

Sistema de monitoreo predial MBGI (Manejo de Bosques con Ganadería Integrada) en bosques de ñire de la provincia de Santa Cruz



**Pablo L. Peri, Juan M. Cellini, Ayelén Alberti, Francisco Mattenet,
Leonardo Huertas, Lucas Monelos, Martín Mónaco**

2021

1. Introducción

El Manejo de Bosque con Ganadería Integrada (MBGI) es un modelo de gestión sustentable a escala predial del bosque nativo, que tiene como objetivo aumentar los servicios ecosistémicos de provisión (ej. madera, productos forestales no madereros, ganaderos), con un mínimo impacto sobre el resto de los servicios ecosistémicos (ej. regulación y soporte), y manteniendo los servicios culturales asociados al bosque. El MBGI se implementó en el año 2015 a partir de un convenio entre el Ministerio de Agroindustria y el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sustentable, con los objetivos de (i) establecer lineamientos técnicos para planes foresto-ganaderos en las áreas de bosques nativos, respetando los criterios de sustentabilidad establecidos en la Ley Nacional de Bosques Nativos N° 26.331, (ii) articular políticas públicas, y (iii) fomentar el fortalecimiento de las provincias, impulsando la generación de capacidades para la implementación de planes MBGI mediante comités técnicos provinciales (Navall et al., 2016; Peri et al., 2018). En el artículo 12 de la mencionada Ley, se especifica: “Promover, en el marco del Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos, el manejo sustentable de los bosques nativos Categoría II (Amarilla) y III (Verde), mediante el establecimiento de criterios e indicadores de manejo sostenible ajustados a cada ambiente y jurisdicción”. Por otro lado, se deberían contemplar los procedimientos generales y los contenidos mínimos para la presentación de planes de manejo y conservación aprobados por la Resolución N° 277/14 del Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA).

La provincia de Santa Cruz firmó el convenio MBGI 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). Para la Región Patagónica, se realizaron talleres con la participación de personal técnico y funcionarios de los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sustentable y de Agricultura de Nación, y de las cinco provincias patagónicas donde se consensaron y firmaron acuerdos sobre la adecuación de los lineamientos técnicos para la implementación de MBGI en la región Patagónica.

Las propuestas técnicas se basan en el manejo adaptativo y se deben plasmar en la presentación de un Plan MBGI, donde a través de un abordaje sistémico, se deben planificar las intervenciones de todos los componentes del sistema (ej. el forestal, el ganadero, el forrajero, el suelo, la biodiversidad). Para llevar a cabo el ordenamiento predial bajo el concepto del manejo adaptativo, es imprescindible contar con un sistema de monitoreo que verifique que la planificación cumple con los objetivos en todas las dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, social-económica y productiva.

Un sistema de monitoreo en un proceso sistemático de recolección, evaluación y análisis de la información necesaria para el seguimiento del impacto de la aplicación de las intervenciones propuestas en el manejo sobre los componentes ecológicos del bosque, que a su vez integran el plan MBGI. Por lo tanto, la evaluación de los ambientes físico, biótico, y los aspectos socioeconómico y productivo durante la aplicación de las intervenciones y las inversiones propuestas, debería permitir una potencial detección temprana de los posibles desvíos en el cumplimiento del plan, y generar potenciales reformulaciones necesarias para corregir las decisiones tomadas previamente. Adicionalmente, es importante destacar que el mantenimiento de la producción va más allá del beneficio del productor, teniendo un impacto a escala regional, beneficiando a otros actores. Si bien los indicadores propuestos pretenden evaluar la sustentabilidad predial, algunos de ellos contemplan aspectos regionales (por ejemplo, fuentes de trabajo, biodiversidad) debido a la relevancia de dichos aspectos y al impacto que las acciones prediales ejercen sobre ellos. En conjunto de indicadores que se presentan en este informe fueron elaborados bajo tres principios de sustentabilidad: (a) La capacidad productiva del ecosistema deben mantenerse o mejorarse; (b) La integridad del ecosistema

y sus servicios ecosistémicos 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 prediales permitirá a los productores y técnicos realizar una evaluación y seguimiento del manejo MBGI en el campo, e identificar los desvíos existentes respecto de lo planificado, así como ajustar sus objetivos y las estrategias de intervención para mejorar los resultados de la ejecución. Es decir, esta propuesta hace posible el manejo adaptativo en la práctica. También la información proveniente del monitoreo de los indicadores MBGI es de importancia para la Dirección de Bosques del Consejo Agrario Provincial (CAP) de Santa Cruz en la gestión de los bosques nativos junto al Comité Técnico Provincial MBGI, en el contexto 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.

El presente informe presenta los resultados de la instalación de indicadores MBGI a una escala predial para la provincia de Santa Cruz. Para esto se tomó como base los indicadores de monitoreo a escala predial obtenido en un proceso participativo organizado por la Mesa Nacional MBGI con la participación de un grupo de expertos de diferentes instituciones (ej. INTA, Universidades, CONICET, Direcciones de Bosques, MAgDS, MAgYP). Se revisó fundamentalmente la valoración de cada indicador en función de sus verificadores, y se validaron en situaciones reales de producción, realizando mediciones a campo y entrevistas a productores, a fin de ajustar la metodología propuesta. En este contexto, se propusieron dos posibilidades para la evaluación de los indicadores: (i) una evaluación individual teniendo en cuenta umbrales de aceptación, y (ii) una interpretación integrada de la información que aportan los indicadores a través de análisis multicriterio. Para ésta última fue necesario la transformación de los resultados a una escala discreta de valores para visualizar en una escala unificada las diferentes dimensiones: ambiental, socio-económica, y productiva. Para esto, se consensó una escala discreta con valores de 1 a 4, siendo 1 la expresión de la performance más baja del indicador y 4 la mejor. Para la región Patagónica y por consenso se establecieron 23 indicadores (12 ambientales, 5 socio-económicos, 6 productivos) para el monitoreo a escala predial. Es decir, los indicadores han sido diseñados como una herramienta para la determinación de las líneas de base a nivel predial, así como para asistir al monitoreo de los planes de manejo, brindando elementos básicos para la interpretación, reflexión y ajuste de las prácticas de manejo implementadas en el campo.

2. Obtención de datos para la estimación de indicadores de sustentabilidad de Planes MBGI

Para la estimación de los indicadores se recurrió a diferentes fuentes de datos: Encuestas, Registros, Imágenes satelitales y Muestreo de variables a campo. Las dos primeras fuentes se aplican a indicadores socio-económicos y productivos, las imágenes satelitales sirvieron por un lado para la determinación de áreas a muestrear y para verificar indicadores de cobertura de bosque y conectividad a nivel de predio y con su contexto. el muestreo a campo servirá para medir o estimar variables relacionadas al ambiente y la producción.

La instalación de los indicadores en la provincia de Santa Cruz, se realizó en 39 establecimientos ganaderos con bosque de ñire, de las cuales un 68% tiene más del 10% de su superficie ocupada con bosque de ñire. Las principales características ganaderas y productivas para establecimientos ganaderos de Santa Cruz con bosques de ñire donde se instalaron los indicadores MBGI se presentan en la Tabla 1. La producción bovina y mixta (bovino+ovino) tienen la mayor participación en los establecimientos con bosque de ñire, donde las razas predominantes claramente están representadas por Corriedale (ovino) y Hereford (bovino).

Tabla 1. Principales características ganaderas y productivas para establecimientos ganaderos de Santa Cruz con bosques de ñire.

		Santa Cruz
Tipos y porcentajes (%) de ganado predominante	Mixto ¹	35
	Bovino	39
	Ovino	26
Razas ovinas y porcentajes (%) de participación ²	Corriedale	58
	Merino	31
	Otras	11
Razas bovinas y porcentajes de participación (%)	Hereford	97
	Hereford + Angus	0
	Hereford + otras razas	3
Promedio de carga global de los establecimientos (ovinos/ha) ³		0,65 ± 0,15
Promedio del porcentaje de señalada para ovinos (%)		74 ± 5,2
Porcentaje de establecimientos que realizan inseminación artificial (%) ⁴		13
Promedio de pesos medios de corderos a faena diciembre-marzo (Kg/animal)		12,0 ± 0,71
Porcentajes de participación de cada tipo de esquila (%)	Posparto	79
	Preparto	21
Promedio de producción media de lana por animal (Kg/animal)		4,8 ± 0,28

Nota: Valores de dispersión de la media fueron calculados en base al error estándar (media ± error estándar). ¹Mixto se refiere a la producción combinada de ovinos y bovinos en un mismo establecimiento, donde ninguna de las especies participa con menos del 10% del total de la carga del establecimiento. ² En base a la raza predominante de los establecimientos. En el caso de cruza, estas fueron asentadas en “Otras”. ³La carga fue calculada en base al número total de ovinos dividido el número total de hectáreas. En el caso de bovinos se multiplico por 6,3 el número de animales, para establecer equivalencias generales, previo a hacer el cociente. ⁴ Se refiere a la práctica de inseminación periódica y sobre el rodeo general.

2.1 Procedimiento para el relevamiento de datos a través de encuestas y registros

A través de encuestas y registros se relevaron datos para la valoración de cuatro indicadores sociales, dos económicos y cinco productivos. Al abordar los indicadores sociales de la sustentabilidad para MBGI es importante tener en cuenta el carácter heterogéneo de los productores y los procesos de cambio que involucran a cualquier sociedad. Mientras algunos indicadores sociales seleccionados para el MBGI corresponden a la categoría *de resultados sociales directos* (ej. adopción de tecnología y trabajo), ya que pueden verificarse a través de datos objetivos, otros, se encuentran bajo la categoría de *percepción o satisfacción* (grado de satisfacción) que se relacionan a la valoración de la “condición del productor”, es decir como el productor califica su condición en relación al manejo predial.

Los datos necesarios para el cálculo de los indicadores productivos y económicos, se obtuvieron de los registros de los productores y encuestas abiertas y semi-estructuradas (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores que se calculan a partir de registros del productor y encuesta

<i>Dimensión del indicador</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de los datos</i>	<i>Verificadores</i>
<i>Socio-económico</i>	Grado de satisfacción del productor	Registros de reuniones y encuestas semiestructuradas.	Perceptivos: Situación actual con respecto a situación inicial. Satisfacción con respecto a expectativa o resolución de problemas.
	Grado de adopción de la tecnología	Encuestas con ejes semiestructurados referidos a los diferentes subsistemas (forestal, ganadero, otros usos del bosque).	Dificultades para la aplicación del plan; innovaciones y aportes propios del productor al plan; apropiación de la tecnología y del plan en general.
	Trabajo	Registros y encuesta cuali-cuantitativa .	Cantidad y calidad del trabajo: horas de trabajo de los integrantes de la familia productora, contratación de mano de obra; efectividad del trabajo. Mano de obra en blanco, acceso a seguridad social y salud, acceso a capacitación, uso de destrezas locales.
	Resultado económico	Registros, encuestas.	Preferentemente <i>Margen Neto</i> , si no es posible se utiliza <i>Margen Bruto</i>
	Capacidad de gestión	Registros, encuestas.	Nivel de asociativismo, posibilidad de acceso a créditos, acceso a la tecnología, gestión de riesgos o contingencias. Interacción con organismos gubernamentales.
<i>Productivo</i>	Producción forestal	Registros (guías), encuestas (autoconsumo).	Volumen de productos forestales madereros y leñeros extraídos.
	Producción de productos forestales no madereros (PFNM)	Encuestas.	Unidades; volumen o biomasa de productos forestales no madereros extraídos (comercializados y consumidos).
	Producción ganadera de carne	Registros de venta, encuestas incluyendo autoconsumo.	Kg de carne/ha/año.
	Producción de lana	Registros de venta, encuestas.	Kg de lana/ha/año.
	Eficiencia reproductiva ganadera	Registros de manejo, encuestas. Si realiza PROLANA, planillas de romaneo.	% de destete/señalada referido al total de vientres que entraron en servicio.

2.2 Procedimiento para el muestreo a campo

A través de la metodología propuesta para el muestreo a campo, se relevaron datos para el cálculo o estimación de siete indicadores ambientales, dos indicadores productivos-ambientales y uno productivo a través de la instalación de transectas, fajas y/o parcelas puntuales (Tabla 3). En el diseño se procuró optimizar la estimación de datos de calidad con la economía de los recursos del monitoreo y el tiempo. Atento a esta premisa, se estableció como base a una *transecta lineal*, fajas de diferentes anchos asociadas a la transecta, y cuadros de censo cada 5 metros de transecta para cada unidad de muestreo específica.

En cada establecimiento se delimitó las áreas homogéneas en cuanto a la vegetación, las condiciones ambientales e historia de uso de los potreros. Además, en el predio, se delimitó el área destinada al pastoreo y aprovechamiento forestal y las áreas de conservación y conectividad, ya que cada una tiene objetivos diferentes, y por ende distintos umbrales de aceptación para algunos indicadores. Para esto se utilizó imágenes satelitales y el Google Earth. Estas unidades permitieron diagramar los muestreos y monitoreos. Las unidades seleccionadas cubrieron las diferentes fisonomías dentro del paisaje (ej. bosque, pastizal, arbustal) captando la heterogeneidad espacial y abarcando la composición específica característica del ecosistema bajo análisis. Para esto se identificaron rodales o estados de "referencia", con el menor impacto posible pasado y presente, como punto de comparación del impacto o el cambio frente a las distintas estrategias de manejo propuestas o implementadas (ej. comunidades de plantas). Es importante destacar que los "estados de referencia" no siempre estuvieron en el campo donde se establecieron los indicadores. En muchos casos se compararon con estados de referencia de la bibliografía para los bosques de ñire de Santa Cruz (Peri et al., 2017) presentes en el predio.

En el momento de inicio del plan MBGI, en cada unidad homogénea de bosque nativo que se decidió incluir en el monitoreo, se estableció una transecta de 50 m de longitud (Fig. 1). Las transectas fueron instaladas a más de 30 m del borde de un alambrado, picada y/o camino de acceso. El punto "0" se identificó con estaca para poder volver al mismo punto en otra oportunidad. La dirección se orientó en el sentido del flujo del principal agente erosivo (viento / agua). La dirección de la transecta se realizó mediante una brújula para poder analizar la capacidad que tiene el sistema para evitar pérdidas de agua, suelo y materia orgánica, estimando el nivel de resistencia a la erosión que ofrece la vegetación. El inicio de transecta se ubicó de acuerdo a sus coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos) y su nombre estará asociado a un rodal/parcela y el nombre del establecimiento.

Una vez fijado el punto de inicio y dirección (rumbo), en cada transecta se registró (Fig. 1):

1. Al inicio (0 m) y final (50 m) de la transecta:

1.a- Parcelas permanentes de inventario forestal caracterizando el sitio por medio de la altura dominante (HD) y por medio de recuentos angulares de Bitterlich ($K=1$ a 6), determinando especies, clase de copa (ej. dominante, codominante, intermedio, suprimido), fase de desarrollo (desmonoramiento, envejecimiento, crecimiento óptimo), presencia de cavidades, árboles muertos en pie, diámetros a la altura del pecho (DAP) (>10 cm y alturas $>1,3$ m) calculando áreas basales (AB), diámetros cuadráticos medios (DCM) y mediciones de cobertura de copas con métodos alternativos (app en móviles, copímetros o con lentes hemisféricos). Sobre los individuos muestreados se registró adicionalmente la existencia de buena forma, bifurcaciones, deformaciones y sanidad (ej. buena, presencia de canchales, hongos, hemiparásitas).

1.b- La regeneración avanzada (DAP <10 cm y alturas $>1,6$ m) se midió en parcelas rectangulares de 5 m^2 (5×1 m) considerando DAP, altura, forma forestal (ej. buena forma, bifurcaciones, deformaciones), y sanidad (ej. buena, presencia de canchales, hongos, hemiparásitas).

1.c- La regeneración inicial (altura $<1,6$ m) se midió en parcelas permanentes rectangulares de 1 m^2 ($5 \times 0,2$ m) o de superficie variable ($5 \text{ m} \times$ ancho variable) de modo de ingresar al menos 5 plántulas por parcela (si no es posible, determinar al menos la presencia de una plántula), estimando conteos

por especie, altura individual y daños producto de efectos bióticos (ej. ramoneo) o abióticos (ej. efectos de heladas o sequías).

2. Cada 1 m: mediante el método de punto-intercepción (método de “toque”)

2.a- Se registró cobertura y composición de especies o formas de vida del sotobosque (ej. plántulas de especies arbóreas, gramíneas, herbáceas, arbustos, subarbustos, musgos, líquenes y hongos). Además, se registró en cada punto-intercepción suelo desnudo, hojarasca, piedras/rocas y residuos leñosos anotando una estimación del diámetro de los residuos >1 cm. Cuando en un mismo punto de medición exista más de una especie, en la planilla de campo se le asignó en proporción (por ejemplo, 0,5 a cada especie si en el punto intercepta dos especies). Esta información se utilizó para el cálculo del indicador “*estructura de la vegetación*” y “*diversidad de la vegetación*”.

2.b- Se registraron todas las especies o formas de vida que intercepten ese punto (no solo las dominantes) para valorar *riqueza de plantas vasculares*, como dato complementario de los indicadores.

2.c- Se registró las especies exóticas invasivas que limitan la regeneración de las principales especies forestales y disminuyen la biodiversidad (por ejemplo, *Hieracium praealtum*, *Hypochoeris radicata*).

3. A lo largo de la transecta:

3.a- Se registraron ancho y altura de cárcavas y/o surcos de escorrentía que intercepta la transecta. Para estimar el nivel de actividad del proceso de erosión, se apuntó cobertura vegetal de herbáceas (si/no) en cárcavas y surcos. Se registró la presencia de plantas en pedestal. Esta información fue utilizada para valorar el indicador “*signos de erosión*”.

4. En una faja de 50m por 4m de ancho (2m a cada lado de la transecta):

4.a Se registró cuevas en el suelo, fecas (ej. liebre-conejo, mamíferos nativos como zorros, pumas, guanacos) y otros signos de presencia de fauna. A priori se considera que esta información, servirá para la estimación de biodiversidad de especies de fauna nativas.

4.b- Se obtuvo una muestra compuesta de 4 sub-muestras de suelo al azar (0-10 cm de profundidad), en las cuales se determinó el carbono (C) orgánico total. En cada submuestra se calculó la densidad aparente del suelo mediante un cilindro de volumen conocido, balanza y estufa de secado. Esta información se utilizó para valorar el indicador “*materia orgánica del suelo*”. A cada una de estas submuestras se le determinó el peso y volumen de suelo efectivo, y los contenidos de raíces, material rocoso (>2 mm) y corteza/madera integrada al suelo. De esta forma se pudo conocer la densidad aparente efectiva del suelo.

4.c- En un sitio representativo se instalaron en forma permanente una jaula de exclusión de 1-2 m² para realizar cortes (0,25 m²) en el pico de biomasa (primavera-verano). Las gramíneas y especies herbáceas se cortaron a 1 cm de altura, y en el caso de especies leñosas se cortaron los brotes del último año. Esta información se utilizó para calcular el indicador “*oferta forrajera*”.

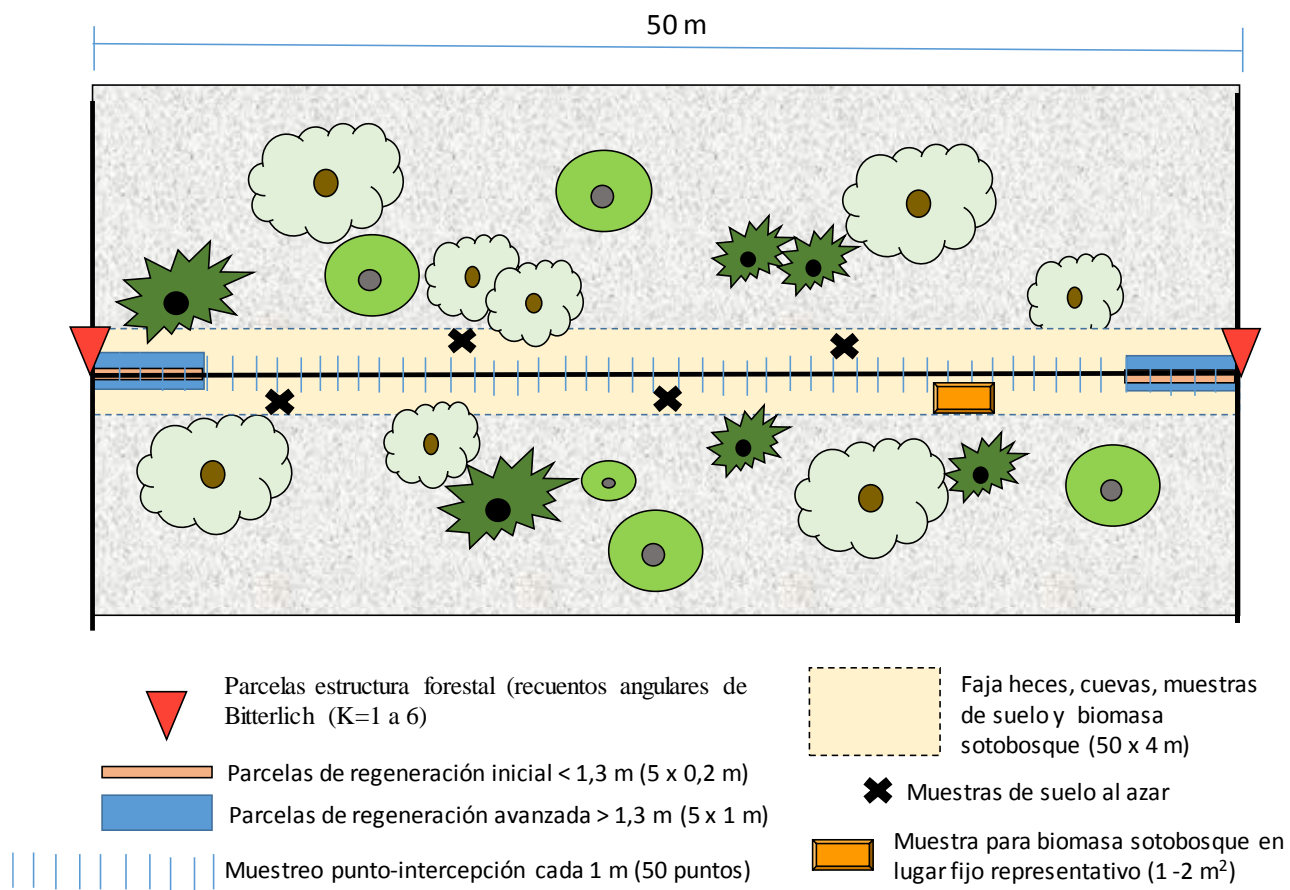


Figura 1. Esquema de muestreo de variables ambientales y productivas.

Tabla 3. Indicadores obtenidos a partir de los datos de las transectas y las fajas.

<i>Dimensión del indicador</i>	<i>Muestras obtenidas / variables relevadas</i>	<i>Indicador</i>	<i>Verificadores</i>
Ambiental	Muestras de suelo (muestra compuesta) .	Materia orgánica del suelo.	Carbono orgánico total del suelo (tn C/ha) (0-10 cm).
	Cobertura de suelo y estratos inferiores del sotobosque.	Índices de cobertura del suelo. Suelo desnudo mineral como predictor de alerta.	Porcentaje (%) cobertura vegetal, hojarasca y residuos leñosos del suelo. Porcentaje (%) suelo desnudo.
	Especies dominantes por estrato.	Biodiversidad plantas vasculares.	Diversidad beta de la comunidad del predio con respecto a comunidad de referencia.
	Registro de especies invasoras indicadoras de degradación.	Frecuencia de ocurrencia de especies invasoras.	Cobertura (%) de especies invasoras exóticas como indicadoras de degradación.
	Calidad de hábitat.	Complejidad estructural de la vegetación.	Índice de heterogeneidad espacial horizontal. Índice de heterogeneidad espacial vertical.
	Signos de erosión (a lo largo de la transecta).	Erosión de suelo.	Signos de erosión: ancho y profundidad de cárcavas o surcos, presencia de erosión laminar, remoción de mantillo y/o plantas en pedestal.
	Compactación del suelo.	Densidad aparente.	Densidad aparente del suelo a una profundidad de 0-10 cm (gr/cm ³). Resistencia a la penetración (MPa) con uso de penetrómetro de impacto.
Productivo	Biomasa especies forrajeras.	Oferta forrajera.	Kg materia seca/ha.
Productivo-Ambiental	Regeneración especies arbóreas nativas.	Regeneración.	Densidad de regeneración inicial (<1,3 m altura). Densidad de regeneración avanzada (>1,3 m de altura y <10 cm DAP).
	Estructura y funcionalidad de la cobertura arbórea.	Capacidad productiva forestal.	Área basal (m ² /ha). Volumen bruto con corteza (m ³ /ha/año). Cobertura de copas (%).
Ambiental (información complementaria)	Frecuencia de cavidades en árboles, frecuencia de cavidades en el suelo, otras señales de presencia de fauna (heces).	Biodiversidad.	Riqueza específica. Presencia / ausencia de especies de alto valor de conservación (amenazadas, endémicas, claves, valoradas por la comunidad) Densidad de micrositios relacionados a hábitat de especies claves de fauna.

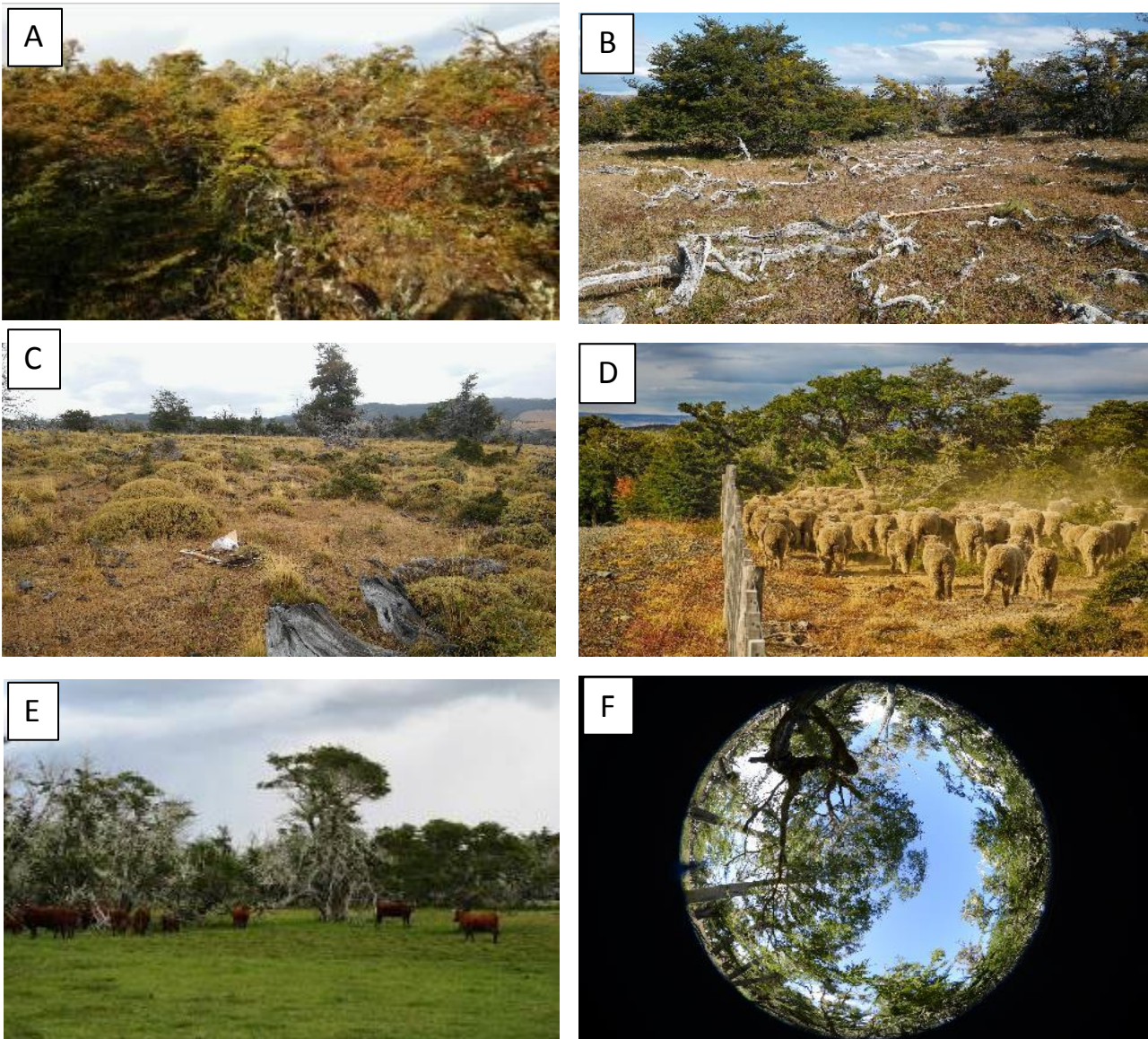


Figura 2. Imágenes de los sitios donde se instalaron las transectas de muestreo de indicadores ambientales y productivos en bosques de ñire de Santa Cruz: (A) Ea. San José, (B) Ea. Cancha Carreras, (C) Sección Laguna Salada, (D) Ea. Ojo de Agua, (E) Ea. Morro Chico, (F) Foto hemisférica para determinar cobertura arbórea.

2.3 Procedimiento para el muestreo en cursos de agua y gabinete con imágenes satelitales

El manejo del agua es uno de los lineamientos que plantea MBGI, donde se debe establecer la planificación y el diseño del uso eficiente y productivo del agua, mediante un plan de acción incluido en el plan de manejo, que incluya el aprovisionamiento y la distribución de la misma, y que permita disminuir los impactos del ganado evitando la contaminación y la erosión de los cursos de agua. En este contexto, se consensuaron dos indicadores ambientales para los establecimientos que posean cursos de agua (Tabla 4). Por otro lado, para garantizar la sustentabilidad de sistemas productivos en bosque nativo, es indispensable la implementación de sistemas de monitoreo a niveles de paisaje a través del uso de imágenes satelitales (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores estimados mediante teledetección y en cursos de agua

<i>Dimensión del indicador</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fuente de los datos</i>	<i>Verificadores</i>
<i>Ambiental</i>	Configuración espacial y superficie del bosque a nivel de predio.	Imágenes Landsat o MODIS.	Superficie de bosque en el predio. Superficie de bosques destinados a conservación de especies vegetales y animales nativas. Distancia entre parches de bosque (a nivel del predio). Conectividad con bosque de predios vecinos. Conectividad de áreas de conservación.
	Calidad de hábitat y de provisión de agua de arroyos y ríos.	Estabilidad y protección vegetal de la ribera en tramo de río o arroyo de 100 metros de largo.	Ranking de estabilidad protección vegetal de riberas (óptimo, sub-óptimo, marginal, pobre).
	Calidad de agua.	Índice de calidad de aguas de ríos patagónicos basado en macro-invertebrados bentónicos o presencia y cantidad de coliformes en el agua.	Categorías de calidad de agua (muy limpia, limpia, polución incipiente, regular poluída, fuertemente poluída).

3. Resultados del monitoreo Valoración de los indicadores y análisis de los

Los indicadores obtenidos se valoraron en relación a situaciones de referencia: (1) valor de partida de los indicadores (línea de base); (2) valor esperado de los indicadores bajo manejo sustentable. Los indicadores ambientales fueron referidos al valor que tiene un indicador en un bosque de cada una de las tipologías antes mencionadas que presente la mayor naturalidad posible en la región (bosque de referencia dentro del mismo sitio ecológico). Para un indicador productivo, se tomó el valor que tiene ese indicador en el establecimiento productivo modelo de la zona o valores medios de referencia de la región. En los indicadores que se estimaron con mayor carga de subjetividad, como “grado de satisfacción” o “grado de adopción”, los límites de aceptación fueron relacionados a una graduación que se establece con el productor, la familia y/o el personal a través de las encuestas y el seguimiento del proceso de implementación.

Para llevar a cabo un análisis multidimensional, fue imprescindible transformar los valores de los indicadores a una escala común de números enteros entre 1 y 4. Se consideró: 1= mal desempeño, 2= aceptable, 3= bueno, y 4 = muy bueno, en función de la situación inicial, el valor objetivo del proyecto, y un valor óptimo obtenido de situaciones de referencia regional.

INDICADOR 1: REGENERACIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS

CATEGORÍA: Funcional

VERIFICADOR: Comparación de la densidad de regeneración reciente y regeneración lograda con respecto a una comunidad objetivo o de referencia.

COMO SE MIDE: Densidad de plantas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 5 años.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La continuidad del estrato arbóreo del bosque nativo con ganadería integrada tendrá los objetivos de mantener la productividad de forraje del sotobosque, el reparo para los animales, proteger el suelo, amortiguar los cambios en el balance hídrico, el microclima y el stock de carbono, conservar la biodiversidad asociada al estrato arbóreo y conservar una producción diversificada.

La regeneración arbórea es fundamental para que el manejo sea sostenible en el tiempo. En bosques de ñire, (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Sur, basado en la cuantificación de la producción de semillas (fluctúa de <1 a 40 millones de semillas por hectárea) y calidad de semillas (4% a 45% de semillas viables, y 1% a 35% de potencial germinativo), y la caracterización del banco de plántulas (incorporación, mortalidad, y crecimiento) en diferentes calidades de sitio (Peri et al., 2006a; Hansen et al., 2008; Soler Esteban et al., 2012; Bahamonde et al., 2013, 2018) se concluye que la continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoril en muchos sitios no puede asegurarse a través de la regeneración por semillas o la regeneración agámica (ej. rebrotes de raíz), 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 o de trasplante directo desde rodales con abundante regeneración) que protejan las plantas del pastoreo y el ramoneo hasta que adquieran una altura superior a 2,5 m.

Este indicador permitirá diferenciar entre comunidades degradadas y no degradadas ya que un nulo o escaso reclutamiento de especies arbóreas en un bosque podría producir cambios significativos en el mediano o largo plazo sobre la estructura y la composición de la comunidad vegetal, determinando la aparición de estados alternativos degradados (Rusch et al., 2017a,b; Peri et al., 2017).

Dentro del indicador propuesto pueden estimarse dos verificadores que se asocian a la capacidad del ecosistema de reponer individuos arbóreos en el largo, mediano y corto plazo (resiliencia luego de un disturbio): (i) densidad y calidad de regeneración inicial (altura <1,6 m) desde plántulas instaladas a más de 3 años; y (ii) densidad de regeneración avanzada, lograda y establecida (DAP <10 cm y alturas >1,6 m). Mientras que el verificador (i) se relaciona con la resiliencia del bosque a largo plazo, y coincide con el período más susceptible al ramoneo de ganado, el indicador (ii) se relaciona con la resiliencia a mediano o corto plazo, ya que podrían considerarse individuos instalados, por tanto, con mayor probabilidad de sobrevivir hasta la madurez.

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: La cantidad de regeneración “adecuada” para una situación en particular, dependerá de la composición original de la comunidad, de la composición objetivo del manejo y del momento del ciclo forestal en que se realiza el monitoreo. En general, la regeneración es un proceso muy variable, especie específico, que depende de años de alta producción y germinación de semillas, y de años de escasa producción, generando cohortes a veces distanciadas en el tiempo. Por otro lado, el efecto del pisoteo, ramoneo y competencia por parte de los pastos son en muchos casos los factores desencadenantes de la falta de regeneración.

La valoración también dependerá del momento del ciclo forestal en que se efectúe el monitoreo, siendo más relevante en fases de desarrollo de Envejecimiento y/o Desmoronamiento del rodal. En los primeros años posteriores a un disturbio (ej. aprovechamiento forestales, incendios), la regeneración es crucial, y tendrá fundamental importancia el reclutamiento de nuevos individuos que asegure el reemplazo futuro.

Es importante considerar además el ramoneo apical de la regeneración de ñire, en el que el aumento de la presión de herbivoría como consecuencia de la disminución anual en la disponibilidad forrajera, se refleja directamente en un mayor nivel de daño. Por ejemplo, al considerar las diferentes categorías de altura de renovales en relación al daño lateral, se puede apreciar que el ganado bovino afecta principalmente a renovales chicos y medianos (menores a 1,5 m de altura), en los que la totalidad de la planta se encuentra accesible al ramoneo (Echevarría et al., 2014).

El indicador se valoró de acuerdo de la siguiente manera:

(1) Muy escasa o nula: La densidad de renovales no permitirá la recomposición de la estructura a menos que se tomen medidas de alto costo o complejidad (ej. clausuras de largo tiempo, reforestación). Para el caso de los bosques de ñire en Patagonia sur representaría rodales en fase de envejecimiento-desmoronamiento con nula o escasa regeneración (<50 individuos/ha de regeneración inicial y <20 individuos/ha de regeneración avanzada).

(2) Escasa: Cuando la densidad de renovales solo permitirá alcanzar la “estructura objetivo del plan” si se toman medidas de mediana complejidad o costo (ej. protección individual de renovales, clausuras temporarias, enriquecimiento). Es decir, estos bosques necesitan de acciones como la protección de árboles individuales para garantizar su continuidad en el tiempo. Para el caso de los bosques de ñire en Patagonia sur, la densidad de renovales mínima para garantizar la continuidad del estrato arbóreo con ganadería integrada en rodales en fase de envejecimiento-desmoronamiento sería de 300 individuos/ha de regeneración inicial y 150 individuos/ha de regeneración avanzada no ramoneadas.

(3) Buena: La densidad es adecuada para alcanzar los objetivos de estructura de la masa forestal, solo requiere monitoreo y/o ajustes menores. Para los bosques de ñire en Patagonia sur representaría rodales en fase de envejecimiento-desmoronamiento con regeneración no ramoneada de 300 individuos/ha de regeneración inicial y 150 individuos/ha de regeneración avanzada.

(4) Muy buena: La densidad permitirá alcanzar la estructura objetivo, seleccionar pies de futuro, mejorar la diversidad, etc. Para los bosques de ñire en Patagonia sur representaría rodales en fase de envejecimiento-desmoronamiento con regeneración inicial no ramoneada de >300 individuos/ha y >150 individuos/ha de regeneración avanzada.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,42 puntos**, lo cual determina que la densidad de renovales es mínima para garantizar la continuidad del estrato arbóreo con ganadería integrada en rodales en fase maduras.

Observaciones: Se entiende que la regeneración “objetivo” será una cifra relacionada a la cantidad de individuos que necesitaremos reponer en la categoría de tamaño inmediata superior en la curva de distribución de tamaños, teniendo en cuenta que parte de la regeneración se perderá naturalmente, otra parte se raleará oportunamente para liberar pies de futuro y que finalmente otra cantidad se raleará por no presentar características forestales adecuadas a los objetivos. Por lo tanto, a mayor cantidad de renovales, mayor será la posibilidad de selección.

INDICADOR 2: CAPACIDAD PRODUCTIVA FORESTAL

CATEGORÍA: Forestal.

VERIFICADOR: Tasas de crecimiento estimadas.

COMO SE MIDE: Muestreo en parcelas y cálculos asociados para la cosecha recomendada.

FRECUENCIA DE MEDICION: Antes y después de la aplicación de tratamientos silviculturales programados como prácticas de manejo.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La capacidad productiva del bosque se estima teniendo en cuenta las distintas variables de la estructura forestal (ej. clase social, sanidad, diámetro o altura de los árboles) a lo largo de gradientes de edad y calidad de sitio. El cálculo de la productividad forestal se realiza usualmente a través del volumen o biomasa que aportan los árboles del bosque.

A partir de modelos de crecimientos es posible determinar el incremento volumétrico en rodales de diferentes calidades de sitio a partir de variables de fácil medición o estimación (ej. clase de sitio y edad). Mediante la conjunción de los modelos que describen diferentes aspectos de la biometría de los árboles y rodales de ñire es posible estimar de manera satisfactoria el desarrollo de rodales de diferente calidad de sitio.

Para el caso del ñire (*Nothofagus antarctica*) se cuenta con una base biométrica desarrollada para predecir el estado y el crecimiento de los árboles y rodales bajo dinámica natural y bajo manejo forestal: ecuaciones estándares de volumen (Lencinas et al., 2020), ecuaciones de biomasa (Peri et al., 2006b), modelos de curvas de índice de sitio basado en la altura de los árboles dominantes (Ivancich et al., 2011), modelos de crecimiento en diámetro (Ivancich et al., 2014), Índice de densidad de rodal aplicado al manejo Silvopastoril (Ivancich et al., 2009; Reque et al., 2007) (Fig. 3).

Para el indicador de capacidad productividad forestal de bosques de ñire se usó el modelo propuesto por Ivancich (2013) para predecir la relación incremento volumétrico / área basal (Rel Inc VTCC/AB).

$$Rel\ Inc\ VTCC / AB = a \cdot (6 - S)^b \cdot Edad^{(c \cdot (6 - S)^d)}$$

Donde a, b, c, d: coeficientes del modelo, Rel Inc VTCC/AB: relación incremento volumétrico /área basal (m³.m²/ha/año), AB: área basal del rodal (m²/ha), S: clase de sitio del rodal (I a V en números arábigos); Edad: edad del rodal (años).

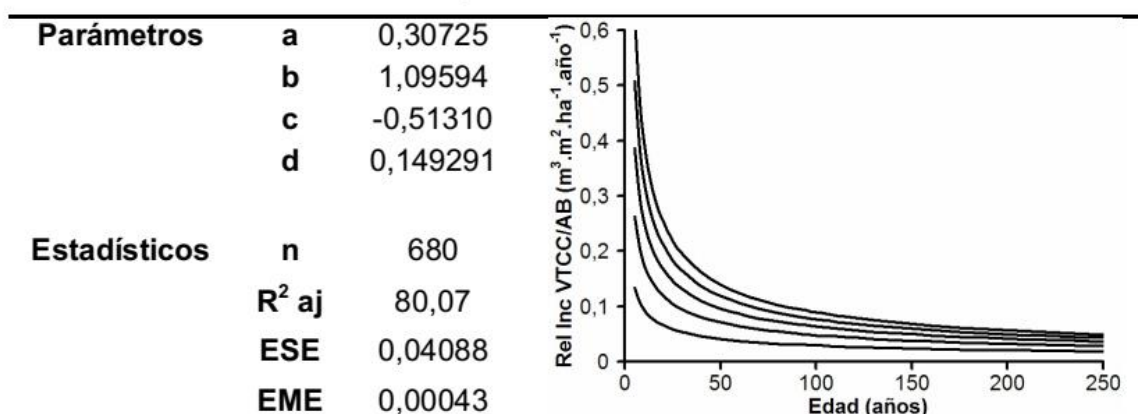


Figura 3. Parámetros, estadísticos y curvas del modelo de relación de Inc VTCC/AB para rodales de ñire.

Para utilizar el presente modelo, los valores de relación obtenidos deben ser multiplicados por el área basal del rodal, obteniendo el incremento volumétrico por hectárea por año. Este modelo permite la determinación de incrementos volumétricos a partir de variables de fácil medición o estimación, fundamentalmente gracias a la utilización de parcelas de diámetro variable (Bitterlich) que evitan la medición de todos los individuos de una parcela de inventario.

Los incrementos volumétricos varían desde un máximo de 8,3 m³/ha/año para un rodal de la mejor calidad de sitio y 15 años de edad hasta un mínimo 1,3 m³/ha/año para un rodal de la peor calidad de sitio y 200 años de edad (Tabla 5). Dicho incremento volumétrico disminuye gradualmente con la edad y con la calidad de sitio.

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: Para rodales de ñire, se valoró el indicador según las clases de la Tabla 1, en la que se accede con los datos relevados en las parcelas, los datos calculados de productividad del modelo de relación de Inc VTCC / AB multiplicados por el AB del rodal.

Tabla 5. Valores medios de incremento volumétrico (m³/ha/año) a nivel de rodal de bosques de ñire.

Valoración Productividad (m ³ /ha/año)	Clase de sitio				
	I	II	III	IV	V
1. Muy baja	< 3,4	< 3,0	< 2,5	< 2,0	< 1,3
2. Baja	3,4 - 4,5	3,0 - 4,1	2,5 - 3,3	2,0 - 2,6	1,3 - 1,5
3. Media	4,6 - 5,8	4,2 - 5,3	3,4 - 4,1	2,7 - 3,2	1,6 - 1,8
4. Alta	> 5,8	> 5,3	> 4,1	> 3,2	> 1,8

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,05 puntos**, lo cual determina un buen estado estructural y capacidad productiva de los bosques, considerando que mayoritariamente (91%) se desarrollan en una Clases de Sitio V (altura de los árboles dominantes menor a 8 m). (Peri y Ormeachea, 2013).

Observaciones: Las curvas de índice de sitio con edad base de 50 años (IS₅₀) para ñire (Ivancich et al., 2011) determinó la siguiente clasificación de clases de sitio (CS) según el IS₅₀ y la altura dominante (HD) a la que arribaría un rodal a una edad mayor a los 150 años.

- CS I: IS₅₀ > 9,3 m; HD >14,0 m
- CS II: IS₅₀ 7,2 - 9,3 m; HD 12,0 - 14,0 m
- CS III: IS₅₀ 5,1 - 7,2 m; HD 10,0 - 11,9 m
- CS IV: IS₅₀ 3,6 - 5,1 m; HD 8,0 - 9,9 m
- CS V: IS₅₀ < 3,6 m; HD < 8,0 m

INDICADOR 3: OFERTA FORRAJERA

CATEGORIA: Ganadería.

VERIFICADOR. Biomasa de especies forrajeras.

COMO SE MIDE: Muestreo en cortes en jaula en transectas o uso del método botanal.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual, bianual o estación crítica.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La medición del indicador de la oferta de especies forrajeras nativas o exóticas es de fundamental importancia para evaluar, previo y posterior a las intervenciones silvícolas, o en forma anual, la capacidad productiva ganadera del predio bajo MBGI.

Dentro del Plan MBGI, conocer la oferta forrajera nos permite tomar decisiones de manejo para optimizar la producción ganadera. Esto nos permitirá realizar una Planificación del Pastoreo, el cual consiste en: (a) estimación de la receptividad de los potreros, (b) asignación de tipo de animal por potrero priorizando según situación, objetivos y requerimientos, (c) definición del sistema de pastoreo analizando las ventajas de pastoreo continuo versus pastoreo rotativo, y (d) definición de número de cabezas según receptividad, categoría animal y época de uso.

En Patagonia Sur, una forma de medir este indicador es a través del uso del Método Ñirantal Sur (San Jorge) que estima la Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) del pastizal (Peri, 2009a,b) en base a investigaciones realizadas previamente para Patagonia Sur (Peri, 2004, 2005; Peri et al., 2005). La PPNAP representa la máxima acumulación de materia seca del pastizal para un momento de uso y situación en particular del ñirantal, y está en función de:

$$PPNAP = f [\text{Clase de sitio (CS)}, \text{Cobertura de Copas (CC)}, \text{Área basal (AB)}, \text{Residuos (R)}, \text{Momento de Uso (U)}]$$

donde CS = clase de sitio de los ñires expresado por la altura promedio (m) de los árboles dominantes de ñire.

A través de la altura de los árboles dominantes (árboles adultos en fase de envejecimiento) se puede determinar indirectamente la calidad del sitio, siendo éste la combinación de factores del ambiente: suelo (profundidad y nutrientes), régimen hídrico (pendiente, exposición, evapotranspiración, precipitaciones) y temperatura, entre otros. Se observó que la calidad de sitio no sólo indica la productividad potencial forestal sino también la PPNAP del pastizal de una zona. La inclusión de la variable CC (%) se basa fundamentalmente en que la PPNAP en ñirantales de la región patagónica sur también está en función de los diferentes niveles de sombra o la luz fotosintéticamente activa que recibe el pastizal, los cuales interactúan con el régimen hídrico (incluido indirectamente a través de la CS). La variable R (%) determina la reducción física en terreno de residuos del bosque (troncos caídos y ramas gruesas) sobre el crecimiento del pastizal y también la reducción de acceso al pastizal por parte de los animales alrededor de los residuos. Para el monitoreo de este indicador se sugiere realizar cortes de materia seca (utilizando cuadros de 0,1 m²) en rodales puros y homogéneos de ñire en el pico de biomasa en primavera validando los valores de referencia presentados en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores medios de Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) (kg MS/ha/año) (\pm desvío estándar) del pastizal en diferentes condiciones del ñirantal (clases de sitio (CS), cobertura de copas (CC), cantidad de residuos (R)) en Patagonia Sur.

Primavera -máximo de biomasa- (noviembre-diciembre)			
CS I	Residuos 5-10%	Residuos 10-30%	Residuos 30-50%
CC 5 a 30%	2200 \pm 500	1850 \pm 425	1620 \pm 380
CC 30 a 60%	1200 \pm 350	1055 \pm 370	955 \pm 275
CC >60%	750 \pm 285	680 \pm 230	580 \pm 160
CS II			
CC 5 a 30%	1100 \pm 370	990 \pm 310	870 \pm 235
CC 30 a 60%	745 \pm 285	655 \pm 245	565 \pm 190
CC >60%	340 \pm 130	310 \pm 140	270 \pm 115
CS III			
CC 5 a 30%	390 \pm 125	345 \pm 130	280 \pm 90
CC 30 a 60%	485 \pm 210	430 \pm 185	375 \pm 110
CC >60%	280 \pm 160	250 \pm 130	220 \pm 85

Clase de Sitio I: altura de árboles dominantes en fase de envejecimiento mayor a 12 m, Clase de Sitio II: altura de árboles entre 7 y 12 m y Clase de Sitio III: altura de árboles menores a 7 m. n = número de cortes de materia seca para cada grupo de cobertura de copa y Clases de Sitio.

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: La valoración del indicador está en función de la PPNAP que representa la máxima acumulación de materia seca del pastizal para cada situación en particular del ñirantal determinado por la clase de sitio, cobertura de copas, Área basal y residuos (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes respecto a valores medios de referencia de la Producción Primaria Neta Anual Potencial (PPNAP) (kg MS/ha/año) en bosques de ñire según el método Ñirantal Sur (San Jorge).

Valoración	Porcentaje respecto al valor de referencia de PPNAP
1 = muy escasa	< 25 %
2 = escasa:	25-55 %
3 = buena	55-85 %
4= muy buena	> 85 %

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,85 puntos**, lo cual determina un buen estado estructural y capacidad productiva de los bosques, considerando que mayoritariamente (91%) se desarrollan en una Clases de Sitio V (altura de los árboles dominantes menor a 8 m). (Peri y Ormeachea, 2013).

Observaciones: Para la determinación de la biomasa a pastorear (índice de cosecha o forraje disponible para el pastoreo) en sistemas silvopastoriles en ñirantales se propone el uso de un residual de biomasa del pastizal superior a los 300 ± 80 Kg MS/ha (altura promedio de 4 ± 1 cm) para ovinos y de 500 ± 110 Kg MS/ha (altura promedio de 11 ± 2 cm) para bovinos con el fin de optimizar la ganancia de peso animal individual y asegurar el rebrote principalmente en primavera y persistencia del pastizal independientemente de la composición botánica de las comunidades (Peri et al., 2006; Peri, 2008). Sin embargo, sin degradar el pastizal, pero disminuyendo las ganancias de peso animal o manteniendo su peso, el residual puede ser de 130 ± 45 Kg MS/ha (altura promedio de $2 \pm 0,6$ cm) para ovinos y de 260 ± 60 Kg MS/ha (altura promedio de $8 \pm 1,5$ cm) para ganado vacuno. Además, hay que tener en cuenta que el método de evaluación propuesto solo es válido para pastizales no degradados.

INDICADOR 4: DIVERSIDAD DE PLANTAS VASCULARES

CATEGORÍA: Biodiversidad.

VERIFICADOR. Diversidad beta entre comunidades bajo manejo y comunidades de bosques de referencia.

COMO SE MIDE: Muestreo por puntos o intercepción.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 3 años.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El mantenimiento de la diversidad a nivel de los productores primarios (las plantas) es clave para los demás eslabones de la cadena trófica. Como verificador se propone el índice de similitud de Sorensen, que estima la diversidad beta entre hábitats, o sea el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales. Es decir, este índice permite describir la diferenciación espacial y las diferencias en riqueza de especies entre las comunidades, es

decir que explica todas las diferencias espaciales de composición en comunidades sin discriminar en sus dos componentes (Lennon et al., 2001; Koleff et al., 2003; Baselga, 2010; Vetesse et al. 2019).

Para el caso de MBGI, el grado de reemplazo no se refiere a diferencias ambientales, sino que se produciría debido a factores de disturbio aplicados para el manejo productivo. El índice toma valores entre “0” y “1”, siendo “0” cuando no existe ninguna coincidencia en la composición específica de las comunidades y “1” cuando las comunidades tienen composición específica idéntica (Tabla 1). Se sugiere calcular el índice a partir de las frecuencias relativas de las especies en las comunidades bajo plan y en la de referencia, para de esta manera incorporar una medida de equitatividad de la composición de las comunidades. La frecuencia relativa de una especie se calcula dividiendo su frecuencia por la suma de las frecuencias de las especies de la comunidad.

La expresión matemática del índice de similitud es:

$$S_{ij} = 2 c_{ij} / c_i + c_j$$

siendo:

c_{ij} : Sumatoria de la frecuencia relativa mínima de las especies en común entre las comunidades i y j

c_i : Sumatoria de las frecuencias relativas de las especies de la comunidad i

c_j : Sumatoria de las frecuencias relativas de las especies de la comunidad j

Se recomienda utilizar frecuencia relativa, es equivalente a estandarizar las frecuencias por la frecuencia total de la muestra, por lo tanto, en ese caso la expresión se resumiría a $S_{ij} = c_{ij}$.

Tabla 8. Ejemplo de cálculo del índice de similitud Sorensen entre dos comunidades hipotéticas “i” y “j”.

Especie	Frec. comunidad "i"	Frec. Relativa comunidad "i"	Frec. comunidad "j"	Frec. relativa comunidad "j"	Min. de las frec. relativas ij	Total Frec relativas "ij"
a	20	0,282	7	0,0854	0,085	0,367
b	15	0,211	5	0,061	0,061	0,272
c	11	0,155	5	0,061	0,061	0,216
d	0	0	20	0,244	0	0,244
e	0	0	10	0,122	0	0,122
f	9	0,127	3	0,036	0,036	0,163
g	7	0,098	2	0,024	0,024	0,123
h	0	0	12	0,146	0	0,146
k	5	0,070	2	0,024	0,024	0,095
l	0	0	15	0,183	0	0,183
m	2	0,028	0	0	0	0,028
n	1	0,014	0	0	0	0,014
o	1	0,014	1	0,012	0,012	0,026279629
FREC. TOTALES	71		82		0,305	2
$S_{ij} = 2 * 0,305 / 2 = 0,305$						

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: Se tomó como referencia un bosque en buen estado de conservación ubicado en un sitio ecológico similar al de la comunidad bajo manejo. Se utilizaron los siguientes umbrales para la valoración del indicador:

1 = muy escasa o nula: $S_{ij} < 0,25$

2 = escasa: $0,25 < S_{ij} < 0,50$

3 = buena: $0,50 < S_{ij} < 0,75$

4 = muy buena: $0,75 < S_{ij}$

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,93 puntos**. El rango más frecuente de diversidad de especies predominante del sotobosque de los bosques de ñire de Santa Cruz es el de 11 a 20 especies por rodal. Sin embargo, hubo rodales en que se relevó un máximo de 42 especies. En general, los bosques más abiertos (cobertura arbórea menores a 40%) presentaron mayor diversidad de especies en el estrato arbustivo y herbáceo, mientras que los bosques más húmedos y más cerrados (cobertura arbórea mayores a 70%) presentaron una menor estratificación del sotobosque.

INDICADOR 5: COBERTURA DE SUELO Y ESTRATOS INFERIORES DEL SOTOBOSQUE

CATEGORÍA: Estructural.

VERIFICADOR: Porcentaje (%) cobertura vegetal, hojarasca, residuos leñosos y suelo desnudo.

COMO SE MIDE: Muestreo por puntos o intercepción.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 2 - 5 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El indicador de la cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque es relevante ya que está asociado a los hábitats para la biodiversidad, a la producción de forraje, los ciclos bioquímicos y procesos de erosión. Por ejemplo, el retorno anual de materia orgánica y minerales al suelo en los bosques caducifolios de ñire se produce a través de la caída de la hojarasca (1300 a 2000 kg MS/ha/año) siendo uno de los principales aportes de nutrientes al rodal y determinando los procesos del reciclaje (descomposición y mineralización) de los mismos en el sistema silvopastoril (Bahamonde et al., 2012a, 2013b, 2015; Diehl et al., 2003; Gargaglione et al., 2009; Peri et al., 2006b, 2008a,b). Por otro lado, para el área destinada a pastoreo, la producción del sotobosque en sistemas silvopastoriles de ñire en la región patagónica depende de la cobertura de especies forrajeras que tiene relación directa con la cobertura del dosel arbóreo, y con la temperatura y régimen hídrico interactuando con los diferentes niveles de sombra (Bahamonde et al., 2012b; Ferig et al., 2009; Peri et al., 2005; Sarasola et al., 2008).

Además, la presencia y cobertura de residuos leñosos (troncos y ramas >10 cm) en el suelo proveen de micro-hábitats como refugio de fauna y fuente de alimentación de micro organismos, artrópodos y la fauna asociada (Rusch et al., 2004; Rusch y Varela, 2019).

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: Las coberturas varían según sean bosques primarios (o secundarios sin intervenir) con sus diferentes fases de desarrollo o rodales con manejo silvícolas bajo usos silvopastoril (raleos para aumentar la oferta forrajera). En cuanto a la interpretación y valoración de este índice, el mismo presenta dos aspectos: desde el punto de vista productivo, la mayor cobertura del estrato herbáceo se relaciona con la mayor productividad forrajera, y desde el punto de vista ambiental, la similitud con los estados de referencia (sin disturbio) serán la base de referencia. Por ello, para cada objetivo, el rango de valores de la variable considerado alto o bajo, así como los umbrales, son diferentes. A su vez, la cobertura

de caña favorece el aspecto productivo, proveyendo forraje invernal y los aspectos ambientales, asegurando, por ejemplo, la presencia de especies claves como el chucao (Rusch et al 2006). Además, el retorno potencial del nitrógeno desde la hojarasca en bosques de ñire es casi 2 veces superior en bosques primarios que bajo uso Silvopastoril (Gargaglione et al., 2009).

En la Tabla 9 se presenta la valoración del indicador de cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque para el área de conservación y conectividad (punto de vista ambiental) y para el área de producción con ganadería y aprovechamiento forestal (punto de vista productivo).

Tabla 9. Interpretación y valoración del indicador de cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque desde el punto de vista productivo y ambiental

Valoración	Para área de producción con ganadería y aprovechamiento forestal	Para las área de conservación
1 = muy escasa	< 20 % especies forrajeras	> 30% suelo desnudo, < 5% residuos leñosos, < 20% hojarasca, sin especies forrajeras exóticas
2 = escasa	20-50 % especies forrajeras	15-30 % suelo desnudo, 5-10 % residuos leñosos, 20-30 % hojarasca, 1-10 % especies forrajeras exóticas
3 = buena	50-75 % especies forrajeras	2-15 % suelo desnudo, 10-20 % residuos leñosos, 30-40 % hojarasca, 10-20 % especies forrajeras exóticas
4= muy buena	> 75 % especies forrajeras	< 2% suelo desnudo, > 20% residuos leñosos, > 40 % hojarasca, > 20 % especies forrajeras exóticas

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,25 puntos**.

Observaciones: En los tratamientos silvícolas de raleos, sería conveniente dejar las ramas finas y hojas en el terreno para minimizar la exportación de nutrientes del sistema Silvopastoril.

INDICADOR 6: ESPECIES INVASORAS Y/O INDICADORAS DE DEGRADACIÓN

CATEGORÍA: Estructural.

VERIFICADOR: Cobertura (%) de especies invasoras como indicadoras de degradación.

COMO SE MIDE: Muestreo de por puntos o intercepción.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 2 - 5 años.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El principal impacto de las especies invasoras exóticas es la reducción de la biodiversidad del sotobosque y de la producción y calidad del forraje. También cuando invaden un rodal, estas especies limitan el desarrollo de la regeneración al ocupar físicamente la superficie del bosque. Por ejemplo, para Patagonia Sur se definió que un rodal de ñire presenta un cuadro invasivo de *Hieracium praealtum* (hierba perenne con rizomas y estolones) cuando la producción de biomasa del sotobosque disminuye en un 20-25% (o más) o la biodiversidad de especies disminuye en un 15% (Peri y Ormaechea, 2013a,b).

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: Se propone tomar como referencia, que un bosque de calidad no debe presentar especies invasoras o indicadoras de degradación. La presencia (y la alta cobertura en mayor medida) reduce la valoración del indicador.

Al igual que el indicador “cobertura del suelo y estratos inferiores del sotobosque”, las especies invasoras o indicadoras de degradación puede evaluarse desde el punto de vista ambiental o productivo. Para las áreas bajo producción ganadera y forestal, no se evaluarán las especies forrajeras como especies “indicadoras de degradación”. Para las áreas de conservación se proponen los siguientes umbrales para la valoración del indicador de cobertura (%) de especies invasoras exóticas:

1 = muy severo (>40%).

2 = severo (20-40%).

3 = moderado (1-20%).

4 = bueno (<1%).

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **1,72 puntos**. La principal especie exótica detectada en bosques de ñires correspondió a *Hieracium praealtum* invadiendo fuertemente la zona de río Turbio. La superficie total relevada con invasión de *H. praealtum* en ñirantales de Santa Cruz es de 92.250 ha (Peri y Ormaechea, 2013b).

Observaciones: En Patagonia Sur, cuando ocurre una invasión de *Hieracium praealtum*, *H. pilosella*, o *Hypochoeris radicata* que repercute directamente en la aplicación de la silvicultura propuesta en el manejo de los sistemas silvopastoriles en bosque de ñire y disminuye la producción ganadera. Por lo tanto, no se recomiendan realizar raleos en estos bosques bajo uso ganadero ya que no aumentaría la producción de especies forrajeras, sino que fomentaría un mayor grado de avance del *Hieracium* por tratarse de especies heliófilas.

INDICADOR 7: COMPLEJIDAD ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN

CATEGORIA: Estructural.

VERIFICADOR: Índices de heterogeneidad horizontal (IHHV) y vertical (IHVV) de la vegetación, cobertura por estratos.

COMO SE MIDE: Muestreo por puntos o intercepción.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 2 - 5 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Expresa la distribución espacial de la biomasa de especies leñosas, gramíneas y herbáceas. Es un indicador de biodiversidad bajo el supuesto de que la heterogeneidad espacial está asociada con diversidad de nichos (Carey, 2003, Warfe et al., 2008). Por expresar la ocupación espacial de la vegetación, el indicador también está relacionado a la eficiencia del uso de los recursos (luz, agua y nutrientes) para la producción.

Es un indicador compuesto por dos índices que reflejan la distribución horizontal de la vegetación (Índice de Heterogeneidad Horizontal, IHHV) y la distribución vertical de la vegetación (Índice de Heterogeneidad Vertical, IHVV).

Estimación del índice de heterogeneidad horizontal de la vegetación IHHV:

$IHHV = (\delta \text{ tamaño de parche} / \text{promedio tamaño de parche}) \times \text{número de parches} + (\delta \text{ tamaño de interparches} / \text{promedio tamaño de interparches}) \times \text{número de interparches}$.

Donde:

Tamaño de parche = Superficie de cobertura continua de un estrato

Tamaño de interparches = Superficie libre de cobertura de un estrato

El primer término se refiere a la heterogeneidad en el tamaño de parches de vegetación, mientras que el segundo se refiere a la heterogeneidad de la distribución de los parches en el espacio. El valor mínimo del índice es cero, y mayores valores representan mayor heterogeneidad.

Estimación del índice de heterogeneidad horizontal de la vegetación IHVV (para una estructura de tres estratos):

$IHVV = (\mu_h LL \times \delta \times \text{PropLL}) + (\mu_h ML \times \delta \times \text{PropML}) + (\mu_h HL \times \delta \times \text{PropHL})$

Donde:

LL = Estrato bajo de la vegetación (por ej: entre 0 m y 2 m de altura)

ML = Estrato medio de la vegetación (por ej: entre 2 m y 8 m de altura)

HL = Estrato alto de la vegetación (por ej: mayor a 8 m de altura)

Cada término representa un estrato de la vegetación y se calcula como el producto entre la altura máxima media (μ_h) de cada estrato, la desviación estándar (δ) de la altura máxima de cada estrato y el porcentaje de cobertura del estrato.

INTERPRETACIÓN Y VALORACIÓN DEL INDICADOR: El indicador se interpreta mediante un gráfico de coordenadas cartesianas (Fig. 4). Para monitorear si el manejo del bosque es adecuado, es importante contar con los valores IHH e IHV de la fisonomía de referencia o de la fisonomía objetivo. Si no se cuenta con esa información, a título orientativo se presentan rangos de valores para diferentes fisonomías.

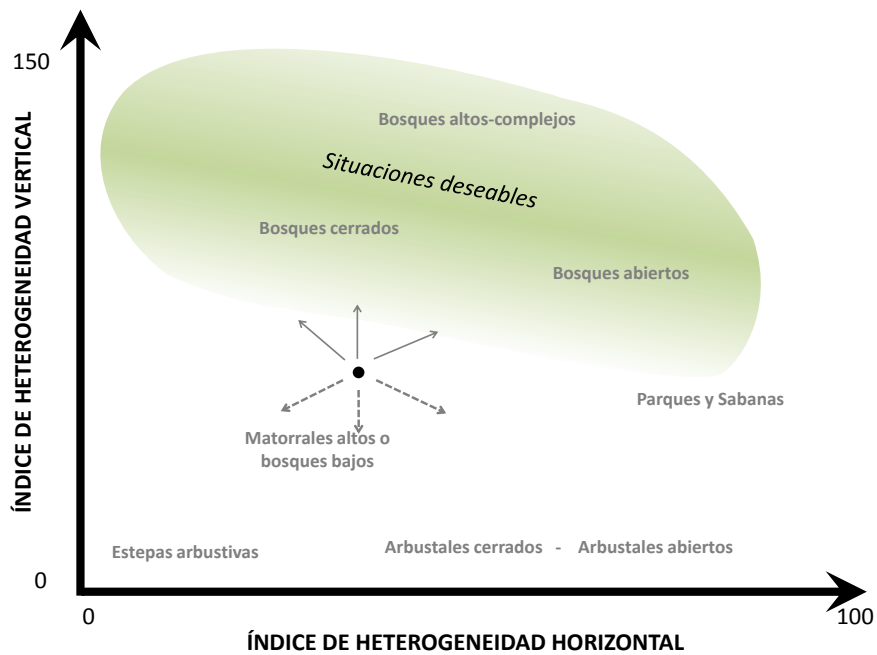


Figura 4. Esquema para evaluar la Complejidad Estructural de la Vegetación leñosa en base al Índice de Heterogeneidad Horizontal (eje x) y el índice de Heterogeneidad Vertical (eje y) (a mayor valor en cada eje, mayor es la heterogeneidad; la complejidad estructural aumenta hacia el extremo superior derecho). A modo orientativo, en el gráfico se localizan diferentes fisonomías : estepas arbustivas (altura menor a 0,5 m, y con cobertura vegetal total <60%), arbustales o matorrales bajos (altura dominante de la vegetación <2m), matorrales altos o bosques bajos (alturas dominantes entre 2 y 8 m), parques y sabanas (alturas mayor a 2m, con cobertura de leñosa <25% para sabanas, y entre 25 y 50% para parques; y con dominancia del estrato gramíneo por sobre el estrato arbustivo bajo), y bosques con alturas superiores a los 10 m (bosques cerrados, abiertos, y altos y complejos). El círculo negro representa una situación inicial hipotética en un sitio ecológico que corresponde a bosque alto, con algunas líneas de tendencia deseables (flechas continuas) y no deseables (flechas discontinuas) desde el punto de vista de la sustentabilidad.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,37 puntos**. Se sugiere valorar al indicador de acuerdo a su tendencia en el tiempo. El valor de los verificadores (IHHV/IHVV o valores de cobertura por estrato) debería acercarse a los valores de la fisonomía que se corresponda con su sitio ecológico y en el estado que preste mayores servicios ecológicos. Si la fisonomía que corresponde al sitio ecológico del predio (o sector del predio) se corresponde a un bosque alto de ñire, los valores de referencia para valorar el indicador serán los valores que presenta el bosque al inicio del plan y el valor que asumen los verificadores para un bosque alto en buen estado. La calificación entre 1 y 4 se adjudicó considerando al 1 como valor que indica un mal desempeño del indicador (los valores en el tiempo se alejan de los valores de referencia) y 4 como valor que indica un muy buen desempeño del indicador, cuando la trayectoria de los valores de los verificadores en monitoreos sucesivos se acercan a los valores de un bosque en buen estado de conservación.

INDICADOR 8: CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

CATEGORÍA: Mantenimiento de la capacidad productiva.

VERIFICADOR: Carbono orgánico total en el horizonte superficial del suelo.

COMO SE MIDE: Muestra compuesta 0-10 cm.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 5 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Entre los principales servicios ambientales de los bosques nativos 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. En sistemas Silvopastoriles de ñire en Patagonia Sur, se cuantificó la distribución aérea y subterránea de carbono (C) de árboles individuales de ñire en diferentes fases de desarrollo y clases de copa, y la distribución de C en el perfil del suelo hasta una profundidad de 0,6 m (Peri et al., 2010, 2017a). El carbono almacenado presentó un valor intermedio de 148,4 Mg C/ha, encontrándose el 85% en el suelo, lo cual resalta la importancia de este indicador.

La materia orgánica del suelo, constituida por la biomasa microbiana y los residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, está estrechamente relacionada a la funcionalidad del sistema suelo, influyendo sobre aspectos estructurales (agregación, estabilidad de los agregados), biológicos y químicos. Por esta razón, es el atributo del suelo que con mayor frecuencia se utiliza en estudios de largo plazo como indicador de sustentabilidad agronómica o para determinar el impacto de prácticas productivas.

Si bien el contenido total de carbono orgánico del suelo (COS) cambia lentamente, las tasas de recambio de diferentes componentes de la MOS cambian continuamente. Los cambios en las fracciones lábiles del COS sería indicadores más sensibles para detectar tempranamente impactos de tecnologías de manejo sobre la capacidad productiva de los suelos, pero presentan inconvenientes operativos ya que responden a condiciones particulares del momento del muestreo (momento del año, temperatura, humedad del suelo) y precisan análisis de mayor complejidad y costo.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: El contenido del carbono orgánico del suelo (COS) se estimará a partir de una muestra compuesta de 4 submuestras al azar a lo largo de la transecta (Fig. 1) en el perfil 0-10 cm de suelo. Para la determinación de la densidad aparente del suelo (masa del suelo seca a estufa/volumen del cilindro) se recomienda la utilización del “método del cilindro” (Blake y Hartge, 1986). Para la medición se quitarán todos los residuos orgánicos (mantillo, hojarasca) antes de introducir el cilindro. Se recomienda determinado por el método de Walkley & Black de combustión seca.

La densidad aparente (DA) se calculará de la siguiente forma: $DA\left(\frac{t}{m^3}\right) = \frac{\text{masa de suelo seca en estufa (M)}}{\text{Volumen del cilindro (V)}}$

Para calcular las reservas de COS comúnmente se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Stock de COS} \left(\frac{t}{ha}\right) = \text{COS} (\%) \times \left[DA \left(\frac{t}{m^3}\right) \times \text{profundidad} (0,10 m)\right] \times 10000m^2$$

Debido a que el COS varía según la dinámica de la vegetación, la calidad de sitio forestal y disturbios naturales y antrópicos, se sugiere que el indicador esté basado en la diferencia porcentual respecto a un bosque de referencia. La variación del stock de COS entre usos del suelo (MBGI y bosque de referencia) se calcula para cada sitio de muestreo.

$$\Delta \text{stock COS} = (\text{stock COS}_{\text{mbgi}} - \text{stock COS}_{\text{r}}) / \text{stock COS}_{\text{r}}$$

Δ stock COS = variación del stock de COS en masa; Stock COS_r: stock de COS 0-10 cm en bosque de referencia; Stock COS_{MBGI}: stock de COS 0-10 cm en rodal con ganadería MBGI.

Se sugieren rangos para considerar la valoración del indicador:

1. Bajo contenido: Δ stock COS >0,40.
2. Moderado contenido: Δ stock COS 0,25 – 0,40.
3. Buen contenido: Δ stock COS 0,10 – 0,25.
4. Muy buen contenido: Δ stock COS <0,10.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,16 puntos**. En Patagonia sur, basado en el modelo de Estados y Transiciones, el principal sitio ecológico para ñirantales de Santa Cruz que representan el 80% de su superficie (159.720 ha) se desarrollan en una clase de sitio V (altura media de los árboles dominantes < 8 m), con temperaturas media anual de 5,0-6,2 °C, precipitaciones de 280- 600 mm, Evo de 950-1650 mm/año, Pendiente de 0° a 5°, altitud < 450 msnm, profundidad efectiva del suelo de 0,4-0,6 m y capacidad retención hídrica (capacidad de campo a 0,3 m profundidad) de 50 a 60%. El contenido de COS (0-10 cm) para el estado de referencia o la condición de mayor integridad del bosque de ñire para ese sitio ecológico es de 15,1-17,6 tn C/ha (Peri et al., 2017b).

INDICADOR 9: EROSIÓN DEL SUELO

CATEGORÍA: Suelo.

VERIFICADOR: signos de erosión hídrica y eólica.

COMO SE MIDE: presencia erosión laminar, cobertura y profundidad de surcos y cárcavas, presencia de plantas en pedestal y altura de pedestal.

FRECUENCIA DE MEDICION: Cada 2 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El suelo es el sostén de la producción forestal, ganadera, de alimentos y de los usos múltiples del bosque. La degradación más importante está vinculada al riesgo de erosión de los suelos con la consecuente pérdida de materia orgánica, fertilidad natural y la capacidad productiva de los campos. En Patagonia, la erosión del suelo es un proceso degradativo que disminuye la productividad del sistema productivo la cual puede ser provocada por un manejo inadecuado como la remoción excesiva de la cobertura vegetal. La erosión hídrica en campos con elevadas pendiente, es un proceso complejo de preparación y separación del material en partículas individuales (arcilla, limo y arena) y pequeños agregados por acción del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo. Las partículas desprendidas son arrastradas pendientes abajo por el escurrimiento superficial, lo cual produce, a su vez, el desprendimiento de nuevo material (Gaitán et al., 2017).

La presencia de erosión del suelo se discrimina como laminar, surcos y cárcavas. La erosión laminar se considera como el resultado de la disgregación de los elementos constitutivos del suelo por la lluvia y el escurrido, y de un flujo superficial, relativamente homogéneo en el espacio, del agua que mantiene en suspensión o arrastra los elementos terrosos arrancados. Se distingue cuando inmediatamente alrededor de las

plantas y objetos el nivel del suelo es superior, indicando que se ha removido una capa de suelo y el mantillo en las zonas aledañas. La erosión en surcos se considera esencialmente en el arrastre de partículas del suelo por el agua, siguiendo pequeños surcos que aparecen sobre la superficie topográfica perpendicularmente a las curvas de nivel. Cuando el surco se profundiza se origina una cárcava, lo cual se asocia a eventos de precipitación violentos. Su forma original es en "V", y pueden alcanzar profundidades de varios metros.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: La valoración del verificador de erosión de suelo se realiza en la transecta en forma de estimación visual.

1 = severa: >5% de erosión en surcos y/o presencia de cárcavas.

2 = moderada: >10 % de erosión laminar y/o presencia de surcos con <5% de la superficie.

3 = escasa: presencia de erosión laminar en una superficie < 10%.

4 = nula: sin erosión.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,04 puntos**, lo cual determina poca superficie de erosión en potreros con ñire.

INDICADOR 10: COMPACTACIÓN DEL SUELO

CATEGORÍA: Suelo.

VERIFICADOR: Compactación del suelo.

COMO SE MIDE: Densidad aparente del suelo en a una profundidad de 0-10 cm (gr/cm^3) o números de golpes usando un penetrómetro para una profundidad de 0-15 cm.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 3 años.

EXPLICACIÓN /CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La fertilidad física natural de los sitios se puede ver reducida por erosión hídrica o eólica o por compactación. Dependiendo de la textura de los suelos, la compactación por tránsito de animales en ocasiones puede tener efectos nocivos sobre la aireación del suelo, modificando la disponibilidad de agua y nutrientes a las plantas. El efecto de la presión que se observa mayormente en los 5 a 10 cm superficiales, es la eliminación de los poros de mayor tamaño (llenos de aire), lo cual incrementa la densidad aparente. Este efecto puede aumentar la capacidad de retención de agua de los suelos, al reemplazar los poros de mayor tamaño, por poros de menor tamaño (Sharrow, 2007).

El efecto de la compactación también depende del ajuste de carga y manejo animal. En bosques de ñire en Tierra del Fuego, Bahamonde et al. (2012c) determinaron que los valores de densidad aparente del suelo (0-15 cm) no variaron significativamente, con valores de 0,71 y 0,80 gr/cm^3 previo y posterior al uso con vaquillonas de raza Hereford de primer servicio (195 kg de peso vivo) bajo manejo rotativo.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Debido a que la densidad aparente depende del tipo del suelo (textura, contenido de materia orgánica) del bosque a monitorear, se propone tomar como referencia un bosque en buen estado de conservación ubicado en un sitio ecológico similar al de la comunidad bajo manejo.

La valoración del verificador de compactación del suelo se realizó con mediciones de densidad aparente (0-10 cm) en los mismos puntos de la transecta donde se muestrea para la determinación del contenido

de carbono orgánico total. Detalles metodológicos para la medición de la densidad aparente se presenta en la Ficha del Indicador 8 de medición del contenido de carbono orgánico del suelo.

Se proponen los siguientes umbrales para la valoración del indicador:

1 = severa compactación: aumento de la densidad aparente >20 % respecto al bosque de referencia.

2 = moderada compactación: aumento de la densidad aparente entre 10% y 20% respecto al bosque de referencia.

3 = escasa compactación: aumento de la densidad aparente < 10 % respecto al bosque de referencia.

4 = sin compactación evidente o significativa.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,68 puntos**, lo cual determina poca compactación de los suelos en potreros con ganadería.

INDICADOR 11: CONFIGURACIÓN ESPACIAL Y SUPERFICIE A NIVEL DE PREDIO

CATEGORÍA: Ambiente.

VERIFICADOR: Superficie de bosque, distancia entre parches de bosque, conectividad entre parches y con predios vecinos.

COMO SE MIDE: Análisis de imágenes de satelitales (Landsat).

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 5 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La configuración espacial y el tamaño de los elementos del paisaje predial son determinantes del nivel de provisión de servicios ecosistémicos de soporte y de biodiversidad. Siguiendo una aproximación de análisis de “Ecología del Paisaje” a escala predial, debemos determinar o describir los elementos del paisaje predial. Los clásicos elementos del paisaje son parches, matriz y corredores. Se propone una adecuación para los efectos de planes MBGI, ejecutados en el marco de la Ley de Bosques 26.331, identificando los siguientes elementos: a) parches de bosque; b) áreas de no-bosque y c) corredores de bosque (Figura 5). Los parches de bosque y las áreas de no-bosque se combinan a escala predial, y pueden estar conectados entre ellos por medio de corredores. Dado que el bosque, es un ecosistema complejo, que incluye componentes de vegetación más allá del componente arbóreo, la “conectividad del bosque” debe contemplar también los estratos inferiores, que poseen un rol central en la funcionalidad y en la generación de hábitat para la biodiversidad.

En la región patagónica, la heterogeneidad natural de la vegetación, amplificada por diferentes historias de uso e incendios, provocan una diversidad de estructuras vegetales. Comparando los índices (en promedios y variabilidad) de parches de vegetación observados y parches de referencia de bosque conocido (elegido dentro del mismo sitio ecológico que el parche observado y que cumpla con las definiciones locales de bosque), se podrá definir en un mapa predial, la ubicación y extensión de los elementos bosque, no-bosque y corredores de bosque (McGarigal, 2015; Basualdo et al., 2019). Actualizaciones sucesivas de este mapeo permitirán realizar los cálculos y seguimiento en el tiempo de este indicador.

Las métricas más utilizadas para cuantificar el tamaño y cantidad de parches son:

Porcentaje de Bosque: PPAI (%): Porcentaje de la superficie de bosques sobre el área total (de la unidad predial).

$$PPAI = 10,000 * \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{A_t}$$

Número de Parches: NUMP (# parches): Número total de parches de bosque en una unidad de análisis (predio).

$$NUMP = n$$

Tamaño Medio del Parche - MATP (hectárea): Tamaño medio de los parches en una unidad de paisaje. El valor por el que se multiplica la relación permite pasar de m² a hectáreas.

$$MATP = \left(\frac{1}{10,000} \right) * \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

siendo: A_i = área de cada parche, A_t = área total de la unidad de análisis, n = número de parches.

La configuración espacial es difícil de cuantificar y se refiere al carácter espacial y la disposición, posición u orientación de los parches dentro de la unidad de análisis. La configuración se puede cuantificar en términos de la relación espacial de parches y tipos de parches (por ejemplo, vecino más cercano, contiguo). Estas métricas son espacialmente explícitas. Dichas métricas representan un reconocimiento de que los procesos y organismos ecológicos se ven afectados por la configuración general de parches y tipos de parches dentro de la matriz. La Figura 1 muestra configuraciones espaciales como referencias para la valoración del indicador.



Figura 5. Esquema de configuraciones espaciales a escala predial como referencias para la valoración del indicador identificando los elementos parches de bosque, áreas de no-bosque y corredores de bosque.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Sobre el mapa que identifique los componentes de paisaje a escala predial, se propone asignar puntos de muestreo al azar, en una densidad mínima de un punto cada 200 hectáreas. En cada punto se evaluará si la estructura espacial de bosque / no bosque / corredores es “más adecuada” o “menos adecuada”, siguiendo los ejemplos indicados en la figura. Luego, calculando la frecuencia de observaciones por tipo, caracterizar el indicador a partir de las siguientes categorías:

1. Muy mala: más del 60% de los puntos de observación tienen una configuración espacial poco adecuada.
2. Mala: entre el 40 y el 60% de los puntos de observación tienen una configuración espacial poco adecuada.
3. Buena: entre el 20 y el 40% de los puntos de observación tienen una configuración espacial poco adecuada.
4. Muy buena: menos del 20% de los puntos de observación tienen una configuración espacial poco adecuada.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,56 puntos**. lo cual determina una muy buena configuración espacial de paisaje.

INDICADOR 12: CALIDAD DE HÁBITAT Y DE PROVISIÓN DE AGUA

CATEGORÍA: Ambiente

VERIFICADOR: Estabilidad y protección vegetal de la ribera en tramo de río o arroyo de 100 metros de largo.

COMO SE MIDE: Ranking de estabilidad protección vegetal de riberas

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 5 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: En la actualidad se sabe que uno de los servicios ambientales más importantes que prestan los ambientes boscosos es su efecto positivo sobre calidad del agua y la regulación de los cuerpos y cursos de ríos y arroyos (FAO, 2008). En este sentido son tres los elementos centrales a tener en cuenta en la evaluación: el cuidado de las cabeceras de cuenca, el de los márgenes de cursos y cuerpos de agua y la cobertura de las laderas. Roa García et al. (2011) resaltan que la transformación de las cabeceras de las cuencas hidrológicas de bosques a pastizales, reducen la capacidad de regulación de los flujos hídricos, disminuyendo el tiempo de residencia del agua en dichos sistemas.

En concordancia con el primer elemento, la mayoría de los Ordenamientos Territoriales de Bosque Nativos (OTBN) de Patagonia en el marco de la ley de Bosques 26.331, definieron como bosques de protección aquellos que se desarrollan por sobre los 450 metros de altitud por la protección de las altas cuencas (calidad de aguas) y protección de suelos poco profundos. El segundo elemento se refiere a las áreas de amortiguación de protección de la costa de ríos, arroyos mayores, lagos y lagunas mayores, que fueron definidas como de un ancho de 100 metros desde el borde de cada uno de estos elementos y podrán ser evaluados con el índice propuesto por Miserendino (2005). En relación al tercer elemento, existen modelos que indican que las intervenciones como raleos o tala rasa de los bosques produciría un aumento de los excesos hídricos, sobre todo aquellos ocurrido durante el invierno y primavera, que podrían traducirse en algún tipo de erosión hídrica, especialmente en zonas con elevada pendiente y con baja cobertura de vegetación. Si bien cuando se reduce la cobertura vegetal el suelo se ve rápidamente afectado por el incremento de la escorrentía (Molina et al., 2007), la velocidad de los flujos superficiales y sub superficiales, así como la del drenaje profundo, determinan la rapidez con la que los cauces responden a un evento de precipitación generando cambios en su caudal. En este

contexto, se denomina “tiempo de espera” al período registrado entre el evento de precipitación y el “pico de descarga”, o máximo caudal respecto a un “flujo basal” que es alcanzado luego del evento.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Para la evaluación de este indicador se debe seleccionar un tramo de río o arroyo de 100 metros de largo (o 40 veces el ancho mojado) dentro del potrero con bosque donde se desarrolla ganadería.

Basado en el índice de valoración de hábitat para ríos de montaña desarrollado por Miserendino (2005) se propone la consideración de 2 variables de fácil evaluación visual, que definen la calidad de un curso de agua: la estabilidad de su ribera y la protección de la ribera por plantas nativas. Para determinar la estabilidad de la ribera se debe observar exposición de raíces y suelos, bancos desprotegidos por falta de vegetación y erosión por pisoteo de ganado (se realiza la estimación en cada ribera por separado). Para el grado de protección vegetal de la ribera, se tiene en cuenta las características de la vegetación arbórea nativa del área ribereña en el área y en el tipo de arroyo. En algunas regiones las exóticas han reemplazado la vegetación nativa e incluso colonizan áreas en donde no hay nativas que puedan competir (ej., sauces introducidos). En áreas de intenso pastoreo siempre será mejor la existencia de una zona riparia buffer que si no existe.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Considerando la estabilidad de su ribera y la protección vegetal de la ribera, se sugiere la siguiente valoración del indicador (Tabla 10).

Tabla 10. Valoración e interpretación del indicador.

Variable	Pobre	Marginal	Subóptimo	Óptimo
Estabilidad de la ribera	Inestable, varias áreas erosionadas, áreas desnudas frecuentes a lo largo de secciones rectas y en meandros, se observa desprendimiento de ribera. >60% de la ribera con cicatrices de erosión.	Moderadamente inestable, 30-60 % del banco en el tramo tiene áreas erosionadas, erosión potencial alta durante crecidas.	Moderadamente estables, áreas erosionadas pequeñas e infrecuentes, mayormente en retroceso. 5-30% de la ribera tiene áreas erosionadas.	Riberas estables, evidencia de erosión o fallas en la ribera ausentes o mínimas. Bajo potencial para futuros problemas. Menos del 5% de la ribera afectada
Protección vegetal de la ribera	Menos del 50% de las superficies de la ribera cubiertas con vegetación, vegetación arbórea de los márgenes muy alterada	50-70% de las superficies de la ribera cubiertas con vegetación, vegetación arbórea en parches, herbáceas con menos de la mitad de su altura potencial	70-90% de las superficies de la ribera y de la zona riparia inmediata cubierta de vegetación arbórea nativa, una de las clases de plantas no está bien representada, interrupciones evidentes, pero no afectando el potencial crecimiento de las plantas, herbáceas con más de la mitad de su altura potencial	Más del 90% de las superficies de la ribera y de la zona riparia inmediata cubierta de vegetación nativa, incluyendo árboles, arbustos, herbáceas. Alteraciones por pastoreo o movimiento de animales mínimo o no evidente.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,11 puntos**, lo cual resalta la importancia de mantener coberturas arbóreas que mejoren la infiltración del agua y reduzca la escorrentía superficial, como así también evitar el acceso de los animales a los márgenes de cuerpos y cursos de agua para evitar la destrucción de los taludes. Así, mientras mayor sea la degradación del suelo menor será la posibilidad de sostener una cobertura vegetal, generándose una retroalimentación positiva que incrementa la erosión y la respuesta hidrológica (menor tiempo de espera) a un evento de precipitación.

INDICADOR 13: CALIDAD DE AGUA DE ARROYOS Y RÍOS

CATEGORÍA: Ambiente.

VERIFICADOR: Índice de calidad de aguas de ríos patagónicos basado en macro invertebrados bentónicos o presencia y cantidad de coliformes en agua.

COMO SE MIDE: Categorías de calidad de agua.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Cada 2 años.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Los cursos y cuerpos de agua son de alto valor por la importancia del agua como recurso de consumo humano y animal. Considerando que una parte importante de los bosques está asociada a cursos de agua, el uso de los mismos con actividad ganadera podría tener efectos negativos sobre la calidad del agua.

En este sentido, existen antecedentes de efectos del ganado como (i) disminución de la escorrentía superficial por compactación del suelo debido a altas cargas animales lo cual genera una mayor deposición de material orgánico sobre los cauces (Lowrance et al., 2002); (ii) aumento de nitrógeno (N) y fósforo (P) por deyecciones animales (heces y orina) ya sea por lavado o deposiciones directas cuando los animales beben en los cursos de agua (Zaimes y Schultz, 2002). Por ejemplo, Tufekcioglu et al. (2013) estimaron que el 72% de los sedimentos en suspensión y el 55% del P de un curso provinieron de una superficie inferior al 3% que se correspondió con el lugar de acceso de los animales.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Se recomienda realizar el muestreo de calidad de agua en el mismo tramo de río o arroyo de 100 metros de largo (o 40 veces el ancho mojado) dentro del potrero con bosque donde se desarrolla ganadería que se realiza la estimación del indicador calidad de hábitat y de provisión de agua de arroyos y ríos (Ficha 12). En cada punto de muestreo se sugiere realizar los siguientes análisis de calidad de agua según a los métodos establecidos en estándares internacionales descritos en Eaton et al. (2005): nitratos (Método SM 4500 B), sólidos suspendidos disueltos totales (SS) (Método SM 2540 B), bacterias coliformes (BC) y presencia de *Escherichia coli* (Método IMVIC) (Método SM 9221).

Como umbral para BC se toma el límite establecido para aguas de consumo humano de acuerdo al Código Alimentario Argentino (CAA) (valor máximo aceptado para BC: 3,0 NMP/100 ml). Para SS, en el CAA se plantea un valor límite máximo de este parámetro para consumo humano de 1500 mg/litro y para nitratos el límite máximo es de 45 mg/litro (Tabla 11).

Tabla 11. Valoración e interpretación del indicador propuesto.

Categorías de calidad de agua	BC (NMP/100 ml)	SS (mg/litro)	Nitratos (mg/litro)	Presencia <i>E. coli</i> en 100 ml
1. Fuertemente poluída	>3,0	>1500	>45	presencia
2. Regular poluída	2,1 – 3,0	1000 - 1500	35 - 45	ausencia
3. Polución incipiente	1,0 – 2,0	500 -1000	25 - 34	ausencia
4. Limpia	<1,0	<1000	<25	ausencia

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,24 puntos**, lo cual resalta que los sólidos suspendidos, nitratos y dureza fueron los parámetros que fueron mayores en los lugares con uso ganadero en bosques de ñire. Esto sugiere que debería prestarse especial atención a los sitios en donde los animales acceden a los cursos de agua, evitando que los mismos ingresen de manera indiscriminada.

INDICADOR 14: PRODUCCIÓN FORESTAL

CATEGORÍA: Forestal.

VERIFICADOR: Intensidad de cosecha actual.

COMO SE MIDE: Volumen de productos forestales leñeros y madereros extraídos.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Antes y después de la aplicación de tratamientos silvícolas programados como prácticas de manejo.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La propuesta silvícola en MBGI combina criterios económicos y ecológicos que contempla 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 (Peri et al., 2016a). 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 realización de raleos tiene por objetivo incrementar el crecimiento y la calidad maderera del dosel remanente, mantener la cobertura dentro de los límites de manejo aumentando la oferta forrajera y la obtención de productos madereros. La apertura del dosel depende del régimen 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.

Para los bosques de ñire, se generó un índice de densidad de rodal, independiente de la edad del rodal y la calidad de sitio (Fig. 6), 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 facilita la toma de datos durante los inventarios forestales, siendo necesaria solo la determinación de las variables densidad y área basal para estimar la intensidad de los raleos frente a una cobertura de copas determinada.

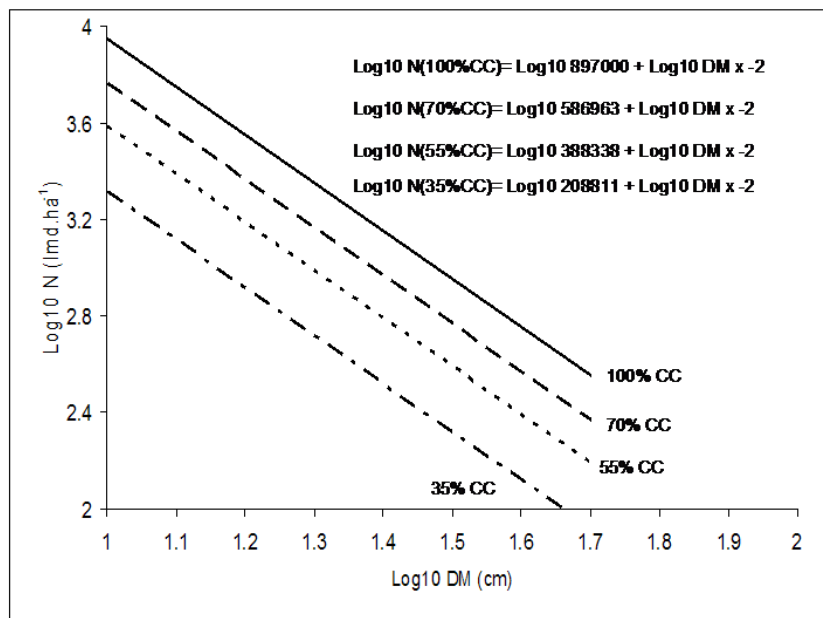


Figura 6. Modelos de predicción de la densidad de un bosque de *Nothofagus antarctica*, de acuerdo al diámetro medio y a diferentes coberturas de copa (35, 55, 70, 100%). N: densidad; DM: diámetro medio; y CC: cobertura de copas.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Basado en la superficie productiva de bosque del predio, los datos de inventario forestal, la intensidad de raleo y los incrementos volumétricos para diferentes calidades de sitio u estado del bosque (por ejemplo, Ficha 2 Indicador capacidad productiva forestal), se propone utilizar el criterio de posibilidad del bosque. Es decir, la posibilidad se define como el producto maderero que se puede extraer de un bosque, de modo que se mantenga una tasa de extracción uniforme del mismo a lo largo del tiempo coincidente con la tasa de crecimiento de la masa forestal del predio. Se sugieren los siguientes umbrales para la valoración del indicador, cuya base de comparación es el bosque de referencia:

1 = Aprovechamiento forestal (m³/año) del predio >40 % respecto a la posibilidad del bosque

2 = Aprovechamiento forestal (m³/año) del predio 21-40 % superior respecto a la posibilidad del bosque

3 = Aprovechamiento forestal (m³/año) del predio 1-20 % superior respecto a la posibilidad del bosque

4 = Aprovechamiento forestal (m³/año) del predio igual o inferior a la posibilidad del bosque

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,08 puntos**, lo cual resalta el bajo aprovechamiento en la provincia que se entra principalmente en el uso de leña y postes. Integrando el conocimiento generado (Peri et al., 2016a,b; 2017c) 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. 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).

INDICADOR 15: PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM)

CATEGORÍA: Forestal.

VERIFICADOR: Disponibilidad anual de PFNM por tipo.

COMO SE MIDE: Muestreo en transectas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Antes y después de la aplicación de disturbios programados como prácticas de manejo.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Los productos forestales no madereros (PFNM) resultan de gran importancia económica, social y ambiental. Entre las fuentes de los PFNM se encuentran una gran variedad de árboles, arbustos, hierbas, musgos, líquenes, helechos, hongos que son utilizados con fines alimenticios, aromáticos, artesanales, farmacéuticos, medicinales y tintóreos. En los Bosques Andino Patagónicos existe una enorme variedad de frutos silvestres que los habitantes utilizan frescos o elaborados como la frutilla silvestre (*Potentilla chilensis*), el maqui (*Aristotelia chilensis*), el calafate (*Berberis microphylla*), la chaura (*Gaultheria mucronata*), la parrilla (*Ribes magellanicum*), la zarzaparrilla (*Muehlenbeckia hastulata*) y la parrillita (*R. cucullatum*), entre otros. Otras especies se usan para condimentar los alimentos, como el canelo (*Drimys winteri*) en reemplazo de la pimienta, el quin-quin (*Osmorhiza chilensis*) en lugar del eneldo y el culle colorado (*Oxalis andenophylla*) como sustituto del limón. Además, sobre algunas especies del género *Nothofagus* crece un hongo conocido como pan de indio (*Cyttaria darwinii*), cuya fructificación formaba parte importante de la dieta de los pueblos originarios. Otros hongos de gran valor

comestible son los del género *Morchella* spp. (en especial en bosques de ciprés, pero también en diversos bosques de ñire y de roble pellín). Con la caña coligüe (*Chusquea culeou*) se construyen muebles, cercos, corrales y partes de viviendas. Desde el punto de vista ornamental, es ampliamente utilizado el helecho *Rumohra adiantiformis* y en menor medida la hemiparásita *Usnea* spp.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: A pesar de la diversidad de PFSM, es difícil encontrar referencias bien documentadas para establecer umbrales de valoración. Por lo tanto, se propone un método de aplicación genérica, el cual puede mejorarse para monitorear PFSM específicos, en mayor detalle y con tasas de producción. Para la construcción del indicador se propone identificar en el plan de manejo (y verificar con sus actores) un listado de productos forestales no madereros, sobre los cuales haya un interés de uso. El indicador trabajará sólo sobre éstos PFSM y no sobre todos los potenciales.

Para los PFSM de interés, se necesita estimar la cosecha anual en función de la productividad cosechable estimada y los objetivos y expectativas del productor, las que debieran estar adecuadamente identificadas en el plan de manejo. A partir del potencial de producción cosechable y la cosecha pretendida, y considerando la experiencia del productor, datos locales disponibles y otras fuentes de información, se debe estimar la cantidad de PFSM necesarios sin generar la degradación del recurso. Esta es la etapa más crítica del indicador, y es la que se espera que se mejore en su definición a partir de nuevas investigaciones y aportes de conocimiento.

En la transecta de monitoreo a campo debe incorporarse el registro de los PFSM, y estimar su densidad por hectárea. Esta densidad de PFSM se multiplica por la superficie afectada a la cosecha del mismo, considerando variables como la accesibilidad y la real disponibilidad de PFSM. No debería afectarse superficie a la oferta del PFSM donde no se tenga certeza de su presencia o de la capacidad de considerarla área de cosecha.

La estimación de oferta de cada PFSM disponibles, se contrasta con la expectativa de cosecha pretendida, y se evalúa el indicador usando las siguientes categorías:

1 = muy escasa o nula: la oferta de más de la mitad de los PFSM de interés no alcanza a cubrir las unidades fuente demandadas, y no se puede equilibrar ampliando la superficie de cosecha.

2 = escasa: la oferta de unidades fuente de más de la mitad de los PFSM de interés no alcanza a cubrir las unidades fuente demandadas, pero se puede equilibrar ampliando la superficie de cosecha disponible dentro del predio.

3 = buena: la oferta anual de unidades fuente de todos los PFSM iguala o supera en menos de dos veces las unidades fuente demandadas, sin necesidad de ampliar la superficie de cosecha asignada.

4 = muy buena: la oferta de unidades fuente de todos los PFSM de interés supera en más de 5 veces las unidades fuente demandadas, sin necesidad de ampliar la superficie de cosecha asignada.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire **no se registró actividad** actual de aprovechamiento de los PFSM.

Observaciones: Para Patagonia Sur, existen recomendaciones prácticas para la utilización sostenible de los bosques de ñire en la recolección de sus hojas para la elaboración de distintos productos como tintes, infusión y bebidas (Mattenet et al., 2018). En el trabajo recomiendan: 1. Realizar la cosecha de forma manual; 2. Recolectar el 30% de los árboles del área de recolección; 3. Extraer como máximo el 20% del follaje disponible de cada árbol o hasta 600 gr de hojas verdes, priorizando la recolección en aquellos que muestren un crecimiento vigoroso; 4. La altura máxima de cosecha será aquella a la que el operario pueda acceder desde el suelo; 5. La cosecha se debe realizar presionando las hojas contra las ramas con la mano y tirando hacia la parte más fina de ésta para extraer así un puñado de hojas (evitar cortar o quebrar las ramas); 6. realizar la cosecha durante la floración de la especie. El momento óptimo para la cosecha es aquel que nos permita obtener hojas en su punto máximo de sabor y aroma; 7. Alternar los lugares de recolección, brindando un periodo de descanso a los árboles de un rodal de al menos dos años.

INDICADOR 16: PRODUCCIÓN GANADERA DE CARNE

CATEGORÍA: Ganadería

VERIFICADOR: Kilogramos de carne por hectárea/año

COMO SE MIDE: Información productor/registros de venta

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La producción del componente animal representa el principal ingreso anual en estos sistemas productivos y se sustenta en el pastizal nativo conformado en varias zonas por especies naturalizadas de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* y *T. repens* (Peri et al., 2012). Este indicador es sensible a las prácticas silvícolas, implantación de pasturas y reserva forrajeras ya que influye en oferta y calidad forrajera, como así también depende del tipo de manejo animal (rotativo, continuo, veranada-invernada) y ajuste de carga que se realicen en predios bajo manejo MBGI.

La cría de bovinos, generalmente está asociada a las áreas de precordillera y a las áreas de mayor potencial forrajero de la Estepa Magallánica. 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). Sin embargo, Ormaechea et al. (2018) a escala de establecimiento con bosques de ñire en Tierra del Fuego y ciclo completo, generaron una propuesta de manejo bovino que incorpora la evaluación de pastizales, la separación de ambientes y el pastoreo rotativo, con una producción de carne de hasta 26 Kg/ha/año. Ormaechea et al. (2014) cuantificaron la producción animal de ovinos (cordero y lana) a escala espacial de establecimiento y temporal (ciclo productivo) real de producción durante 2 años en la provincia de Santa Cruz, donde se determinó una producción de carne de 8,1 a 12,6 kg cordero/ha/año).

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Basado en la información regional se sugieren las siguientes clases para este indicador según ganado bovino (cría) y ovino (cordero) (Tabla 12).

Tabla 12. Valoración e interpretación del indicador propuesto.

Categoría	Ganado vacuno (kg/ha/año)	Ganado ovino (kg cordero /ha/año)
1 = muy escasa	<5 kg/ha/año	<2 kg/ha/año
2 = escasa	5 - 15 kg/ha/año	2 - 6 kg/ha/año
3 = buena	15 - 30 kg/ha/año	6 - 10 kg/ha/año
4 = muy buena	>30 kg/ha/año	>10 kg/ha/año

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,45 puntos** para bovinos y de **2,12 puntos** para ovinos.

INDICADOR 17: PRODUCCIÓN GANADERA DE LANA

CATEGORÍA: Ganadería.

VERIFICADOR: Kilogramos de lana por hectárea/año.

COMO SE MIDE: Información productor/registros de venta.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual.

EXPLICACION /CARACTERIZACION DEL INDICADOR: En Patagonia, la producción ovina es una de las principales actividades ganaderas, de la cual se obtiene como productos principales lana cruda fina y carne de cordero. Los sistemas laneros predominan en la zona árida de la región. En zonas con precipitaciones mayores a 200 mm anuales (ej. al sur del Río Santa Cruz, en Tierra del Fuego y en algunas zonas de la provincia del Chubut), predominan los sistemas doble propósito carne/lana basados mayoritariamente en la raza Corriedale con producción de lanas cruzas y cruzas finas, y en menor proporción Dohne Merino, Poll Merino y otras razas, que si bien son doble propósito carne/lana, se caracterizan por una producción de lana fina.

La producción de lana depende de la raza, la edad, el sexo y el clima, así como diferentes variables dentro del manejo animal (plan sanitario, suplementación, aplicación de PROLANA). Para los establecimientos ganaderos ovinos de Patagonia Sur con bosques de ñire, la producción media de lana por animal es de 4,7 Kg/animal, con valores de carga animal que fluctúan entre 0,60 y 0,65 ovejas/ha (Ormaechea et al., 2009). A nivel de establecimiento y ciclo productivo completo, Ormaechea et al. (2014) determinaron bajo dos tipos de manejo animal (manejo con separación de Ambientes y manejo tradicional de pastoreo) en ovejas Corriedale de 6 dientes una producción de lana que fluctúa entre 1,1 y 1,6 kg lana/ha/año).

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Basado en la información regional se sugieren las siguientes clases para este indicador:

- 1 = muy escasa: <0,5 kg lana/ha/año
- 2 = escasa: 0,5 – 1,0 kg lana/ha/año
- 3 = buena: 1,0 – 1,5 kg lana/ha/año
- 4 = muy buena: >1,5 kg lana/ha/año

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,22 puntos**.

INDICADOR 18: EFICIENCIA PRODUCTIVA GANADERA

CATEGORÍA: Ganadería.

VERIFICADOR: Porcentaje de destete/señalada referido al total de vientres que entraron en servicio.

COMO SE MIDE: Información productor/registros de venta.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El porcentaje de destete, se considera un buen indicador del manejo ganadero en sistemas de cría o mixtos. El valor resume el resultado del manejo del

rodeo de bovinos o majadas de ovinos en los aspectos nutricionales, reproductivos y sanitarios. Es posible mejorar el índice a través de un plan de manejo animal como el ajuste de carga para lograr un buen estado corporal de los vientres al momento del parto), evitar retención de vientres que no parieron en el año (muchas veces poco fértiles) y deficiencia de los toros, aplicar suplementación estratégica, entre otros.

En ovinos, la característica regional es la baja eficiencia productiva, expresada en términos de corderos señalados por oveja encarnerada (% de señalada), la cual fluctúa de 50-55% en la Costa de Chubut y Meseta Central de Santa Cruz a 75% en la estepa Fuegina y estepa magallánica húmeda de Santa Cruz (Iglesias et al., 2015). Con respecto a los índices productivos regionales en bovinos, porcentaje de destete varía de 55 a 80%.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Considerando los índices de destete y señalada promedio de la región Patagónica para la zona cordillerana, se propone considerar los siguientes umbrales (Tabla 13).

Tabla 13. Valoración e interpretación del indicador.

Categoría	Ganado vacuno (% destete)	Ganado ovino (% señalada)
1 = muy escasa	<55 %	<50%
2 = escasa	55 – 75 %	50 – 70 %
3 = buena	75 – 95 %	70 – 90 %
4 = muy buena	>95 %	>90 %

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **3,45 puntos** para bovinos y de **3,13 puntos** para ovinos.

INDICADOR 19: GRADO DE SATISFACCIÓN

CATEGORÍA: Percepción.

VERIFICADOR: Satisface las expectativas o soluciona las necesidades de los actores sociales involucrados.

COMO SE MIDE: Encuesta: situación actual referida a situación inicial, de modo de expresar cumplimiento de expectativas o resolución de problemas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Bianual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Al abordar los indicadores sociales de la sustentabilidad para MBGI es importante tener en cuenta el carácter heterogéneo de éstos y los procesos de cambio que involucran a la sociedad. Es decir, dentro de los denominados actores sociales o usuarios de los Planes de Manejo, existe diversidad en cuanto a los aspectos más subjetivos de cada individualidad, en cuanto a percepciones, preferencias, necesidades y opiniones. Adicionalmente, las percepciones cambian con el tiempo considerando situaciones y condiciones cambiantes o nuevas (Harshaw et al., 2007).

Tratándose de un indicador basado en la percepción de los sujetos sociales, y por lo tanto determinado por la subjetividad del concepto de satisfacción, es necesario “objetivar” el concepto a través de la comprensión de los ejes de percepción de satisfacción por parte de los productores. En el momento de inicio del proceso de elaboración del plan MBGI, se debe enfocar la encuesta a objetivar las expectativas de superación que tienen a partir de ejecutar el plan.

Los satisfactores podrían referirse por ejemplo a:

- (i) Mejora de la autoestima del o de los productores.
- (ii) Incorporación y/o reconocimiento de mujeres y jóvenes en función productiva.
- (iii) Recuperación de prácticas culturales, recuperación / valorización de destrezas locales.
- (iv) Valorización de productos tradicionales.
- (v) Incorporación de nuevas destrezas (acceso a formación)
- (vi) Posicionamiento social del o de los productores.
- (vii) Facilidad para incorporar las nuevas actividades.
- (viii) Mejora en los ingresos familiares.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: A las preguntas coloquiales, que ayudarán tanto al encuestador como al encuestado a comprender en mejor medida los ejes de la percepción de la satisfacción por parte del productor, tratamos de calificarlas para poder medir el grado de satisfacción. Para esto, identificados los satisfactores a los cuales el productor otorga mayor relevancia, se los califica mediante niveles o grados. La pauta sugerida para cada verificador seleccionado es:

- 1: empeoró la situación inicial
- 2: no se modificó la situación inicial
- 3: mejoró muy poco la situación inicial
- 4: mejoró notablemente la situación inicial

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,07 puntos**. Este indicador hizo referencia a la valoración de la “condición del productor”, es decir como el productor califica su condición en relación al manejo predial.

INDICADOR 20: GRADO DE ADOPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

CATEGORÍA: Adopción.

VERIFICADOR: Ampliación de superficie bajo plan de manejo, reinversión, aportes del productor al manejo sostenible.

COMO SE MIDE: Cualitativo, a través de encuesta con ejes semi-estructurados y preguntas abiertas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Bianual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: A través de este indicador se busca medir si la propuesta del Plan de Manejo ha dado buen resultado para sus usuarios. Para ello se medirá qué instrumentos y “maneras de hacer su trabajo” ha cambiado el productor, qué opinión le merece ese cambio, qué cosas no le satisficieron, que dificultades encontró y por qué, que mejorías identificó y qué cambios tuvo que hacer en el Plan de Manejo inicial.

Una de las claves en la adopción de las tecnologías es el acompañamiento y los métodos de la transmisión. El manejo adaptativo como marco de MBGI y las experiencias de investigación/experimentación participativa constituyen herramientas adecuadas para poder transmitir la complejidad de la tecnología y el éxito de su adopción.

Hechos significativos en la adopción de tecnología se producen cuando el productor introduce modificaciones o innovaciones al Plan de Manejo, o cuando invierte nuevos recursos para mejorarlo. Esto es

de gran importancia ya que significa la reinterpretación de la adopción tecnológica desde sus propias representaciones y/o prácticas cotidianas.

Para facilitar la interpretación, se sugiere desdoblar el Plan de Manejo MBGI en sus componentes por actividad (forestal, ganadera) (Sánchez Toledano et al., 2013).

Algunos verificadores que pueden ser de utilidad para valorar el indicador son:

(i) Grado de participación en el diseño del plan por parte del productor.

(ii) Apropiación del plan por parte del productor.

(iii) Inversión en el plan.

(iv) Introducción de modificaciones / adaptaciones por parte del productor dentro del marco de la sustentabilidad.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Se sugiere valorar el grado de adopción del Plan de Manejo MBGI de la siguiente manera:

1: cuando la tecnología no fue adoptada o lo fue en grado menor (un cuarto de los elementos que componen el conjunto tecnológico de MBGI)

2: cuando la tecnología fue adoptada a medias

3: cuando la tecnología fue adoptada en gran parte (tres cuartos de los elementos que caracterizan la tecnología fueron adoptados)

4: cuando existe adopción total e innovación (modificaciones realizadas en pos de la productividad del aumento en la sustentabilidad del sistema o de la disminución en la carga de trabajo obteniendo los mismos resultados).

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,38 puntos**, lo cual determina una adopción media o moderada de tecnologías.

INDICADOR 21: TRABAJO

CATEGORIA: Trabajo.

VERIFICADORES: (i) Cantidad: mano de obra directa (permanente y temporaria) empleada anualmente por el sistema productivo. (ii) Calidad: acceso a capacitaciones, empleo legal, seguridad en el trabajo, acceso a sistemas de salud y previsión social, tiempo libre.

COMO SE MIDE: Registros y encuestas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Bianual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: Este indicador se fundamenta en el consenso de que el trabajo es fuente de bienestar a nivel socio-económico y comunitario (Harshaw et al., 2009). A través de este indicador se explora la cantidad y calidad de trabajo generado por la unidad productiva que implementa el plan de manejo MBGI. En este marco, es importante contar con un registro donde figure la cantidad y el rol/función de cada uno de los trabajadores de la unidad de producción, el tipo (ej. asalariado o mano de obra familiar) y la variación anual o temporal en la cantidad de puestos de trabajo.

A través de registros o encuestas, se sugiere relevar la mano de obra ocupada en las diferentes actividades, previas al plan (línea de base) y las resultantes de la ejecución del plan MBGI. Datos a considerar son la cantidad de horas requeridas y cambios en la eficiencia en el cumplimiento de las tareas. Estos datos

objetivos, se complementan con preguntas (cuestionario-entrevista) donde se busca registrar la percepción de cada trabajador sobre su tarea.

En cuanto a calidad de trabajo, algunos ítem a tener en cuenta son:

- Mano de obra en blanco (ajustada a ley laboral)
- Cumplimiento de medidas de seguridad adecuadas a función laboral.
- Acceso de los empleados a capacitación.
- Participación de los empleados en las ganancias o premios por producción.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: A partir de los datos que surgen de encuestas y registros, se sugiere la siguiente valoración:

- 1: El trabajo en los últimos 5 años, disminuyó en cantidad o en calidad del trabajo
- 2: El trabajo en los últimos 5 años mantuvo estable la cantidad y calidad del trabajo
- 3: Aumentó la cantidad y/o la calidad de trabajo en los últimos 5 años.
- 4: Aumentó cantidad y calidad de trabajo en los últimos 5 años.

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,15 puntos**, lo cual determina una adopción media o moderada de tecnologías.

INDICADOR 22: RESULTADO ECONÓMICO

CATEGORÍA: Economía.

VERIFICADORES: Margen Neto (MN), Margen Bruto (MB) o Ingreso Bruto (IB).

COMO SE MIDE: Registros de costos e ingresos, y encuestas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: El resultado económico de un Plan Predial se evaluará a través de diferentes verificadores, dependiendo de la tipología del productor y la posibilidad de acceder a registros que posibiliten su cálculo.

Para predios manejados bajo un concepto de empresa, el verificador que mejor se ajusta es el Margen Neto ya que ofrece un valor ajustado del rendimiento de las inversiones. En cambio, en el otro extremo, en predios de pequeños productores es más adecuado el Ingreso Bruto, por estar en mayor sintonía con el concepto de producción y economía de ese tipo productivo.

Si bien a los fines del análisis multidimensional el indicador asumirá un valor resumen del desempeño del predio, es importante realizar análisis económico de cada subsistema productivo (ganadería, forestal).

Cálculo de los verificadores propuestos:

$$\text{Margen Neto (MN)} = \text{MB} - \text{GF}$$

$$\text{Margen Bruto (MB)} = \text{IB} - \text{GD}$$

$$\text{Ingreso Bruto (IB)} = \text{IV} + \text{DInv} + \text{TInt} + \text{AC}$$

GF: Gastos Fijos (amortizaciones, arrendamientos, mano de obra fija)

GD: Gastos Directos (insumos, contratación de mano de obra, compra de hacienda, amortizaciones directas)

IV: Ingreso por ventas (hacienda, lana, leche, madera)

DInv: Diferencia de inventario (+/-)

Tint.: Transferencias y/o cesiones (a otro subsistema de la unidad productiva).

AC.: Auto consumo

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: Para valorar este indicador deben tomarse como punto de referencia a la situación inicial del verificador (valor al momento “0”) y un valor objetivo (valor del verificador que se propone alcanzar en el Plan de Manejo MBGI) que puede estar expresado como un aumento porcentual del valor en el inicio del plan en el predio.

En función de estas referencias, se calificará al indicador entre un valor de 1 (mal desempeño de este indicador) y 4 (muy buen desempeño del indicador), dependiendo de que el verificador se mantenga o empeore con respecto a la situación inicial, mejore levemente sin alcanzar los objetivos o los supere.

1: La implementación del Plan de Manejo MBGI, disminuyó en más del 10% el Margen Neto (MN), Margen Bruto (MB) o Ingreso Bruto (IB) respecto a la situación previa

2: La implementación del Plan de Manejo MBGI, mantuvo el MN, MB o IB del predio respecto a la situación previa

3: La implementación del Plan de Manejo MBGI, aumentó hasta un 20% el MN, MB o IB del predio respecto a la situación previa

4: La implementación del Plan de Manejo MBGI, aumentó más de 20 % el MN, MB o IB del predio respecto a la situación previa

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **2,38 puntos**, principalmente basado en el margen bruto.

INDICADOR 23: CAPACIDAD DE GESTIÓN

CATEGORÍA: Gestión.

VERIFICADORES: Posibilidad de acceso a créditos, acceso a la tecnología, gestión de riesgos, contingencias o nivel de asociativismo (grupo de cambio rural, mesas de desarrollo, comunas)

COMO SE MIDE: Registros y encuestas.

FRECUENCIA DE MEDICIÓN: Anual.

EXPLICACIÓN/CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR: La aplicación de los 7 lineamientos técnicos de MBGI requiere en muchos casos de inversiones (por ejemplo, alambrado para separación de ambientes, manejo del acceso del agua, suplementación invernal para animales, prevención y control de incendios forestales). En este contexto, las posibilidades y condiciones de financiamiento constituyen un factor muy importante, ya sea desde una perspectiva de corto plazo (financiamiento gastos raleos y comercialización), o desde los requerimientos de inversión de largo plazo (financiamiento para renovar el parque de maquinarias, realizar mejoras, adquirir nuevas instalaciones o poner en marcha nuevas alternativas productivas).

Las actividades agropecuarias poseen rasgos particulares e intrínsecos en su ciclo de negocios, como son la estacionalidad, los riesgos climáticos o la variación de precios, que dan lugar al desarrollo de necesidades de financiamiento específicas. Cuando los productores dejan de tener acceso al financiamiento bancario (créditos) pueden aparecer aparecen fenómenos de iliquidez, disminución de ventas, contracción de rentabilidad y caída de negocios. Además, las intervenciones relacionadas al financiamiento del sector productivo deben atender otros de los principales retos vinculados a la agricultura y la gestión de recursos naturales, como son la gestión de riesgos ante la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático como

sequías extremas. Para MBGI en particular, existen otras fuentes de financiamiento no bancarias como la Ley Ovina o subsidios para el manejo sustentable de bosques proveniente de la Ley de Bosques 26.331.

Por otro lado, es importante para los productores tener la posibilidad de acceso a nuevas tecnologías en el marco MBGI que mejore en la productividad del predio bajo un manejo sustentable del bosque. El sistema de innovación agrícola argentino tiene un mecanismo de flujo de conocimiento y tecnología que abarca un amplio rango de actividades e instituciones con fuertes conexiones nacionales e internacionales y participación público-privada. Por ejemplo, el sistema de extensión rural del INTA es uno de los principales mecanismos de transferencia tecnológica con un enfoque de apoyar el desarrollo de capacidades de innovación, capacitación, desarrollo rural, y a la administración sostenible de recursos naturales (Trigo y Ciampi, 2018). Por ejemplo, el instrumento operativo principal es el Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural Sostenible (PROFEDER), que apoya el fortalecimiento de organizaciones de productores, los grupos más vulnerables y las redes de consenso participativo que comparten innovaciones.

A su vez, la interacción con las instituciones gubernamentales, tanto administrativas como de Ciencia e Investigación, pueden ser consideradas como una puerta valiosa, tanto para la mejora de los niveles tecnológicos, como en las posibilidades de aplicación a fondos que faciliten la implementación del manejo propuesto.

VALORACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR: En la valoración de este indicador se sugiere tomar como referencia a la situación inicial del verificador (valor al momento “0”) y un valor que se propone alcanzar en el Plan de Manejo MBGI expresado como un aumento porcentual del valor en el inicio del plan en el predio.

En función de estas referencias, se calificará al indicador entre un valor de 1 (mal desempeño de este indicador) y 4 (muy buen desempeño del indicador), dependiendo de que el verificador se mantenga o empeore con respecto a la situación inicial, mejore levemente sin alcanzar los objetivos o los supere.

1: La implementación del Plan de Manejo, disminuyó o mantuvo el acceso a créditos o subsidios, el acceso a nuevas tecnologías y la gestión de riesgos o contingencias respecto a la situación previa

2: La implementación del Plan de Manejo, permitió acceder sólo a nuevas tecnologías respecto a la situación previa

3: La implementación del Plan de Manejo, permitió acceder a créditos o subsidios, y nuevas tecnologías respecto a la situación previa

4: La implementación del Plan de Manejo, determinó el acceso a créditos o subsidios, el acceso a la tecnología y la gestión de riesgos o contingencias respecto a la situación previa

Para los predios de Santa Cruz con bosques de ñire el promedio de este indicador fue de **1,57 puntos**.

Bibliografía

- Bahamonde H., Peri P.L., Alavarez R., Barneix A., Moretto A., Martínez Pastur G. (2012a) 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. (2012b) 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., Peri P.L., Gargaglione V., Ormaechea S., Ceccaldi E. (2012c) Pisoteo animal en un bosque de ñire bajo uso silvopastoril en Tierra del Fuego, Argentina. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, pp. 177, Ediciones INTA. Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo 2012.
- 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. (2013b) Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87: 259-271.
- 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., Lencinas M.V., Martínez Pastur G., Monelos L., Soler R., Peri P.L. (2018) 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.
- Baselga A., Jiménez-Valverde A. (2007) Environmental and geographical determinants of beta diversity of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Iberian Peninsula. *Ecological Entomology* 32(3): 312-318.
- Basualdo M., Huykman N., Volante J.N., Paruelo J.M., Piñeiro G. (2019). Lost forever? Ecosystem functional changes occurring after agricultural abandonment and forest recovery in the semiarid Chaco forests. *Science of the Total Environment* 650 – 1537:1546.
- Blake G.R., Hartge K.H. (1986) Bulk Density. En: A. Klute (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Pp. 363-375. ASA and SSSA, Madison, WI, EEUU.
- Carey A.B. (2003). Biocomplexity and restoration of biodiversity in temperate coniferous forest: inducing spatial heterogeneity with variable-density thinning. *Forestry* 76, 127-136.
- Eaton A.D., Clesceri L.S., Rice E.W., Greenberg A.E., Franson M.A.H. (2005) *Standard Methods, for the examination of water & wastewater*, 21st edition, American water work association, US, 1368 pp.
- Echevarria D.C., von Müller A.R., Hansen N.E., Bava J.O. (2014) Manejo de carga ganadera bovina y altura de plantas para reducir el daño por ramoneo en regeneración de *Nothofagus antarctica* en Patagonia, Argentina. *Bosque* 35: 357-368.
- FAO Forestry paper 155, 2008. *Forests and Water: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. Roma, 2008. 92 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. (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.
- Gaitán J., Navarro M.F., Carfagno P., Tenti Vuegen L. (2017) Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. 1ª. ed. Buenos Aires: Ediciones INTA, 72 pp.
- 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.
- 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.
- Harshaw H.W., Sheppard S., Lewis J.L. (2007) A review and synthesis of social indicators for sustainable forest management. *Journal of Ecosystems and Management* 8(2):17-36.
- Harshaw H.W., Sheppard S., Jeakins P. (2009) Public attitudes toward sustainable forest management. *Journal of Ecosystems and Management* 10 (2): 81-103.
- Iglesias R., A. Schorr M. Villa, Vozzi A. (2015) Situación actual y perspectiva de la ganadería en Patagonia Sur. *Centro Regional Patagonia Sur*, 24 pp. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- 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, Ediciones INTA. Posadas, Misiones, 14 al 16 de Mayo 2009.
- Ivancich H.; Martínez Pastur G.; Peri P.L. (2011) Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosque* 32(2): 135-145.

- Ivancich H. (2013) Relaciones entre la estructura forestal y el crecimiento del bosque de *Nothofagus antarctica* en gradientes de edad y calidad de sitio. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 181 pp.
- Ivancich H.; Martinez Pastur G.; Lencinas M.V.; Cellini J.M.; Peri P.L. (2014) Proposals for *Nothofagus antarctica* diameter growth estimation: Simple vs. global models. *Journal of Forest Science* 60(8): 307-317.
- Koleff P., Gaston K.J., Lennon J.J. (2003). Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72(3): 367-382.
- Lencinas M.V.; Martinez Pastur G.; Cellini J.M.; Vukasovic R.; Peri P.L.; Fernandez, M.C. (2002) Incorporación de la altura dominante y clase de sitio a ecuaciones estándar de volumen para *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted. *Bosques* 23 (2): 5-17.
- Lennon J.J., Koleff P., Greenwood J.J.D., Gaston K.J. (2001). The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology* 70(6): 966-979.
- Lowrance R., Dabney S., Shultz R. (2002) Improving water and soil quality with conservation buffers. *J. Soil Water Conserv.* 57: 36-43.
- Mattenet F., Peri P.L., Monelos L., Monaco M. (2018) Recomendaciones para la recolección sustentable de hojas de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril y MBGI en la provincia de Santa Cruz. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 679-684. Ediciones INTA, Villa La Angostura, Neuquén. 31 de octubre-2 de noviembre 2018.
- McGarigal K. (2015). FRAGSTATS help. University of Massachusetts: Amherst, MA, USA.
- Miserendino L. (2005) Guía de Campo Índice de valoración de hábitat para ríos de montaña. CIEFAP-GTZ-DGBYP-UNPSJB, 16 pp.
- Molina A., Govers G., Vanacker V., Poesen J., Zeelmaekers E., Cisneros F. (2007) Runoff generation in a degraded Andean ecosystem: Interaction of vegetation cover and land use. *Catena* 71:357-370.
- 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.
- 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.; 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.; 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
- Peri P.L. (2004) Propuesta de un modelo de producción para la Patagonia. Proyecto. 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: 593-616. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.
- Peri P.L. (2005) Sistemas silvopastoriles en ñirantales. *IDIA XXI Forestal*. Año V. N ° 8 pp. 255-259.
- Peri P.L., Sturzenbaum M.V., Monelos L., Livraghi E., Christiansen R., Moretto A., Mayo J.P. (2005a) 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., Martínez Pastur G., Monelos L., Allogia M., Livraghi E., Christiansen R., Sturzenbaum M.V. (2005b) 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.
- 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.; Gargaglione V.; Martínez Pastur G. (2006b) 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., Sturzenbaum M.V., Rivera E.H., Milicevic F. (2006c) Respuesta de bovinos en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Actas IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible*, Varadero, Cuba, 7 pp.
- 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. *Actas V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible*, Maracay, Venezuela, 6 pp.
- Peri P.L., Gargaglione V., Martínez Pastur G. (2008a) Above- and belowground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 255: 2502-2511.
- Peri P.L., Bahamonde H., Monelos L., Martínez Pastur G. (2008b) Producción de hojarasca en bosques primarios y bajo manejo silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Actas Segunda Reunión sobre Nothofagus en la Patagonia – EcoNothofagus 2008*, pp. 149-155.
- 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. (2009b) Método Ñirantal Sur -San Jorge: una herramienta para evaluar los pastizales naturales en bosques de ñire. *Carpeta Técnica EEA INTA Santa Cruz*, pp. 33-38, Sección 9. Producción Animal. Edición EEA Santa Cruz.
- 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. (2012) Implementación, manejo y producción en SSP: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina, 9-11 May 2012, pp 8-21.
- Peri P.L., Ormaechea S. (2013a) Especies invasoras exóticas en ñirantales de Santa Cruz: *Hieracium praealtum* e *Hypochoeris radicata*. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y 2do Congreso Internacional Agroforestal Patagónico* (Ed. Peri, P.L.), pp. 103. INTA-Instituto Forestal de Chile-UNPA-CONICET. El Calafate, Santa Cruz, 16 al 18 de Mayo de 2013.
- Peri P.L., Ormaechea S. (2013b) Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo, 88 pp. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Peri P.L.; Bahamonde H.; Lencinas M.V.; Gargaglione V.; Soler R.; Ormaechea S.; Martínez Pastur G. (2016a) A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems* 90: 933-960.
- 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., López D.R., Rusch V., Rusch G., Rosas Y.M., Martínez Pastur G. (2017a) 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., 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., Ecclesia 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.; 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. (2017c). 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., Fermani S., Monaco M., Rosales V. Díaz F., Collado L., Torres S.C., Ceballos E., Soupet J., Perdomo M., Soto Castelló A., Antequera S., Navall M., Tomanek E., Colomb H., Borrás M. (2018) Manejo de bosques con ganadería integrada (MBGI) en Argentina. Actas IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 724-748. Ediciones INTA, Villa La Angostura, Neuquén. 31 de octubre-2 de noviembre 2018.
- Reque J.A., Sarasola M., Gyende J., Fernández M.E. (2007) Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque* 28(1): 33-45.
- Roa-García MC, Brown S, Schreier H, Lavkulich LM. 2011. The role of land use and soils in regulating water flow in small headwater catchments of the Andes. *Water Resources Research*, VOL. 47, W05510, doi:10.1029/2010WR009582.
- 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.E., López D.R., Cavallero L., Rusch G.M., Garibaldi L.A., Grosfeld J.E., Peri P.L. (2017a) 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.E.; Rusch G.M.; Goijman A.P., Varela S., Claps L. (2017b). Ecosystem services to support environmental and socially sustainable decision-making. *Ecología Austral* 27:162-176.
- Rusch V., Varela S. (2019) Bases para el manejo de bosques nativos con ganadería en Patagonia Norte. Buenos Aires, Ediciones INTA, 160 pp.
- Sánchez Toledano B.I., Zegbe Domínguez J.A., Rumayor Rodríguez A.F. (2013) Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(6): 855-868.
- Sarasola M., López D., Gaitán J., Siffredi G. (2008) 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.
- Sharrow R. (2007) Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. *Agroforestry Systems* 71: 215-223.
- 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.
- Trigo E., Ciampi M. (2018) Review of agricultural innovation policies in Argentina, Background report for the OECD Review of Agricultural Policies in Argentina.
- Tufekcioglu M., Schultz R.C., Zaimes G.N., Isenhardt T.M., Tufekcioglu A. (2012) Riparian grazing impacts on streambank erosion and phosphorus loss via surface runoff. *Journal of the American Water Resources Association* 49: 103-113.
- Vettese E.S., Orellana Ibáñez I.A., Lencinas M.V., Martínez Pastur G., Peri P.L. (2019) Diversidad de plantas vasculares en bosques continuos y relictuales de *Nothofagus antarctica* (Nothofagaceae) en Patagonia Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia* 47(1): 31-53.
- Warfe D.M., Barmuta L.A., Wotherspoon S. (2008) Quantifying habitat structure: surface convolution and living space for species in complex environments. *Oikos* 117, 1764–1773.
- Zaimes G.N., Schultz R.C. (2002) Phosphorus in agricultural watersheds, a literature review. Department of Forestry, Iowa University, Ames, Iowa. 116 pp.

