe poca información registrada, en la década del 80, Nolting (1985) desarrolló sistemas silvopastoriles en dos tipos de suelo (barda y media barda) del Alto Valle de Río Negro con *Populus x euroamericana* 'Conti 12', utilizando plantas de raíz de 2 años y fuste de 1 año de una longitud mínima de 3,5 m. La plantación se realizó a un espaciamiento entre árboles de 6x6 m con podas hasta los 9,6 m. La experiencia permitió comprobar al decimotercer año de evaluación un crecimiento significativamente superior en los árboles del sistema silvopastoril comparado a los de parcelas sin cultivo intercalar (Tabla 5). En cuanto al rendimiento forrajero, la producción disminuyó en el tiempo como consecuencia del aumento de la sombra. Por ejemplo, mientras que la producción media de alfalfa varió desde 10847 Kg MS/ha/año (tercer año de implantación) a 969 Kg MS/ha/año (sexto año de implantación), la pastura de festuca alta fluctuó desde 11079 a 1591 Kg MS/ha/año.

**Tabla 5.** Crecimiento y rendimiento volumétrico con corteza medio de *Populus x euroamericana* 'Conti 12' en sistemas silvopastoriles al año 13 después de instalados en Alto Valle de Río Negro (adaptado de Nolting, 1985).

Tipo de suelo	Tratamiento	DAP (cm)	Altura total (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> /ha)
Barda	Sin cultivo	34,4	26,0	295
	Alfalfa	37,4	26,5	361
	Pastura <i>festuca alta</i> , <i>pasto ovilla</i> y <i>trébol blanco</i>	33,2	25,0	254
Media barda	Sin cultivo	28,6	21,9	178
	Alfalfa	31,0	22,7	229
	Pastura <i>festuca alta</i> , <i>pasto ovilla</i> y <i>trébol rojo</i>	32,9	23,0	267

## Conclusiones y lineamientos futuros

Los resultados de las investigaciones y experiencias productivas posicionan a los sistemas silvopastoriles como una alternativa productiva en varias regiones de Patagonia. Entre ellos se destacan principalmente los sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire con pastizales naturales o pasturas, los sistemas silvopastoriles de pino instalados sobre pastizales naturales, y en menor medida, los sistemas silvopastoriles con salicáceas coasociadas con pasturas en los valles irrigados.

Se ha avanzado en el conocimiento de estos sistemas principalmente en la producción y calidad del componente forrajero e interacciones con el estrato arbóreo, y en menor medida en los aspectos relacionados a la producción animal. Además se destacan los avances en los estudios de ecofisiología, pautas para la conservación del ñirantal bajo uso silvopastoril y el impacto de los sistemas silvopastoriles con pinos sobre la biodiversidad. El conocimiento de estas interrelaciones entre árboles-pastos-animales nos brinda actualmente herramientas para el manejo del sistema silvopastoril, las cuales optimizarán la producción y la sustentabilidad del recurso. En el caso particular de los sistemas silvopastoriles en ñirantales, la importancia de su uso sustentable toma relevancia a partir de la promulgación de la *Ley de Presupuestos Mínimos Ambientales* para la protección de los bosques nativos, la cual podría financiar parte de los costos del manejo.

Sin embargo, por tratarse de sistemas complejos, aún resta profundizar varios aspectos relacionados al manejo de estos sistemas silvopastoriles en Patagonia, los cuales pueden tomarse como lineamientos futuros de acción para el sector de investigación, productores e instituciones dedicadas al desarrollo. A modo orientativo se sugieren los siguientes lineamientos futuros:

- (i) Estudios de producción y manejo animal a escala de establecimientos durante todo un ciclo productivo para los tres sistemas silvopastoriles que se vienen desarrollando en Patagonia.
- (ii) Fortalecer la factibilidad de instalación de industrias primarias o secundarias alternativas (producción de tableros, parquet, muebles) con el fin de aumentar el valor agregado de los productos madereros provenientes de los sistemas silvopastoriles.
- (iii) Seguir profundizando estudios de ecofisiología especialmente en los sistemas silvopastoriles con ñire y con salicáceas en valles irrigados, ya que nos permitirá entender los procesos e interacciones de estos sistemas como apoyo para un mejor manejo.
- (iv) Si bien existen antecedentes de estudios económicos en sistemas silvopastoriles con ñire (Claps et al., 2004) y pinos (Enricci et al., 1995), es importante brindar herramientas económicas actualizadas y a diferentes escalas (predial y provincial) en el marco del uso silvopastoril.
- (v) Son necesarios futuros estudios (principalmente en los sistemas silvopastoriles desarrollados en bosques nativos) que profundicen sobre el impacto a nivel paisaje, la conectividad para la vida silvestre a escala regional, el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ambientales.
- (vi) Integrar el conocimiento generado con políticas de desarrollo local, provincial y nacional para la expansión y mejor uso de los sistemas silvopastoriles en Patagonia.

## Bibliografía

- Andenmatten, E., Letourneau, F.J., 2001. Aportes a la dasometría de plantaciones de pino oregón y pino ponderosa en la región Andino-Patagónica. Comunicación Técnica N° 16, Área Forestal-Silvicultura, EEA Bariloche, INTA, 30 pp.
- Andenmatten, E., Gonda, H.E., Letourneau, F.J., Cortés, G.O., Bava, J.O., 2002. Proyección de distribuciones diamétricas en plantaciones de pino ponderosa en la provincia de Neuquén. Informe Final PIA 15/98, INTA-CIEFAP, 34 pp.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Bonino, N., 2006. Interacción trófica entre el conejo silvestre y el ganado doméstico en el noroeste de la Patagonia Argentina. Ecología Austral 16: 135-142.
- Caballé, G., Dezzotti, A., Sbrancia, R., Stecher, G., Reisig, C., Bonvissuto, G., Fernández M.E., Gyenge J., Schlichter, T., 2009a. Estudio de caso: Interacción entre el pastizal natural, la plantación de pino y el ganado caprino en el sistema silvopastoril experimental de Mallín Verde (Neuquén). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Caballé, G., Fernández M.E., Gyenge J., Aparicio, A., Schlichter, T., 2009b. *Festuca palllescens* en sistemas silvopastoriles con pino ponderosa: Modelo de tasa de fotosíntesis neta máxima ( $P_{max}$ ) bajo diferentes condiciones hídricas, térmicas y lumínicas. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.

- Caballé, G., Fernández M. E., Gyenge J., Rusch V., Lantschner, V., Villacide, J., Schlichter, T., 2009c. Plantaciones densas vs. plantaciones ralas con pino ponderosa en el NO de Patagonia: análisis de aspectos ambientales y productivos relevantes. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Carabelli, E., Peri, P.L., 2005. Criterios e Indicadores de sustentabilidad (C&I) para el Manejo Sustentable de los Bosques Nativos de Tierra del Fuego – Una herramienta metodológica para la determinación de los C&I en Patagonia, 88 pp. Ediciones INTA, Buenos Aires. ISBN 987-521-178-8.
- Claps, L., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Vukasovic, R., 2004. Proyecto de Factibilidad. Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los bosques de Patagonia. Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR. 48 pp.
- Enricci, J.A., Pasquín, N.M., Pico, O., 1995. Experiencias silvopastoriles en el oeste de la provincia de Chubut. Publicación Técnica CIEFAP No. 22, 30 pp. Esquel, Chubut.
- Fernández, M.E., Gyenge, J.E., Dalla Salda, G., Schlichter, T., 2002. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems* 55: 27-35.
- Fernández, M.E., Gyenge, J.E., Schlichter, T., 2004. Shade acclimation in the forage grass *Festuca Palle-scens*: biomass allocation and foliage orientation. *Agroforestry Systems* 60: 159-166.
- Fernández, M.E., Gyenge, J.E., Schlichter, T., 2006a. Growth of *Festuca palle-scens* in silvopastoral systems in Patagonia, Part 1: positive balance between competition and facilitation. *Agroforestry Systems* 66: 259-269.
- Fernández, M.E., Gyenge, J.E., Schlichter, T., 2006b. Growth of *Festuca palle-scens* in silvopastoral systems in Patagonia, Part 2: Parameterization of models of stomatal conductance and leaf photosynthesis. *Agroforestry Systems* 66: 271-280.
- Fernández, M.E., Gyenge, J.E., Schlichter, T.M., 2007. Balance of competitive and facilitative effects of exotic trees on a native Patagonian grass. *Plant Ecology* 188: 67-76.
- Fernández, M.E.; Gyenge, J.E., Licata J, Schlichter, T.M. and Bond B. J., 2008. Belowground interactions for water between trees and grasses in temperate semiarid agroforestry system. *Agroforestry system* 74: 185-197.
- Fertig, M., 2006. Producción de carne bajo distintos sistemas de pastoreo en ñirantales del Noroeste del Chubut. Carpeta Técnica, Ganadería N° 21, Junio 2006. EEA INTA Esquel.
- Fertig, M., Hansen, N., Tejera, L., 2007. Producción forrajera en bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire). Actas IV Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales, 19 pp. San Luis, Argentina.
- Fertig, M., Hansen, N., Tejera, L., 2009. Productividad y calidad forrajera en raleos en bosques de ñire *Nothofagus antarctica*. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Gallo, E., Lencinas, M.V., Peri, P.L., 2004. Biodiversidad en ñirantales. *Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los bosques de Patagonia*. Informe Final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON), Tomo II: 645-670. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.
- García, J.D., 2002. Forestación con salicáceas en áreas bajo riego en Patagonia. Proyecto Forestal de Desarrollo en el marco del convenio SAGPyA – BIRF Núcleo de Extensión Forestal Patagonia, 36 pp.
- Gargaglione, V., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., 2008. Estimación de la biomasa aérea y subterránea de *Nothofagus antarctica* para diferentes clases de copa y edades. Actas Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia – EcoNothofagus 2008, pp. 131-136. Esquel, Chubut.
- Gargaglione, V., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Rubio, G., 2009. Contenido de N, P y K en rodales de *Nothofagus antarctica* bajo un sistema silvopastoril en Santa Cruz, Argentina. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Dalla Salda, G., Schlichter, T., 2002. Silvopastoral systems in Northwestern Patagonia: II. Water balance and water relations in a stand of *Pinus ponderosa* and native grassland. *Agroforestry Systems* 55: 47-55.
- Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Schlichter, T.M., 2003. Water relations of ponderosa pines in Patagonia Argentina: implications on local water resources and individual growth. *Trees: Structure and Function*. 17: 417-423.
- Gyenge, J.E., 2005. Uso de agua y resistencia a la sequía de las principales especies forestales del noroeste patagónico, pino ponderosa y ciprés de la cordillera. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, 364 pp.
- Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Carranza, C.A., Ledesma, M., 2005. Sistemas silvopastoriles en la república Argentina: aspectos básicos del funcionamiento de los sistemas. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 10 pp.
- Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Carranza, C.A., Ledesma, M., Schlichter, T.M., 2006. Desarrollo de un modelo de simulación de sistemas silvopastoriles (MSSP INTA). Actas 2° Congreso Latinoamericano IUFRO, IUFROLAT 2006 Bosques: La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas, La Serena, Chile, 11 pp.

- Hansen, N., Fertig, M., Escalona, M., Tejera, L., Opazo, W., 2008. Ramoneo en regeneración de ñire y disponibilidad forrajera. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Esquel, Chubut, pp. 137-142.
- Ivancich, H., Soler, E., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Bahamonde, H., 2009. Índice de densidad de rodal aplicado al manejo silvopastoril en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Laclau, P., 1997. Los ecosistemas forestales y el hombre en el sur de Chile y Argentina. Boletín Técnico N° 34. Fundación Vida Silvestre Argentina, pp. 120.
- Lantschner, M.V., Rusch, V., Peyrou, C., 2008. Bird assemblages in pine plantations replacing native ecosystems in NW Patagonia. Biodiversity and Conservation. 17, 969-989.
- Licata, J., Gyenge, J.E., Fernández, M.E., Schlichter, T.M., Bond, B.J., 2008. Increased water use by ponderosa pine plantations in N.W. Patagonia, Argentina, compared with native vegetation. Forest Ecology and Management 255, 753-764.
- Manacorda, M., Somlo, R., Pelliza Sbriller, A., Willems, P., 1996. Dieta de ovinos y bovinos en la región de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Río Negro y Neuquén. Comunicación Técnica N° 59, Serie Pastizales Naturales, Área Recursos Naturales, INTA EEA Bariloche.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Peri, P.L., 2008. Potencialidad de la cosecha y rendimiento industrial de bosques de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego (Argentina). Actas IV Congreso Chileno de Ciencias Forestales, 10 pp. Talca, Chile, 1-3 Octubre 2008.
- Moretto, A., Escobar, J., Peri, P.L., Livraghi, E., 2005. Tasa de descomposición en bosques de *Nothofagus antarctica* con uso silvopastoril en Tierra del Fuego. Actas XXX Jornadas Argentinas de Botánica, pp. 104. Rosario, Santa Fe.
- Moretto, A., Escobar, J., Peri, P.L., Taier, R., 2006. Producción, descomposición y mineralización en bosques de *Nothofagus antarctica* con uso silvopastoril en Tierra del Fuego. Actas XXII Reunión Argentina de Ecología (ASAE), pp. 270. Córdoba.
- Nolting, J., 1985. La consociación de las salicáceas con otras alternativas agropecuarias. En: II Jornadas Forestales Patagónicas, Experimentación con salicáceas en la Estación Experimental Regional Agropecuaria Alto Valle, INTA, General Roca, Río Negro.
- Ormaechea, S.G., Peri, P.L., Molina, R., Mayo, J.P., 2009. Situación y manejo actual del sector ganadero en establecimientos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia sur. Actas Primer Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Peri, P.L., 2005. Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales. *IDIA XXI Forestal*. Año V. N° 8 pp. 255-259.
- Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., Allogia, M., Livraghi, E., Christiansen, R., Sturzenbaum, M.V., 2005a. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire: una estrategia para el desarrollo sustentable en la Patagonia Sur. En: Dinámicas Mundiales, Integración Regional y Patrimonio en Espacios Periféricos (Eds. Zárate R. y Artesi L.), pp.251-259. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P., 2005b. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 10 pp.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2005c. Cambios en la compartimentalización aérea y subterránea de los macro nutrientes en gradientes de edad y clases de copa. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Silvicultura Bosque Nativo, 10 pp., Corrientes.
- Peri, P.L., Viola, M.; Martínez Pastur, G., 2005d. Estimación del contenido de carbono en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Deforestación, 9 pp., Corrientes.
- Peri, P.L., Monelos, H.L., Bahamonde, H.A., 2006a. Evaluación de la continuidad del estrato arbóreo en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril con ganado ovino en Patagonia Sur, Argentina. Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible. Varadero, Cuba, 6 pp.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Rivera, E.H., Milicevic, F., 2006b. Respuesta de bovinos en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible, 7 pp., Varadero, Cuba.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2006c. Dynamics of above- and below-ground biomass and nutrient accumulation in an age sequence of *Nothofagus antarctica* forest of Southern Patagonia. Forest Ecology and Management 233: 85-99.
- Peri, P.L., 2008. Respuesta de ovinos a pastizales creciendo en diferentes cobertura de copas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. Zootecnia Tropical 26(3): 363-366.
- Peri, P.L., Gargaglione, V., Martínez Pastur, G., 2008a. Above- and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. Forest Ecology and Management 255: 2502-2511.
- Peri, P.L., Bahamonde, H., Monelos, L., Martínez Pastur, G., 2008b. Producción de hojarasca en bosques primarios y bajo manejo silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Actas Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – EcoNothofagus 2008, pp. 149-155. Esquel, Chubut.

- Peri P.L., 2009. Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* – Método Ñirantal Sur. Actas Primer Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Peri, P.L., Hansen, N., Rusch, V., Tejera, L., Monelos, L., Fertig, M., Bahamonde, H., Sarasola, M. 2009. Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) ñire en Patagonia. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Picco, O., Escalona, M., 2008. Sistemas productivos de *Nothofagus antarctica* en la Patagonia Argentina; Análisis de la legislación vigente. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – Eco*Nothofagus* 2008. Esquel, Chubut, pp. 205-212.
- Quinteros, C.P., Hansen, N., Kutschker, A., 2008. Diferenciación de la vegetación del sotobosque en diferentes tipos de bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – Eco*Nothofagus* 2008. Esquel, Chubut, pp. 44.
- Rusch, V., Sarasola, M., Corley, J., Peyrou, C., Schlichter, T., 2003a. Sustentabilidad ambiental de las plantaciones de coníferas introducidas en la región andino Patagónica - Biodiversidad e invasión. Informe SAGPyA, 69 pp.
- Rusch, V.; Gyenge, J.; Corley, J.; de Urquiza, M.; Sarasola, M. y Schlichter T., 2003b. Sustentabilidad ambiental de las plantaciones de coníferas introducidas en la región andino Patagónica – Suelo, Agua, Dinámica del Fuego y Plagas. Informe SAGPyA, 77 pp.
- Rusch, V., Roveta, R., Peralta, C., Márques, B., Vila, A., Sarasola, M., Todaro, C., Barrios, D., 2004. Indicadores de sustentabilidad en sistemas silvopastoriles. *Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los bosques de Patagonia*. Informe Final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON), Tomo II: 681-797. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.
- Rusch, V., Sarasola, M., Hansen, N., Roveta, R., 2009a. Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad. a-Principios generales, y Criterios e Indicadores ambientales en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Rusch, V., Sarasola, M., Hansen, N., Roseta, R., 2009b. Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad. b-Aspectos productivos y socioeconómicos en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones, Argentina.
- Sarasola, M., López, D., Gaitán, J., Siffredi, G., 2008a. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques de ñire en la cuenca del río Foyel. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – Eco*Nothofagus* 2008. Esquel, Chubut, pp. 156-164.
- Sarasola, M., Fernández, M.E., Gyenge, J., Peyrou, C., 2008b. Respuesta de los ñire al raleo en la cuenca del río Foyel. Actas de la Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia – Eco*Nothofagus* 2008. Esquel, Chubut, pp. 47.
- Somlo, R., Bonvissuto, G., Schlichter, T., Laclau, P., Peri, P.L., Allogia, M., 1997. Silvopastoral use of Argentine Patagonian forest. En: *Temperate Agroforestry System* (Ed. Gordon A.M. and Newman S.M.), pp. 237-250. Editorial CAB International, Wallingford, UK.
- SAyDS, 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, pp. 86.
- Tejera, L., Hansen, N., Fertig, M., 2005. Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antactica* (G. Forst) Oerst. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 7 pp