

Capítulo 12

BASES ECOLÓGICAS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA SILVOPASTORAL EN BOSQUES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) EN LA REGIÓN DE AYSÉN

Laura Sánchez Jardón¹

RESUMEN

En la región de Aysén, Patagonia norte de Chile, grandes extensiones de bosques nativos se transformaron en explotaciones ganaderas mediante incendios forestales a principios del siglo XX.

Una gestión integrada de bosques y praderas debe estar basada en el conocimiento de las interacciones ecológicas entre el componente forestal y pastoral para permitir la producción forestal y ganadera simultáneamente sin comprometer su valor de conservación.

Entre 2006 y 2008 se estudiaron variables productivas y ecológicas del pasto en zonas de contacto espacial entre bosques de lenga y praderas y en el gradiente de cobertura arbolada, dentro de un paisaje mosaicista típico de los valles ganaderos en la zona intermedia de esta región de la Patagonia.

Los resultados indicaron que, comparado con praderas no mejoradas sin árboles, la presencia de árboles nativos aumenta la productividad y calidad del pasto, así como su diversidad biológica. Se encontró que el arbolado y el comportamiento del ganado determinan la estructura de las comunidades herbáceas, y que el abandono ganadero modifica las comunidades herbáceas de forma diferente en praderas y bosques.

La gestión silvopastoral debe considerar que las zonas de arbolado medio-denso aumentan la producción primaria del pasto y su contenido proteico, mientras que las zonas de arbolado denso permiten la conservación de plantas herbáceas nativas.

Palabras clave: Abandono ganadero; composición florística de los pastizales; dinámica sucesional; diversidad biológica; efecto del arbolado; estructura de pastizales; gestión ganadera; producción de pastizales; *Nothofagus pumilio*; Patagonia chilena; sistemas agroforestales.

SUMMARY

Until the beginning of the XX century large areas of native forests were transformed into cattle breeding lands through forest fires in the Aysén región, Chilean northern Patagonia.

¹ Dra. Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, España. Actualmente: Departamento de Biología, Centro Universitario Coyhaique, Universidad de Magallanes.

Grasslands and forests integrated management has to be based on the knowledge of the ecological interactions between the cattle and the forest components in order to allow the simultaneous production without its conservation value reduction.

Between 2006 and 2008 the grass productive variables were studied in áreas located in spatial contact zones of Lenga forests and prairies and in the forest cover gradient, within the typical split-screen landscape of the cattle breeding valleys of the región intermediate zone.

The results indicated that, in comparison to non improved prairies without trees, the native trees presence increases grass productivity and quality as well as its biological diversity. It was found that the trees and the cattle behavior determine the herbaceous communities structure, and also that the cattle abandonment modifies these communities in a different way in pairies and forests.

Silvopastoral management has to consider that medium density forests increase grass primary production while dense forest areas allow native herbaceous plants conservation.

Key words: Cattle abandonment; prairie floristic composition; successional dynamics; biological diversity; trees effect; grassland structure; cattle management, grassland production; *Nothofagus pumilio*; Chilean Patagonia; Agroforestry systems.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ganadería ha promovido la expansión de praderas mejoradas en detrimento de los bosques, obviando el papel del árbol como beneficioso para la producción y calidad del pasto. Por su parte, el uso forestal se ha centrado en recursos exclusivamente forestales en los que la ganadería apenas ha tenido cabida. Los sistemas silvopastorales son sistemas de gestión integrados que aprovechan las sinergias resultantes de las interacciones entre bosques y praderas. Existe evidencia empírica en diferentes regiones climáticas del mundo sobre que tanto los objetivos de producción como los de conservación de biodiversidad y otros servicios ecosistémicos se pueden abordar simultáneamente si se mantiene cierta cobertura arbolada en el sistema agropecuario (Tscharntke *et al.* 2005; Pastur *et al.*, 2012). En la cuenca del Mediterráneo, por ejemplo, estos agroecosistemas existen desde hace más de 5.000 años.

El arbolado representa un sistema de fertilidad natural y gratuita, lo que constituye un aspecto fundamental en la eficiencia de los sistemas silvopastorales (de Miguel. 1999). Además, la capacidad de retener humedad y materia orgánica alrededor de sus raíces da lugar a un ambiente fisicoquímico edáfico más favorable para los procesos biológicos (actividad microbiana). Como resultado, el suelo en las proximidades de los árboles tiene altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno y cationes intercambiables, con una mayor capacidad de infiltración de agua en comparación con zonas adyacentes desarboladas, lo cual influye en los ciclos de nutrientes edáficos y en la vegetación herbácea (Manning *et al.*, 2006; Barbier *et al.*, 2008). En general, el arbolado reduce la erosión del suelo y previene la desertificación.

La región de Aysén, en la Patagonia norte de Chile, representa una historia reciente de colonización y uso de los recursos naturales, donde grandes extensiones de bosques nativos se transformaron en explotaciones ganaderas mediante incendios forestales en las primeras décadas

del siglo XX (Veblen *et al.*, 1996; Gowda *et al.*, 2012). La transformación del paisaje afectó todos los tipos forestales presentes en la región; el bosque siempreverde próximo a la costa, la estepa patagónica y el bosque caducifolio en la zona intermedia. Resultaron especialmente afectados los bosques caducifolios de lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñire (*N. antarctica*), por su coincidencia espacial con las condiciones más favorables para el establecimiento humano (Otero, 2006). Actualmente algunos fragmentos dispersos de los bosques nativos persisten en un paisaje dominado por praderas ganaderas (Figura N° 1).



Figura N° 1
PAISAJE DE MOSAICOS TÍPICO DE LOS ACTUALES VALLES GANADEROS
EN LA ZONA INTERMEDIA DE AYSÉN

Las consecuencias ambientales de la gestión de bosques y praderas de forma separada apenas han sido examinadas, aunque son evidentes los signos de una intensa erosión del suelo en algunas zonas, la pérdida de hábitat para las especies de plantas nativas asociadas a los bosques originales y la dificultad para la regeneración natural del bosque (Quintanilla, 2008). La presencia de arbolado nativo en los sistemas ganaderos podría evitar los problemas de erosión edáfica asociados a la deforestación, además de disminuir la pérdida de biodiversidad al proporcionar un hábitat similar al bosque nativo y permitir la conectividad del mismo (Breshears, 2006).

Después de los grandes incendios de principios del siglo XX, los remanentes de bosques caducifolios de lenga se mantienen en las mayores altitudes. Los fondos de valle se transformaron en amplias praderas ganaderas. En ocasiones, cuando en ellas se ha regenerado el arbolado nativo, comienza un conflicto por el tipo de uso productivo (ganadero o forestal) que debe implementarse. Los sistemas de uso silvopastoral proponen considerar el recurso ganadero y el recurso forestal simultáneamente, en planes de manejo integrados compatibles con la conservación de los recursos naturales.

Una gestión integrada de bosques y praderas, que permita la producción forestal y ganadera simultáneamente sin comprometer su valor de conservación, debe estar basada en el conocimiento de las interacciones ecológicas entre el componente forestal y pastoral. En este contexto, un grupo multidisciplinario de investigadores chilenos y españoles desarrolló un proyecto con el objetivo de identificar las bases científicas para implementar un sistema de uso silvopastoral en los fragmentos dispersos de bosques nativos. El uso silvopastoral se propone como una alternativa a la ganadería extensiva en praderas desarboladas, que preserve el interés agronómico y ecológico del sistema de producción.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general es cuantificar y caracterizar el efecto de la cobertura arbolada de lenga sobre la estructura y productividad del pasto, en un contexto de uso ganadero y de conservación de valores naturales de la región.

Objetivos Específicos

Cuantificar el efecto de la cobertura arbolada sobre la capacidad productiva y calidad bromatológica del pasto.

Caracterizar el efecto del arbolado sobre la composición florística y diversidad biológica del pasto.

Identificar los patrones de variación espacio-temporal de la composición florística y la diversidad biológica en zonas de contacto entre bosques y praderas abiertas.

Caracterizar la respuesta de la comunidad de herbáceas al abandono reciente de la actividad de pastoreo.

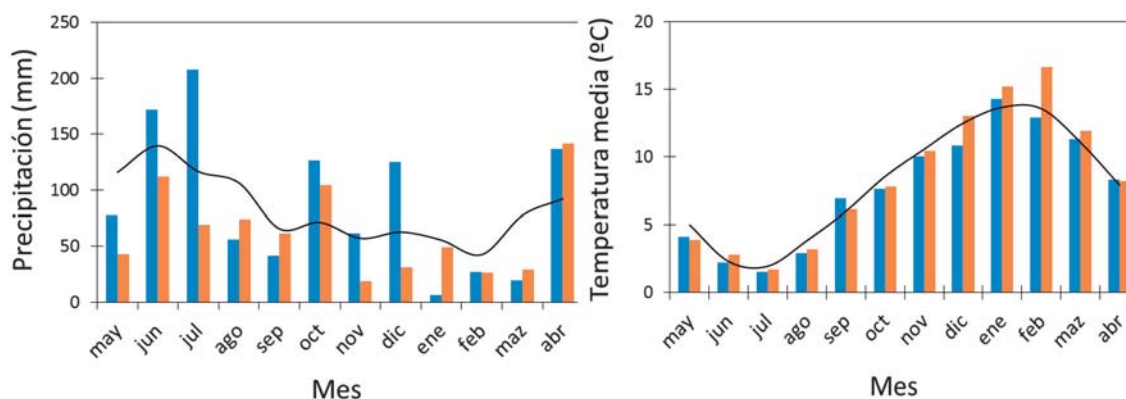
METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Tamel Aike (45° 77' S, 72° 06' W, 619 msnm) del centro regional de investigación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en el valle Simpson, ubicado en la zona agroclimática intermedia (Hepp *et al.*, 1988).

Se trata de uno de los primeros valles ganaderos colonizados y poblados por los pioneros a principios del siglo XX en la región (Otero, 2006). La vegetación original era una cubierta más o menos continua de bosques monoespecíficos de lenga. Actualmente el predio contiene un fragmento de bosque de lenga que se ha raleado y pastoreado en verano de forma intermitente desde hace al menos 12 años. Para este estudio se delimitó un sector de unas 50 ha con un paisaje de mosaicos que combina manchas de arbolado y praderas abiertas desarboladas.

Durante dos temporadas de crecimiento consecutivas, se analizaron variables productivas y ecológicas relativas a la vegetación herbácea. Las dos temporadas difirieron en condiciones

meteorológicas; la primera (2006-07) fue similar a la media climática mientras que la segunda (2007-08) fue más seca y calurosa (Figura N° 2).

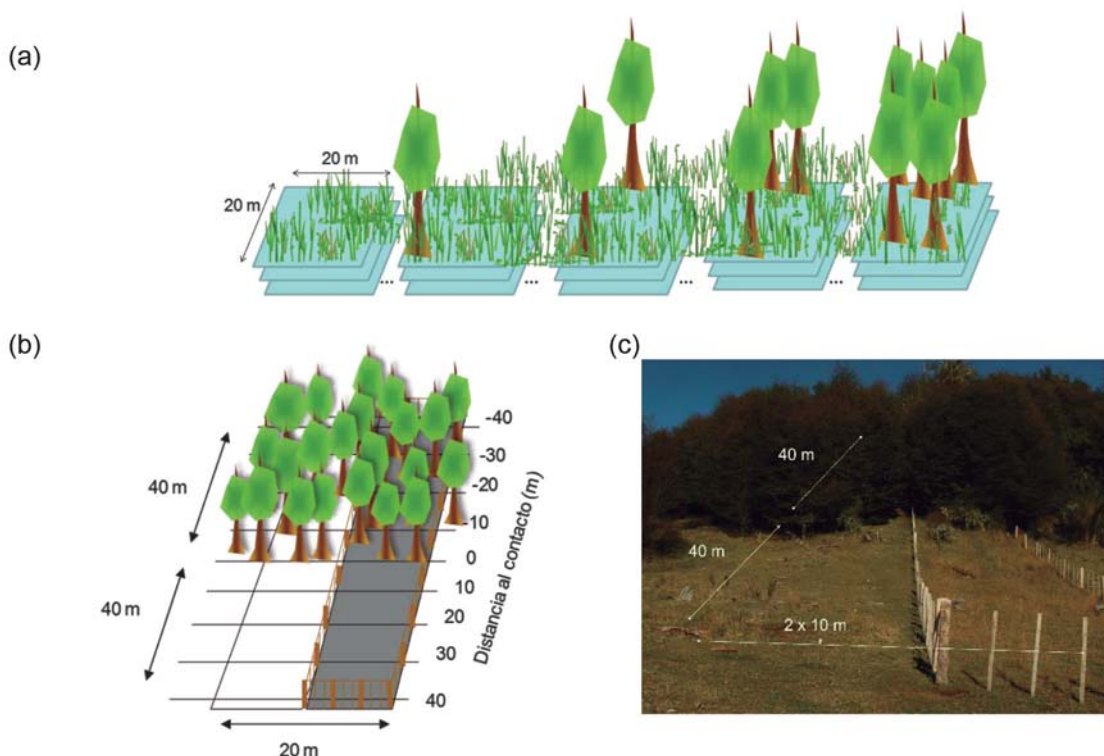


(Fuente: Anuarios climatológicos de la Dirección Meteorológica Nacional en la estación meteorológica del aeropuerto Teniente Vidal, Coyhaique)

Valores mensuales temporadas 2006-07 (barras azules) y 2007-08 (barras naranjas), y promedio climático 1980-2006 (línea)

Figura N° 2
CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LAS TEMPORADAS DE ESTUDIO

El diseño experimental de este estudio utiliza dos enfoques complementarios; el análisis del contacto espacial entre los extremos de un gradiente de cobertura y el gradiente de cobertura arbolada. Para el primero, se seleccionaron 15 parcelas de 20 x 20 m en un gradiente de cobertura de arbolado, considerando 5 clases de 0, 25, 50, 75 y 100% de cobertura, cada una con 3 réplicas (Figura N° 3a). Para el segundo, se seleccionaron 4 zonas de contacto entre bosque denso y pradera en cada una de las cuales se delimitó un transecto de 10 m de ancho y 80 m de largo (40 m de bosque y 40 m de pradera). En cada transecto se dispusieron 9 pasillos equidistantes a 10 m, paralelos a la línea de contacto entre bosque y pradera (Figura N° 3b). Para evaluar el efecto del abandono de la actividad ganadera se instalaron exclusiones permanentes en un transecto paralelo de iguales dimensiones (Figura N° 3c).



Gradiente de cobertura de arbolado (a) y en zonas de contacto entre bosques y praderas sin arbolado (b). En estas últimas se instalaron cercado permanentes (c).

Figura N° 3

ESQUEMA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO PARA ANALIZAR LA VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS HERBÁCEAS

En ambos experimentos se registró la biomasa herbácea aérea mensualmente a lo largo de las dos temporadas (octubre a marzo-abril). En cada lugar de muestreo se instalaron pequeñas jaulas (70 x 100 x 50 cm) que evitan el consumo por grandes y medianos herbívoros. La biomasa se cortó a nivel del suelo usando una cortadora eléctrica, dentro y fuera de las jaulas. Después de cada muestreo, las jaulas se movieron para evitar áreas previamente muestreadas y así recoger el efecto del pastoreo sobre la producción. En el laboratorio, se separó una submuestra para analizar la composición florística. Las muestras se secaron 48 h a 60 °C y se calculó su peso seco.

Los valores de biomasa registrados en las jaulas móviles permitieron calcular la producción primaria neta (PPN) mensual (producción desde el mes anterior, $PPN_i = D_t - F_{t-1}$ siendo D_t la biomasa dentro de la jaula de exclusión en el tiempo t , y F_{t-1} la biomasa fuera de ella en el muestreo anterior) y el consumo mensual (diferencia de biomasa dentro y fuera de las jaulas). Los valores anuales de producción primaria neta y consumo se calcularon como la suma de los valores mensuales.

La composición florística se evaluó una vez cada año, durante el periodo de máximo crecimiento vegetativo (diciembre-enero). Se establecieron regularmente cuadrados elementales de muestreo de 50 x 50 cm. En cada cuadrado se registró la abundancia de todas las especies herbáceas. La determinación taxonómica de las especies siguió a Marticorena y Quezada (1985) y a Correa (1969-1999); se herborizaron al menos dos ejemplares de cada especie.

En cada parcela del gradiente de cobertura arbolada se utilizaron diez cuadrados elementales de muestreo. Utilizando como referencia el punto central de los cuadrados se establecieron sendos círculos de 2,5 m de diámetro donde se registraron diferentes variables físicas; recubrimientos leñoso, herbáceo, hojarasca, suelo desnudo, troncos caídos y excrementos, radiación fotosintéticamente activa (PAR) transmitida a través del dosel y algunas variables fisicoquímicas del suelo.

Para alcanzar de forma satisfactoria los objetivos, el estudio realizado trata de reproducir un sistema de uso similar al que tradicionalmente se aplica en los fragmentos de bosque de lenga remanentes en las praderas ganaderas de la región. Por ello, se utilizó un tipo de manejo ajustado a la práctica tradicional, según el criterio de profesionales locales.

Se pretendió que la carga ganadera fuese uniforme en el área de estudio, para que el ganado pudiera seleccionar libremente las áreas de pastoreo y descanso. Para ello, dentro del predio experimental se delimitaron dos sectores, de aproximadamente 20 ha cada uno.

Cada sector se rodeó de cerco eléctrico para contener al ganado. Un grupo de unas 20 vacas con sus terneros se trasladó entre los dos sectores, en ciclos de rotación de 2 semanas, durante los 4 meses centrales de la temporada de crecimiento (diciembre-enero a marzo-abril).

RESULTADOS

Niveles intermedios de cobertura arbolada de lenga en esta región de la Patagonia aumentan la producción primaria neta de los pastizales.

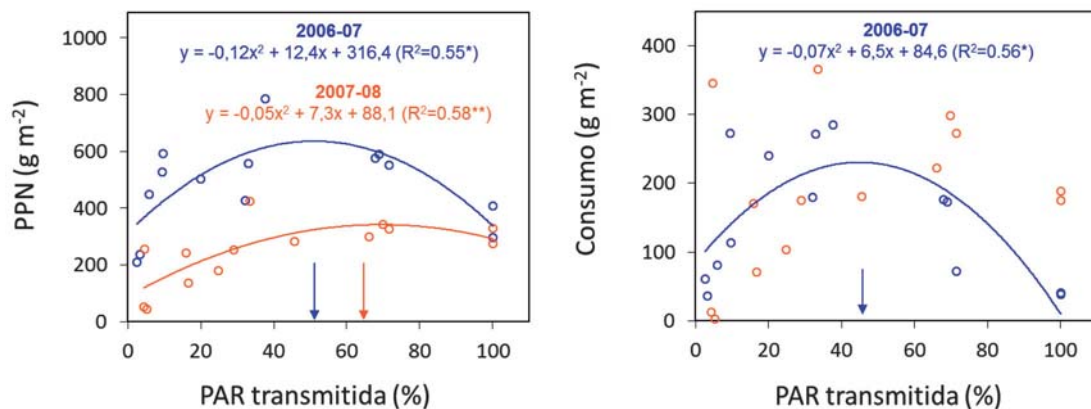
Las funciones que mejor describieron la relación entre los valores de PAR transmitida y la PPN a lo largo del gradiente de cobertura fueron polinómicas de segundo orden, en las dos temporadas de crecimiento (Figura N° 4).

Los valores máximos de PPN se obtuvieron al 50,9% y 69,4% de PAR transmitida, en el primer y el segundo año, respectivamente.

La producción fue menor en el segundo año (prueba t para muestras relacionadas: $t_{14} = 5,8$; $p < 0,001$), lo que podría estar asociado a unas condiciones meteorológicas menos favorables de temperatura y precipitación en este año.

El consumo mostró un comportamiento similar a la PPN (ambas variables estuvieron altamente correlacionadas: r de Pearson = 0,886 en el primer año y 0,963 en el segundo; $p < 0,001$) frente a la variación de la radiación, si bien solamente fue significativo en el primer año, cuando el consumo máximo se obtuvo a 44,9% de PAR transmitida; en el segundo año los animales parecieron consumir más en las parcelas con mayor cobertura (menores valores de PAR).

En ambos años, las praderas sin árboles presentaron valores de consumo animal más bajos que las arboladas. Los análisis bromatológicos mostraron que áreas con cobertura intermedia tienen una calidad aceptable en términos de proteína, azúcares y fibras (Sánchez-Jardón *et al.*, 2010).



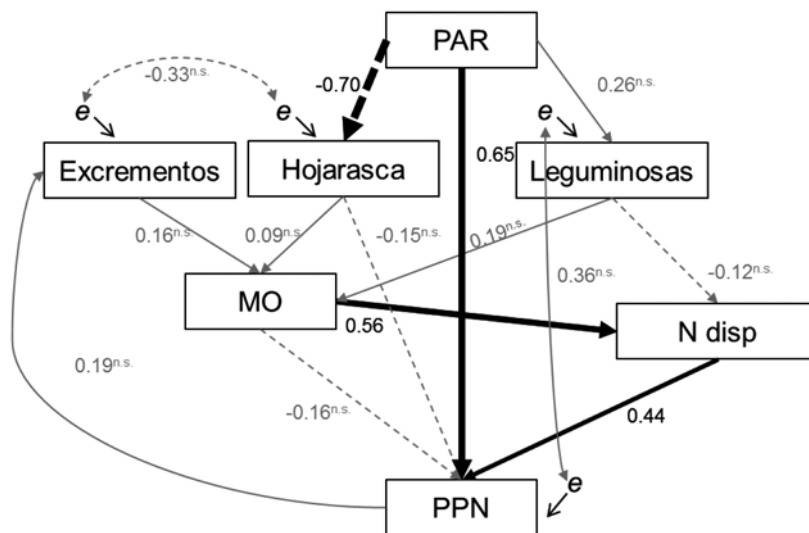
Las flechas indican el valor de PAR transmitido al que el modelo polinómico predice los valores máximos de PPN y consumo. Se indica la ecuación y los coeficientes de determinación (R²) para las funciones significativas (* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$).

Temporadas 2006–07 (azul) y 2007-08 (naranja).

Figura N° 4
RELACIÓN ENTRE LA PAR TRANSMITIDA Y LA PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA (PPN)
Y EL CONSUMO POR EL GANADO

No se observaron patrones espaciales en la producción primaria neta herbácea relacionados con la distancia al contacto entre el bosque y la pradera. Si bien esta es mayor en las praderas (300 ± 29 g m⁻²) que en zonas de arbolado denso (164 ± 40 g m⁻²), algunos pastizales bajo arbolado poco denso presentaron valores máximos de producción.

Cuando se exploran las variables físicas que determinan la producción herbácea (Figura N° 5), se comprueba que los suelos son más ricos en nutrientes en el interior de los bosques, lo que parece estar asociado a la fertilidad residual del suelo forestal, al menor consumo de biomasa por el ganado y a un proceso sostenido de fertilización a través de sus excrementos (Sánchez-Jardón *et al.*, 2014a).



La letra e representa el error residual. Las líneas continuas y discontinuas indican efectos positivos y negativos, respectivamente. El ancho de las flechas es proporcional a los coeficientes estandarizados; coeficientes no significativamente diferentes de cero (n.s.; $P > 0,05$) son de color gris claro.

Figura N° 5

MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES QUE REPRESENTA LAS RELACIONES CAUSALES ENTRE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA TRANSMITIDA (PAR), LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO (MO) Y EL NITRÓGENO DISPONIBLE (N DISP), LAS FUENTES DE NUTRIENTES EDÁFICOS Y LA PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA DE HERBÁCEAS (PPN) EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL CON LENGUA EN LA PATAGONIA CHILENA

En total se registraron 36 especies de plantas herbáceas, distribuidas en 33 géneros y 17 familias; aproximadamente la mitad eran nativas. Además, se identificaron 8 especies de arbustos, todos ellos nativos (Sánchez-Jardón *et al.*, 2014a).

Las especies más abundantes fueron *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y *Taraxacum officinale*, con valores medios de cobertura de 29, 20 y 12 %, respectivamente.

La caracterización ecológica de las especies mostró que la mayoría de las especies exóticas introducidas toleraban bien los diferentes ambientes, creciendo tanto en zonas de alta exposición (praderas sin arbolado) como bajo el arbolado (Cuadro N° 1).

Por su parte, la mayoría de las especies nativas presentaron hábito estrictamente forestal, unas pocas estaban asociadas a las praderas desarboladas y varias aparecían indistintamente en ambos ambientes (Sánchez-Jardón *et al.*, 2014b).

El efecto del arbolado, especialmente en su papel como filtro de la luz, y el derivado del pastoreo por ganado son los dos factores que explican la variación espacial de la estructura de las comunidades herbáceas (Figura N° 6).

Los bosques pastoreados mantienen mayor riqueza de nativas que las praderas, si bien estas registran los mayores valores de riqueza total por la mayor ocurrencia de especies exóticas introducidas (Sánchez-Jardón 2012). La coexistencia de ambos tipos de manchas incrementaría

los valores de diversidad de plantas a escala local, dado que coexistirían las especies asociadas a los bosques y las asociadas a la estepa.

Cuadro N° 1
CARACTERIZACIÓN SINTÉTICA DE LAS ESPECIES MÁS FRECUENTES
SEGÚN SU HÁBITO FORESTAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Forestales	Indiferentes al Ambiente Forestal	No Forestales
<i>Acaena ovalifolia</i> *	<i>Bromus setifolius</i> *	<i>Acaena pinnatifida</i> *
<i>Adenocaulon chilense</i> *	<i>Cerastium glomeratum</i>	<i>Botrychium dusenii</i> *
<i>Blechnum penna-marina</i> *	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Cerastium arvense</i>
<i>Codonorchis lessoni</i> *	<i>Elymus angulatus</i>	<i>Crepis capillaris</i>
<i>Galium aparine</i>	<i>Fragaria chiloensis</i> *	<i>Holcus lanatus</i>
<i>Geum magellanicum</i> *	<i>Geranium magellanicum</i> *	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Osmorhiza chilensis</i> *	<i>Hypochaeris radicata</i>	
<i>Vicia nigricans</i> *	<i>Poa pratensis</i>	
<i>Viola maculata</i> *	<i>Rumex acetosella</i>	
	<i>Taraxacum officinale</i>	
	<i>Trifolium repens</i>	
	<i>Veronica arvensis</i>	
	<i>Veronica serpyllifolia</i>	

*Las especies nativas (Marticorena y Quezada 1985) se señalan con asterisco.

El abandono de la actividad ganadera modifica la composición florística y la diversidad de los pastizales de forma diferente en bosques y en praderas.

Dos años después de instalar los cercos de exclusión, la riqueza disminuyó en los bosques y aumentó en las praderas.

Después de ocho años, el abandono ganadero favorece a las herbáceas nativas y perjudica la abundancia de especies exóticas introducidas (datos no publicados).

La regeneración natural del bosque no resulta especialmente beneficiada por la exclusión del aganado, probablemente debido a la competencia con las herbáceas que han proliferado en el interior de la exclusión, lo que tiene importantes implicaciones para diseñar el manejo que permita garantizar la continuidad del sistema silvopastoral.

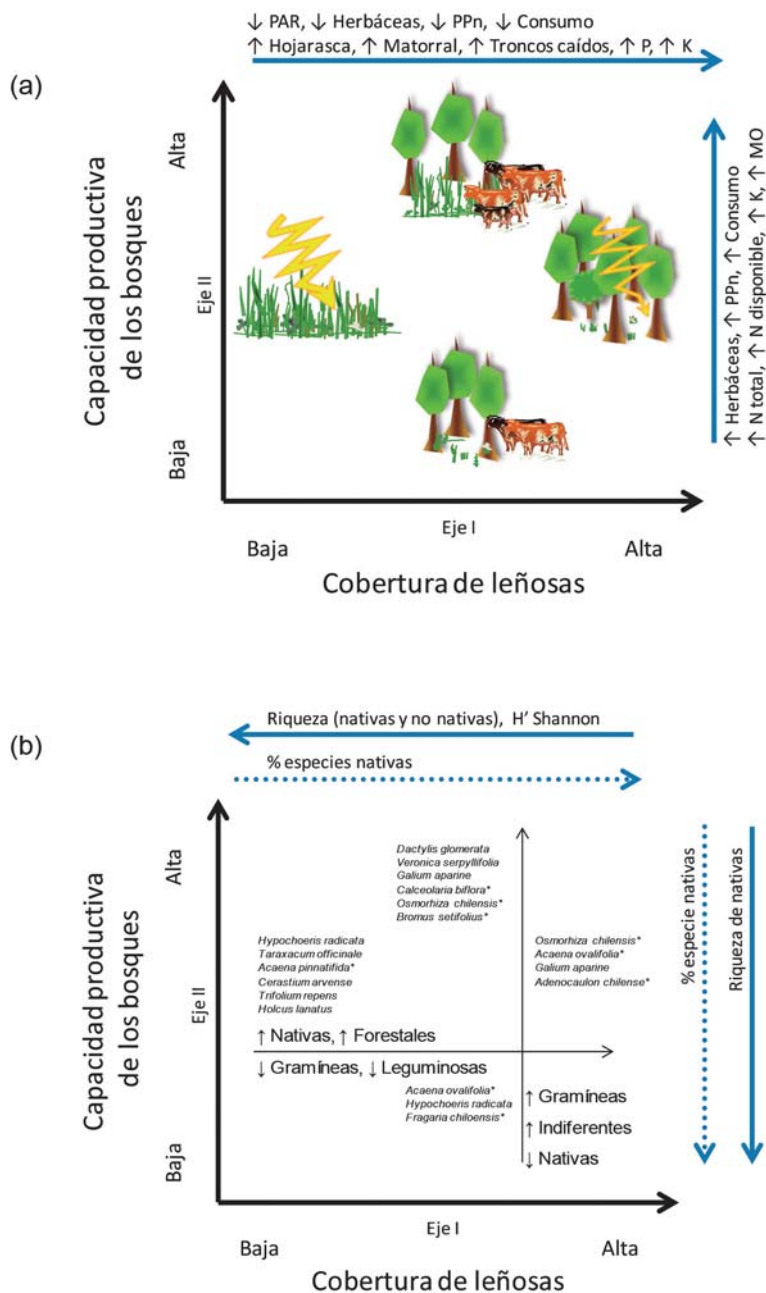


Figura N° 6

ESQUEMA SINTÉTICO DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE VARIACIÓN ESPACIAL DE LA ESTRUCTURA DE LOS PASTIZALES DE BOSQUES Y PRADERAS (A), Y DE SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES ECOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS (B).

CONCLUSIONES GENERALES

Las zonas de arbolado medio-denso mantienen valores altos de producción primaria neta (y con elevado contenido proteico).

Las zonas de arbolado denso permiten la conservación de plantas herbáceas nativas.

El arbolado y el comportamiento del ganado determinan la estructura de las comunidades herbáceas.

El abandono ganadero altera las comunidades herbáceas de forma diferente en praderas y bosques.

En resumen, los resultados obtenidos en este estudio permiten afirmar que la implementación de un sistema silvopastoral en fragmentos remanentes de bosques de lenga tendrá considerables beneficios para la productividad y calidad del pasto, así como su diversidad biológica, comparado con praderas no mejoradas sin árboles.

REFERENCIAS

- Barbier, S.; Gosselin, F. and Balandier, P., 2008.** Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved. A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254, 1-15.
- Breshears, D. D., 2006.** The grassland-forest continuum: Trends in ecosystem properties for woody plant mosaics? *Frontiers in Ecology and the Environment* 4, 96-104.
- Correa, M. N., 1969-1999.** Flora Patagónica. Colección Científica del INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- De Miguel, J. M., 1999.** Naturaleza y configuración del paisaje agrosilvopastoral en la conservación de la diversidad biológica en España. *Revista Chilena de Historia Natural* 72, 547-557.
- Gowda, J.; Kitzberger, T. and Premoli, A., 2012.** Landscape responses to a century of land use along the northern Patagonian forest-steppe transition. *Plant Ecology* 213, 259-272.
- Hepp, C.; Thiermann, H. y Ramírez, C., 1988.** Praderas en la zona austral XI Región (Aysén). In: Ruiz Núñez, I. (Ed.), *Praderas para Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Manning, A. D.; Fischer, J. and Lindenmayer, D. B., 2006.** Scattered trees are keystone structures -Implications for conservation. *Biological Conservation* 132, 311-321.
- Marticorena, C. y Quezada, M., 1985.** Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botanica* 42, 1-157.
- Otero, L., 2006.** La huella del fuego. Historia de los bosques nativos, poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile. Pehuén Editores, Chile.
- Pastur, G.; Andrieu, E.; Iverson, L. and Peri, P., 2012.** Agroforestry landscapes and global change: Landscape ecology tools for management and conservation. *Agroforestry Systems* 85, 315-318.
- Quintanilla, V., 2008.** Estado de recuperación del bosque nativo en una cuenca nordpatagónica de Chile, perturbada por grandes fuegos acaecidos 50 años atrás (44°-45° S). *Revista de Geografía Norte Grande* 39, 73-92.
- Sánchez-Jardón, L.; Acosta, B.; del Pozo, A.; Casado, M. A.; Ovalle, C.; Elizalde, H. F.; Hepp, C. and de Miguel, J. M., 2010.** Grassland productivity and diversity on a tree cover gradient in *Nothofagus pumilio* in NW Patagonia. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 137, 213-218.

Sánchez-Jardón, L., 2012. Bases ecológicas para implementar un sistema de uso silvopastoral en la región patagónica de Aysén, Chile. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/17764/>

Sánchez-Jardón, L.; Acosta-Gallo, B.; del Pozo, A.; Casado, M. A.; Ovalle, C. and de Miguel, J. M., 2014a. Variability of herbaceous productivity along *Nothofagus pumilio* forest-open grassland boundaries in northern Chilean Patagonia. *Agroforestry Systems* 88, 397-411.

Sánchez-Jardón, L.; del Pozo, A.; Casado, M. A.; Ovalle, C. and de Miguel, J. M., 2014b. Native and non-native herbaceous species dependence on tree cover in grazing systems from northern Chilean Patagonia. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 184, 41-50.

Tscharntke, T.; Klein, A. M.; Kruess, A.; Steffan-Dewenter, I. and Thies, C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8, 857-874.

Veblen, T. T.; Kitzberger, B. y Rebertus, A., 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del Sur de Chile y Argentina. In: Armesto, J. J., Villagrán, C., Arroyo, M. K. (Eds.), *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.