

Libros de **Cátedra**

Sistemas agroforestales en Argentina

Sandra Elizabeth Sharry, Raúl Alberto Stevani
y Sebastián Pablo Galarco (coordinadores)

FACULTAD DE
Ciencias Agrarias y Forestales

n
naturales


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CAPÍTULO 6

Sistemas silvopastoriles en bosque nativo

Pablo L. Peri y Marcelo Navall

Situación de los principales sistemas silvopastoriles en Argentina

Productores forestales y ganaderos adoptaron los **sistemas silvopastoriles** (SSP) debido a las ventajas ambientales, económicas y sociales (reducción de estrés calórico de los animales por efecto de la sombra de los árboles o en sitios fríos como Patagonia la protección de los fuertes vientos o bajas temperaturas principalmente en época de parición), obtención de madera, incremento de la productividad forrajera y su concentración proteica, disminución de los riesgos de incendio por el pastoreo, reducción del efecto de las heladas y sequías prolongadas sobre la pastura o pastizal, y la flexibilización de la economía de los establecimientos de pequeños y medianos productores. La implementación de los sistemas silvopastoriles en bosques nativos ha tomado auge en los últimos 20 años en diferentes regiones de Argentina y Sudamérica (Peri et al., 2016a, 2019), principalmente en la región Patagónica y región Chaqueña (Tabla 1) (Peri 2012). Considerando que los sistemas silvopastoriles combinan pasturas, árboles y animales en una misma unidad de superficie, las interacciones que se den entre los componentes del sistema silvopastoril podrían generar efectos positivos (*procesos de facilitación*), negativos (*procesos de competencia*) o neutros. Actualmente se dispone de información para la implementación de SSP a escala comercial y su posterior manejo en un amplio rango de condiciones ambientales, lo que permite evaluar económicamente las intervenciones silvícolas y disponer de estrategias de manejo empresarial para aumentar el rendimiento. Además, se cuenta con módulos demostrativos en el país que integran mediciones de las diferentes disciplinas y que a la vez sirve al productor como área demostrativa. Si bien existen pocos antecedentes publicados en el uso de los SSP (o ganadería en bosque sin manejo) en bosque nativo correspondiente a la región Monte (principalmente en el sur de Salta, centro de Catamarca, La Rioja y San Juan, centro-este de Mendoza), la región Espinal (centro-sur de Corrientes, norte y centro de Entre Ríos, centro de Santa Fe, este, centro y sur de San Luis, este y centro de La Pampa) y la selva Tucumano Boliviana o Yungas (franja discontinua en Jujuy, Salta, Catamarca y Tucumán), existen evidencias del uso ganadero de estos ecosistemas (Peri 2012). Es evidente que existe un bache de información en estos ecosistemas relacionado con un uso ganadero o silvopastoril, más teniendo en cuenta las particularidades de estos ecosistemas

nativos y sus superficies. Por ejemplo, mientras que para la región del Espinal con una superficie de 2.488.000 ha (bosque xerófilo con predominancia del género *Prosopis* sp. y otras especies de origen chaqueño, y donde se destaca los bosques de caldén) y la región del Monte con una superficie de 42.995.400 ha (zonas áridas y semiáridas con formaciones de jarillales (*Larrea* sp. alternando con algarrobales) se registró el 5% de antecedentes publicados, para el bosque nativo de ñire en Patagonia la información generada representó aproximadamente el 22% del país con sólo 751.640 ha (Peri 2012).

Aproximadamente el 70% de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia tienen un uso silvopastoril (Peri, 2009). Sin embargo, existe un escaso manejo silvopastoril integral de los establecimientos. En Patagonia Sur, la producción bovina y mixta (bovino+ovino) tienen la mayor participación en los establecimientos con bosque de ñire, con una carga promedio de $0,65 \pm 0,15$ equivalentes ovinos/ha y siendo las razas predominantes Corriedale (ovino) y Hereford (bovino) (Ormaechea et al., 2009). La producción ganadera se sustenta en el pastizal nativo conformado en varias zonas por especies naturalizadas de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Trifolium repens* (trébol blanco). La propuesta silvícola en SSP con ñire contempla intensidades de los raleos según la calidad de sitio (o régimen hídrico) y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo. Los beneficios que el productor percibe de los SSP en bosques de ñire son la protección que provee al ganado de los fuertes vientos o bajas temperaturas (principalmente en época de parición) y el aporte de forraje de calidad.

La región **Parque Chaqueño** comprende más de 60 millones de hectáreas, siendo la región forestal más grande del país con 21.278.396 ha de Tierras Forestales (Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2005). De acuerdo al gradiente de temperatura, precipitaciones y aspectos de la flora, se reconocen cuatro subregiones: el Chaco Húmedo; el Chaco Semiárido (el de mayor superficie); el Chaco Árido y el Chaco Serrano. Al intentar cuantificar el uso silvopastoril en la zona, cabe realizar una aclaración ya que el término “silvopastoril” se aplica inadecuadamente a una diversidad de prácticas o tratamientos, lo cual se presta a confusión. En un extremo, podrían ubicarse modalidades con poco manejo y planificación como la “ganadería a monte”, que consiste simplemente en hacer pastar o ramonear los animales en el bosque nativo. Estas prácticas, repetidas durante décadas, alteran la estructura del bosque por su efecto directo sobre la regeneración, la calidad del suelo y el funcionamiento del ecosistema. En el otro extremo, se han difundido notablemente prácticas de alta intensidad en remoción de biomasa leñosa, como el “desmonte selectivo”, con siembra de especies forrajeras megatérmicas como Gatton panic (*Panicum maximum* cv. *Gatton*) en el Chaco Semiárido y Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) en el Chaco Árido, con el fin de incrementar la producción fundamentalmente de carne bovina. Este tipo de uso altera significativamente la estructura del bosque, por dejar en pie árboles de las clases de tamaño mayores, no tiene en cuenta la reposición del estrato arbóreo ni la biodiversidad del ecosistema, y se suman prácticas que le dan mayor intensidad al tratamiento, como repasos de rolados, agroquímicos y fuego. Se estima que alrededor de 6 millones de hectá-

reas tienen algún tipo de uso silvopastoril entre estos extremos. Los SSP de bajo impacto que el INTA propone en Santiago del Estero y Córdoba consideran el control secuencial de los arbustos para favorecer la producción forrajera, establece la rotación de áreas habilitadas al pastoreo para favorecer la regeneración forestal, e incorpora una valoración de la diversidad. Además, contemplan una planificación del uso en el tiempo y el espacio que permiten hablar de “sistema silvopastoril”, dándole todo el sentido a este término. El método de control de leñosas arbustivas, es mecánico, siguiendo los criterios que el equipo técnico denominó *Rolado de Baja Intensidad* (RBI) (Carranza y Ledesma, 2005; Carranza, 2009; Gomez y Navall, 2008; Kunst, 2008; Navall, 2008). Sin embargo, esta práctica de uso silvopastoril presenta un número bajo de productores que la aplican. Los aspectos positivos que los productores grandes y medianos perciben en la implementación de los SSP están relacionados a los servicios ambientales que los árboles proveen al ganado, mientras que los pequeños lo visualizan en el uso múltiple del bosque. Los índices de producción de carne en las explotaciones tradicionales son bajos (4 a 12 kg carne/ha/año) con una capacidad de carga equivalente a 10 a 20 ha por unidad Ganadera (UG). Con la implantación de pasturas en SSP estos valores aumentan la capacidad productiva (45 a 80 kg carne/ha/año) con cargas de 2 a 7 ha por UG.

Para la **región del Chaco** las limitaciones de la implementación de un SSP integral para los grandes productores se centran en el bajo valor de mercado de los productos forestales y en la falta de consideración de la planificación de uso forestal. En cambio, para los pequeños productores las limitaciones son los problemas en la tenencia de la tierra, la falta de recursos para instalaciones de infraestructura mínimas (alambrados, agua), falta de acceso a información y maquinarias y limitaciones para la gestión.

En el bosque nativo de ñire de **Patagonia**, las principales limitantes para la implementación integral de SSP radica principalmente en la falta de Planes de Manejo que incluya en su formulaciones ajustes de carga animal, mantenimiento de los bienes y servicios del bosque nativo (biodiversidad, calidad de agua, conectividad para la fauna silvestre, etc.) y continuidad del estrato arbóreo, entre otros, en un marco situacional donde la cría y engorde del ganado vacuno en estos ecosistemas irá en aumento. A esto se le suma que en algunas áreas no existe seguridad jurídica de la tenencia de la tierra y que es bajo el valor de los productos madereros proveniente de los raleos (principalmente el uso es leña, postes y varas). Por esto resulta prioritario acciones relacionadas a políticas forestales y planeamiento de uso del bosque de ñire, administración y utilización del recurso. En el contexto de mejoras de planes de manejo para los SSP en bosque nativo (a nivel predial y regional) existe la perspectiva cierta que las Direcciones de Bosques de las provincias cuente con pautas de manejo en el marco del Plan de Manejo Sostenible – Modalidad Silvopastoril dentro de la Ley Nacional de N° 26331 sobre Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, donde se podrá tener objetivos ganaderos y madereros o solamente ganaderos pero contemplando la persistencia del bosque y tendiendo a aumentar el valor agregado de la madera, en el que las intervenciones permitidas son lo suficientemente moderadas como para que el bosque siga manteniendo los atributos de conservación de la categoría II (Amarilla) o las recupere durante el transcurso del plan.

Tabla 1. Características y situación actual de los principales sistemas silvopastoriles desarrollándose en el bosque nativo de Argentina.

Región	Superficie total de bosque nativo (ha)	Superficie de bosque nativo bajo uso silvopastoril (ha)	Principal especie forestal y silvicultura más usual	Tipo principal de pastura o pastizal usada	Tipo de animal y carga usual	Principal motivo porque se usan los SSP	Porcentaje estimado de lo investigado que se aplica en el campo	Principal limitante para el desarrollo de los SSP
Región Patagónica	751.640	526.100	<i>Nothofagus antarctica</i> (ñire), intensidad de raleos varia de 40 a 70% de remoción de copas según calidad de sitio (régimen de precipitaciones).	Pastizal natural de <i>Festuca</i> sp., <i>Poa</i> sp., <i>Deschampsia</i> sp., <i>Carex</i> sp. Con especies naturalizadas como <i>Holcus lanatus</i> , <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Trifolium repens</i> .	Principalmente ganado bovino (Hereford) y producción mixta (bovino+ovino Corriedale) con una carga promedio de 0,62 equivalentes ovinos/ha	Los bosques de ñire proveen de protección de los vientos, en época de parición y/o forraje de calidad	Se estima una adopción actual del 20%.	Falta de Planes de Manejo con carencias en la conectividad para la fauna silvestre, de la continuidad de la regeneración y el cuidado de los recursos hídricos. La seguridad jurídica de la tenencia de la tierra es baja (Chubut). Las condiciones laborales no son óptimas. Bajo valor de los productos madereros
Región Chaqueña ²	21.278.396	6.300.000	Bosques mixtos secundarios de algarrobo y quebracho. Prácticas de rolado de baja intensidad.	Pastizal natural; <i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Texas (Buffel grass); <i>Panicum maximum</i> (Gatton panic).	Productores grandes y medianos: cría de bovinos (criollo y cruza de índico). Pequeños productores: mixto, bovino y caprino (cruza de criollo con Nubian).	Servicios ambientales de los árboles para con el ganado Uso múltiple del bosque.	Muy bajo a nivel de medianos y grandes productores. Incipiente en pequeños productores.	Bajo valor de mercado de los productos forestales. Para pequeños productores: problemas en la tenencia de la tierra, falta de recursos para instalaciones mínimas (alambrados, agua), falta de acceso a información, limitaciones para la gestión.

¹ SAyDS (2005); Fertig (2006); Ivancich et al. (2009); Fertig et al. (2009); Peri 2005, 2009a, b; Peri et al. (2009); Ormaechea et al. (2009); Rusch et al. (2009a,b); Sarasola et al. 2008a,b; ² Carranza y Ledesma (2005); Carranza (2009); Dirección de Bosques – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005); Gomez y Navall (2008); Kunst (2008); Navall (2008).

Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire

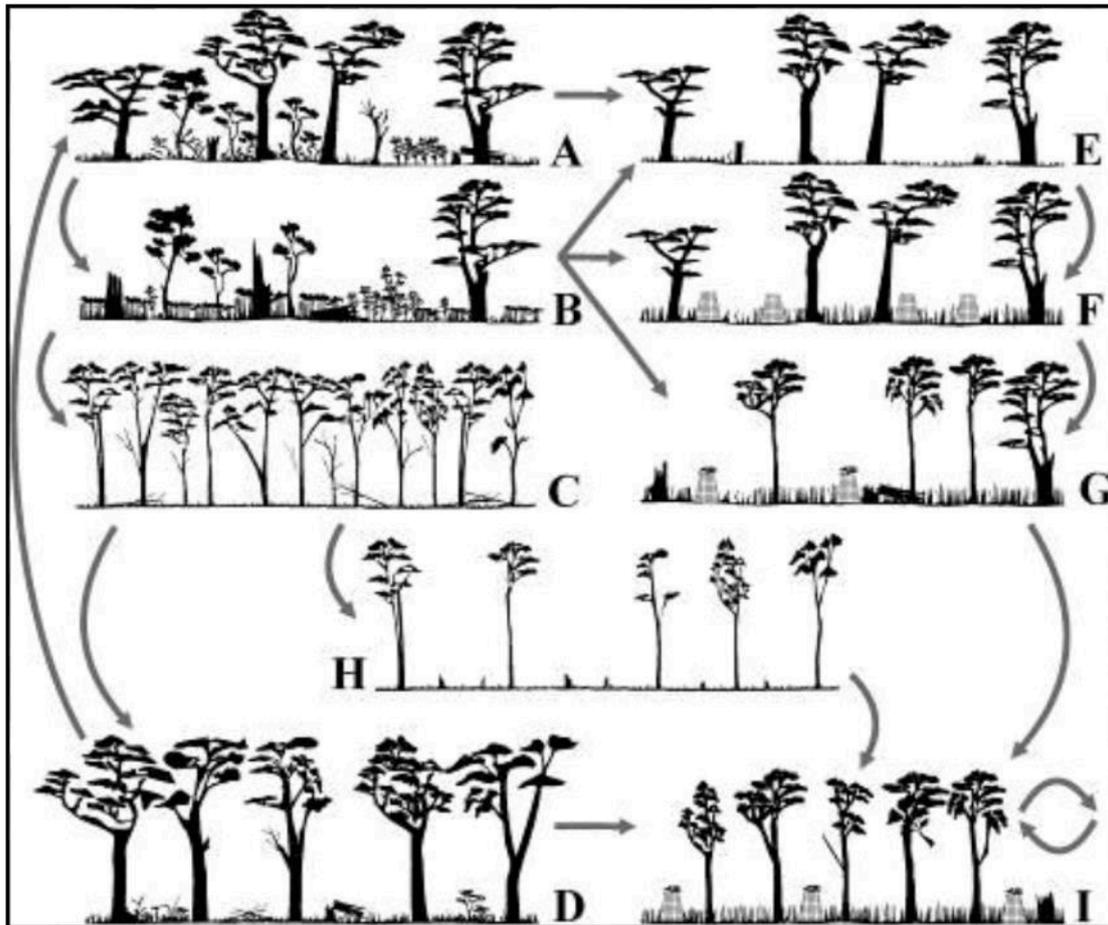
El ñire es una especie nativa de los bosques patagónicos con una distribución amplia que se extiende desde el norte de Neuquén hasta Tierra del Fuego. Los principales aspectos del manejo de los sistemas silvopastoriles en bosques de ñire y el conocimiento generado para los diferentes componentes del sistema fueron compilados en revisiones previas (Peri et al., 2016b,c; Peri et al., 2017a; Rusch y Varela, 2019). Estos bosques han sido utilizados por más de 100 años con fines ganaderos, así como extracción de leña y carpintería rural, y en muchos casos con remoción y conversión de bosque a pastizales. Además, se han determinado las sinergias y antagonismos que se generan en estos sistemas silvopastoriles y su incidencia a nivel paisaje, donde se destacan el efecto de las interacciones entre coberturas de copa y calidad de sitio de los rodales sobre el microclima, la productividad primaria y calidad nutritiva del sotobosque, la instalación de regeneración arbórea, el ciclado de nutrientes y el comportamiento animal (Bahamonde et al. 2018a). 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 madereros 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. 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).

Silvicultura y producción del componente arbóreo

La propuesta silvícola en sistemas silvopastoriles con ñire combina criterios económicos y ecológicos, debería contemplar la intensidad de los raleos y aspectos relacionados a la continuidad del estrato arbóreo teniendo en cuenta las interacciones positivas y negativas entre los componentes árboles, pasturas y ganado. Esta alternativa apunta a favorecer las interacciones beneficiosas para lograr un incremento de la producción del sistema, de la eficiencia del uso de los recursos y de la conservación. La propuesta silvícola del manejo silvopastoril (Fig. 1) incluye: (i) la apertura del dosel original para favorecer el desarrollo del sotobosque; (ii) la remoción o acumulación de residuos leñosos del suelo forestal; (iii) el enriquecimiento del sotobosque con especies que complementen la dieta del ganado; (iv) la realización de raleos que incrementen el crecimiento y la calidad maderera del dosel remanente, y para mantener la cobertura dentro de los límites de manejo; y (v) la protección de renovales por semilla o agámicas para asegurar la renovación del dosel forestal en el tiempo. La apertura del dosel depende del régi-

men hídrico y la calidad de sitio de los rodales, recomendando intervenciones más intensas a medida que mejora la calidad de sitio o la disponibilidad de agua. Estos niveles de apertura del dosel permiten obtener aumentos de biomasa del sotobosque de entre 300-1400 kg MS/ha de materia seca, permitiendo incrementar un 30% las cargas animales promedios para la región (Peri et al., 2009a, 2017a).

Figura 1. Propuesta de manejo silvícola para bosques de ñire bajo uso silvopastoril:

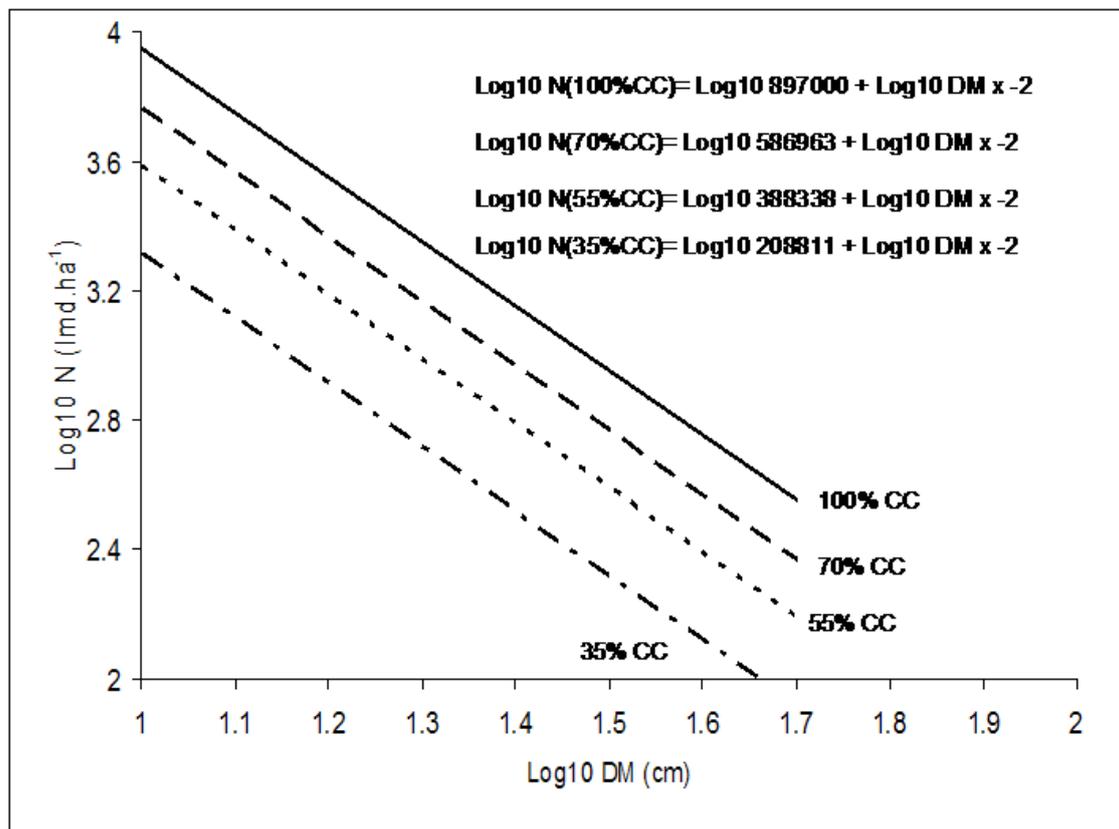


(A) rodal en fase de desmoronamiento, (B) rodal en fase de desmoronamiento con regeneración avanzada, (C) rodal en fase de crecimiento óptimo, (D) rodal en fase de envejecimiento, (E) rodal manejado con cobertura de árboles originales, (F) rodal manejado con protección de renovales y cobertura de árboles originales, (G) rodal manejado con cobertura mixta de árboles originales y secundarios, (H) rodal secundario con raleo y poda, y (I) rodal manejado con cobertura de árboles secundarios. Fuente: Martínez Pastur et al., 2013.

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. Además, se generó un índice de densidad de rodal de ñirantales, independiente de la edad del rodal y la calidad de sitio (Fig. 2), como una herramienta biométrica para determinar intensidades de raleo de modo de alcanzar diferentes coberturas arbóreas bajo un uso silvopastoril (Ivancich et al., 2009). Su empleo facilitará la toma de datos durante los inventarios forestales, siendo necesaria sólo la determinación de las variables densidad y área basal para estimar la intensidad de los raleos frente a una cobertura de copas determinada.

Figura 2. Modelos de predicción de la densidad de un bosque de *Nothofagus antártica*, de acuerdo al diámetro medio y a diferentes coberturas de copa (35, 55, 70, 100%).



N: densidad; DM: diámetro medio; y CC: cobertura de copas. Fuente: Ivancich et al., 2009.

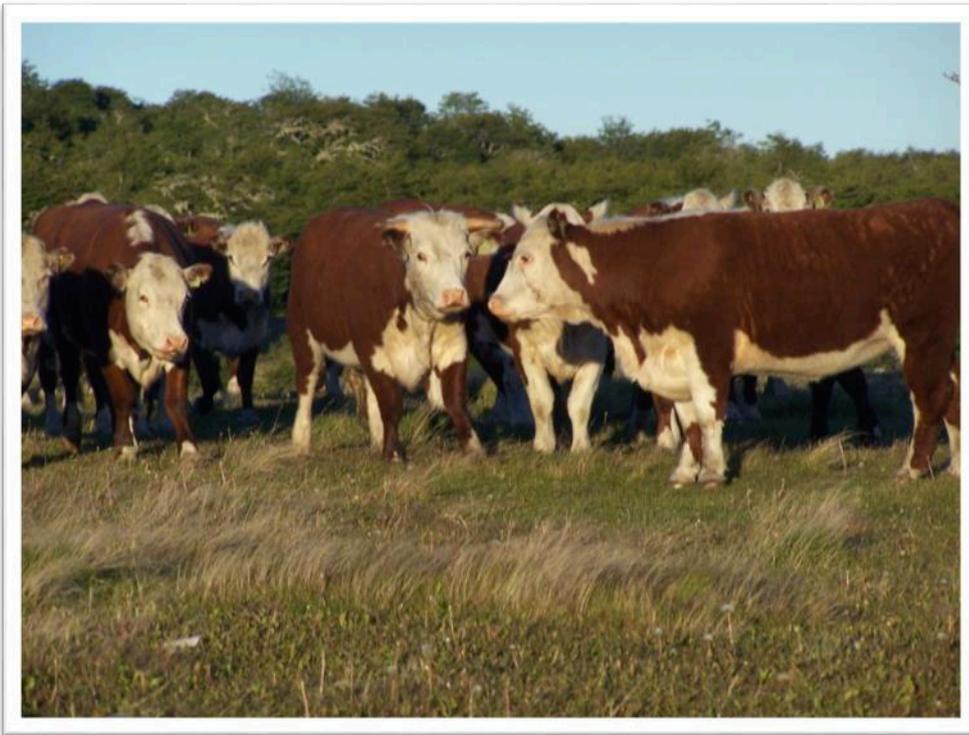
Las propuestas de raleo para los bosques de ñire (Fig. 3) se han definido a partir de parcelas de monitoreo a largo plazo, según el manejo silvícola planteado. En Tierra del Fuego, el raleo intensivo en los bosques secundarios permitió aumentar las tasas de crecimiento de los árboles y duplicar la radiación a nivel del sotobosque que potencian el manejo Silvopastoril (Martínez Pastur et al., 2018). En parcelas permanentes de Santa Cruz, en un rodal puro de ñire en fase de crecimiento óptimo inicial (41 ± 6 años de edad), una densidad original de 4055

árboles/ha, con una altura dominante de 5,2 m, un DAP promedio de 12,6 cm y un área basal de 29 m²/ha, con un raleo fuerte (densidad final de 1551 árboles/ha y cobertura del dosel remanente del 40%) se lograron incrementos significativos en DAP (2,1 y 3,5 mm/año para el rodal testigo y raleado, respectivamente) y un crecimiento en volumen de 4,3 m³/ha/año (Peri et al., 2013).

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 m³/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 m²/ha con una intensidad de raleo que dejó un remanente de 30 m²/ha. El volumen cosechado fue de 102 m³/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 m³/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. 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. Basado en la cuantificación de la producción (fluctúa de <1 a 40 millones de semillas por hectárea) y calidad de semillas (4 a 45% de semillas viables, y de 1 a 35% de germinación), y la caracterización del banco de plántulas (incorporación, mortalidad y crecimiento) en bosques de ñire en diferentes calidades de sitio (Tejera et al., 2005; Peri et al., 2006a; Hansen et al., 2008; Soler Esteban et al., 2010, 2012; Bahamonde et al., 2013a, 2018b) se 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.

Figura 3. Raleos en bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) y ganado vacuno en Tierra del Fuego.



Fuente propia.

Producción y calidad 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, con la temperatura y régimen hídrico interactuando 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.

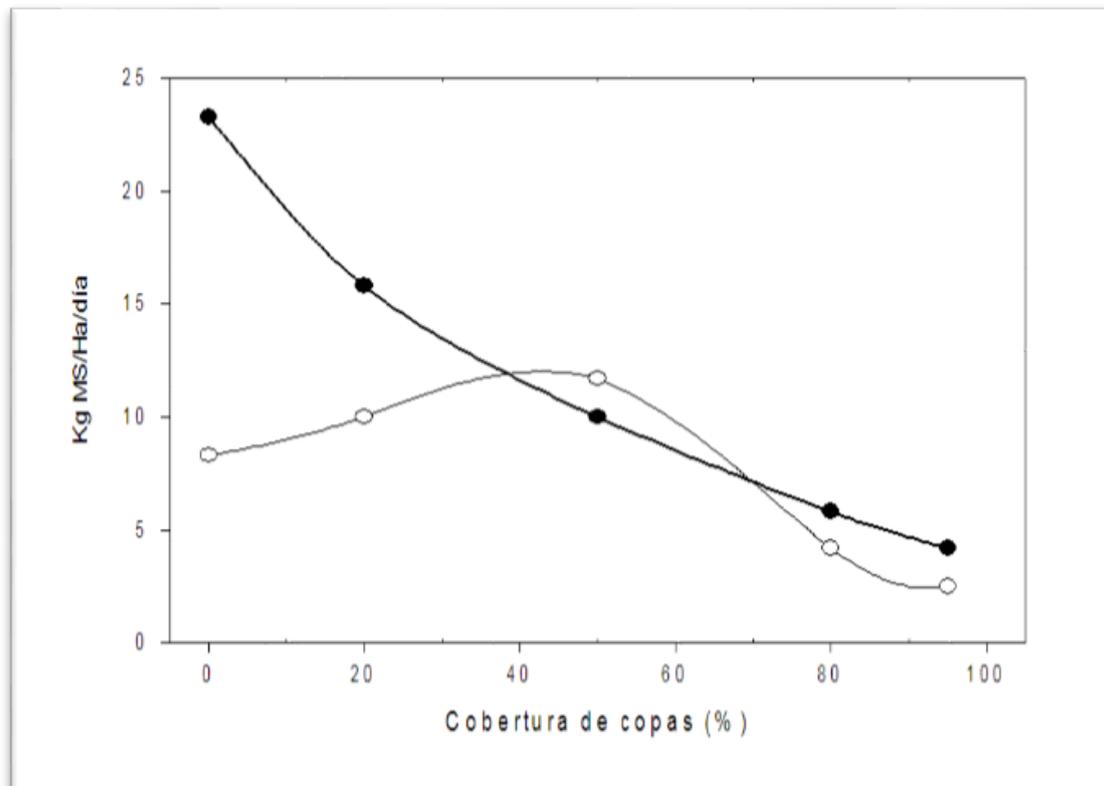
En Chubut, se evaluó la productividad forrajera y la composición por grupos de especies (gramíneas, leguminosas y otras especies) en bosques de ñire desarrollándose en distintas condiciones de sitio (húmedos correspondientes a bosques de 15 m de altura y secos correspondientes a ñirantales de 3-4 m de 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% (Fig. 4). 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. Por su lado, Bahamonde et al. (2012a) determinaron que la relación entre variables ambientales y la producción de forraje fue diferente dependiendo de las clases de sitio. En general, en los sitios de mejor calidad se encontró una relación positiva con la radiación fotosintéticamente activa, temperaturas de aire y/o suelo.

La 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 4. 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% (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., 2005b). 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 sombreamiento (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 silvo-pastoril con un 30% de transmisibilidad luminosa dicho aumento fue del 20% (Tabla 2).

Tabla 2. 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

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

*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-Octubre) 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).*

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. Por su lado Peri y Bahamonde (2012), al analizar los promedios anuales de DIVMO y relacionarlos con los diferentes factores ambientales encontraron que la humedad volumétrica del suelo y las temperaturas de aire y suelo fueron las variables que más explican su variación. Por otro lado, en el mencionado estudio también se encontró una fuerte relación ($R^2=0,84$; $P<0,05$) entre la DIVMO de las forrajeras y la calidad forestal de los rodales, es decir, de la misma manera que la producción de MS era mayor en lugares donde los árboles crecían más, también la calidad nutricional del forraje se vio incrementada.

Peri et al. (2012) evaluaron la producción y calidad del sotobosque mejorado con trébol blanco considerando las variaciones espaciales de micrositos (bajo y entre copas) dentro del sistema silvopastoril comparado con un pastizal aleaño sin árboles (Tabla 3). Mientras que la mayor productividad del pastizal y su contenido de PB estuvieron relacionados positivamente con un mayor contenido de humedad del suelo (humedad volumétrica en los primeros 20 cm) y una mayor radiación, la DIVMO estuvo solo asociada con la humedad del suelo. El trébol blanco demostró ser sensible al estrés hídrico (verano) y las bajas temperaturas (inicio de primavera y otoño) con una reducción de la tasa de crecimiento de hasta cuatro veces, y su producción se redujo aproximadamente un 35% a niveles de sombreado de 20% de transmisibilidad lumínica. Por otro lado, en ensayos con siembra de especies forrajeras con diferentes niveles de fertilización (0, 100 y 200 Kg de N/ha en el caso de las gramíneas y de 0, 50 y 100 kg/ha de P para leguminosas) y dos niveles de riego (se-

cano vs. Irrigado con aplicación de una lámina total de 90 mm), se obtuvo la mayor producción con *Dactylis glomerata* con riego y nivel medio de fertilización (6347 kg MS/ha/año) seguido por el estrato herbáceo natural con riego y máximo nivel de fertilización (5729 kg MS/ha/año) y *Trifolium pratense* con riego y sin fertilizante (5207 kg MS/ha/año) (Gargaglione et al., 2012).

Tabla 3. Producción y calidad del sotobosque mejorado con trébol blanco considerando las variaciones espaciales de micrositios (bajo y entre copas) dentro del sistema silvo-pastoril comparado con un pastizal aledaño sin árboles.

Tratamiento	Trébol (kg MS/ha)	Latifolia- das (kg MS/ha)	Gramí- neas (kg MS/ha)	Material senescente (kg MS/ha)	Produc- ción Total (kg MS/ha)	PB (%)	DIVM O (%)
Pastizal sin árboles	1380 a	620 ab	1020 a	710 a	3730 a	20,9 a	79.2 a
SSP 70% (entre copas)	1360 a	990 a	890 a	830 a	4070 a	20,3 a	80.2 a
SSP 20% (bajo copas)	890 b	480 b	410 b	390 b	2170 b	18,1 b	79.1 a

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$) entre coberturas (transmisibilidad). Producción total y por componentes de materia seca (kg MS/ha/año) del pastizal con trébol blanco (*Trifolium repens*), y valores medios de proteína bruta (%PB) y digestibilidad in vitro (%DIVMO) correspondiente al período de crecimiento (Octubre-Mayo) y dos años de medición (2007-2008 y 2008-2009) para un sitio adyacente sin árboles (100% transmisividad luminosa correspondiente a un promedio de radiación total en el período de crecimiento de 36,3 mol/m²/día) y para sistemas silvopastoriles en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) con 20 (SSP 20%) y 70% de transmisividad (SSP 70%). La humedad del suelo promedio (20 cm) durante el período de crecimiento fue de 29,9, 32,5 y 34,0% para las situaciones bajo copa, área sin árboles y entre copas, respectivamente.

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 Ácido (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 (Pérez, 2009a, 2020). 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.

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). Además, se generó un modelo que predice a escala de rodal la producción de materia seca y la variación en la concentración de proteína bruta de gramíneas en sistemas silvopastoriles en bosques de ñire, considerando variables ambientales como las temperaturas de aire y suelo, humedad de aire y suelo, calidad de sitio y cobertura de copas, entre otras (Bahamonde et al., 2014).

Producción y manejo animal

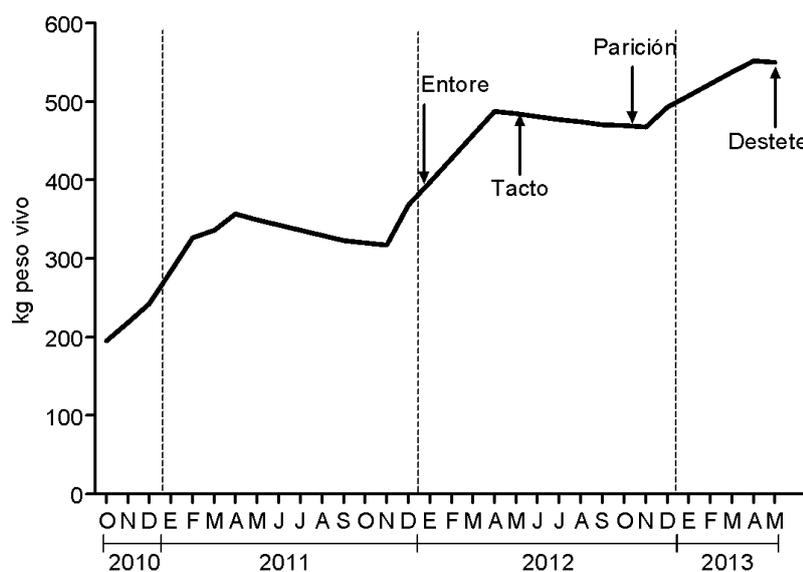
El sistema de producción con bovinos y mixto (bovino+ovino) representa el 78% de los establecimientos con ñire de Santa Cruz y Tierra del Fuego, con valores de carga animal que fluctúan entre 0,60 y 0,65 ovejas/ha, y donde más del 75% de las estancias presentan un manejo de los potreros en veranadas 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 señalado 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 gramínoideas (56-90%) donde se destacan *Poa pratensis*, *Festuca pallescens*, *Holcus lanatus* y *Carex* sp. (Manacorda et al., 1996; Bonino, 2006).

Existen antecedentes de ensayos que cuantifican 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 más 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). Ormaechea et al. (2014) cuantificaron la producción animal de ovinos (cordero y lana) a escala espacial (establecimiento) y temporal (ciclo productivo) real de producción durante 2 años, donde se determinó las ventajas del manejo propuesto en la producción y calidad de lana principalmente bajo inviernos más rigurosos. Por su lado, Ormaechea et al. (2018) han puesto a prueba a escala de establecimiento y ciclo completo una propuesta de manejo bovino que incorpora la evaluación de pastizales, la separación de ambientes y el pastoreo rotativo, evaluando diversos indicadores como el porcentaje de preñez y destete, evolución de peso (Fig. 5), hábitos dietarios, comportamiento animal, incidencia de parásitos, compactación de suelos y cambios en la composición botánica del pastizal. Los resultados han mostrado la viabilidad de la propuesta de manejo y sus ventajas: Preñez: 94,4%, Destete: 93,1%, Producción de carne: hasta 1,22 Kg/animal/día y 73 Kg/ha, y mayor mansedumbre del ganado.

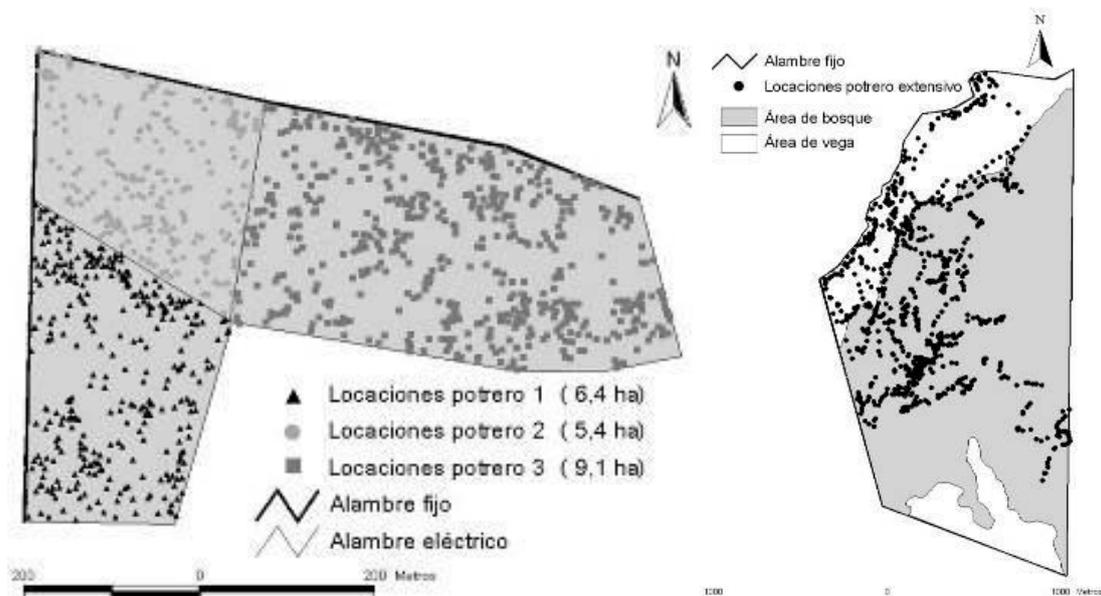
Figura 5. Evolución de peso de vacunos desde los 12 a los 43 meses de edad bajo Manejo Silvopastoril Intensivo en Ea San Pablo, Tierra del Fuego.



Fuente: Ormaechea et al., 2018.

Otro aspecto importante en el manejo animal es conocer el uso espacial de los potreros, ya que los mismos presentan en general diferentes comunidades vegetales (bosque, vegas o mallines, y pastizal natural). El manejo extensivo de animales en grandes cuadros (1000 ha) permitiría al animal seleccionar diferentes sitios para el pastoreo, lo que comúnmente implica un sobrepastoreo de las comunidades vegetales más preferidas, y también la subutilización de sectores que pierden calidad forrajera a medida que avanza la estación de crecimiento. Es posible suponer que al pastorear áreas más pequeñas con el mismo número de animales estos tenderían a usar íntegramente todo el recurso forrajero sin sobrecargar algún área en particular. Esto determinaría una mayor eficiencia de cosecha y uso de la superficie logrando consecuentemente mayores ganancias de carne por unidad de superficie. Ormaechea et al. (2012) evaluaron el uso espacial de los pastizales por parte de bovinos con el uso de collares de geoposicionamiento satelital bajo dos manejos en un establecimiento ganadero de Tierra del Fuego: el tradicional o extensivo utilizado en la zona y un manejo propuesto donde se intensifica el pastoreo a través de potreros más pequeños utilizando alambre eléctrico y una mayor frecuencia de movimientos. Los resultados demostraron una homogeneidad de uso mayor en potreros de menor tamaño (Fig. 6), determinando para los animales bajo manejo intensivo un valor superior a 80% de la relación entre el área explorada media diaria y la superficie de los potreros utilizados, comparado con valores inferiores al 30% para el manejo tradicional. En el manejo intensivo además se evidenció un marcado efecto del amansamiento del rodeo, lo que determinó un menor requerimiento de días dedicados al arreo y junta de animales en la época otoño-invernal.

Figura 6. Ejemplo de locaciones grabadas a través del uso de collares GPS en vacunos en primavera para los potreros extensivo (348 ha de bosque y 150 ha de vega) e intensivo (solo bosque de ñire, 20,9 ha) al cabo de 8 días de medición en estancia San Pablo, Tierra del Fuego

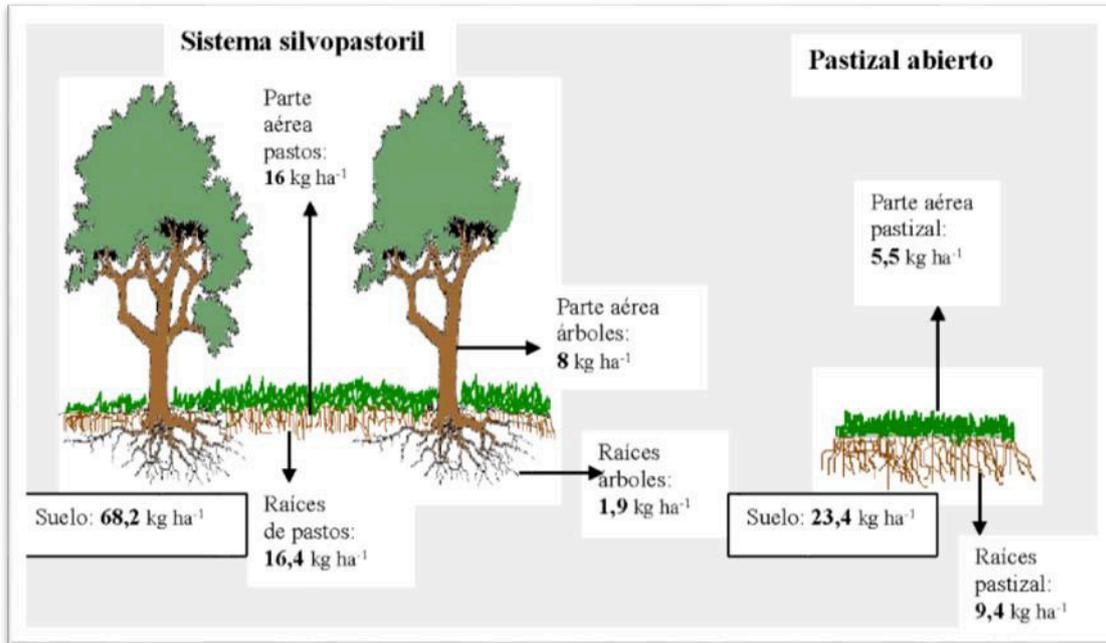


.Fuente: Ormaechea et al. (2012)

Carbono y nutrientes

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, 2006c, 2008a; Gargaglione et al., 2008, 2009, 2013). 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 macronutrientes 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). Respecto al N, Gargaglione et al. (2014) determinaron que a nivel sistema la mayor cantidad de ¹⁵N fue retenida en el suelo y que en el sistema silvopastoril el estrato arbóreo absorbió un 69% menos de ¹⁵N aplicado en comparación al estrato herbáceo (Fig. 7). Asimismo, se observó que el sistema silvopastoril recuperó cerca de un 65% más del ¹⁵N aplicado comparado con el pastizal abierto. Esto se produjo por una mayor retención en los componentes suelo y herbáceo, además de la absorción de los árboles. El estrato herbáceo del sistema silvopastoril si bien produjo menores cantidades de biomasa debido a que se encuentra limitado por el factor luz, fue capaz de absorber mayores cantidades de ¹⁵N. Estos resultados indicarían un mayor aprovechamiento del N disponible por parte del sistema silvopastoril en comparación al pastizal abierto. Por lo tanto, para el recurso N, los árboles no producirían un fuerte efecto negativo (competencia) sobre el estrato herbáceo, sino que mediante la creación de un ambiente más favorable (mayor humedad disponible en el suelo y por ende aumento en absorción de agua y nutrientes) o bien por medio del aporte de detritos que modifican la relación C/N reduciendo la competencia por éste con los microorganismos, favorecerían la absorción de N por parte del pastizal. Esto, sumado al hecho de que los árboles aportan anualmente una cantidad considerable de N mediante la caída de hojarasca al suelo, determinó que probablemente en ñirantales de uso silvopastoril existe un efecto de facilitación del N por parte de los árboles hacia el estrato herbáceo circundante (Gargaglione et al., 2014).

Figura 7. Diagrama de un sistema silvopastoril de *Nothofagus antarctica* vs. un pastizal abierto respecto a la cantidad de 15N ha⁻¹ que fue retenida por cada componente (parte aérea de árboles, raíces de árboles, parte aérea del pastizal, raíces del pastizal y suelo)



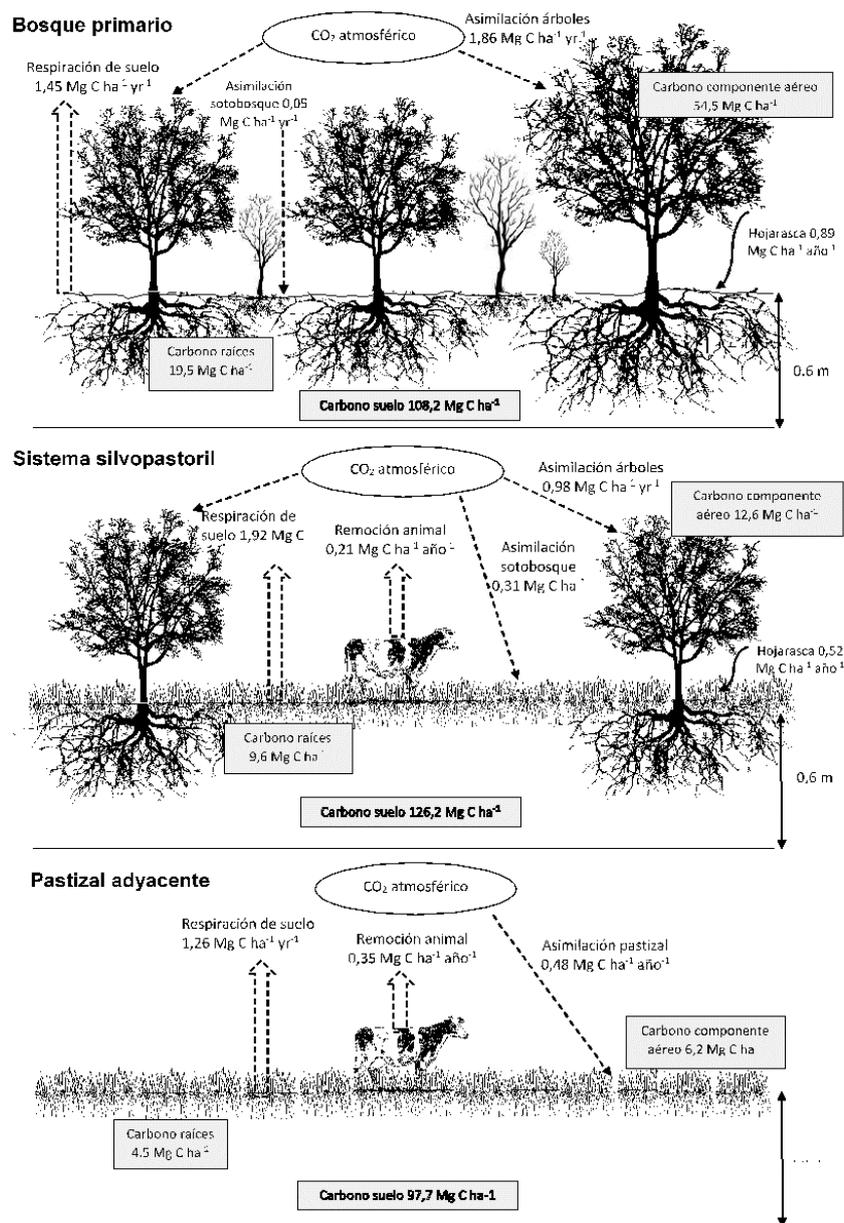
Información adaptada de Gargaglione et al., 2014.

Este tipo de información puede ayudar 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, aportaría 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 (1300 a 2000 kg MS/ha/año) y retorno potencial de nutrientes en bosques de ñire bajo manejo silvopastoril desarrollándose en diferentes clases de sitio (Peri et al., 2008b; Bahamonde et al., 2015), e información sobre tasas de descomposición y mineralización en bosques de ñire con uso silvopastoril (Bahamonde et al., 2012b, 2013b).

Entre los principales servicios ambientales de los bosques nativos de Argentina se incluye la capacidad de fijación de gases de efecto invernadero. Dada la extensa área de tierra actualmente gestionada como sistemas de producción de rumiantes en Patagonia, el potencial para la mitigación del cambio climático a través del secuestro de C por los sistemas silvopastoriles toma gran relevancia. Para estos ecosistemas se cuantificó la distribución aérea y subterránea de carbono (C) de árboles individuales de ñire en diferentes fases de desarrollo (desmorona-

miento-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; 2010, 2017). El total de C almacenado varió entre 108,4 a 182,2 Mg C/ha para pastizales y bosques nativos, respectivamente (Fig. 8). El C almacenado en SPP presentó un valor intermedio de 148,4 Mg C/ha, encontrándose el C distribuido de la siguiente manera: 85% en el suelo, 7% en biomasa radicular y 8% en biomasa aérea.

Figura 8. Principales reservas de carbono (C) y flujos de C en a) bosque primario de *Nothofagus antarctica*



Densidad media del rodal: $960 \text{ árboles ha}^{-1}$; Clase de sitio V: rodales donde la altura total media del árbol dominante (Hd) alcanza los 5,8 m; edad rodal 195 ± 15 años; b) Sistemas silvopastoriles de *N. antarctica*: $175 \text{ árboles ha}^{-1}$ (80% árboles dominantes y 20% co-dominantes); Hd de 5,6 m, edad rodal 188 ± 21 años; y c) pastizales adyacentes abiertos en la Patagonia Austral. Los recuadros indican stock de C y las flechas indican el flujo de C.

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. Respecto a los cauces de ríos y arroyos se deberá dejar una zona de protección de 15 a 60 m (Rusch et al. 2004). Se deberá evitar que las vías de saca de madera crucen cauces de ríos o arroyos o humedales. Los márgenes de lagunas y cauces deberían mantener la vegetación arbórea o arbustiva original minimizando las aberturas para el consumo por parte de los animales. Además, la propuesta de manejo podría incluir la formación de bosques coetáneos en etapas sucesivas (cada 20 años, por ejemplo) de manera de establecer, a una escala de predio, bosques disetáneos que permitan mantener en todo momento bosques maduros e individuos en desmoronamiento que favorezcan la biodiversidad del sistema. En este sentido, para el mantenimiento de aves insectívoras de tronco deberán dejarse individuos enfermos y muertos; y mayores a 40 cm de diámetro para el anidamiento de aves como el carpintero magallánico o la lechuza ñacurutú (Gallo et al., 2004; Rusch et al., 2004). Asimismo, las áreas de mantenimiento de arbustos permitirán la conservación de numerosas especies de aves e insectos (Rusch et al. 2004). Sugerencias y detalles respecto a este tema se encuentran en Rusch et al. (2004, 2009a, b), Gallo et al. (2004) y Carabelli y Peri (2005).

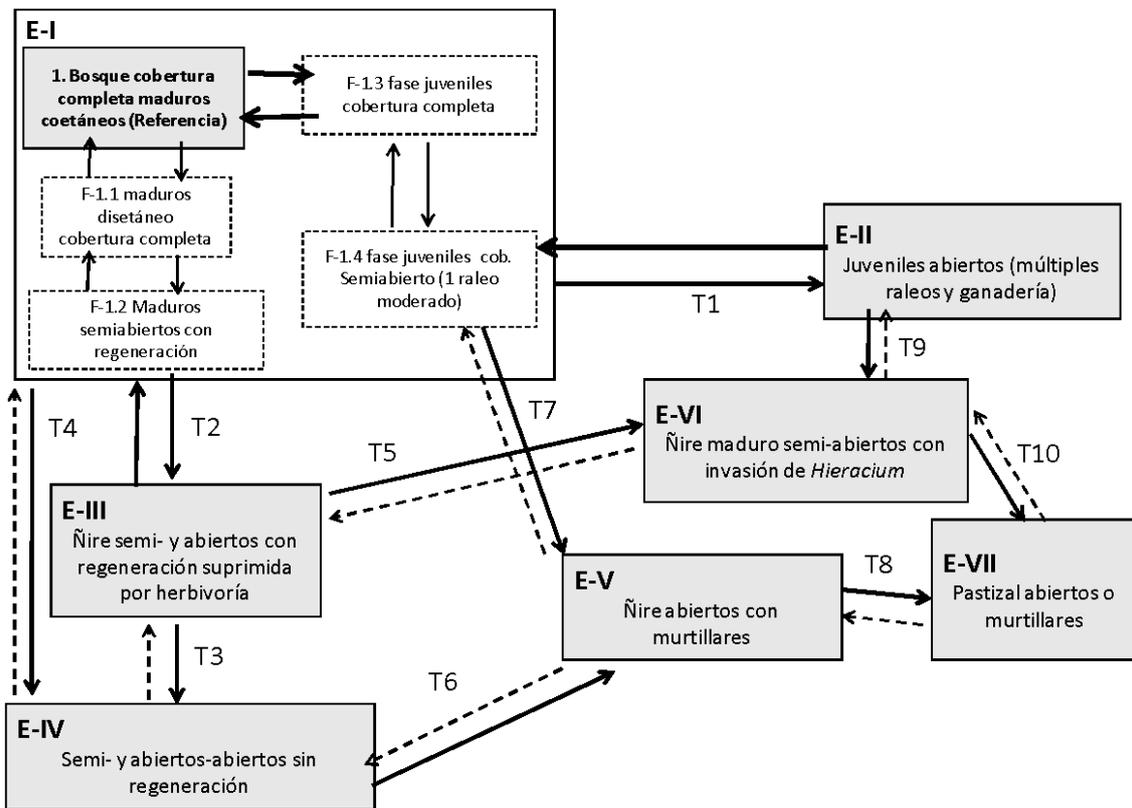
Además, para mantener en el largo plazo los principales servicios ecosistémicos del bosque se desarrolló un modelo de los estados y transiciones (ME&T) para los bosques de ñire en el sur de la Patagonia (Fig. 9) basado en variables estructurales y funcionales, donde se definieron 7 estados y 10 transiciones negativas, los factores que disparan las transiciones y sus niveles asociados al pastoreo, incendios y extracción intensa de madera (Peri et al., 2017c). Los bosques maduros de ñire con baja utilización de pastoreo, nula actividad extractiva y con coberturas completas (>70%) corresponde al estado de referencia o la condición de mayor integridad, y el pastizal o murtillar (dominancia de *Empetrum rubrum*) con pérdida de cobertura de bosque es considerado el estado de mayor degradación. Si bien la mayoría de las transiciones son irreversibles, algunas son factibles de recuperar a través de prácticas de manejo o restauración (por ejemplo, la protección de renovals de la presión de herbivoría del ganado podría permitir la recuperación de EIII a EI en la transición T2, Fig. 9).

Asimismo, se desarrolló un modelo de estados y transiciones (MEyT) para el bosque de ñire en el norte de la Patagonia, en el que se determinó 7 estados, 13 transiciones de degradación

y cuatro de restauración (Rusch et al., 2017). Los bosques más íntegros están dominados por ñire y caña (*Chusquea culeou*) y el estado más degradado lo componen estepas subarbustivas de cadillo (*Acaena splendens*). Los estados intermedios serían los más aptos para el uso silvopastoril (bosque abierto de ñire con caña y pastizal, y bosque de ñire con pastizal). El pastoreo, la extracción forestal, los incendios y las especies invasoras son los principales factores que disparan las transiciones de degradación.

El desarrollo de MEyTs permite contar con alertas tempranas del deterioro, visualizar los efectos del manejo y orientar las prácticas para mantener la composición y estructura del bosque dentro de los límites que contemplan los aspectos productivo y ambiental.

Figura 9. Modelo de Estados y Transiciones para bosques de ñire del Sur de Patagonia (Peri et al., 2017c).



Las cajas grises representan los estados (números romanos), las cajas con línea punteada las fases y las flechas las transiciones (números arábigos). Los sistemas silvopastoriles en Patagonia Sur podrían manejarse en los Estados E-I, E-II y E-III, acompañado con un diseño de distribución espacial adecuado y pautas de manejo claras.

Sistemas silvopastoriles en el parque chaqueño

La integración silvopastoril en bosques del Parque Chaqueño plantea una serie de desafíos para la planificación silvicultural, entre los cuales cabe destacar los siguientes: (i) La verificación de la posibilidad de aprovechamiento forestal en un rodal o potrero; (ii) El cálculo de la posibilidad real del bosque; (iii) La selección de árboles a cortar y el control de cosecha; (iv) La convivencia con los desarbustados necesarios para ganadería. Se desarrollan a continuación

algunas propuestas específicas para atender cada uno de estos desafíos, surgidas en su mayoría por la experiencia desarrollada por el INTA EEA Santiago del Estero.

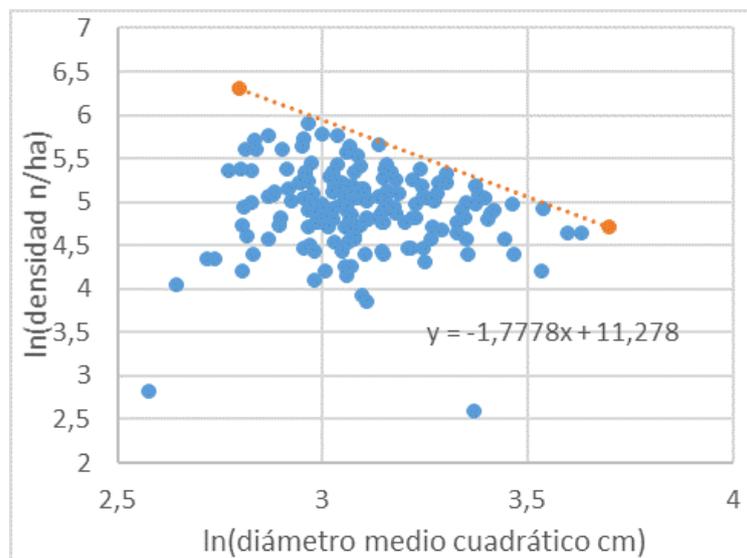
Determinación del stock relativo y factibilidad de corta

Para la verificación de la factibilidad de cortas de aprovechamiento, la legislación suele utilizar mecanismos demasiado simplificadores, como por ejemplo la tasa de cosecha. La tasa de cosecha se considera un método de control válido cuando el bosque tiene un determinado stock, suficiente como para que la aplicación de la tasa máxima autorizada le permita sostener sus funciones vitales. Sin embargo, la misma tasa “legal”, aplicada a un bosque degradado o en recuperación, puede afectar significativamente su estructura y funcionamiento.

Como método más completo para determinar la factibilidad, se recomienda utilizar el Diagrama de Gingrich. Esta es una herramienta diseñada para la caracterización y manejo de la densidad en bosques irregulares, y fue propuesto por su autor en 1967 (Gingrich, 1967). En base a una guía de construcción de este diagrama (Day, 1997), y a partir de los datos de 169 parcelas de muestreo del inventario forestal de los departamentos Copo y Alberdi realizado en los años 2016/17 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se construyó un Diagrama de Gingrich para el área de la “Cuenca Foresto Industrial Monte Quemado”, ubicada en los departamentos Copo y Alberdi, al norte de la Provincia de Santiago del Estero.

Se graficó la relación entre los logaritmos de la densidad y el diámetro cuadrático medio de las 169 parcelas, (considerando sólo diámetros mayores a 10cm) y se determinó la ecuación correspondiente a los valores superiores, con la misma pendiente del ajuste (Fig. 10). Esta línea representa la máxima densidad observada del bosque, o la línea de auto-raleo. Se observa que la pendiente, es cercana a la denominada “regla de los $-3/2$ ”.

Figura 10. Relación máxima encontrada entre el logaritmo del diámetro cuadrático medio (cm) y el logaritmo de la densidad (n/ha)



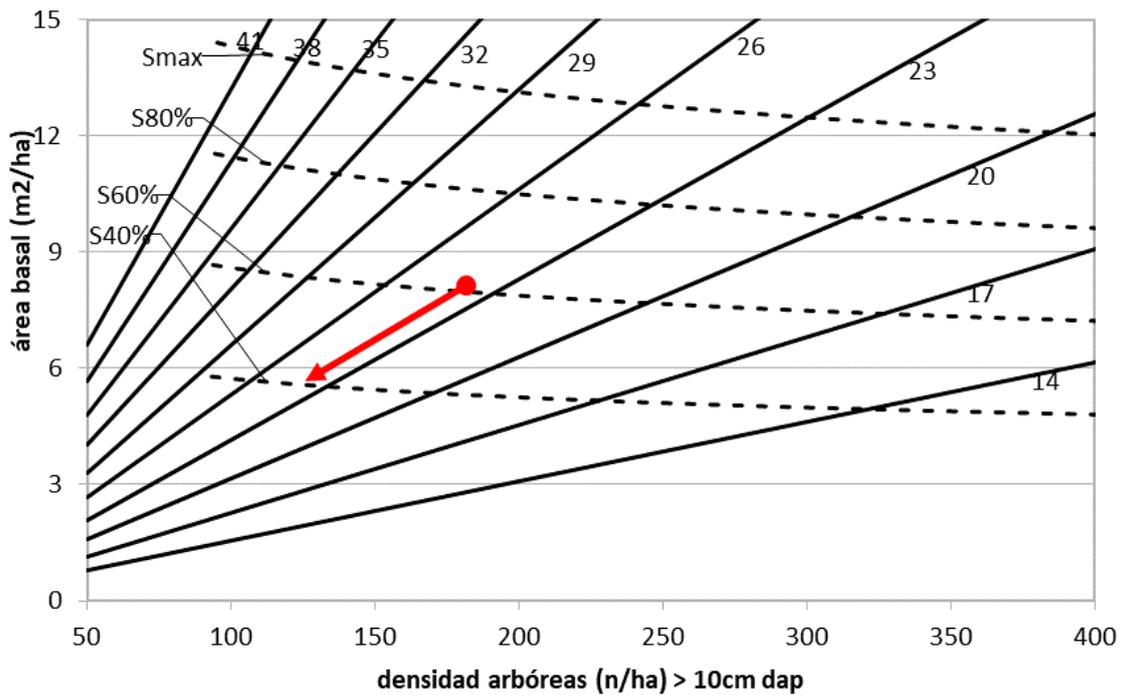
Para 169 parcelas de bosque nativo de los departamentos Copo y Alberdi.

Aplicando antilogaritmos a la ecuación de máxima densidad encontrada, se determinó la fórmula de máxima densidad en función del diámetro cuadrático medio, dada por:

$$n = e^{11,278} * D_q^{-1,7778}$$

A partir de esta fórmula, se calcularon para un rango de diámetros cuadráticos medios entre 10 y 45 cm, la máxima densidad esperada en número de árboles, y a partir de ésta y el diámetro cuadrático del rango, se calculó el stock máximo esperado (Smax), y los correspondientes al 80, 60 y 40% del mismo (S80%, S60%, S40% respectivamente). Estos valores, junto las isolíneas de los diámetros cuadráticos medios entre 14 y 41 cm de DAP, con una amplitud de 3cm, se graficaron para los ejes área basal / densidad. El resultado es el Diagrama de Gingrich para la Cuenca Foresto Industrial de Monte Quemado (Fig. 11).

Figura 11. Isolíneas de diámetro cuadrático medio de 14 a 41cm de DAP (líneas sólidas), e isolíneas de densidad equivalente: máximo stock encontrado en las parcelas disponibles (Smax), y stocks del 80, 60% y 40% de Smax (S80%, S60% y S40%, respectivamente, en líneas punteadas).



La línea roja muestra la trayectoria sobre el gráfico ocasionada por una corta del 30% del área basal, sobre un bosque de 8,3 m²/ha de área basal y 180 árboles/ha mayores a 10cm de DAP.

El gráfico anterior puede utilizarse para una mejor caracterización relativa del stock en parcelas respecto al máximo posible para una región, de una forma más completa que con sólo el número de individuos o el área basal. La pendiente de la línea de máximo stock representa la línea de auto-raleo, es decir el nivel de stock en el cual se alcanza el uso completo de los recursos disponibles (growing stock en el sentido dado por Oliver y Larson, 1996). Puede obser-

vase que la relación de ésta con el área basal no es lineal, lo cual muestra que el área basal no sería un buen indicador del grado de uso de los recursos, y por ende del stock relativo.

El Diagrama de Gingrich completo, incluye además una línea de stock mínimo, determinada a partir de los valores de densidad a la cual comienza a actuar la competencia entre individuos. Como este valor no se dispone actualmente, puede asumirse temporariamente que la línea de mínimo stock deseable podría ser la del 40% de stock. La determinación correcta de esta línea y el monitoreo de la respuesta de las parcelas a los tratamientos de corta, permitirá mejorar estas estimaciones a futuro.

Conocidos los valores de área basal y densidad de una parcela de bosque, el diagrama elaborado puede brindar importante información para el manejo. La principal información es la posibilidad de evaluar el stock relativo del bosque, y analizar la conveniencia o no de practicar una corta forestal. En bosques donde estos diagramas se utilizan habitualmente, se recomienda que las cortas forestales se apliquen sólo cuando la parcela se encuentra por encima del 60% del máximo stock, y cuidando que el stock post-corta no quede por debajo de la línea del 40% de stock. Agregada a estas condiciones, debiera respetarse también la restricción aplicable por la legislación provincial a la corta forestal, que en el caso de Santiago del Estero regula la intensidad máxima de cosecha, en el 30% del área basal inicial.

Determinación de la posibilidad forestal

El segundo desafío citado para la silvicultura en sistemas silvopastoriles sobre bosques nativos del Parque Chaqueño, es el cálculo práctico de la posibilidad forestal. La conocida comparación del monte como plazo fijo o caja de ahorros, ha servido como un recurso didáctico para socializar conceptos relativos al funcionamiento y aprovechamiento forestal de estos ecosistemas. Este concepto puede aplicarse con algo más de profundidad, para guiar los cálculos para evaluar la oferta sustentable de madera o leña que pueden brindar los montes del Chaco semiárido.

Las particularidades de los bosques del Chaco semiárido le imponen algunas especificaciones a la comparación, que se pueden resumir como la “letra chica” de este plazo fijo:

- las tasas de interés son moderadas: datos de crecimiento indican valores promedio de alrededor de un 1,16 a 1,82% de crecimiento anual en área basal (Navall, 2012), que es la variable de existencias más fácil de medir.
- tope de acumulación: a diferencia del dinero en un plazo fijo, los bosques pueden acumular crecimiento indefinidamente. Según la zona, los valores de stock máximo están entre 8 a 12 m²/ha de área basal.

- tope en las extracciones: los bosques no pueden aprovecharse por tala rasa (que equivaldría a retirar completamente el pazo fijo). El tope máximo de extracción establecido por ley es del 30% del área basal existente (Brassiolo et al, 2007).
- saldo mínimo no aprovechable: la intensidad de corta a aplicar debería ajustarse en función del estado del monte, relativo al stock máximo de la zona. La tasa máxima de corta del 30% es aplicable sobre un bosque en buen estado, con un stock cercano al máximo posible para la región. Pero si el monte ha tenido intervenciones recientes y está lejos de ese máximo, la intensidad de corta debería reducirse, hasta el extremo de no recomendarse la corta en bosques que tengan un stock muy bajo. No existen buenos datos para determinar este umbral, pero tal como se propuso en el apartado anterior, se sugiere que toda corta sostenga un stock mínimo remanente de al menos el 40% de área basal del stock máximo de referencia en la zona de trabajo.

La pregunta básica que un productor forestal debiera ser capaz de responder, es cuál es la cosecha máxima que puede extraer de su monte, sin afectar el capital forestal que dispone; es decir, sin degradarlo. Para responder esto debiéramos calcular, con las particularidades del “plazo fijo forestal”, cuál es la máxima extracción admisible por año que asegure una renta a perpetuidad.

Para realizar este cálculo sobre un plazo fijo, deberíamos definir:

- el monto de capital puesto a crecer
- la tasa de interés anual
- el plazo del depósito en años
- la intensidad de extracción propuesta
- la tasa de cambio (si depositamos en una moneda y extraemos en otra)

Con las unidades adecuadas, una simple multiplicación de estos cinco factores nos daría la respuesta a la pregunta sobre un plazo fijo. Cada una de estas variables tiene su homóloga en el manejo del bosque, a partir de las consideraciones particulares citadas anteriormente. Para evaluarlas se propone un ejemplo práctico: calcular la corta máxima admisible para un productor de leña para carbón, que dispone de 300 ha de monte con 8m² de área basal promedio, y que quiere cortar año de por medio. La Tabla 4 muestra la analogía propuesta entre las variables listadas arriba y sus homólogas en el monte y también su aplicación al ejemplo planteado.

Tabla 4. Variables para calcular la extracción máxima del bosque nativo.

Variable en plazo fijo	Aplicación al monte	Ejemplo
a) monto de capital	stock de área basal * superficie del tramo de corta anual	8 m ² /ha * 30 ha (un tramo en un área de manejo de 300 ha)
b) tasa de interés	crecimiento relativo anual en área basal	0,015 (1,5% como promedio)
c) plazo depósito	ciclo de cortas / años entre cortas	20 años (ciclo) / 2 años (entre cortas)
d) intensidad de extracción	factor de ajuste de la tasa de extracción máxima permitida en función del stock existente y el valor de referencia regional, variable entre 0 (no se corta) y 1 (se corta el máximo permitido)	1 (100% de la intensidad máxima permitida, por el buen estado del monte)
e) tasa de cambio	metros estéreo de leña por m ² de área basal	16 me/m ²
a*b*c*d*e= Monto máximo de extracción anual a perpetuidad	Máxima cosecha anual sustentable	576 me/año (1152 me cada dos años)

El ejercicio planteado puede ser útil para el diálogo entre técnicos y productores, pues permite acercar varios conceptos de la planificación forestal a partir de una comparación bastante difundida. El balance se completa al contrastar la oferta posible calculada, con la demanda prevista para el nivel de producción deseado, y así permite tomar las medidas necesarias para abastecer la demanda sin degradar el recurso disponible.

Selección de árboles de corta y cosecha

El tercer desafío planteado se refiere a la selección de árboles de corta y cosecha, con los cuales componer la tasa de corta calculada anteriormente. La planificación de la estructura deseada de un bosque irregular después de una corta, se basa en la definición de tres parámetros básicos: el área basal residual (B), el diámetro del árbol remanente más grande (D), y la distribución diamétrica del arbolado remanente, definida por un factor que mide la razón entre la densidad en una clase diamétrica y la inmediata superior (q); de ahí que este método de planificación se reconozca como “BDq” (Marquis, 1978; O'Hara & Gersonde, 2004). Comparando la distribución diamétrica real (determinada por un inventario) y la planificada, los desvíos positivos indican el número de árboles que habría que cortar en cada clase particular (Hawley & Smith, 1972).

Luego de realizar esta planificación, es necesario trasladar las prescripciones de manejo a reglas de campo para la selección de los árboles a cortar o a dejar en el rodal. Este es un paso crítico en el manejo de bosques irregulares, y se considera que la efectividad de una herramienta de control de cortas permisibles está dada por el grado de coincidencia entre la marcación y lo previsto en la prescripción correspondiente (O'Hara & Gersonde, 2004). Para cortas planificadas según el método BDq, por ejemplo, una forma de aplicar las prescripciones es a partir de la definición de “proporciones de corta” por clases diamétricas, calculadas como el cociente entre los árboles a cortar respecto del total existente en la respectiva clase diamétrica (Miller & Smith, 1993). En la experiencia práctica en el Parque Chaqueño, este traslado ha demostrado ser muy dificultoso y de escaso valor práctico. Si bien se pueden calcular las “proporciones de corta” de cada clase diamétrica, es importante considerar que toda la base de cálculo proviene de inventarios que típicamente tienen un error de muestreo del 20% en área basal. Al calcular el intervalo de confianza para la proporción de corta, es común encontrar que el error de estimación supera el 80% en algunas clases, con lo que la prescripción se vuelve muy imprecisa y de poca utilidad.

Además de esta imprecisión del método, el sistema de selección de cortas por esta planificación ha tenido poca aplicación en terreno debido a que la selección de los árboles a cortar es una actividad costosa y demanda mucho tiempo. Debido a esta causa, la aplicación se ha simplificado por el uso del diámetro mínimo de corta, por ser mucho más fácil de aplicar. Este método simplemente elige los individuos que superan un determinado diámetro preestablecido. Desafortunadamente esta práctica no permite un buen control de la intensidad de corta, ni implica mejoras en la calidad del arbolado remanente (Miller y Smith, 1993).

En la aplicación práctica del método de marcación a partir del análisis BDq propuesto por Hawley y Smith (1972) en el Parque Chaqueño, demostró además el inconveniente de que los cálculos para construir las prescripciones se realizan a partir de una única variable: el diámetro; sin tomar en cuenta otras variables del árbol (altura, volumen de copa, área foliar, estado sanitario) y de su entorno de vecindad, que definen su potencial dentro del rodal (Nienaber, 2003; Oliver y Larson, 1996). Monitorear todas estas variables en terreno para luego cargar en gabinete y realizar las prescripciones ampliaría los costos de la actividad y la haría aún menos viable.

Cualquiera sea el método de cálculo y aplicación de prescripciones, las actividades se realizan tradicionalmente en etapas separadas en el bosque y en gabinete. En el bosque se tiene la ventaja de poder analizar simultáneamente las diversas variables que influyen en la decisión de corta según el criterio predefinido, pero no se pueden registrar todas (por costos), ni se tiene posibilidad de vincular una decisión puntual basada en el mejor criterio del/la silvicultor/a a todas las decisiones tomadas anteriormente, como para llevar registro que permita evaluar si la intensidad de corta se está cumpliendo a nivel del rodal o no. Una aplicación móvil podría ser una alternativa para reunir ambas potencialidades en terreno, ya que permitiría registrar y calcular con un dispositivo portátil, en el preciso momento en que se toma la decisión de corta.

Basados en este concepto, se desarrolló un método específico de marcación, que se basa en el mejor criterio del/la silvicultor/a dentro del monte, y que asiste el control de la intensidad de corta aplicada por la acumulación de sus decisiones anteriores. Para aplicarlo, se subdividió un tramo de corta de 100 ha mediante calles de extracción en “parcelas” de alrededor de 150 m de ancho, y éstas se subdividieron mediante rutas de GPS en “transectas” de 30 x 150 m. Se recorrió cada una de las transectas entre dos operarios, guiados por un GPS, que censaron todos los individuos mayores a 10 cm de DAP, y los clasificaron por especie, clase diamétrica (de 5 cm de amplitud, entre 10 y 70 cm de DAP), y destino (queda o se corta) según lo que sugería el mejor criterio a terreno, observando todas las características del árbol y su “vecindad”. Para controlar la intensidad de corta total y por especies, se desarrolló una planilla de cálculo para un dispositivo móvil (tablet), que al ir ingresando el número de árboles por transecta, especie, clase y destino, permitía calcular en cualquier momento la proporción de área basal que sumaban los árboles elegidos para cortar. Este procedimiento dio origen a una app para dispositivos móviles Android, llamada SilvoINTA (Navall et al, 2013b).

De esta experiencia se generaron dos resultados principales: los referidos a la aplicación de la herramienta de marcación SilvoINTA, y los relacionados a la aplicación del método de control de cortas por área basal. SilvoINTA es principalmente una base de datos, que permite además realizar cálculos útiles para controlar la intensidad de cortas, y mostrar los resultados para orientar futuras decisiones. La aplicación es gratuita, y puede instalarse accediendo a Google Play desde el dispositivo móvil. La aplicación no necesita de conectividad para la carga de datos, ni para realizar los cálculos y mostrar resultados. Solamente necesita conectividad para subir los datos a la cuenta de Google Drive del usuario. Los datos son privados del usuario y la aplicación no difunde ni comparte los datos registrados.

El procedimiento diseñado permitió realizar simultáneamente un censo de cada transecta, aplicar los criterios de corta, controlar la intensidad de corta mediante el área basal remanente y marcar los árboles a extraer. De esta manera, se pudo concentrar toda la actividad en una única recorrida del rodal, ahorrando tiempo y dinero, registrando información valiosa y muy superior a la de un muestreo, sin que sea necesario visitar áreas ya marcadas para corroborar o ajustar. En la experiencia realizada, el equipo entrenado pudo realizar un promedio de 5 ha por jornada de trabajo. No se encontraron referencias en bosques similares que permitan comparar estos resultados, sin embargo, se considera un rendimiento adecuado por ser unas 10 veces superior al ritmo de avance de una cuadrilla de corta, compuesta por un motosierrista y dos ayudantes.

Con respecto a los resultados de la corta sobre la distribución diamétrica, se construyeron en primera instancia los criterios de corta. El objetivo de la corta fue el de seleccionar “árboles de futuro” y librarlos de competencia mediante la corta de los competidores más directos hasta alcanzar un 30% de área basal cortada, con un diámetro meta de corta de 40 cm de DAP (Brassiolo et al, 2007). El principio de la corta es “pensar en lo que queda” (en el sentido de preocuparse por dejar un rodal de buena calidad), en lugar de hacerlo “en lo que sale” (en sentido de la producción).

Criterios utilizados para clasificar a un árbol como “árbol de futuro” para el Parque Chaqueño seco

1. Quebrachos colorado y blanco con DAP menor a 40 cm (destino madera): rectos, fuste libre de ramas grandes, lo suficientemente alejados de otros árboles de futuro, sanos (incluye hasta regeneración avanzada: árboles > 2m de altura)
2. Algarrobo negro y mistol con DAP p menor a 40cm (destino frutos y follaje): con copas frondosas y de alta vitalidad, bien iluminadas (dominantes o codominantes), incluye hasta regeneración avanzada: árboles > 2m de altura; por no estar priorizada la producción maderera, para estas especies el mal estado sanitario o la mala forma del fuste no son criterios suficientes para descartarlo como árbol de futuro.
3. Árboles con diámetro mayor a 40cm: si tienen huecos o nidos, o están “solos” en áreas de baja cobertura arbórea.

Todos los demás árboles, se definieron como “competidores” o “indiferentes”. Los árboles competidores y por ello candidatos a corta, son aquellos que a juicio del observador compiten directamente por recursos con un árbol de futuro. Cada árbol puede ser competidor potencial de todos sus vecinos, pero una regla empírica para determinar esto en el Parque Chaqueño seco es observar particularmente la disposición de las copas, y otro es analizar no sólo la competencia entre las mismas en este momento, sino imaginarse cómo convivirán estos árboles durante los próximos 20 años, que será el período hasta la próxima corta.

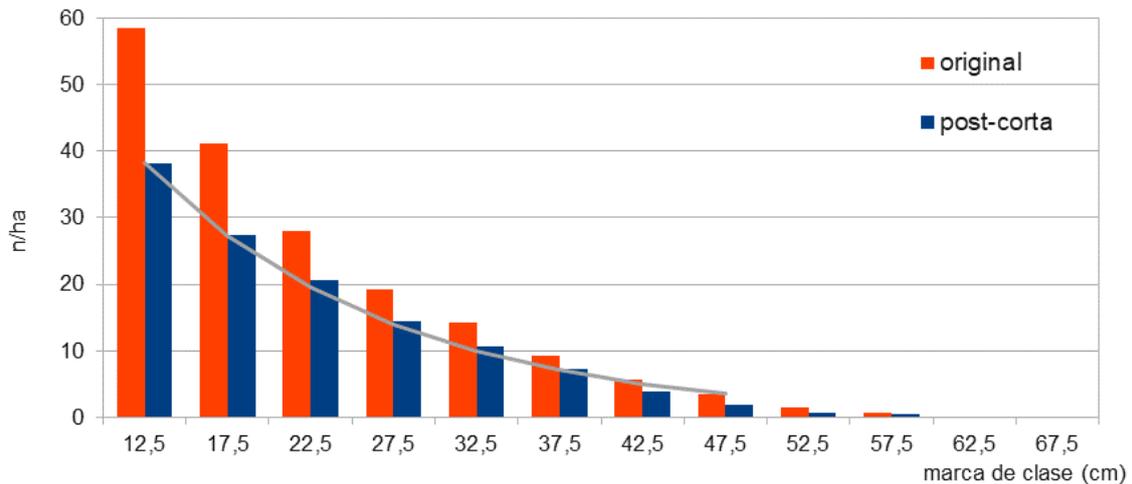
También puede encontrarse que dos árboles con características “de futuro” estén en relación de competencia entre sí. En tal caso habrá que decidir cuál de ambos es calificado como de futuro y cuál como competidor, en función de las decisiones anteriores de corta y del área basal acumulada por las mismas.

Los árboles considerados competidores se marcarán para corta, siempre que esa decisión sea conducente a lograr un área basal cortada igual al 30% del área basal total para cada especie principal: colorado, blanco, mistol y algarrobo; y también para el total general. Puede ocurrir que luego de este análisis, un árbol se identifique como “competidor” pero que no sea marcado para corta, porque cortarlo excedería los límites de corta admisible.

En la Figura 12 se muestra los resultados de la aplicación de estos criterios sobre el tramo de corta de 99,27 ha antes descripto. Se registraron en total 18036 árboles, cortándose 5581 y quedando como remanentes 12455. El gráfico muestra en barras la cantidad original de árboles por clase diamétrica, y la cantidad remanente después de la corta. En una línea se muestra el cálculo de una línea de referencia realizada mediante el método BDq, con un valor de q de 1,4, un área basal del 70% de la original, y un diámetro máximo de 50 cm de dap. Como puede observarse, el efecto del tratamiento controlado por área basal, tuvo un efecto proporcional en la cantidad de árboles cortados por cada clase diamétrica, equivalente al que hubiera tenido una curva de diseño de corta mediante el método BDq.

Con este resultado, queda demostrado que el criterio aplicado, controlado por área basal, tuvo un efecto exactamente igual sobre la distribución diamétrica al que hubiera tenido una corta controlada por densidad. El método tiene un potencial importante para controlar la aplicación de cortas en bosques irregulares como los del Parque Chaqueño Seco.

Figura 12. Densidad observada antes de la corta y remanente observado después de la corta controlada con SilvoINTA sobre un lote de 99,27 ha (barras).



La línea muestra la curva de diseño teórico con el método BDq para $B=70\%$ del área basal antes de la corta, $q=1,4$ y $D=50\text{cm}$.

Convivencia entre desarbustados y manejo forestal

El cuarto desafío planteado para la silvicultura en sistemas silvopastoriles del Parque Chaqueño, es la convivencia con los tratamientos de desarbustado que requiere el manejo ganadero. Desde hace décadas, la actividad forestal y ganadera han coexistido como dos de los principales usos de los bosques de esta ecorregión (Morello et al, 2005). Se han sucedido diversos escenarios, donde una u otra eran las actividades más relevantes, pero más allá de cada escenario específico, queda marcada una notable vocación ganadera-forestal de estos ecosistemas.

El arbustal es un problema para la ganadería, porque disminuye la accesibilidad para los animales, y reduce la entrada de luz para el crecimiento de las pasturas. Para el manejo forestal, el arbustal también puede significar un inconveniente. Los arbustales densos dificultan mucho las actividades de campo asociadas a la medición, toma de decisiones de corta, la corta en sí y la extracción de productos. Todo el desarrollo de la silvicultura europea que se difundió en el Parque Chaqueño, se ha desarrollado en ambientes que no tienen un sotobosque tan denso. Cualquiera que haya intentado aplicar los conceptos del muestreo angular de Bitterlich en bosques del Chaco semiárido podrá verificarlo.

Un conflicto importante entre el manejo forestal y el manejo arbustivo para ganadería, está

dado por el diseño de los tratamientos de desarbustado. Cuando los tratamientos aplican disturbios de alta intensidad (eliminando mucha biomasa), alta severidad (causan una alta mortalidad o daños en el ecosistema) y poca selectividad (aplicados indiscriminadamente a diferentes ecosistemas y comunidades), seguidos de intervenciones de alta frecuencia (retratamientos cada 2 o 3 años), claramente la compatibilización no es posible, por su efecto sobre la estructura forestal.

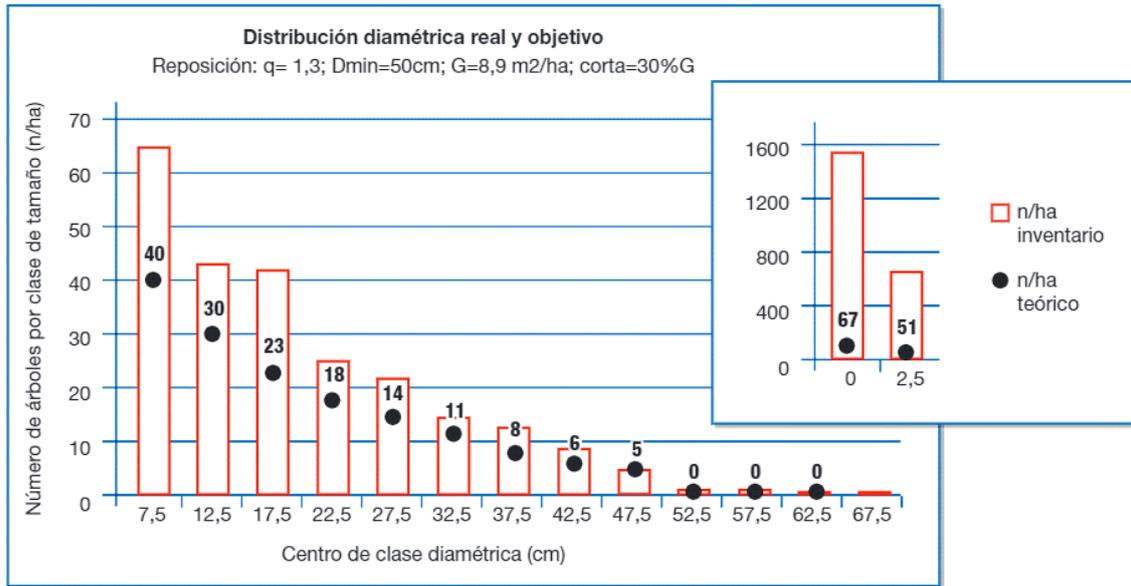
Sin embargo, cuando los tratamientos de desarbustado se diseñan preservando la estructura del bosque, y consideran además otras condiciones propias de la región como el déficit hídrico, la variabilidad climática, la pobre estructura de los suelos, el riesgo de salinización y la dominancia de especies leñosas; es posible encontrar mayor compatibilidad y sinergia entre las actividades. Este es el concepto que orientó el diseño del denominado RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Aplicando esta práctica en bosques, se han logrado incrementos significativos en la accesibilidad y oferta forrajera, afectando solamente el 3% en área basal (Navall, 2008), y se ha demostrado que es factible extender el período entre rolados sucesivos hasta 6-7 años sin disminuciones significativas en la oferta forrajera (Kunst et al, 2016).

En la experiencia se ha demostrado, que los efectos no deseados del rolado se pueden evitar si se capacita al tractorista sobre las condiciones básicas del manejo forestal, como el concepto de árbol de futuro y distribución diamétrica, compartiendo pruebas de campo sobre la maquinaria. Allí se comprueba que es totalmente factible identificar y esquivar árboles mayores a 15cm de diámetro en la primera intervención, y árboles mucho menores en las intervenciones de re-rolado siguientes.

La regeneración forestal merece una mirada detallada en estas interacciones con el manejo ganadero. El grupo de árboles menores a 10 cm de DAP es la porción más crítica de las poblaciones forestales en integraciones con la ganadería, porque son susceptibles al ramoneo y pisoteo del ganado, y porque al compartir el estrato con los arbustos, son difíciles de identificar al momento de aplicar los rolados. A través del estudio en parcelas permanentes, se determinó que la proporción de árboles dañados es mayor en las clases más chicas. Se determinaron daños superiores al 80% de los árboles menores a 1,3 m de altura, cercanos al 50% de los de 0 a 5 cm de DAP, y algo superior al 40% en los árboles de 5 a 10 cm de DAP.

Para evaluar adecuadamente el impacto de esta práctica, es importante contrastar el arbolado remanente sin daños después del rolado con las curvas de diseño de la estructura (Fig. 13). Para hacer esta comparación, se diseñó una curva teórica para un bosque previo al rolado, usando el método BDq ya descripto. Considerando un área basal final de 8,9 m²/ha, un diámetro mínimo de corta de 50 cm y un valor de q de 30%, se encontró que las densidades necesarias en las clases de regeneración son las siguientes: Clase 0 – menores a 1,3m de altura: 67 árboles/ha; Clase 2,5 – de 1,3m de altura a 5 cm de DAP: 51 árboles/ha; Clase 7,5 – de 5 a 10cm de DAP: 40 árboles/ha.

Figura 13. Distribución diamétrica reportada en un inventario y densidades de diseño según cálculo BDq.



Datos del Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

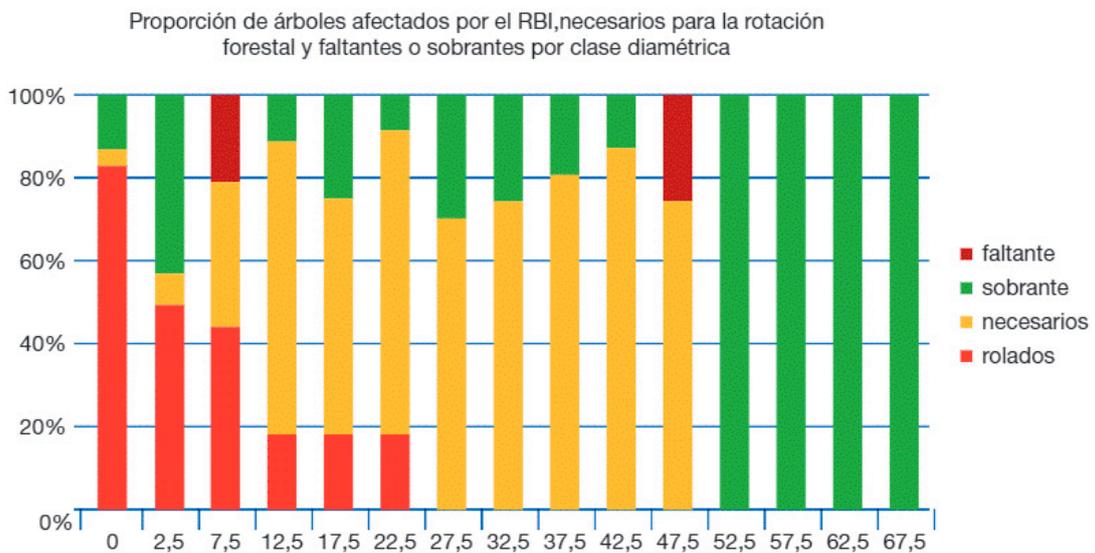
Contrastando estos valores con los remanentes después del rolado de baja intensidad (Fig. 14), se observó que los árboles remanentes en la clase 0 cuadruplican los necesarios según la curva de diseño, y que los remanentes en la clase 2,5 quintuplican los necesarios (Fig. 15). Se observó un déficit solamente en la clase 7,5, en la cual la cantidad de árboles remanentes sin daños por rolado era de 36 árboles por ha, y se necesitaban 40 para cumplir con los necesarios según la curva de diseño. Desde la experiencia, se considera que ésta es la clase más crítica en la interacción con rolados, porque los árboles más grandes se ven fácilmente y se pueden evitar, y los árboles más chicos en esta clase están en una densidad suficiente como para tolerar pérdidas sin afectar la reposición. Pero la clase de 5 a 10 cm de DAP comparte estrato con el arbustal y tiene pocos árboles disponibles. En este caso, puede aumentarse la densidad mínima necesaria en las clases anteriores, ampliar las capacidades de los tractoristas para identificarlos y evitarlos y preservar particularmente este tipo de árboles ante futuras intervenciones (corta forestal y re-rolados).

Figura 14. Rolado de baja intensidad (RBI) y siembra de pasturas megatérmicas en sistemas Silvopastoriles en Santiago del Estero.



Fuente propia.

Figura 15. Proporción de árboles por clase diamétrica, efecto del rolado y necesidades para reposición según curva de diseño.



Producción y calidad forrajera del sotobosque

La producción forrajera en bosques del Parque Chaqueño está directamente vinculada a la interacción con las especies leñosas, especialmente las arbustivas. La elevada densidad de leñosas en muchos de los bosques de la región, condicionan la accesibilidad del ganado y el ingreso de luz a las pasturas. Por otra parte, son reconocidos los roles benéficos de esta cobertura leñosa, por su aporte en servicios ecosistémicos clave como el aporte de materia orgánica al suelo, la regulación de la temperatura (factor de bienestar animal), y el aporte de forraje en épocas en las que no hay pasto disponible.

La falta de acceso y la baja oferta forrajera de pastos en los bosques nativos, generan valores de receptividad muy bajos, en el orden de las 10 a 20 ha.UG⁻¹. La incorporación de tratamientos de rolado ha sido la práctica más difundida para mejorar estas condiciones y aumentar la productividad forrajera. Se han observado respuestas satisfactorias del banco de semillas de pastos nativos, llegando a valores de 3000 a 5000 Kg MS. ha⁻¹ después de la aplicación de un rolado (Kunst et al. 2003).

Cuando se suma al tratamiento de rolado la siembra de pasturas subtropicales, los rendimientos de forraje mejoran significativamente. Con la siembra de *Panicum maximum* (“Gatton panic”) se han logrado en bosques del Parque Chaqueño valores de 5000 a 8000 Kg MS.ha⁻¹. Permitiéndose mejorar la receptividad hasta 1 a 2 ha.UG⁻¹ (Kunst et al., 2016). Las pasturas de Gatton panic se adaptan muy bien a la media sombra que queda en los rolados, cuando éstos son de baja intensidad.

El principal desafío en estos sistemas consiste en compatibilizar la reducción de la excesiva cobertura arbustiva, con el mantenimiento del resto de la estructura del bosque y su oferta de servicios ecosistémicos. En el “Manual de RBI” (Kunst et al. 2008), se desarrollan en detalle los fundamentos y las recomendaciones técnicas para la planificación de estos tratamientos, desde una mirada de integración al ecosistema. Un aspecto relevante en estos tratamientos, es que por lo general los arbustos tratados con rolado no mueren, sino que el tratamiento implica un “rejuvenecimiento” por remoción de su biomasa aérea y estímulo del rebrote, lo que hace necesario planificar una determinada frecuencia de re-tratamiento (Bravo, 2008).

En trabajos más recientes, el equipo del INTA Santiago del Estero, continuó mejorando el enfoque, y desarrollando un prototipo de rolo autopropulsado llamado “Tatú MBGI” (INTA Informa, 2020). Este equipo, está diseñado para ampliar la capacidad de maniobra dentro del monte, mejorar su robustez y calidad del tratamiento.

Componente animal

Los sistemas predominantes son de cría extensiva y semi-extensiva sobre pastizales naturales y bosques, caracterizado por una baja productividad de los rodeos con destetes que se ubican entre el 45 y 50%, con producciones de carne que varían entre 5 kg/ha/año y 50 kg/ha/año (Veirano Fré-

chou 2002). Los principales factores de esta baja productividad de los sistemas de cría son la baja carga animal de vientres por hectárea, baja eficiencia reproductiva de los vientres, lento desarrollo de la recría y engorde, inadecuada organización de los rodeos y bajo nivel de aprovechamiento de los recursos forrajeros. Para la región Chaqueña semiárida los sistemas de cría presentan en común un aspecto crítico que es la recría de las vaquillonas de reposición, en los cuales la edad al primer entore oscila entre los 27 y 36 meses (Fumagalli y Cornachionne, 2002). Saravia et al. (2019) en un ensayo bajo uso sistemas silvopastoril en bosque de algarrobo y quebracho blanco y con terneras cruza Braford para la recría (tiempo de permanencia en cada lote es de 35 ± 15 días y de 120 a 200 días de descanso, y con suplementación energético-proteica de 100 días al 0,6% del peso vivo) en Santiago del Estero, determinaron ganancias de peso diario promedio que fluctuaron desde 0,34 a 0,61 kg/día. Estos valores también son comparables a los obtenidos por Salado y Fumagalli (2003), en INTA EEA Santiago del Estero, donde se estudió el efecto de la suplementación invernal con semilla de algodón al 0,7% del peso vivo sobre la ganancia de peso de terneras pastoreando Gatton Panic, cuyos valores promedio fueron de 0,358 kg/día y 0,424 kg/día, para las razas Braford y Brangus, respectivamente. Estos resultados resaltan la importancia de la suplementación para lograr ganancias de peso y mayor consumo de forraje de baja calidad durante la estación seca acordes a los requerimientos del animal para una adecuada recría.

Por otro lado, la producción caprina (el Parque Chaqueño participa con el 47% del stock total nacional) se ha concentrado en la región semiárida del Chaco principalmente para autoconsumo, asociado al minifundio y con escasa tecnificación. Los caprinos consumen mayor proporción de leñosas que los ovinos y bovinos, especialmente en la época seca (Yayneshet et al. 2008). Además de la preferencia, la carga animal depende de la oferta de forraje disponible, el cual varía de 1,3 a 2,5 cabras/ha en la estación húmeda.

Otros aspectos: suelo y fauna

En la EEA Santiago del Estero se desarrolló una serie de ensayos para determinar si las prácticas de Rolado de Baja Intensidad (RBI) tenían efecto sobre variables ecosistémicas. Se realizaron numerosas determinaciones contrastando lotes tratados y testigo, en variables del suelo como Densidad Aparente, Contenido de Materia Orgánica, Tasas de Infiltración de agua, Actividad y diversidad microbiana, entre otras. En ninguno de los tratamientos se encontraron diferencias significativas con los valores observados en los testigos, sin rolado. Sin embargo, y de manera consistente, estas investigaciones demostraron que las diferencias en estas variables, sí son significativas entre sitios ecológicos (alto, media loma y bajos), entre micrositos respecto de la cobertura de copas (bajo la copa, a media distancia, fuera de copas), o entre especies arbóreas que cubren el suelo (Mistol, quebrachos blanco y colorado) (Albanesi, 2013).

Coria (2012) determinó que la aplicación de tratamientos de rolado de baja intensidad, provocó cambios en los ensambles de aves en un bosque del Parque Chaqueño. En los tratamientos rolados, dejaron de detectarse algunas especies de aves exclusivas del bosque, pero apa-

recen más especies de los pastizales que antes no estaban presentes. Con una riqueza global de 54 especies, 44 estaban presentes en los tratamientos rolados y 38 en los testigos. Un mosaico de sectores tratados y otros sin rolar sería la estructura de mayor diversidad, en esta variable. Efectos similares se observaron en anfibios y reptiles (Kunst et al., 2016).

Manejo de bosque con ganadería integrada (MBGI)

El escenario en el cual se comienza a trabajar en el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), se caracterizó por una alta presencia de ganadería en los bosques nativos de todo el país, la difusión de prácticas de intervención intensiva o desmontes para incorporar tierras para la producción de forraje, y la falta de manejo ganadero en las áreas con bosques.

La pérdida de bosques nativos entre 1998 y 2018 fue de alrededor de 6,5 millones de hectáreas, ocurriendo el 43% de la misma (aproximadamente 2,8 millones de hectáreas) dentro del período de vigencia de la Ley N° 26.331 (2008 a 2018). Por otro lado, en Argentina el proceso de deforestación se aceleró hacia fines de la década de los noventa y principios del siglo XXI, principalmente a causa de la expansión de la agricultura desde la Región Pampeana hacia el Parque Chaqueño. En efecto, el surgimiento de la soja transgénica junto con la aparición de la siembra directa asociada a otros paquetes tecnológicos, aumentó la rentabilidad de este cultivo y su potencial para expandirse a tierras consideradas previamente marginales para la producción agrícola. La expansión de la agricultura pampeana desplazó la ganadería hacia áreas marginales.

La disponibilidad de especies de pasturas megatérmicas de crecimiento estival, muy alta productividad y bastante resistentes a la sequía, contribuyó en la ampliación e intensificación de la producción ganadera en la Región Chaqueña. La mayor parte de los bosques nativos de la Argentina se encuentran sometidos a usos ganaderos de distinta intensidad y con variados niveles de planificación, desde ganadería de monte extensiva y comunitaria a modelos intensivos que concluyen en pocos años en la conversión de bosques en sabanas y parques (deforestación diferida). Entre 2012 y 2018, la superficie total de pérdida de bosque nativo en las provincias de Chaco, Salta, Formosa y Santiago del Estero fue de aproximadamente 1 millón de ha, de las cuales un 28% correspondió a una deforestación diferida justificada bajo un uso Silvopastoril (Mónaco et al., 2020). Esto produjo una fuerte expansión del mercado inmobiliario de compraventa de tierras con bosques, cuyos títulos habían tenido hasta entonces mayor uso como respaldo financiero que como objeto de inversión productiva. Se formaron así empresas que compraban tierras con bosques, las “desarrollaban” (o sea, hacían desmonte y habilitación para agricultura y ganadería) y luego las vendían a precios sustancialmente mayores. Actualmente, el valor de la tierra desmontada triplica al de la tierra con bosque, y aun descontando los costos de desmonte, el margen de ganancia sigue siendo muy positivo (Mónaco et al. 2020).

Por otro lado, en los bosques nativos de la región hay una brecha entre el significado de “sistemas silvopastoriles” (SSP) y su aplicación más difundida en la realidad. Se acepta que los SSP son una forma de manejo en la que “coexisten componentes como el arbóreo, forrajero, ganadero, edá-

fico y humano, y donde se generan interacciones ambientales, económicas y sociales, bajo un manejo sustentable e integrado en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, muchos de los llamados SSP se habían instalados principalmente en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas (dejando menos de 100 árboles/ha y sin cuidado de la regeneración), orientadas sólo a producir pasto y en el corto plazo (Fig. 16). Estas prácticas son consideradas directamente como desmontes por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) del Ministerio de Ambiente de Nación, inclusive algunas leyes como la de áreas forestales de Santiago del Estero, no los consideran como una modalidad de manejo de bosque nativo, sino como un cambio de uso del suelo.

En síntesis, la aplicación de prácticas y esquemas de intervención que no permitían la subsistencia del bosque, y que, en algunos casos, recibían subsidios de la misma ley de bosques.

Figura 16. SSP en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas (dejando menos de 100 árboles/ha y sin cuidado de la regeneración), orientadas sólo a producir pasto y en el corto plazo



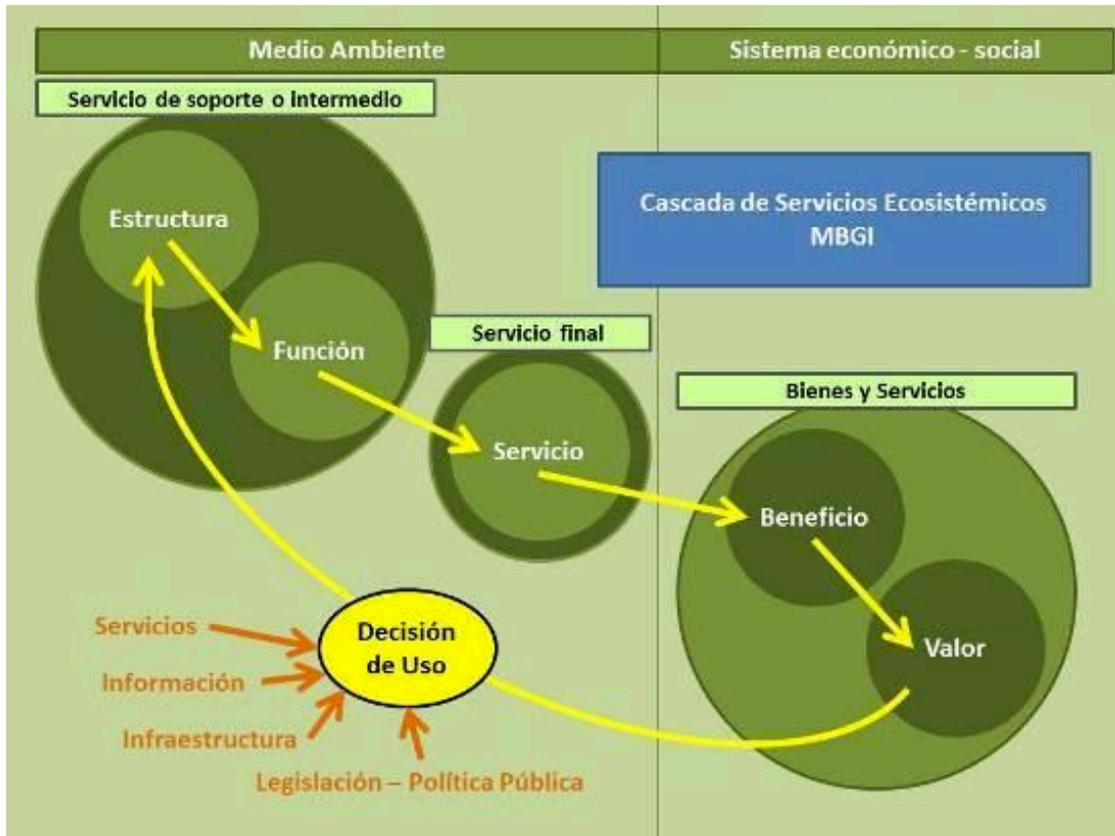
Arriba: Ejemplo de los mal denominados sistemas silvopastoriles en el Parque Chaqueño con intervenciones muy intensivas y no sustentable. Abajo: Ejemplo de un lote con rolado de baja intensidad bajo Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en Santiago del Estero. Fuente propia.

MBGI como alternativa superadora

En este marco se realza la importancia de contar con propuestas de manejo que congenien las expectativas de producción con la conservación de los demás servicios ecosistémicos de los bosques nativos. La necesidad del estado de compartir una visión integral en la implementación de políticas de bosque y ganadería cuando comparten un mismo territorio, llevó a que, en el año 2014, la Secretaría de Ambiente y el Ministerio de Agricultura junto con el INTA conformen una mesa que elaboró el Acuerdo técnico. Con el objetivo de implementar un Plan Nacional de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), en 2015 se firma el Convenio Marco Interinstitucional entre los actuales Ministerios de Agroindustria y el de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación para la implementación del acuerdo técnico sobre “Principios y Lineamientos Nacionales para MBGI” (Navall et al., 2016). El mismo es un plan político-técnico, que permite establecer acuerdos intersectoriales de articulación de herramientas técnico-financieras, con el fin de optimizar los recursos del estado, garantizar la distribución coherente y equitativa de los mismos, y la aplicación de los lineamientos por parte de las provincias y los productores. El MBGI propone el manejo integral del ecosistema, como una herramienta de desarrollo frente al cambio de uso del suelo, donde se incluye al bosque nativo en la matriz productiva, como un agente proveedor de servicios ecosistémicos, especialmente en lo que respecta a la producción ganadera y forestal. Dicha propuesta se basa en la adopción de tecnologías de bajo impacto ambiental, con una visión integral del ambiente que busca el equilibrio entre la capacidad productiva del sistema, su integridad y sus servicios, bajo el principio de mantener y mejorar el bienestar del productor y las comunidades asociadas. Por lo tanto, el término MBGI se refiere a la planificación de todo tipo de actividad ganadera y forestal dentro de un bosque nativo, ampliando así, el concepto de Prácticas Silvopastoriles Tradicionales.

El marco conceptual donde se sustenta el acuerdo técnico MBGI, está basado en la provisión de servicios ecosistémicos por parte de los bosques, y en un esquema de manejo adaptativo para definir las intervenciones. Este marco permite avanzar con una base técnica en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales, de manera de conservar la provisión de servicios ecosistémicos y evitar los impactos ambientales y sociales asociados a la pérdida de los mismos. El marco conceptual MBGI parte de una concepción no dicotómica de las relaciones entre las sociedades y los ecosistemas, lo cual determina un socio-ecosistema compuesto por un sub-sistema biofísico en el cual se ubica el bosque nativo y los procesos naturales que permiten la provisión de los servicios ecosistémicos, un subsistema económico-productivo el cual se rige por el sistema económico dominante en un momento determinado y que determina las políticas públicas, y un sub-sistema socio-político-cultural que refleja la organización social, de una empresa forestal o familias que aprovechan el bosque nativo desde una dinámica cultural particular (Fig. 17). En este esquema se debe enmarcar el manejo forestal del bosque nativo, ganadero y las interrelaciones entre cada uno de los sub-sistemas, como la dinámica de estas en el tiempo y en el espacio.

Figura 17. Marco para la valoración integrada de los bosques que considera tanto la prestación de servicios y bienes del ecosistema (oferta) como el uso y valor por parte de la sociedad (demanda), incluidos los valores ecológicos, culturales y monetarios.



Modificado de Braat y de Groot (2012).

MBGI plantea 7 lineamientos técnicos para cumplir los objetivos y guiar los planes de manejo:

1. **Todo plan de MBGI se ajusta a los contenidos mínimos para Planes de Manejo Sostenible de Bosques Nativos:** propone una planificación integral de uso, donde se definan claramente las metas y objetivos específicos para cada componente del sistema y se diseñen las intervenciones respecto de un estado de referencia del bosque y su estado actual. Un Plan de Manejo Sostenible es el documento que sintetiza la organización, medios y recursos, en tiempo y espacio, del aprovechamiento sostenible de los recursos forestales maderables y no maderables y los servicios que provee el ecosistema como la producción de alimentos y energía en un bosque nativo o grupo de bosques nativos. Por lo tanto, el plan debe incluir una descripción pormenorizada del establecimiento en sus aspectos ecológicos, legales, sociales y económicos, así como también un inventario forestal o del recurso no maderable objeto de aprovechamiento o algún otro tipo de relevamiento con un aceptable nivel de detalle para la toma de decisiones en cuanto a la silvicultura a aplicar o a las medidas a implementar según la modalidad de que se trate. Los contenidos mínimos de los Planes de Manejo Sostenible son establecidos y periódicamente actualizados por el Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA). Para ello, se necesita realizar una caracterización detallada Estado

Inicial o línea base, entendido como la generación, procesamiento y análisis de la información de base que sintetiza las características del predio, e identifica el o los sitios ecológicos involucrados, y su estado actual con el fin de obtener un diagnóstico social, económico y ambiental de la situación “sin proyecto”.

2. **Los planes MBGI mantienen un área exclusiva para la conservación de biodiversidad, el mantenimiento de la conectividad, preservación del acervo genético de las especies que ocupan el predio y el resguardo de la fauna asociada:** en consideración de la importancia que reviste la conservación de la biodiversidad en paisajes productivos, resulta de gran valor preservar dentro de la unidad de manejo áreas libres de ganado. Idealmente, las mismas debieran ubicarse alejados de caminos y sitios de uso productivo intensivo para garantizar el cumplimiento de las mismas. El abordaje de la escala cuando se planifica la conectividad de dichas áreas, se debería hacer con especial énfasis cuando se trata de predios pertenecientes a pequeños productores, comunidades campesinas o indígenas. El concepto de conectividad merece enfocarse desde un nivel de cuenca o de paisaje, en lugar de analizarse sólo a nivel predial.
3. **Estrato arbustivo:** se destaca la importancia de todos los estratos que forman parte de la estructura vertical de un bosque como elementos vitales en el funcionamiento del ecosistema y del sistema productivo. En este sentido, y de manera particular, se destaca la funcionalidad del estrato arbustivo nativo en el ciclo de nutrientes, aporte de forraje, protección de suelos y biodiversidad, ciclo del agua, fuente de productos no madereros y de alimento y resguardo de fauna. El manejo de la cobertura arbustiva (un remanente no menor al 30%) y la siembra de pasturas son prácticas útiles para incrementar la oferta forrajera dentro de bosques, y con ello la productividad del sistema. Sin embargo, es necesario establecer lineamientos para aplicarlas en un marco de sustentabilidad del MBGI. Para el tratamiento del estrato arbustivo, se establece umbrales de parámetros técnicos de la maquinaria a utilizar en el Chaco semiárido y árido (ancho de intervención máximo de 2,5 m, largo del equipo de 10 m como máximo incluyendo el remolque, potencia bruta de tractores con rodados neumáticos máximo de 100-120 HP y sin hoja frontal en caso de tractores con tren de rodaje tipo orugas). Otra herramienta disponible para aumentar la oferta forrajera consiste en destinar un área exclusiva para su producción (Reserva o banco forrajero). Dicha área no podrá superar el 10% de la ocupada por bosque en el predio. Las intervenciones podrán realizarse mientras no se contrapongan con las metas de conservación del bosque, evitando su degradación en términos de sobrepastoreo y pisoteo de los estratos inferiores que no integran el sistema intensivo propuesto. Las áreas destinadas a la producción exclusiva de forraje (bancos forrajeros) se situarán prioritariamente en aquellos lugares del predio que no presentan bosque, en caso contrario debería quedar justificado y fundamentado. La implantación de especies forrajeras (no invasoras) podrá realizarse bajo cualquier método solamente en las áreas intervenidas específicamente para tal fin. Esta práctica puede aplicarse conjuntamente con el manejo de la cobertura arbustiva, y su extensión debe ser coherente con los objetivos económi-

cos de sustentabilidad del emprendimiento. Las especies forrajeras implantadas para incrementar la oferta forrajera compatibles con el MBGI serán definidas a nivel regional por los organismos competentes en la materia. Por ejemplo, para el Chaco árido y semiárido las especies son *Panicum maximum* Jacq. y *Cenchrus ciliaris* L.

4. **La organización de actividades incluye un plan de manejo forestal que permita conducir la estructura del bosque y monitorear su estado periódicamente:** el esquema de tratamientos propuesto para cada sitio intervenido debe basarse en la dinámica natural del bosque, con el fin de asegurar su regeneración. Se establece que la estructura resultante del aprovechamiento forestal debe ser representativa del bosque de referencia para la región, tanto en la composición de especies (en cuanto a su riqueza y abundancia) como en la distribución diamétrica. A su vez, establece que se deberá contemplar un remanente de árboles que cumplan con otras funciones del bosque como cobertura, producción de semillas, hábitat de fauna, ciclado de nutrientes, etc. Por ejemplo, se define para formaciones de Quebrachal en sitios ecológicos de “alto” de la región del Chaco semiárido, que las existencias mínimas de área basal que deben mantenerse sea de 6 m²/ha, con una distribución irregular balanceada, mientras que las cortas no deben superar la posibilidad forestal del tramo de corta, ni el 30% del área basal total. Para alentar la aplicación exitosa del manejo forestal en el marco de MBGI, es deseable promover el agregado de valor a los productos forestales y la promoción de la diferenciación de los productos madereros y no madereros, junto con la mejora de las capacidades y condiciones del empleo en el sector agro-forestal.
5. **Manejo ganadero:** el manejo ganadero explicitado en el plan de manejo integral debe adecuarse a las posibilidades reales del sistema, en un horizonte temporal que tenga en cuenta la variabilidad interanual de las condiciones ambientales, contemplando las distintas fuentes de forraje, la planificación de reservas de forraje y la eficiencia productiva, permitiendo en todos los casos, la regeneración del bosque. Asimismo, atendiendo a la variabilidad productiva, y para evitar los efectos adversos que provoca el sobrepastoreo, es necesario el monitoreo de la carga ganadera (ajuste de carga) y la planificación de reservas forrajeras. Un plan de MBGI debe contemplar una meta y estrategias de eficiencia productiva. En el caso de sistemas ganaderos de cría, se deberá poner especial énfasis en alcanzar niveles de procreo adecuados para evitar el impacto de ganado improductivo sobre el sistema.
6. **Contingencias:** establece que el plan MBGI debe contener un sistema de prevención y control de incendios forestales y de pastizales asociados, y de situaciones de sequías prolongadas para prevenir o controlar los impactos negativos sobre el sistema. Las prácticas ígneas de eliminación de residuos vegetales provenientes de los tratamientos aplicados se consideran una práctica excepcional, sólo recomendable cuando exista una amenaza cierta de incendio forestal. En caso de sequía, se recomienda establecer reservas hídricas para consumo del ganado. Si existiesen alarmas de prevención de las mismas, se recomienda realizar ajustes de carga animal y reservas forrajeras.
7. **Manejo del agua:** establece la planificación y el diseño del uso eficiente y productivo del

agua, mediante un plan de manejo que incluya el aprovisionamiento y la distribución, y permita disminuir los impactos del ganado en el bosque y su regeneración (ramoneo, pisoteo, etc.), un mejor aprovechamiento de las existencias forrajeras, acompañar el aumento de la receptividad y de la producción de carne, el mejoramiento del bienestar animal, el mejor aprovechamiento del agua, evitar contaminación y la erosión de cursos de agua.

Estos lineamientos técnicos de MBGI precisan definiciones por parte de organismos de gobierno provinciales que les den sentido y operatividad a escala local, manteniendo el balance y la integración de las bases productivas, ambientales y sociales que están plasmadas en los principios de sustentabilidad. Aspectos tales como tipos de bosque, estados de referencia, umbrales de intervención, protocolos de acción, valores especiales de conservación y establecimiento de corredores biológicos deberán desarrollarse en mayor detalle a escala provincial, y revisarse periódicamente a la luz de los resultados en un enfoque de manejo adaptativo.

Dentro de la planificación predial se prevé que la mayor parte de la unidad de producción esté manejada a través de intervenciones de bajo impacto y una proporción menor esté destinada a: (i) conservación exclusiva (núcleos y corredores ubicados en consonancia a la situación de contexto en que se encuentre el predio); y (ii) áreas de “sacrificio” para la producción intensiva de forraje que permita producir reservas y preservar del pastoreo lotes en regeneración. Estas áreas de sacrificio, deberán ubicarse prioritariamente en áreas ya perturbadas o aún degradadas, a fin de recuperar su producción a través de prácticas de rehabilitación (e.g. chacras abandonadas y/o en uso).

En cuanto al área de manejo de bajo impacto, se proponen intervenciones secuenciales (rotación espacio-temporal) de todos los componentes del sistema, manejando al bosque dentro de los límites de su resiliencia. En el caso del estrato arbustivo, el objetivo de su manejo es liberar recursos (espacios, agua, nutrientes) para favorecer la producción forrajera, controlando su cobertura y densidad secuencialmente y de manera rotativa. Este concepto se aleja del propuesto por esquemas de intensificación ganadera de alto impacto, ya que reconoce el rol del estrato arbustivo en la prestación de servicios ecosistémicos, clave tanto en la regulación ecológica como en la provisión de bienes: aporte de materia orgánica al suelo, provisión de forraje, manteniendo del proceso de infiltración de agua, control de la erosión hídrica y eólica, el ciclo de nutrientes, entre otras (Carranza y Ledesma, 2005; Peri et al., 2017b).

El aprovechamiento forestal se ajusta considerando las tasas de crecimiento de los rodales y bajo pautas que contemplan el mantenimiento de un stock y cobertura remanente mínimos, la preservación de hábitat para la conservación de la biodiversidad y de los demás servicios de sostén y regulación del sistema. Para el Parque Chaqueño, se propone un manejo irregular en forma policíclica de la masa arbórea manteniendo la estructura heterogénea del bosque nativo, cuya posibilidad de un aprovechamiento actual queda expresada por la cantidad de árboles comerciables maduros. Las prácticas para favorecer la regeneración, las podas sanitarias, los raleos y el aprovechamiento de árboles maduros se realizan simultáneamente en una misma intervención, tomando como una referencia el mantenimiento de la distribución diamétrica de “J invertida”. El manejo ganadero en tanto, se debe adaptar a los requerimientos para la regene-

ración del bosque. De esta manera, al disminuir la intensidad, frecuencia y escala espacial en que se aplican los tratamientos, el impacto sobre la biodiversidad y los servicios de sostén y regulación es menor. La propuesta tiene fundamentos en la valoración de la diversidad y servicios ambientales claves para estos sistemas productivos, y para mantener la integridad ecológica de todo el paisaje. Estas propuestas fueron las bases para lo que hoy se denomina MBGI, que se diferencia de otros manejos silvopastoriles en que la base del sistema es siempre el manejo y uso del bosque, al cual se integra la ganadería. La propuesta MBGI se adapta sin inconvenientes a sistemas productivos de pequeños productores campesinos, ya que el mantenimiento de la biodiversidad permite el uso múltiple que normalmente realizan. Productores más especializados en ganadería bovina, medianos y grandes, tienen reparos en su implementación, ya que tienden a optar por sistemas más simplificados, no visualizando el rédito que pueda tener para sus expectativas mantener cobertura arbustiva, aun cuando en muchas situaciones eliminar este estrato supone importantes riesgos económicos y ambientales, sobre todo cuando se trata de regiones áridas/semiáridas y en contexto de cambio climático. Se debe entender que MBGI es una propuesta que trata de congeniar producción y conservación en el contexto de una ley que ordena y establece que, en bosque bajo categoría de protección intermedia, las actividades productivas no pueden hacer perder al bosque su integridad ecológica.

El convenio MBGI se sustenta en un informe técnico que presenta prácticas concretas de manejo y de diseño de la planificación predial, muchas de ellas tomadas de un caso de estudio en Chaco Semiárido, que deben ser interpretadas sólo a modo ilustrativo. Como quedó expuesto, las prácticas en cada predio estarán sujetas a condiciones particulares de ese sistema socio-ambiental. La propuesta MBGI, como máxima intervención plantea un 10% o más de la superficie boscosa del predio como área para conservación de la biodiversidad, conectividad, y resguardo de la fauna silvestre, donde no podrán realizarse actividades ganaderas o forestales. Esa superficie se determinará tomando como referencia aquellos bosques de mayor grado de conservación dentro de cada predio y se proyectará dentro de ella. También, la propuesta contempla el desarrollo de un banco forrajero con el fin de incorporar un mecanismo para quitarle presión al bosque nativo, cumpliendo una función esencial en el mantenimiento del sistema forestal y ganadero. La superficie máxima con destino a Banco Forrajero establecida en los lineamientos del convenio es el 10% o menos del área ocupada por bosques en el predio. Dependiendo del planteo productivo o por motivos circunstanciales, estas áreas exclusivas pueden ser utilizadas tanto para la implantación de pasturas como para cultivos, fundamentalmente sorgo, maíz, alfalfa o pasturas mejoradas en función de la actividad ganadera. El resto del predio (80%) es destinado en el Parque Chaqueño a prácticas de RBI (Rolado de Baja Intensidad) donde se controla el estrato arbustivo, pero dejando un remanente de cobertura arbustiva mínimo del 30% por cada hectárea intervenida (Fig. 18) o raleos sucesivos para los bosques de ñire en la región Patagónica.

Figura 18. Esquema de distribución espacial a nivel predial de la propuesta Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) para Bosques del Chaco Semiárido de la provincia de Santiago del Estero.



Fuente: Navall et al., 2016.

En el país, diez provincias formalmente adhirieron al Convenio MBGI con diferentes grados de avance. Las provincias de Salta, Chaco, Formosa y Santiago del Estero firman la adhesión al convenio MBGI en el año 2015. Las provincias Patagónicas (Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) firman el convenio en el año 2016 en el marco de las V Jornadas Forestales Patagónicas – III Jornadas Forestales de Patagonia Sur realizadas en la ciudad de Esquel (Chubut). Luego se adhiere la provincia de Jujuy firmando el acuerdo en el año 2018. Cada provincia tiene su comité técnico provincial MBGI integrados por autoridades relacionadas al bosque, ambiente y ganadería, como así también representantes de la ciencia y tecnología (INTA, Universidades, CONICET, Colegio de Ingenieros Agrónomos y Forestales) y productores. En estos comités técnicos se establecen en el marco del convenio nacional MBGI pautas de manejo adaptadas a cada región, planes de manejo y sitios pilotos representativos MBGI, capacitaciones dirigidas a formuladores y productores.

Indicadores de monitoreo aspecto clave para MBGI

Teniendo en cuenta los múltiples aspectos que involucra al MBGI es necesario evaluar y monitorear distintas variables relacionadas a las dimensiones socio-económicas y ambientales. Considerando que una característica de MBGI es el manejo adaptativo, actualmente se están instalando Sitios Pilotos en que serán monitoreadas en sus consecuencias sobre aspectos ambientales, productivos y socio-económicos a través de un sistema de indicadores elaborado

para este fin. Para el conjunto de lineamientos definidos en MBGI pretende que la combinación de actividades ganaderas y forestales permita el mantenimiento de los componentes estructurales y funcionales del bosque nativo, y por ende de sus servicios ecosistémicos. Es decir, los indicadores responden a los principios básicos de sustentabilidad: a) La capacidad productiva y la productividad del ecosistema deben mantenerse o mejorarse; b) La integridad del ecosistema y sus servicios deben mantenerse o mejorarse; c) El bienestar de las comunidades asociadas a su uso debe mantenerse o mejorarse. La importancia de contar con un conjunto de indicadores de seguimiento permitirá a los organismos gubernamentales con competencia en la gestión de los bosques nativos (por ejemplo, los Comité Técnicos Provinciales en la aplicación del MGBI), aparte de contar con una línea de base, evaluar el impacto de los Planes de Manejo sobre los principales procesos naturales en el estado de conservación de los bosques y en la calidad de vida de la población asociada a ellos.

En un proceso participativo (consulta amplia a expertos y trabajo de taller para la redefinición y priorización de indicadores) y por indicación de la Mesa Nacional MBGI se generaron los indicadores de monitoreo a escala predial. Por ejemplo, para la región Chaqueña se acordó por consenso de especialistas 17 indicadores (7 ambientales, 4 socio-económicos, 6 productivos) para el monitoreo a escala predial (Tabla 5) (Carranza et al., 2015; Allagia et al., 2019).

Tabla 5. Lista de los 17 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI en el Parque Chaqueño (Carranza et al., 2015; Allagia et al., 2019).

Indicador Ambiental	Indicador de Producción	Indicador Socio-económico
A1. Erosión de suelo	P1. Capacidad productiva forestal	SE1. Resultado Económico: Margen bruto anual del sistema productivo
A2. Materia Orgánica del Suelo	P2. Obtención de Productos Forestales no madereros (PFNM)	SE2. Grado de satisfacción del productor
A3. Regeneración del bosque	P3. Oferta forrajera	SE3. Trabajo: Mano de obra directa empleada anualmente por el sistema productivo
A4. Estructura y composición de la vegetación	P4. Productividad ganadera	SE4. Grado de adopción de la tecnología
A5. Configuración espacial y superficie del bosque a nivel de predio	P5. Eficiencia reproductiva ganadera	
A6. Funcionalidad del sistema	P6. Producción Forestal: Volumen de productos madereros extraídos	
A7. Dinámica de la captura de carbono		

En forma similar en el año 2016, con una metodología similar, se determinó 25 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI a nivel predial para la región Patagónica (Tabla 6).

Tabla 6. Lista de los 25 indicadores de sustentabilidad para el monitoreo de MBGI a nivel predial en la región Patagónica (Mesa Nacional Indicadores MBGI 2017).

Indicador Ambiental	Indicador de Producción	Indicador Socio-económico
A1. Cobertura de suelo y estratos inferiores	P1. Producción ganadera (carne)	SE1. Riesgo del emprendimiento productivo del predio
A2. Cobertura de los estratos de vegetación	P2. Eficiencia reproductiva	SE2. Evolución de la adopción tecnológica
A3. Especies invasoras e indicadores de degradación	P3. Producción forestal maderera	SE3. Capacidades de gestión
A4. Calidad de hábitat de arroyos y ríos	P4. Producción forrajera	SE4. Calidad y cantidad del trabajo
A5. Reclutamiento de frecuencias de especies arbóreas	P5. Producción de lana	SE5. Margen neto o bruto
A6. Conectividad de áreas con calidad de hábitat para la fauna	P6. Productos forestales no madereros	SE6. Satisfacción del productor
A7. Calidad de hábitat de especies de valor funcional	P7. Eficiencia de stock ganadero	
A8. Presencia de signos de erosión		
A9. Estructura y funcionalidad de la cobertura arbórea		
A10. Contenido de materia orgánica del suelo		
A11. Compactación del suelo		
A12. Calidad de agua		

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 y el Parque Chaqueño.

En un marco de uso sustentable (económico, ecológico y social) de los SSP es necesario propender a cubrir la falta de conocimiento en las regiones de bosque nativo del Espinal, Monte y las Yungas, como así también en áreas con potencial como la región Pampeana. Los sistemas de pastoreo en los SSP de las diferentes regiones se diferencian por su grado de intensidad, desde sistemas extensivos, caracterizados por largas extensiones de superficie (por ejemplo, en Patagonia existen grandes cuadros de 2000 a 5000 ha) y

baja inversión de trabajo y capital, hasta los intensivos donde la incorporación de recursos y tecnologías permite principalmente mejorar la calidad y cantidad de forraje disponible para los animales (por ejemplo, implantación de pasturas en SSP con plantación de pino en Misiones). Estos antecedentes dan pauta de la falta de información a nivel predial (escala espacial productiva) y en períodos anuales de producción. En este sentido, la escala espacial en general determinaría con mayor potencia el componente animal. Se deduce del análisis que sería conveniente propiciar ensayos o estudios con diseños experimentales simples a largo plazo (escalas temporales mayores), que pueda integrar mediciones de las diferentes disciplinas (producción forestal, ecología, pasturas, componente animal y economía) y que a la vez sea claramente presentado al productor como un área demostrativa que genere información que se puede ajustar a su establecimiento.

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. 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. Los sistemas silvopastoriles en bosque nativo toman 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, 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. (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) Es importante brindar herramientas económicas actualizadas y a diferentes escalas (predial y provincial) en el marco del uso silvopastoril. (iv) Son necesarios futuros estudios 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. (v) Integrar el conocimiento generado con políticas de desarrollo local, provincial y nacional para la expansión y mejor uso de los sistemas silvopastoriles en bosque nativo.

Para que MBGI alcance los objetivos de aumentar la productividad conservando los demás servicios ecosistémicos de los bosques nativos, necesariamente los planes de manejo prediales deben estar contextualizados en relación a su conectividad con el resto del paisaje y al ámbito socio-productivo en que se desarrollan. Tratándose de una propuesta de manejo sustentable adaptativo, es fundamental que MBGI se entienda como proceso y que como tal se monitoree su desempeño en el tiempo. Asimismo, es necesario generar una red de Sitio Pilotos con un monitoreo Socio-Ambiental de MBGI. El monitoreo de corto-mediano y largo plazo, debería

llevarse a cabo en Sitios Pilotos en predios con bosques de las Ecorregiones del Chaco y de Patagonia que evalúen (experimentalmente) diferentes niveles y configuraciones de intervención y sus efectos sobre funciones y servicios ambientales claves.

Referencias

- Alaggia F.; Cabello M.J.; Carranza C.; Cavallero L.; Daniele G.; Erro M.; Ledesma L.; López D.R.; Mussat E.; Navall M.; Peri P.L.; Rusch V.; Sabatini A.; Saravia J.J.; Uribe Echevarría J.; Volante J.(2019). Manual de Indicadores para Monitoreo de Planes Prediales para el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) Región Parque Chaqueño (Carranza C.; Peri P.L.; Navall M. Eds.), 84 pp. Editorial INTA.
- Albanesi, A, Kunst C (ex aequo), Anriquez A, Silberman J, Ledesma R, Navall M, Dominguez Nuñez JA, Duffau RA, Suarez RA, Werenistky D, Coria D, Coria O (2013) Rolado selectivo de baja intensidad (RBI) y sistemas silvopastoriles de la región chaqueña. In: Albanesi A, Paz R, Sobrero MT, Helman S, Rodriguez S (eds) Hacia la Construcción del Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial de la FAyA al NOA. Ediciones Magna Publicaciones, Tucumán.
- Bahamonde H.; Gargaglione V.; Ormaechea S.; Peri P.L.(2018a). Interacciones ecológicas en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia sur continental. Ecosistemas 27(3): 106-115.
- Bahamonde H.; Lencinas M.V.; Martínez Pastur G.; Monelos L.; Soler R.; Peri P.L.(2018b). Ten years of seed production and establishment of regeneration measurements in *Nothofagus antarctica* forests under different crown cover and quality sites, in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 92: 623-635.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Alavarez R.; Barneix A.; Moretto A.; Martínez Pastur G.(2012b). Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. Agroforestry Systems 84: 345-360.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Alavarez R.; Barneix A.; Moretto A.; Martínez Pastur G.(2013b). Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. Agroforestry Systems 87: 259-271.
- Bahamonde H.; Peri P.L.; Mayo J.P. (2014). Modelo de simulación de producción de materia seca y concentración de proteína bruta de gramíneas creciendo en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. bajo uso silvopastoril. Ecología Austral 24: 111-117.
- Bahamonde H.A.; Peri P.L.; Martínez Pastur G.; Monelos L.(2015). Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. European Journal of Forest Research 134: 113–124.
- Bahamonde H; Peri P.L.; Monelos L.; Martínez Pastur G.(2013a). Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. Bosque 34(1): 89-101.

- Bahamonde, H., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G. (2012a). Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. *Ecología Austral* 22: 62-73.
- 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.
- Braat, L., de Groot, R.(2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1: 4–15.
- Brassiolo, M.; Araujo, P.; Díaz Lanes, F. y Bonelli, L.(2007). Guías de prácticas sustentables para las áreas forestales de la provincia de Santiago del Estero – Manejo Forestal. Anexo II de la Ley Provincial 6841 “Conservación y uso múltiple de las áreas forestales de Santiago del Estero”.
- Bravo S (2008) Manejo de rolados: caracteres estructurales de leñosas que influyen la producción de rebrotes, frente a tratamientos mecánicos. In: Kunst C, Ledesma R, Navall M (eds) Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Ediciones INTA, Santiago del Estero, pp 126–131
- 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.
- Carranza C.; Daniele G.; Cabello M.J.; Peri P.L.(2015). Indicadores para el monitoreo a escala predial en el marco del Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), 18 pp. MAGyP-SAyDS-INTA.
- Carranza, C.A. (2009). Sistemas silvopastoriles en bosque nativo del Chaco Argentino. *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 48-58. Posadas, Misiones.
- Carranza, C.A., Ledesma, M. (2005). Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. *IDIA XXI Forestales*. Ed INTA. Año V N° 8: 240-246.
- Day K.(1998).. Stocking standards for uneven-aged interior Douglas fir. In Vyse A, C Hollstedt, D Huggard (eds.) *Managing the dry Douglas-fir forests of the southern interior: Workshop Proceedings*. Victoria, Canada. B.C. Min. For. p. 37-52.
- Dirección de Bosques – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR, 116 pp.
- 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 an-*

- tarctica* (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, pp. 358-363. Posadas, Misiones.
- Fumagalli A., Cornachionne M.(2002). Recría de Vaquillonas Sobre Pasturas Subtropicales. En: INTA-EEASE. (2001). Avances y resultados en investigación 1995-2000. Campo Experimental La María. INTA EEA Santiago del Estero, Argentina. pp. 26-32.
- Gallo, E., Lencinas, M.V., Peri, P.L.(2004). Biodiversidad en los 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.
- 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, 22 al 24 Abril 2008.
- Gargaglione V., Peri P.L., Martínez Pastur 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, pp. 104-109, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de mayo 2009.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Monelos L.; Ormaechea S.; Ceccaldi E.; Lencinas M.V.; Martínez Pastur G.(2012). Respuesta de la vegetación herbácea a raleos en bosques de ñire en Patagonia Sur. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 40-45, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo 2012.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G.(2013). Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. Bosque 34(3): 291-302.
- Gargaglione V.; Peri P.L.; Rubio G.(2014). Tree-grass interactions for N in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems: Evidence of facilitation from trees to underneath grasses. Agroforestry Systems 88(5): 779-790.
- Gingrich, S.F.(1967). Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the central states. For. Sci. 7:35-42.
- Gomez, A., Navall, M. (2008). Efecto del rolado sobre la estructura del bosque. Implicancias para el manejo forestal. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed . INTA, pp. 118-125.
- 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.
- Hawley, R. C. & Smith, D. M., 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega, S. A

- INTA Informa.(2020). Desarrollan un prototipo de rolo autopropulsado para silvopastoriles. <https://intainforma.inta.gob.ar/desarrollan-un-prototipo-de-rolo-autopropulsado-para-silvopastoriles/>
- Ivancich H., Soler Esteban R., 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, pp. 245-250. Posadas, Misiones.
- Kunst C, Ledesma R, Basan M, Angella G, Prieto D, Godoy J (2003) Rolado de fachinales e infiltración de agua en el suelo en el Chaco occidental argentino. Revista de Investigaciones Agropecuarias 32:105–122
- Kunst, C, Marcelo Navall, Roxana Ledesma, Juan Silberman, Analía Anríquez, Darío Coria, Sandra Bravo, Adriana Gómez, Ada Albanesi, Daniel Grasso, José A. Dominguez Nuñez, Andrés González, Pablo Tomsic, and José Godoy.(2016). Silvopastoral Systems in the Western Chaco Region, Argentina. In book: Silvopastoral Systems in Southern South America, Advances in Agroforestry Edition:1 Chapter:4 Publisher: Springer International Publishing Switzerland. Editors: P.L. Peri et al.
- Kunst, C. (2008). Implementación de rolados. Aspectos generales: rolados selectivos de baja intensidad. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed . INTA, pp. 8-16.
- Kunst, C.; Ledesma, R.; Navall, M.; Gómez, A.; Coria, D.; Arroquy, J.; Avila, M.; Tomsic, P.; González, A.; Albanesi, A.; Anríquez, A.; Silberman, J.; Bravo, S.(2015). RBI, Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Guía de campo. INTA EEA Santiago del Estero.
- 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., Peri P.L., Lencinas M.V., Cellini J.M., Barrera M.D., Soler Esteban R., Ivancich H., Mestre L., Moretto A.S., Anderson C., Pulido F.(2013). La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Silvicultura en Bosques Nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda (Eds. Donoso P. y Promis A.), pp. 171-197 (Capítulo 8). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Martínez Pastur G.; Soler R.; Lencinas M.V.; Cellini J.M.; Peri P.L.(2018). Long-term monitoring of thinning for silvopastoral purposes in *Nothofagus antarctica* forests of Tierra del Fuego, Argentina. Forest Systems 27 (1), e01S.
- 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.
- Miller, G. W. & Smith, H. C.(1993). A practical alternative to single-tree selection? Northern Journal of Applied Forestry, Society of American Foresters, 10, pp 32-38
- Monaco M.; Peri P.L.; Medina F.A.; Colomb H.; Rosales V.A.; Berón F.; Manghi E.; Miño M.L.;

- Bono J.; Silva J.; González Kehler J.J.; Ciuffoli L.; Presta F.; García Collazo A.; Navall M.; Carranza C.; López D.; Gómez Campero G. (2020). Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas. Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), 60 pp. Buenos Aires
- Morello, J.; Pengue, W., Rodríguez, A. (2005). Etapas de uso de los recursos y desmantelamiento de la biota del Chaco. Revista Fronteras n°4. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente
- Navall M., Peri P.L., Merletti G., Monaco M., Carranza C. Y Medina A. (2016). Acuerdo MBGI: Una iniciativa para devolver el significado a los Sistemas Silvopastoriles sobre bosques nativos. *Quipu Forestal* 2: 20-21.
- Navall, M. (2008). Rolados y manejo forestal. En: RBI. Rolado selectivo de Baja Intensidad. Editores: C Kunst, R Ledesma y M Navall. INTA EEA Santiago del Estero. Ed INTA, pp. 72-85.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L. y D'Angelo, P. (2013). "Un nuevo método de marcación de cortas en bosques irregulares". Trabajo completo presentado en el "IUFROLAT - 3er Congreso Forestal Latinoamericano". San José de Costa Rica, junio de 2013.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L. y D'Angelo, P. (2013b). SilvoINTA: una aplicación móvil para asistir la silvicultura de bosques irregulares. IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú.
- Nienaber, G. (1999). Stand and tree dynamics in uneven-aged Interior Douglas-fir stands Faculty of Forestry, Msc Thesis, University of British Columbia.
- O'Hara, K.; Gersonde, R. (2004). Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 77, Issue 2, 1 January 2004, Pages 131–143, <https://doi.org/10.1093/forestry/77.2.131>
- Oliver, C. D.; Larson, B. C. (1996). Forest stand dynamics: updated edition. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, WA, USA. 520 pp.
- Ormaechea S., 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 de Sistemas Silvopastoriles, pp. 385-393. Posadas, Misiones.
- Ormaechea S.; Gargaglione V.; Bahamonde H.; Escribano C; Ceccaldi E; Peri P.L. (2018). Producción bovina bajo manejo silvopastoril intensivo a escala de establecimiento y ciclo completo en Tierra del Fuego, Argentina. *Livestock Research for Rural Development* 30(2), 33
- Ormaechea S.; Peri P.L.; Anchorena J.; Cipriotti P. (2014). Pastoreo estratégico de ambientes para mejorar la producción ovina en campos del ecotono bosque-estepa en Patagonia Sur. *Revista Argentina de Producción Animal* 34(1): 9-21.
- Ormaechea S.; Peri P.L.; Ceccaldi E. (2012). Uso espacial de vacunos bajo dos tipos de manejo ganadero en establecimiento con bosque de ñire. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 94-99, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L. (2009b). Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 10-26. Posadas, Misiones.
- Peri P.L. (2009a). Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica* – Método

- Ñirantal Sur. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 335-342, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de Mayo 2009.
- Peri P.L.(2012). Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 8-21, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L.(2020). Método de evaluación de pastizales en el ecosistema boscoso de ñire. En: Métodos de evaluación de pastizales en Patagonia Sur (Eds. Massara Paletto V.; Buono G.). Capítulo 10, pp. 189-206. Ediciones INTA, Centro Regional Patagonia Sur, Buenos Aires.
- Peri P.L., Bahamonde H.A.(2012). Digestibilidad de gramíneas creciendo en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 264-269. Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L., Banegas N., Gasparri I., Carranza C., Rossner B., Martínez Pastur G., Cavallero L., López D.R., Loto D., Fernández P., Powel P., Ledesma M., Pedraza R., Albanesi A., Bahamonde H., Iglesia R.P., Piñeiro G.(2017b). Carbon Sequestration in Temperate Silvopastoral Systems, Argentina. In: Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty (F. Montagnini Ed.), Advances in Agroforestry 12, Chapter 19, pp. 453-478. Springer International Publishing.
- 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, pp. 151-164. Posadas, Misiones.
- Peri P.L., López D.R., Rusch V., Rusch G., Rosas Y.M., Martínez Pastur G.(2017c). State and transition model approach in native forests of Southern Patagonia (Argentina): linking ecosystemic services, thresholds and resilience. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13(2): 105-118.
- Peri P.L.; Bahamonde H.; Lencinas M.V.; Gargaglione V.; Soler R.; Ormaechea S.; Martínez Pastur G. (2016c). A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. Agroforestry Systems 90: 933-960.
- Peri P.L.; Caballe G.; Hansen N.E.; Bahamonde H.A.; Lencinas M.V.; Von Müller A.R.; Ormaechea S.; Gargaglione V.; Soler R.; Sarasola M.; Rusch V.; Borrelli L.; Fernandez M.E.; Gyenge J.; Tejera L.E.; Lloyd C.E.; Martínez Pastur G.(2017a). Silvopastoral systems in Patagonia, Argentina. In: Temperate Agroforestry Systems (Eds. Gordon A.M.; Newman S.M.; Coleman B.R.W.), Chapter 11, pp. 252-273. CAB International, Wallingford, UK.
- Peri P.L.; Chara J.; Mauricio R.M.; Bussoni A.; Escalante E.E.; Sotomayor A.; Pérez Márquez S.; Colcombet L.; Murgueitio E.(2019). Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. Actas X Congreso Internacional de Sistema Silvopastoriles, pp. 263-291. Asunción, Paraguay, 24-26 de setiembre 2019
- Peri P.L.; Dube F.; Varella A.(2016). Silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America: An overview. In: Silvopastoral Systems in Southern South America

- (Eds. Peri P.L.; Dube F.; Varella A.), Chapter 1, pp. 1-8. *Advances in Agroforestry*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Peri P.L.; Gargaglione V.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.(2010). Carbon accumulation along a stand development sequence of *Nothofagus antarctica* forests across a gradient in site quality in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 260: 229-237.
- Peri P.L.; Hansen N.E.; Bahamonde H.A.; Lencinas M.V.; Von Müller A.R.; Ormaechea S.; Gargaglione V.; Soler R.; Tejera L.E.; Lloyd C.E.; Martínez Pastur G.(2016b). Silvopastoral systems under native forest in Patagonia Argentina. In: *Silvopastoral Systems in Southern South America* (Eds. Peri P.L.; Dube F.; Varella A.), Chapter 6, pp. 117-168. *Advances in Agroforestry*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Peri P.L.; Mayo J.P.; Christiansen R.(2012). Producción y calidad del pastizal mejorado con trébol blanco en sistemas silvopastoriles de ñire en Patagonia. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 70-75, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Peri P.L.; Monelos L.; Martínez Pastur G.; Ivancich H.(2013). Raleo en bosque de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y 2do Congreso Internacional Agroforestal Patagónico* (Ed. Peri, P.L.), pp. 96. INTA-Instituto Forestal de Chile-UNPA-CONICET. El Calafate, Santa Cruz, 16 al 18 de Mayo de 2013
- 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 (Presentación 9). Corrientes, 6-9 septiembre 2005.
- Peri, P.L.(2005). Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales. *IDIA XXI Forestal*. Año V. N ° 8 pp. 255-259.
- Peri, P.L.(2008). Respuesta de ovinos a pastizales creciendo en diferentes coberturas de copas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Zootecnia Tropical* 26(3): 363-366.
- 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., 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., 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., 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., 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., 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., 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., 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.
- 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 – EcoNothofagus 2008. Esquel, Chubut, pp. 44.
- Rusch V.E.; López, D.R.; Cavallero L.; Rusch G.M.; Garibaldi L.A., Grosfeld J.E.; Peri P.L., (2017). Modelo de Estados y Transiciones de los ñirantales del NO de la Patagonia como herramienta para el uso silvopastoril sustentable. *Ecología Austral* 27: 266-278.
- 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., 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, pp. 368-379, Posadas, Misiones.
- Rusch, V., Sarasola, M., Hansen, N., Roveta, R.(2009a). Criterios e Indicadores como Método para guiar la Sustentabilidad.Principios generales, y Criterios e Indicadores ambientales en sistemas silvopastoriles con ñire (*Nothofagus antarctica*). Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 109-164. Posadas, Misiones.
- Rusch, V., Varela, S., 2019. Bases para el manejo de bosques nativos con ganadería en Patagonia Norte. Buenos Aires, Ediciones INTA, 160 pp.

- 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 – EcoNothofagus 2008, pp. 47. Esquel, Chubut.
- Salado, E.E., Fumagalli, A.E.(2003). Suplementación energético-proteica de novillos sobre Gattón panic. Rev. Arg. Prod. Anim. 23 Supl.1: 5-6.
- 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 – EcoNothofagus 2008, pp. 156-164. Esquel, Chubut.
- Saravia, J., Renolfi, R., Roldan Bernhard, S., Piedrasanta, R.(2019). Unidad demostrativa de recría de vaquillonas, en un sistema silvopastoril en bosque nativo en el semiárido santiagueño. En: Producción bovinos para carne (2013-2017) Programa Nacional de Producción Animal INTA (Eds. Pasinato, A., Grigioni, G., Alende, M.), INTA Anguil, La Pampa, pp. 81-86.
- 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.
- Soler Esteban R.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.; Ivancich H.; Peri P.L.(2012). Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* bajo distintos niveles de dosel y usos del bosque. Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 283-288, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de Mayo 2012.
- Soler Esteban R.; Martínez Pastur G.; Lencinas M.V.; Peri P.L.(2010). Flowering and seeding patterns in primary, secondary and silvopastoral managed *Nothofagus antarctica* forests in South Patagonia. New Zealand Journal of Botany 48(2): 63-73.
- 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.
- Tejera, L., Hansen, N., Fertig, M.(2005). Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antarctica* (G. Forst) Oerst. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 7 pp.
- Veirano Fréchou, R. (2002). Bovinos de carne. En: La actividad pecuaria en el MERCOSUR. IIAC Biblioteca Venezuela. Asunción-Paraguay. pp. 37-66.
- Yayneshet, T., Eik, L.O., Moe, S.R. (2008). Influences of fallow age and season on the foraging behavior and diet selection pattern of goats (*Capra hircus* L.). Small Ruminant Research 77:25-

Sistemas agroforestales en Argentina / Sandra Sharry ... [et al.] ; coordinación general de Sandra Sharry ; Raúl Stevani ; Sebastián Galarco. - 1a ed - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2021.
Libro digital, PDF/A - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-2078-2

1. Industria Agropecuaria. 2. Producción . 3. Recursos Naturales. I. Sharry, Sandra II. Sharry, Sandra, coord. III. Stevani, Raúl , coord. IV. Galarco, Sebastián , coord.
CDD 630

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2022
ISBN 978-950-34-2078-2
© 2022 - Edulp

n
naturales


Edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA