

USO SOSTENIBLE DEL BOSQUE

Aportes desde la Silvicultura Argentina

argentina.gob.ar

Argentina unida



USO SOSTENIBLE DEL BOSQUE

Aportes desde la Silvicultura Argentina

2021

Editores

Pablo L. Peri
Guillermo Martínez Pastur
Tomás Schlichter

Diseño

Carla Rubietti

Fotografías

Emilio White, Hector Gonda y autores de cada capítulo

Peri, Pablo Luis
Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina / Pablo Luis Peri ; Guillermo Martínez Pastur ; Tomás Schlichter. - 1ª edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2021.
889 p.; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-46815-4-6

1. Bosques Nativos. 2. Silvicultura. 3. Desarrollo Sustentable.
CDD 577.30982

Autoridades

Presidente de la Nación
Dr. Alberto Fernández

Jefe de Gabinete
Lic. Santiago Cafiero

Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible de la Nación
Lic. Juan Cabandié

Titular de la Unidad
de Gabinete de Asesores
Lic. María Soledad Cantero

Secretaría de Política Ambiental
en Recursos Naturales
Dra. Florencia M. Gloria Gómez

Dirección Nacional de Bosques
Ing. Ftal. Martín Mónaco

Programa Nacional de Protección
de los Bosques Nativos
Ing. Ftal. Ariel Medina



1

Introducción y Enfoque del Manejo de los Bosques Nativos

Autores

Pablo L. Peri¹; Guillermo Martínez Pastur²; Luis Chauchard³; Tomás Schlichter⁴

¹EEA Santa Cruz del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

²Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC CONICET). ³Dirección Regional Patagonia Norte, Administración de Parques Nacionales/Universidad Nacional del Comahue. ⁴Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

Resumen

Los bosques nativos en Argentina, con su gran variedad de ecosistemas que incluyen desde selvas subtropicales hasta bosques subantárticos, brindan a la sociedad diferentes servicios ecosistémicos (alimentos, agua, madera, regulación del clima, control de la erosión, aspectos recreativos, belleza escénica, formación de suelos y el ciclo de nutrientes). Sin embargo, existe una pérdida de cobertura forestal de los bosques nativos asociada a factores naturales y antrópicos. En este contexto, es importante conocer el manejo relacionado a los diferentes usos del bosque, el abordaje de las diferentes escalas espaciales, y marcos conceptuales ante el cambio climático donde se desarrolla la silvicultura. En la actualidad no se contaba con material científico que nuclea el conocimiento actualizado sobre las prácticas de manejo de los bosques nativos de Argentina. Ante esta situación, el objetivo del libro es presentar los análisis del uso

forestal histórico hasta la actualidad, la situación resultante del estado del bosque nativo y las propuestas silviculturales existentes en cada región forestal de Argentina, y en función de todo ello proponer alternativas superadoras para tender a modelos de gestión sostenibles.

1.1 Introducción

La Argentina posee una enorme extensión territorial, con una amplia variedad de clima, geomorfología y suelos, lo cual determina la existencia de una gran variedad de ecosistemas forestales, incluyendo desde selvas subtropicales hasta bosques subantárticos. Estos bosques brindan a la sociedad argentina diferentes servicios ecosistémicos como alimentos, agua, madera, la regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, el control de la erosión, los aspectos recreativos, la belleza escénica, la formación de suelos y el ciclo de nutrientes, entre otros. Sin embargo, existe una pérdida de cobertura forestal de los bosques nativos asociada a factores naturales y antrópicos. La gestión forestal es un proceso de planificación, ejecución y seguimiento de prácticas para la administración y uso de los bosques a través del tiempo para cumplir con uno o más objetivos. La finalidad es que la gestión se realice manteniendo la biodiversidad y productividad y de esta manera asegurar la provisión sostenida de bienes y servicios pretendidos de los mismos. Contempla aspectos diversos administrativos, económicos, legales, sociales, técnicos, logísticos y científicos para garantizar un Manejo Forestal Sostenible (MFS).

En la actualidad no se cuenta con material científico que nuclea el conocimiento actualizado sobre las prácticas de manejo de los bosques nativos de Argentina. Ante esta situación, el objetivo del libro es presentar los análisis del uso forestal histórico hasta la actualidad, la situación resultante del estado del bosque nativo y las propuestas silviculturales existentes en cada región forestal de Argentina, y en función de todo ello proponer alternativas superadoras para tender a modelos de gestión sostenibles. Con ello se busca, a partir de la información, conocimiento y las tecnologías disponibles promover modelos de equilibrio entre la producción y la protección que articule desarrollo y conservación. Desde el punto de vista de los usuarios, los autores aspiramos que la información presentada sirva como guía para la toma de decisiones en la gestión de los bosques de las provincias, incluyendo aquellos casos que la misma se articula con otras actividades socio-económicas. Además, esperamos que esta obra sirva como referencia tanto para la formación académica como para orientar la investigación forestal en el país, identificando los principales vacíos de conocimiento para cada tipo forestal y tipo de uso.

La formalización de la ciencia forestal

La silvicultura como ciencia, nace a finales del siglo XVII cuando en Alemania tuvo lugar la primera escuela de ingeniería ambiental y se puede considerar formalmente su inicio con la Academia de Bosques de Berlín (Prusia) a cargo de George Ludwig Hartig (1764-1837) y con el Instituto Forestal de Tharandt (Sajonia) con Johann Heinrich Cotta (1763-1844). En estas escuelas se entiende a la Dasonomía compuesta por tres ramas principales, la Dasometría, la

Silvicultura y la Ordenación Forestal. Se profundiza un lenguaje matemático tanto para mejorar los métodos de medición como los de planificación de la producción, desarrollando las primeras tablas de producción y los primeros métodos de regulación de las cortas en el tiempo y la superficie. Estos métodos de ordenación forestal tienen como principio fundamental el promover el rendimiento sostenido de productos forestales, única ciencia precursora de los que

hoy se discute y promueve como producción sostenible o sostenible de bienes y servicios. Cotta es el inspirador de lo que se conoció en silvicultura como las *cortas por aclareo sucesivo* y en Ordenación como el *método de tramos*. Los métodos de división han conseguido una gestión espacio-temporal exitoso en los *montes bajos* (masa arbórea compuesta por pies procedentes de brotes de cepa y/o raíz) y en situaciones de turnos de corta relativamente cortos a los que se ordenan permitiendo una planificación detallada. Sin embargo, cuando se trata de ordenar *montes altos* (bosque procedente de árboles nacidos de semilla) de latifoliadas se presentan dificultades ya que no siempre la regeneración sigue a la corta por lo que los plazos se desacoplan de los modelos inflexibles de la serie ordenada y graduadas de *tramos* y *tranzones*. Se entiende por tramos a la superficie boscosa que se interviene sucesivamente en un período, tal que, durante este lapso, la regeneración en el área quede establecida, y que se utiliza para ordenar masas coetáneas y semi-coetáneas; y por tranzones a la superficie boscosa de corta anual. Esto determinó la necesidad de las revisiones periódicas de planificación en la Ordenación Forestal dando lugar a un Plan Especial (planificación a corto plazo) el cual se enmarca dentro de un Plan General (planificación de largo plazo que incorpora el turno de corta).

En este marco conceptual, se entiende por silvicultura al cuidado de los bosques o montes y a las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua, y sostenible de los bienes y servicios demandados por la sociedad. Estas técnicas se pueden definir como tratamientos silvícolas cuyo objetivo es garantizar la persistencia y la mejora de la masa, dándole continuidad en el tiempo, aumentando su calidad, y asegurando su uso múltiple. Es decir, la silvicultura de los bosques nativos se puede definir como

la práctica de controlar el establecimiento, el crecimiento, la composición, la sanidad y la calidad de los bosques naturales con objeto de responder a diversas necesidades y valores. El silvicultor emplea diferentes tratamientos silvícolas en función del aprovechamiento de productos que quiera obtener, como madera, leña, frutos, calidad ambiental u otros servicios ecosistémicos que brinda el bosque, así como de conservación de la biodiversidad. La silvicultura debe originar y promover una producción diversa (diferencia clara con la agricultura), siendo necesaria la compatibilización de todas las producciones y externalizaciones que puede llegar a producir. Mackay (1944) propone que la silvicultura y la Ordenación Forestal constituyan el núcleo de la gestión forestal para conseguir los objetivos de persistencia, rentabilidad y máximo rendimiento. Expresaba: "que ordenar un bosque es organizarlo conforme a las leyes económicas sin infringir las biológicas que la investigación silvícola y la epidometría revelan". La persistencia de las masas forestales las provee la silvicultura que utiliza las cortas y los tratamientos de regeneración adecuados. La rentabilidad (provisión de rentas y producción sostenida de productos maderables) se consigue en el *cuartel* o Unidad de Manejo Forestal (el cuartel comprende una extensión de bosque bajo una misma vía de saca de la red, que posee fines económicos particulares, donde a cada cuartel le corresponde su propio Plan de Ordenación). La gestión forestal impone a la Ordenación (organización espacio-temporal del bosque) el máximo rendimiento a través de la optimización de la renta lo que requiere de la economía y valoración forestal. Durante el siglo XX hubo una creciente tecnificación de la gestión forestal con avances en la dasometría, biometría e inventarios forestales, dando lugar también a métodos de ordenación forestal más flexibles como método de tramo flexible y la gestión de rodales.

En Argentina la introducción de los principios forestales basados en perpetuidad del bosque (regeneración lograda), máxima renta y producción sostenida se produce a mediados del siglo XX con la migración de Ingenieros Forestales europeos, que en principio son recibidos por la ingeniería agronómica, hasta que, en 1958, se crea la primera facultad de Ingeniería Forestal del país, en Santiago del

Hacia una silvicultura integral

Según Hawley (1946) la silvicultura puede definirse como el arte de producir y cuidar un bosque o se planteaba a la silvicultura como la teoría y la práctica de controlar el establecimiento, la composición y el crecimiento del bosque. El planteo era que un bosque no manejado o mal gestionado muestra una producción menor que el bosque manejado, donde el propósito de la silvicultura podría resumirse como la creación y el mantenimiento de un bosque que produzca los mejores rendimientos en un momento dado. Luego Smith *et al.* (1997) presenta a las prácticas silviculturales como varios tratamientos aplicados a los bosques para mantener y mejorar su uso en el tiempo para fines determinados, teniendo en cuenta factores naturales y sociales vinculados al rodal. También resalta que una buena práctica silvicultural demanda conocimientos de ecología, fisiología, entomología y edafología. Sin embargo, la silvicultura así concebida no puede ser ajena a la toma de decisiones y la gestión de los productos, de las operaciones de acceso y salida de los mismos, los condicionantes económicos y contables, las inversiones, la infraestructura y la administración del personal, que incluye aspectos laborales, de seguridad e higiene, de capacitación, entre otros.

Desde la mirada del ecosistema, con la silvicultura se puede manejar la estructura y los

Estero. Hoy en día ya existen cinco facultades forestales y un asentamiento universitario con una carrera más corta, que forma técnicos universitarios forestales. Además, hay varias carreras afines como la Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, que en interacción con los forestales pueden aportar a la visión integral del uso del bosque.

procesos de los rodales, su composición de especies, los turnos de corta, enriquecer áreas degradadas, conservar la productividad del sitio. Los conceptos de *rodal* y turno de corta fueron conceptos que nacieron en la silvicultura. Los rodales definidos como unidades homogéneas del bosque respecto a su estructura (densidad, fase de desarrollo, calidad de sitio, composición de especies, etc.) determinan la unidad mínima de manejo, lo cual facilita la toma de decisiones, la planificación de las intervenciones y con ello se mejora la eficiencia del aprovechamiento. El concepto de rodal ha sido aceptado a nivel global como la base para la toma de decisiones de prácticas silviculturales. El concepto de turno de corta como variable fundacional de la silvicultura, ha evolucionado con ella. Al evolucionar la silvicultura, principalmente de los bosques nativos, basada en la producción de bienes forestales específicos, hacia una silvicultura menos artificial que pone el foco en el ecosistema y sus procesos básicos, ha llevado a considerar en la actualidad turnos más largos, que incluye que parte de la masa persista por más de una rotación, para que mantenga ciertos procesos ecológicos y fundamentales para cumplir con la conservación de la biodiversidad. En países como Norteamérica, la silvicultura pasó de un manejo fuertemente economicista y de maximización de la producción hacia un manejo de

ecosistema con un enfoque en hábitats sucesionales con cortas parciales y turnos más largos (Kohm y Franklin, 1997).

Es evidente que el manejo forestal en general y la silvicultura en particular, deben adaptarse a los rápidos cambios demandados por las expectativas de la sociedad sobre el uso de los bosques y el crecimiento de la demanda de bienes y servicios ecosistémicos. Claramente nos encontramos en un marco global de aumento de la complejidad de la vida moderna del siglo XXI. Las prácticas silvícolas deben ser evaluadas y entendidas dentro del contexto social. En una sociedad altamente comunicada por el avance de la tecnología, existe actualmente una creciente preocupación por el deterioro o desaparición de bosques, particularmente en las zonas subtropicales y tropicales y aquellos bosques primarios, sobremaduros,

reservorios vitales de procesos naturales y la biodiversidad del planeta. Cada vez hay más conciencia que los bosques deben ser manejados manteniendo la biodiversidad, el balance de carbono y la provisión de otros servicios ecosistémicos (paisaje, recreación, mantenimiento de la calidad del agua).

El desafío actual del manejo de bosques requiere de un nuevo marco conceptual donde las prácticas silvícolas se incluyan en una planificación de la matriz del paisaje y que integren todos los factores de la producción, garantizando las funciones del ecosistema y su diversidad, a la vez de satisfacer eficientemente a la sociedad de productos madereros y no madereros. Este enfoque de multiescala e integrador con el ecosistema, es lo que diferencia el manejo forestal tradicional de lo que hoy algunos denominan el Manejo Forestal Sostenible.

1.2 Manejo sostenible y enfoque de uso múltiple de los bosques nativos

Dentro de las ciencias forestales, el concepto de sostenibilidad tiene más de 200 años y se desarrolló principalmente para asegurar la producción de madera en el tiempo y garantizar el cumplimiento de los objetivos económicos. Sin embargo, en los últimos tiempos, el alcance de la gestión forestal se ha ampliado para abarcar, además, los valores sociales, culturales y ecológicos del bosque. En este contexto, consideramos a los sistemas sostenibles de manejo del bosque nativo a aquellos que son: (i) económicamente viables, (ii) que permiten elevar el bienestar humano, (iii) que mantienen, recuperan o mejoran la calidad de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque nativo, y (iv) que perduran a través del tiempo y las generaciones.

El progresivo reconocimiento científico y el mayor nivel de conciencia de los productores en particular y de la población en general sobre los múltiples beneficios, tanto tangibles como intangibles, que brinda el bosque nativo, han determinado una mirada más crítica hacia el reemplazo indiscriminado de los bosques por otros usos. Los efectos colaterales o externalidades negativas que están provocando las deforestaciones se hacen más visibles en un mundo globalizado, lo que está determinando que no sea una estrategia productiva adecuada en el contexto socioecológico/ambiental actual. Por lo general, la economía clásica computa en sus cuentas los bienes y servicios naturales que tienen un valor tangible de mercado (p. ej. alimentos o materias primas). Sin embargo, la pérdida de un activo ambiental impone un costo

que la sociedad no percibe fácilmente cuando el mismo es intangible (p. ej. regulación del clima, provisión de agua, protección contra la erosión). En las últimas décadas, por razones prácticas (p. ej. diseño de políticas, toma de decisiones, pago por activos ambientales) y las externalidades negativas (remoción de nutrientes por cultivos como la soja, falta de regulación del ciclo hídrico, etc.), se han multiplicado los esfuerzos dirigidos a valorar los bienes y servicios intangibles de la naturaleza. Los enfoques económicos tienden a enfatizar su valor de uso, y se idearon procedimientos relativamente subjetivos tales como la “predisposición a pagar”, “el valor contingente”, “el valor de reemplazo”, “el costo evitado”, o “el costo de viaje”. La incorporación de atributos biofísicos al análisis es un camino posible para mejorar la objetividad de las estimaciones. En este sentido, la noción de bien y servicio ecosistémico es un paso concreto que, al menos, nos permite entender mejor de qué manera los activos naturales afectan la calidad de la vida.

Los servicios ecosistémicos se definen como los componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que conducen a aumentar el bienestar humano tomando en cuenta la demanda de los beneficiarios, así como la dinámica de los ecosistemas involucrados. La creación del término trasciende la necesidad de conservar la naturaleza y su biodiversidad por sí mismas. Este enfoque se sugiere como una alternativa para mostrar que la conservación de los ecosistemas no es sólo una aspiración ética de la sociedad sino también una necesidad estrechamente ligada a la satisfacción de las necesidades básicas de la vida humana. Conforme a la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), los servicios ambientales incluyen: (i) “servicios de aprovisionamiento” de alimentos, agua, madera y otras materias

primas como así también de recursos genéticos; (ii) “servicios de regulación” de los procesos de los ecosistemas que incluyen la regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, control de la erosión, regulación de enfermedades humanas y purificación de aguas; (iii) “servicios culturales” relacionados con beneficios no materiales que hacen a los aspectos recreativos, educativos, estéticos o de belleza escénica de los ecosistemas; y (iv) “servicios de soporte” que hacen posible la provisión de todos los otros servicios ambientales y que incluyen la producción de oxígeno, la formación de suelos y el ciclo de nutrientes.

En este contexto, los bosques nativos brindan una amplia variedad de productos y de servicios ecosistémicos, para crear así oportunidades sociales y económicas. La variedad de valores de los bosques nativos ha sido apreciada desde hace mucho tiempo por los pueblos originarios, y se refleja en las demandas cada vez mayores de la sociedad moderna, tanto por madera como por productos forestales no madereros y de servicios ecosistémicos. Asimismo, en los últimos tiempos se ha generado una mayor conciencia ambiental y social en cuanto a los bosques nativos, constituyéndose en tendencias globales importantes que afectan el uso y conservación de los mismos. Por lo tanto, la meta de alcanzar un manejo forestal sostenible que incluya el uso múltiple requiere de prácticas silviculturales con un buen nivel operativo y adecuada integración de todos los factores de sustentabilidad. El manejo de los bosques para el uso múltiple de los recursos de la tierra, no sólo es una manera potencial de aumentar los ingresos que perciben las comunidades, empresas y/o propietarios, sino también de preservarlo de las amenazas o eventuales crisis económicas sectoriales. Sin embargo, el conocimiento sobre técnicas de manejo silvícola de los productos y servicios del bosque en relación con

la disponibilidad de oportunidades de mercado pueden ser muy diferentes a lo largo y ancho de país. Debido a que en general, la capacidad para implementar el manejo forestal de uso múltiple es baja, los silvicultores enfrentan grandes desafíos para ajustar sus prácticas a las regulaciones forestales que casi nunca consideran los múltiples bienes y servicios de los bosques, ni los problemas ecológicos y/o sociales locales. Por otro lado, en la mayoría de las regiones boscosas del país se carece de modelos vigentes y aceptados de manejo forestal sostenible. Por lo tanto, la silvicultura debería tener un enfoque de manejo que busque optimizar el balance, analizando los conflictos entre la producción, y la conservación de los bienes y servicios del bosque, teniendo en cuenta no solo objetivos de largo plazo sino, los inmediatos de los productores y la sociedad, de modo de diseñar modelos viables de producción sostenible.

La sanción de la Ley n.º 26331/07 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos o Ley de Bosques Nativos, establece la directrices y normativas para ejercer una activa política pública en materia de conservación de este recurso y reconoce diferentes prestaciones de los ecosistemas boscosos en función a una clasificación previa de los mismos. Estos beneficios, que se derivan de la articulación entre la protección y el manejo de los bosques nativos, deben sin duda ser promovidos en favor de aquellos propietarios que realicen este esfuerzo de manejo sostenible y de conservación. Es decir, la silvicultura propuesta para el manejo y el aprovechamiento de los bosques nativos de Argentina debe cumplir con las siguientes tres condiciones mínimas de acuerdo con la ley (cap. 5 art. 16), que se apoyan en los principios de la Ordenación Forestal, que son el de persistencia de los bosques nativos a largo plazo, la producción sostenida (económica, social y ecológicamente) y el mantenimiento

de los servicios ambientales. Un problema ya mencionado para la aplicación efectiva de la ley, es la carencia de modelos vigentes que cumplan con dichas condiciones mínimas.

El enfoque del presente libro intenta contemplar las prácticas silviculturales para generar y mantener bosques que respondan a diferentes objetivos del sector productivo y la sociedad. Este enfoque plantea la necesidad de una silvicultura con fines madereros, pero también integrada a acciones que garanticen la disponibilidad del agua (calidad y control de caudales), la conservación de la biodiversidad, la recreación, la seguridad alimentaria a través de la agrosilvicultura, entre otras. Sin lugar a dudas que, en todo ello, una parte importante del desafío forestal es la integración de actividades pecuarias en un país de fuerte tradición ganadera. No hay camino de exclusión posible, y la regulación para alcanzar estándares que permitan un desarrollo sostenible en las distintas regiones del país debe ser una prioridad. En este sentido, un cambio significativo ha sido la implementación del enfoque de sistemas silvopastoriles (SSP) ha tomado importancia en los últimos 20 años en diferentes regiones de Argentina, p. ej. donde aproximadamente el 70% de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) (526.000 ha) en Patagonia tienen un uso ganadero con un escaso manejo silvopastoril integral de los establecimientos, y donde en la región del Parque Chaqueño se estima que alrededor de 6 millones de hectáreas tienen algún tipo de uso silvopastoril no manejado (ganadería de monte) (Peri *et al.*, 2016). En la mayoría de los casos, la producción ganadera se ha basado en prácticas de alta intensidad de impacto, que incluyen remoción de biomasa leñosa (arbustiva y arbórea), a través de lo que se denomina “desmonte selectivo”, con siembra de especies forrajeras megatérmicas de alta producción, como el gatton panic (*Panicum maximum* cv. *Gatton*) en el Chaco

Semiárido y buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) en el Chaco Árido. Este tipo de uso altera significativamente la estructura del bosque original dejando en pie solo parte de los árboles de las clases de tamaño mayores y removiendo el estrato medio y arbustivo. Estas prácticas influyen sobre la reposición del estrato arbóreo y parte de la biodiversidad del ecosistema. Asimismo, son necesarios tratamientos para controlar la reinstalación de leñosas, a través de rolados, agroquímicos o fuego, que incrementan la intensidad del tratamiento en el tiempo. Al presente, los SSP propuestos logran mejorar los servicios de aprovisionamiento, pero aún no consideran explícitamente los otros servicios ecosistémicos, siendo necesario diseñar prácticas que los incluyan dentro de una planificación a escala de paisaje y de largo plazo. Asimismo, la denominación de estos sistemas como SSP, ha sido muy cuestionada por proponer solamente de una propuesta de manejo destinada a optimizar la producción animal, dejando de lado cualquier consideración acerca del manejo del componente forestal. Los SSP sin duda han cambiado los paradigmas de manejo silvícola actuales, y esto se valida teniendo en cuenta que en el período 2010-2016 de ejecución de la Ley n.º 26.331, alrededor de un 70% de los Planes de Manejo presentados corresponden a sistemas pretendidamente silvopastoriles. Esto realza la importancia de contar con nuevas propuestas de manejo, y una silvicultura que congenien las expectativas de producción forestal y ganadera con la conservación de los demás servicios ecosistémicos de los bosques nativos.

En la última década, el principal uso (más del 65%) de la madera de los bosques nativos fue como leña (carbón o consumo directo) provenientes principalmente de la región chaqueña. Este uso diferencial de productos forestales del bosque nativo orientado a productos de muy bajo valor influye con diferente magnitud en las

diferentes regiones del país, dependiendo mayormente del tipo de silvicultura que se aplica y el área de influencia. Hay experiencias que pueden mostrarse como exitosas, tanto en el uso del ambiente, como en la cadena de distribución de los productos (ver cuadro 1).

Otra mirada de las nuevas tendencias en la silvicultura que busca la integración y diversificación productiva está puesta sobre los productos forestales no madereros (PFNM), los cuales son definidos como aquellos bienes de origen biológico (distinto de la leña, la madera y el carbón vegetal), y los servicios ecosistémicos brindados por los bosques, y que requieren de un manejo específico e integrado al uso del ecosistema boscoso. Entre las fuentes de estos productos se encuentran una gran variedad de árboles, arbustos, hierbas, musgos, líquenes, helechos, hongos que son utilizados con fines alimenticios, aromáticos, artesanales, farmacéuticos, medicinales, etc. De las diversas especies de los bosques nativos se pueden extraer diferentes productos como aceites esenciales, ceras, gomas y resinas. En Argentina, el conocimiento tradicional y local adquirido por comunidades originarias ha permitido que el uso de la diversidad biológica de los bosques nativos sea por períodos muy largos de tiempo, sin el deterioro del ambiente ni del recurso en sí mismo, p. ej. en la zona Noroeste del Monte suelen utilizarse tinturas naturales de la corteza del lecherón o curupí (*Sapium haematospermum*) para teñir de amarillo-oro tejidos, corteza y hojas del nogal criollo (*Juglans australis*) que se utilizan para dar a las fibras un intenso color marrón oscuro, y con uso alimenticio encontramos especies como el piquillín (*Condalia microphylla*) y la tuna (*Opuntia spp.*). En la Selva Misionera, además del árbol de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) que posee propiedades estimulantes, diuréticas y digestivas, además de un importante valor cultural, existe una gran cantidad de especies

apreciadas por su poder medicinal, p. ej. la palmera cocotera mbocoyá (*Acrocomia aculeata*) utilizada en enfermedades de las vías respiratorias y el hígado, la palmera pindó (*Syagrus roman-zoffiana*) para la diabetes, el guatambú saiyú (*Aspidosperma australe*) contra el paludismo, el palo rosa (*Aspidosperma polyneuron*) para combatir los resfríos y catarros, el guatambumí (*Esenbeckia densiflora*) como febrífugo, la guatumbura (*Casearia sylvestris*) como antirreumático y el sangre de drago (*Croton urucurana*) para el dolor de caries dentales y para combatir la reacción alérgica provocada por las picaduras de algunos insectos. En la Selva Tucumano Boliviana son utilizadas con fines curativos el lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*) como antirreumático, el mamón del monte (*Carica quercifolia*) como vermífugo, el nogal criollo (*Juglans australis*) para controlar diarreas y dolores estomacales, y el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) que además de tener un gran valor alimenticio es utilizado para combatir la gripe y calmar las migrañas y cefaleas severas. 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 (*Ribes cucullatum*). 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. Con la caña coligüe (*Chusquea culeou*) se construyen muebles, cercos, corrales y partes de viviendas, y entre los

helechos, *Rumohra adiantifornis*, es ampliamente utilizado por su valor ornamental. En el Parque Chaqueño como en el Espinal existe una importante variedad de plantas melíferas como el espinillo (*Vachellia caven*), el garabato (*Senegalia praecox*), el cedrón del monte (*Aloysia gratissima*), el timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum*), el chañar (*Geoffroea decorticans*), el guayubirá o guayaibí (*Cordia americana*), el ñandubay (*Prosopis affinis*), el itín (*Prosopis kuntzei*), el algarrobo negro (*Prosopis nigra*), el vinal (*Prosopis rusci-folia*), el tintitaco (*Prosopis torquata*) y el mistol (*Sarcomphalus mistol*). Asimismo, de muchas especies pueden extraerse aceites para su utilización en perfumes, como la tusca (*Vachellia aroma*), el espinillo (*Vachellia caven*), el cedrón del monte (*Aloysia gratissima*), el ñangapirí (*Eugenia uniflora*), el guabiyú (*Myrcianthes pungens*) y la palmera caranday (*Copernicia alba*). Otro ejemplo destacado es el árbol de brea (*Parkinsonia praecox*), del cual se obtiene un exudado con varios usos en la industria alimenticia y farmacéutica. El aprovechamiento de los PFSM puede implicar un gran potencial para el futuro desarrollo de las economías locales y regionales, y fundamentalmente como fuente de trabajo, mitigando así la migración interna hacia los alrededores de los grandes centros urbanos. La necesidad de una certificación para la cosecha de los PFSM requiere de pautas de manejo que garanticen su sostenibilidad. Los primeros certificados emitidos han sido otorgados a productos internacionalmente reconocidos, que se caracterizan por largas historias de uso, como el chicle (en el trópico americano), las nueces de Brasil y el jarabe de arce. El diseño de pautas efectivas para la certificación depende de los conocimientos detallados y específicos para cada especie, respecto a la densidad, la distribución, la regeneración, y las prácticas de cosecha y el manejo de las especies particulares de cada región, así como de la parte de planta que se cosecha. La evaluación de un bosque para la

producción de PFSM es inherentemente distinta a la que se realiza para la producción de madera, y en este sentido se requiere de una nueva generación de silvicultores y evaluadores.

También es necesaria una silvicultura específica para la restauración del bosque nativo. Según datos de la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible durante el período 1998-2015 se perdieron 4,15 millones de hectáreas de bosques nativos, con una tasa anual de deforestación de 0,83%, por lo que Argentina forma parte de los países que más deforestación presentan en el mundo (FAO, 2015). En este contexto, se plantean acciones para el desarrollo de un Programa Nacional de Restauración de los Bosques Nativos Degradados (2018-2023), entendiendo a la restauración como “el proceso planificado de recuperación de la estructura de la masa forestal original”, constituyendo un instrumento de apoyo y orientación para la toma de decisiones de las jurisdicciones nacionales y

provinciales que permita direccionar procesos de desarrollo forestal en regiones con presencia de bosque nativos, en el marco de la Estrategia Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER) generó en 2004 los principios, lineamientos y marco conceptual para el abordaje de los procesos y técnicas adecuadas para la restauración ecológica. Por ejemplo, bajo el concepto de rehabilitación, que no implica llevar al ecosistema degradado a un estado original, en ocasiones la siembra de árboles nativos o de especies pioneras dominantes y de importancia ecológica puede iniciar el proceso de la recuperación parcial de elementos estructurales o funcionales de dicho ecosistema forestal. En pocas palabras, el gran desafío de la silvicultura es consensuar los objetivos de un manejo múltiple y sostenible, priorizando entre los varios usos del bosque propuesto por productores, el gobierno (local, provincial y/o nacional) y la sociedad en su conjunto.

1.3 Sistemas complejos y escala espacial del manejo silvícola

La complejidad del manejo forestal integral, diversificado y sostenible deriva de las compensaciones de los objetivos propuestos, tanto positivas como negativas, y de la dificultad de medir y obtener una remuneración para muchos de los beneficios sociales, culturales y ambientales que se obtienen de los bosques nativos. Nuestro marco conceptual del manejo sostenible de los bosques nativos de la Argentina y su silvicultura, parte de una concepción no dicotómica de las relaciones entre las sociedades y los ecosistemas, lo cual determina un socio-ecosistema compuesto por un sub-sistema biofísico en el cual se ubica el bosque nativo y los procesos naturales que permiten la provisión de los servicios ecosistémicos, un subsistema económico-productivo el cual se rige por el

sistema económico dominante en un momento determinado y que determina las políticas públicas, y un sub-sistema socio-político-cultural que refleja la el arreglo y funcionamiento institucional, las políticas públicas, la organización social de una empresa forestal o familias que aprovechan el bosque nativo desde una dinámica cultural particular (fig. 1.1). En este esquema se debe enmarcar el manejo forestal del bosque nativo, tanto su silvicultura y las interrelaciones entre cada uno de los sub-sistemas, como la dinámica de estas en el tiempo y en el espacio.

A escala nacional, el objetivo del manejo forestal sostenible es contribuir al desarrollo de las comunidades asociadas a todos los tipos de

bosques nativos de Argentina, bajo altos estándares ambientales y con ello asegurar sus múltiples funciones ecosistémicas. Los servicios ambientales nacionales, pero de impacto global que ofrecen los bosques nativos (p. ej. la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad), debieran atenderse a nivel internacional, ya que todas las naciones tienen interés en que se mantengan. Por ejemplo, la comunidad internacional se encuentra actualmente aplicando un nuevo mecanismo destinado a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) provenientes, entre

otros factores, de la deforestación y de la degradación de los bosques existentes en países en vías de desarrollo (REDD+), de la cual Argentina es parte. El país ha asumido compromisos de disminución de emisiones de GEI y mejorar el balance de captura-emisión, en ello se están definiendo mecanismos particulares para disminuir los niveles de deforestación y degradación de los bosques, en simultáneo de fortalecer un Programa Nacional de Restauración de Bosques Degradados, que permita recapturar en el mediano y largo plazo gran parte del carbono emitido por la degradación.

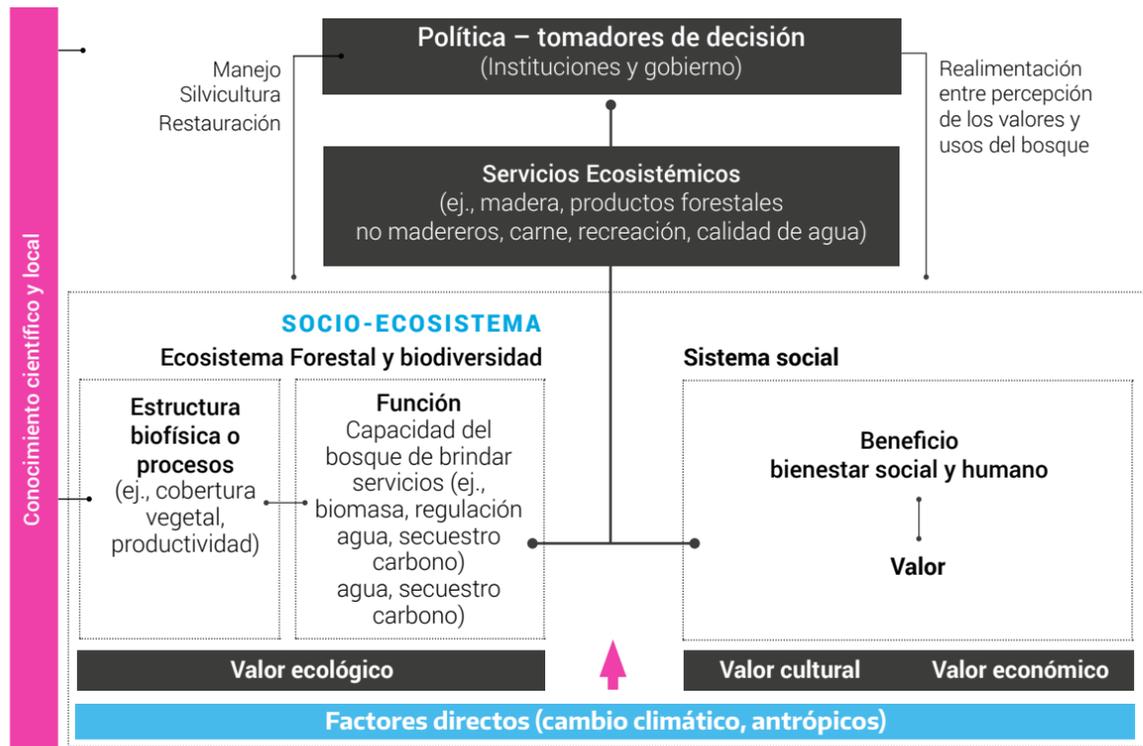


Figura 1.1. Marco conceptual de socio-ecosistema para la valoración integrada del manejo de los bosques nativos de la Argentina y su silvicultura (adaptado de Braat y de Groot, 2012).

A escala regional y de paisaje la creciente conciencia acerca de la importancia socioeconómica, ambiental y cultural de los bosques ha hecho que surjan nuevos enfoques que requieren de un manejo o silvicultura especial como lo

necesario para el mantenimiento y mejora de áreas de captación de agua (cuencas) o de corredores para la conservación de la fauna (Peri et al. 2017a). Este enfoque también ayuda a los propietarios de bosques (privados o

estatales) a unirse a esfuerzos cooperativos para producir y comercializar servicios ambientales y para desarrollar la infraestructura necesaria. Por ejemplo, a nivel de paisaje en la actualidad existe un debate con enfoques aparentes dicotómicos, como propuestas para conservar la biodiversidad en paisaje productivos: 1. separación entre producción y conservación (*land sparing*) y 2. integración de producción y conservación (*land sharing*) (fig. 1.2). La separación entre producción y conservación se refiere al concepto de aumentar la superficie con intensificación agropecuaria para incrementar la productividad por área, lo que permitiría liberar o destinar más tierras con bosques nativos para la conservación de la biodiversidad a nivel de región o paisaje (Phalan et al, 2011). Por su parte, la integración de producción y conservación se refiere a la idea que una agricultura alternativa, diversa y ecológica permitiría la conservación de la biodiversidad a nivel de paisaje, el caso de las prácticas silviculturales en bosque nativo en un paisaje productivo, puede ser un ejemplo de mantenimiento de la biodiversidad a nivel del paisaje (Perfecto et al., 2009). Sin embargo, el debate del enfoque separación producción-conservación (*land sparing*) versus el de integración producción-conservación (*land sharing*) se basa en supuestos, que a veces son más ideológicos-políticos que fundamentos científicos. Uno de los supuestos implícitos utilizados con frecuencia para justificar el enfoque *separación producción-conservación* es la necesidad de intensificar las actividades agrícolas para producir más alimentos frente a la mayor demanda a nivel mundial. Si bien se ha estimado que para el año 2050 debería aumentarse la producción de alimentos en alrededor del 70% (FAO, 2009), en la actualidad se desperdicia un tercio de los alimentos que se producen en el planeta, esto es 1.300 millones de toneladas, con lo cual se podría alimentar a alrededor de 900.000 personas (FAO, 2017). Otro punto en

discusión es que el enfoque de *land sparing* asume que si se puede producir más proteína o fibras de origen animal por región o paisaje productivo (con mayor superficie y productividad por superficie), esto permitiría también que mayor área pueda ser destinada para la conservación. Empíricamente se ha demostrado que esto raramente sucede (Lambin y Meyfroidt, 2011). El planteo *land sparing* claramente propone una especialización en el uso de los recursos naturales enfocado en las maximizaciones de las superficies productivas del paisaje. Bajo esta mirada, el bosque nativo sólo tiene destino de conservación, perdiendo de vista su rol productivo y reproductivo, donde habitan y desarrollan su cultura las familias rurales y pequeñas y medianas empresas, pero además de la propiedad de a la vez de ser productivo actuar como un eficiente reservorio de biodiversidad. La intensificación, que lleva a la especialización productiva, favorece el desempeño empresarial o de grandes productores, pero en cambio margina de su condición como productores a muchas familias rurales que hacen uso múltiple del bosque y que encuentran su lugar en sistemas de producción diversificados y de bajo insumo. La promoción extendida de sistemas del tipo *land sparing* o modelos basados en la separación de la producción y la conservación, podrían tener, por ejemplo, las implicancias que tuvo el avance desmedido de la frontera agropecuaria sobre la región chaqueña en las décadas del '80 y '90, y hasta muy recientemente. Esa conversión a pastizales sin bosques del Chaco, trajo aparejado el "reemplazo" de actores sociales tradicionales por nuevos actores: familias rurales de pequeños productores por empresas agropecuarias, la mayoría de las veces extra-territoriales, con el subsecuente despoblamiento rural y migración a los cinturones de pobreza de las grandes ciudades (Silvetti, 2012). El debate entre ambos enfoques aún tiene puntos claves a seguir discutiendo, tanto en el

plano científico-técnico como en el político. Pero creemos que la discusión se ha centrado sólo en la conservación de la biodiversidad y en maximizar la renta agropecuaria, dejándose de lado posibles consecuencias sobre los sistemas socio-ecológicos sobre los que se asientan las propuestas. Por otro lado, hasta el momento no se ha puesto suficiente atención en la necesidad de contemplar las interacciones de la escala predial-regional en el uso del bosque nativo ya que la discusión *land sparing* versus *land sharing* se ha centralizado principalmente a escala regional. Sin embargo, este enfoque no ha proporcionado una estrategia de gestión que evite conflictos socio-ambientales en los territorios, p. ej. las consecuencias del desmonte sobre procesos hidrológicos a una escala de cuenca, que suelen acarrear inundaciones y/o procesos de erosión. Respecto a la relación biodiversidad/productividad y escalas de abordaje, debe tenerse en cuenta que variará no solo por la estructuración a nivel del predio y del paisaje que lo componen, sino también por otras variables del manejo (p. ej. presión de pastoreo del ganado doméstico), por factores asociados a escala, a sitio ecológico (asociado al potencial productivo) y estado de conservación (Cingolani *et al.*, 2008). En este sentido, es importante a nivel predial conservar parte de los hábitats primarios, y no solo pensar en que dichas funciones sean realizadas en otros predios. En el aprovechamiento ganadero o forestal en un marco de *land sparing*, gran parte de la riqueza de especies ocurren en áreas pequeñas. La intensificación ganadera en bosques nativos a menudo disminuye la riqueza de especies de plantas vasculares. En este contexto, es probable que la preservación de la tierra mediante la intensificación de partes del paisaje tenga un impacto perjudicial en la biodiversidad, en particular si el ambiente a escala paisaje está fragmentado. Las poblaciones de organismos que se encuentran en paisajes fragmentados se caracterizan

por extinciones locales y recolonizaciones determinadas por la tasa de migración entre fragmentos (Gilpin, 1987). Lo que sugiere esta teoría con respecto a la conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados es que, como mínimo, debe considerarse el papel de la matriz agrícola como facilitadora o inhibidora del movimiento de organismos entre fragmentos de hábitat natural (Herrera, 2012). Al igual que en el caso de la conservación de la biodiversidad, el desempeño de los demás servicios ambientales del bosque nativo no solo dependerá de aplicar modelos *land sparing* o *land sharing*, sino que estarán en gran medida determinados por la escala y el criterio con que se aplique una u otra alternativa. El estado de degradación/conservación de un área forestal y su potencial de uso (por ejemplo, de un predio o cuenca) no sólo dependerán de su historia de uso o estado de degradación/conservación, sino que también dependerá de su ubicación en el paisaje y la interrelación con otras unidades del paisaje. Esto se debe a que si el paisaje está muy degradado (o reemplazado) podría producirse una retroalimentación positiva de procesos de degradación a nivel espacial (p. ej. el contagio espacial planteado por Bestelmeyer y Briske, 2012). La propagación espacial de la degradación puede ocurrir debido a que existe un alto flujo de materia y energía entre diferentes ecosistemas (unidades del paisaje) dentro de un mismo paisaje, siendo de fundamental importancia las interacciones vinculadas a aspectos hidrológicos (Wainwright *et al.*, 1999). En este sentido, puede ocurrir que en la parte más baja de un determinado paisaje se realiza un uso adecuado del recurso forrajero/forestal (con carga animal o tasa de extracción de leña ajustada a la productividad), pero en la parte más elevada (p. ej. cabecera de una cuenca) se ejerce un sobreuso de los recursos (p. ej. sobrepastoreo o extracción maderera excesiva) que degrada el bosque nativo y el suelo que lo sustenta. En ese

escenario, llegará un punto de degradación de la parte alta del paisaje que ocasionará un aumento en la cantidad de agua y sedimentos que escurren pendiente abajo, promoviendo así la erosión de suelo tanto en la parte alta como en la

parte más baja del paisaje. En estas escalas es posible desarrollar un punto de vista común si se llevan a cabo procesos de planificación que incluyan a todos los actores de la gestión forestal y su silvicultura de paisaje.



Figura 1.2. Esquema explicativo de la diferencia entre una estrategia de separación de la producción y la conservación, y una estrategia de integración de la producción y la conservación (adaptado de Phalan *et al.*, 2011).

A escala predial, la gestión forestal y la silvicultura diseñada para ella se aplican para lograr objetivos específicos vinculados a la producción y la economía bajo condiciones locales particulares compatibles, la cual bien asociada con los procesos ecológicos y sociales favorecerá el desarrollo de modelos sostenibles. En una unidad de gestión forestal, los rodales

individuales se manejan según los objetivos planteados (madereros o multipropósito) y su estatus varía en el tiempo, por ejemplo en un momento dado es posible que un rodal tenga una baja cobertura arbórea luego de una cosecha forestal, mientras que otros rodales se encuentran en diferentes etapas de desarrollo y con cobertura completa del dosel.

1.4 Base conceptual de la silvicultura: Ecosistemas noveles, estados y transiciones

El cambio climático, la invasión de especies exóticas, entre otros factores, asociados a la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales a estos fenómenos son aspectos que deben ser considerados en el planeamiento y la silvicultura propuestas, ya que no solo puede afectar la producción forestal y balance de los procesos ecosistémicos, sino que además los bosques son un elemento central en la amortiguación de

estos impactos y constituyen un medio de adaptación al cambio climático. Es imposible entender el comportamiento de un ecosistema, como los bosques nativos, examinando únicamente a los individuos o especies que lo componen. Se requiere, una mirada que contemple las interacciones y jerarquías (integrando escalas de espacio y tiempo). En este sentido, existe evidencia indiscutible de que algunos

ecosistemas se han alejado por completo e irreversiblemente de sus análogos históricos. En nuestros bosques nativos (principalmente el Parque Chaqueño), el manejo ganadero (sistema de pastoreo) y silvícola en combinación con otros factores y disturbios naturales (sequías) y antrópicos (incendios) generaron un mosaico de parches de vegetación de distinta composición florística y estructural. Estos parches, que pueden tener distintos lapsos de tiempo, pueden considerarse como estados alternativos del bosque original como consecuencia de distinta presión o intensidad de uso, por lo que representan distintos niveles de integridad ecológica. Los eventos de sequías, el aumento de la temperatura, como consecuencia del cambio en los patrones climáticos, pueden inducir a cambios en los procesos asociados como la mortalidad de los árboles, la substitución por otras especies (reclutamiento diferencial de las especies) más adaptadas a las nuevas condiciones climáticas, eventuales reducciones de la densidad de las poblaciones y de la consecuente competencia entre las especies vegetales dominantes, el aumento del riesgo de los incendios forestales y la aparición de eventuales defoliaciones masivas y decaimiento de árboles (Spittlehouse *et al.*, 2003). Este contexto de cambio climático implica nuevos desafíos a la gestión forestal y la silvicultura asociada a ella, especialmente en comunidades de bosque nativo constituidas por especies poco resilientes. Por otro lado, desde un punto de vista ecológico el pastoreo en bosques nativos, la extracción de leña y madera, y el fuego son factores de disturbio que pueden desencadenar cambios en la vegetación, denominados sucesión vegetal. Clements (1936) definió este concepto a través de un modelo de cambios unidireccionales de la vegetación (sucesión primaria y secundaria lineal) hacia un estado en equilibrio con el clima (climax). Según este modelo, los factores de disturbio producen cambios en el ecosistema (cambios en la

diversidad, cobertura vegetal, productividad), lo cual lo aleja de su estado de equilibrio. Si desaparece el factor de disturbio, el ecosistema tiende a retornar por sí mismo a su estado original, con cambios paulatinos y continuos. Es decir, en un ecosistema existiría un gradiente continuo de diferentes estados de la vegetación que va desde condiciones sin uso antrópico (prístinas) a condiciones sobre-explotadas y muy degradadas. Si bien el modelo sucesional ha realizado un gran aporte y avance, la visión de este tipo de procesos ha ido cambiando hacia modelos multidireccionales y lo suficientemente flexibles como para contemplar la complejidad de la naturaleza, permitiendo determinar procesos y factores claves que controlan los ecosistemas para su aplicación al manejo sostenible. En este contexto, surgen nuevos conceptos como el de ecosistemas híbridos y noveles (Hobbs *et al.*, 2006), y el de Estados y Transiciones (Westoby *et al.*, 1989).

Los ejemplos de ecosistemas híbridos y noveles (neo-ecosistemas) están creciendo rápidamente en la literatura ecológica, y hay actualmente discusiones sobre cómo modificar la gestión y las políticas actuales para hacer frente a los cambios rápidos que se observan sobre el terreno. Los ecosistemas noveles son aquellos que poseen una composición de especies y abundancia diferentes a las comunidades originales (p. ej. bosques primarios) que determinan potenciales cambios en el funcionamiento del ecosistema y que son el resultado del uso directo o indirecto del ambiente (p. ej. manejo de los bosques) pero que no dependen de la continuación intervención humana para su mantenimiento (Hobbs *et al.*, 2006). Es decir, dichos ecosistemas son el resultado de la respuesta biótica a condiciones abióticas inducidas por el ser humano y/o nuevos factores bióticos (p. ej. degradación del suelo, enriquecimiento de la fertilidad del suelo, introducción de especies

invasoras, sequías) (fig. 1.3a) (Hobbs *et al.*, 2009). En este contexto, un ecosistema híbrido se puede definir como aquel que conserva las características del sistema original (ciclo de nutrientes, hidrología, diversidad de especies), pero cuya composición o función se encuentra fuera del rango histórico de variabilidad. Los sistemas silvopastoriles en bosques nativos con la introducción de especies forrajeras en el sotobosque y ganado doméstico podrían interpretarse como ecosistemas noveles o híbridos, según la intensidad de la intervención. Varias trayectorias diferentes de cambio de los ecosistemas históricos (p. ej. bosques primarios en la época precolombina), son probables si las alteraciones abióticas o bióticas ocurren por separado o en simultáneamente (fig. 1.3b). Las preguntas clave para el futuro se relacionan a la manera de desarrollar esquemas de gestión de los bosques nativos de Argentina que maximicen los cambios beneficiosos y reduzcan los aspectos menos beneficiosos. De esta definición se depende otro problema que de considerar también cómo y quién define el beneficio. Las nociones tradicionales de conservación y restauración de la biodiversidad recurren directamente a las condiciones históricas como referencia, sin embargo, en la actualidad se están reconsiderando estas posturas en el contexto del rápido cambio climático que ocurre en nuestro planeta. Asimismo, debido a que los ecosistemas noveles son el resultado de las acciones humanas, se requiere que la gestión pública, a través de las Direcciones de Bosques, guíen su desarrollo. En general, la conservación tiene como objetivo reducir o prevenir tanto el cambio abiótico como el biótico, mientras que la restauración ecológica tiene como objetivo mitigar el cambio abiótico y revertir el cambio biótico para orientar al sistema hacia una composición y función del estado histórico y más valorado del bosque. Es frecuente que planes de conservación no puedan eliminar todas las especies

exóticas de los ecosistemas y además varios autores argumentan que las especies no nativas tendrán un papel importante en la provisión de servicios ecosistémicos en el futuro siendo componentes importantes de muchos sistemas proporcionando hábitat o recursos para otras especies (Ewel y Putz, 2004). Desde la perspectiva de ecosistemas noveles, Hobbs *et al.* (2009) plantean tres opciones para el manejo (fig. 1.3c): (i) situaciones donde la conservación o la restauración hacia un ecosistema histórico podría seguir siendo un objetivo útil y alcanzable, especialmente si la definición del sistema histórico se amplía para incluir una cierta cantidad de modificación y/o adición de nuevas especies; (ii) áreas donde la restauración de las estructuras y funciones claves del ecosistema aún se puede alcanzar; y (iii) zonas donde los cambios bióticos y/o abióticos han forzado una transición a un sistema novel que es poco probable que regrese a un estado histórico (o de referencia). En este contexto se enmarca las prácticas silviculturales de rehabilitación, que no implica llevar al ecosistema forestal degradado a un estado original, sino que se enfoca en el restablecimiento de manera parcial de elementos estructurales o funcionales de dicho ecosistema deteriorado, y así recuperar la productividad y los servicios ambientales del mismo. Este caso corresponde a una rehabilitación de la función ecosistémica, incluso con un reemplazo de las especies que lo componen (Samper, 2000). También, la definición de recuperación, se enmarca en el concepto de ecosistemas noveles, ya que tiene como objetivo recuperar la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio (o la intención de retornar a un ecosistema original o histórico), es decir, se reemplaza un ecosistema degradado por otro productivo (Munshower, 1994). En este sentido, la recuperación incluye técnicas como la estabilización, el mejoramiento estético y por lo general, el retorno de las tierras a lo que se consideraría un propósito útil dentro

del contexto regional. La revegetación, que normalmente es un componente de la recuperación, podría significar el establecimiento de sólo una o unas pocas especies vegetales nativas, predominando las especies exóticas o provenientes de otros ecosistemas asociados.

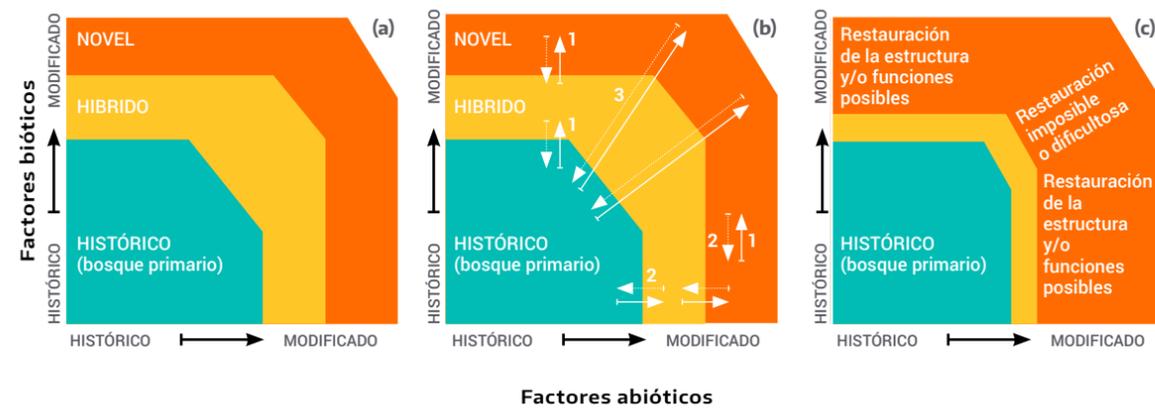


Figura 1.3. (a) Tipos de ecosistemas que se desarrollan bajo diferentes niveles de modificación biótica y abiótica: histórico (bosques primarios) dentro de su rango histórico de variabilidad (precolombino), híbrido y novel (en el cual los ecosistemas se modifican en forma irreversible por grandes modificaciones a condiciones abióticas o composición biótica). (b) Posibles vías de desarrollo de ecosistemas frente a cambios en la composición biótica (pérdida o incorporación de nuevas especies) y cambios abióticos (uso de la tierra o clima). La vía o trayectoria de cambio 1 es impulsada principalmente por la pérdida de especies nativas existentes y la incorporación de especies invasoras (nativas o no nativas); la vía 2 es determinada al cambiar las condiciones abióticas; y la vía 3 por cambios en los factores bióticos y abióticos actuando sinérgicamente. La inversión en la dirección de estas las vías a través de la eliminación de especies invasoras y/o la mejora de las condiciones ambientales se representan con líneas punteadas. (c) Posibles áreas donde se puede restaurar un ecosistema dentro del rango histórico de variabilidad (incluye la mayoría de los sistemas híbridos), donde la restauración de la estructura y/o función del ecosistema es probable y áreas donde la restauración es difícil o imposible y, por lo tanto, se requieren objetivos de gestión alternativos (adaptado de Hobbs *et al.*, 2009).

Los modelos de estados y transiciones (MET) (Westoby *et al.*, 1989) surgen como una herramienta útil para explicitar los cambios que sufren los bosques nativos bajo diferentes tipos de disturbios y guiar en la toma de decisiones para un manejo sostenible. Este modelo propone un enfoque metodológico-conceptual, el cual define que en cada ecosistema existen distintas alternativas de estados de la vegetación, con diferentes transiciones entre ellos. Los estados están asociados a una condición del ecosistema original (bosques primarios o estados de referencia) con estructuras y funciones características relacionadas y, a su vez, a las diferentes

capacidades de proveer bienes y servicios ecosistémicos (Rusch *et al.* 2016). Esta dinámica establece una fluctuación espacio-temporal en cuanto a la estructura de la comunidad vegetal del bosque (p. ej. cambios en la cobertura de las especies dominantes) lo que determina diferentes fases para un mismo estado (López *et al.* 2011). Los modelos MET proveen una manera simple y versátil de describir la dinámica de la vegetación para un determinado sitio ecológico en función de disturbios naturales y antrópicos. El sitio ecológico se refiere a un bosque o tipo de elemento del paisaje con características recurrentes de suelo, accidente geográfico, geológico

y características climáticas que determinan diferencias respecto a otras masas forestales en la producción, composición de especies y la dinámica de la vegetación bajo un régimen de disturbio natural o de manejo (Bestelmeyer *et al.* 2017). Por ejemplo, el sitio ecológico tipo de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur se corresponde a ñirantales de Santa Cruz que representan el 80% de su superficie (159.720 ha) desarrollándose en una clase de sitio V (altura media de los árboles dominantes <8 m), con temperaturas media anuales de 5,0-6,2°C, precipitaciones de 280-600 mm/año, una evapotranspiración de 950-1650 mm/año, pendientes de 0° a 5°, altitudes <450 m.s.n.m, profundidad efectiva del suelo de 0,4-0,6 m, y una capacidad retención hídrica (capacidad de campo a 0,3 m profundidad) de 50 a 60% (Peri *et al.*, 2017b). En las transiciones se plantea cómo suceden esos cambios de un estado a otro. La transición de un estado a otro depende de factores climáticos (lluvias, sequía) y/o de prácticas manejo (p. ej. silvicultura, manejo del fuego, pastoreo). Es decir que la transición entre un estado y otro es disparada por un evento natural o por una acción de manejo, o bien por la interacción entre dichos factores. En este modelo se plantean transiciones negativas de deterioro del ecosistema y positivas de recuperación. Las transiciones negativas serían más factibles que las positivas y muchas veces irreversibles. Asimismo, determinar los diferentes estados de un tipo de bosque nativo y los factores que determinan las transiciones facilitan la toma de decisiones de manejo que tienen como fin evitar cambios no deseados. Según el marco del MET, bajo determinadas condiciones de sitio, como consecuencia de distintos regímenes de disturbio y/o presión antrópica pueden existir estados alternativos del sistema. Cada estado se caracteriza por una determinada composición de la comunidad vegetal, por atributos estructurales y funcionales

persistentes y por una dinámica temporal de la vegetación asociada a fluctuaciones climáticas y/o al manejo (Bestelmeyer *et al.*, 2009, 2017). Los estados están ligados por transiciones, las cuales pueden ser de degradación (negativas), o de recuperación (positivas). Las transiciones entre estados pueden ser disparadas por eventos naturales (como sequías e inundaciones), por acciones de manejo (como prácticas silviculturales o pastoreo) o por combinaciones de ambos tipos de procesos. Dichas transiciones ocurren cuando los valores de determinadas variables traspasan umbrales (Briske *et al.*, 2008). Un umbral crítico es el límite en el espacio y/o en el tiempo entre dos estados, de manera que al ser sobrepasado los procesos ecológicos primarios cambian irreversiblemente y que deben ser restaurados activamente para que el retorno al estado previo sea posible (fig. 1.4) (López *et al.*, 2011, Peri *et al.*, 2017b). Este umbral se asocia a transiciones negativas donde un factor de disturbio altera no sólo la estructura sino principalmente las funciones del ecosistema forestal, es decir que implica que el bosque pierde o disminuye significativamente su resiliencia (López *et al.*, 2011, 2013). El marco de MET permite detectar fases de riesgo dentro de los estados, o condiciones próximas a los umbrales de cambio, que pueden ser vistas como alertas tempranas de los procesos de degradación. Este enfoque permite, a su vez, determinar la vulnerabilidad del ecosistema, al evaluar la resiliencia y resistencia del mismo en cada transición, es decir, la capacidad de retornar al estado inicial o de mantenerse dentro del mismo estado después de un disturbio (fig. 1.4a) (López *et al.*, 2011, Bestelmeyer *et al.*, 2017). Por ejemplo, basado en los MET, se han desarrollado modelos estructurales-funcionales (López *et al.*, 2011) para bosques en Patagonia que evalúa los atributos del ecosistema forestal relacionado a la resiliencia, elasticidad, amplitud y resistencia a los factores de disturbio (fuego,

ganadería, raleos, invasión de especies exóticas) (Peri *et al.*, 2017b). A partir de índices de degradación estructural y funcional se pudo relacionar los diferentes estados (7 Estados y 10 Transiciones para los bosques de ñire) con los servicios ecosistémicos (control de erosión de suelo, regulación del ciclo de nutrientes, hábitat, provisión madera y ganadería). Esto determinó poder aportar a la toma de decisiones en que Estados realizar el manejo silvícola sostenible en sistemas silvopastoriles, sin poner en riesgo la integridad de los ecosistemas.

La silvicultura de los bosques nativos debería diseñarse de manera tal de no traspasar umbrales críticos que conlleven a producir cambios a nivel estructural que determinen la pérdida significativa de los procesos claves del ecosistema y de los servicios ecosistémicos que brinda. Los MET también nos permiten determinar de manera más objetiva el grado de deterioro o degradación de un bosque determinado como pautas para una silvicultura de restauración. Hay que tener en cuenta que el grado de deterioro del bosque puede producirse por disturbios de pequeña (p. ej. como parte de la dinámica de rodal o parche) o de gran escala (p. ej. como por incendios o plagas). Es por esto que la definición de los estados del bosque nativo y estados de bosque degradado deberían contemplar estas diferencias de escalas espaciales e integrarlas (fig. 1.4b). Identificar las causas del deterioro del bosque es importante para planificar su mejora

y/o proponer nuevas hipótesis alternativas. Es conveniente identificar tanto el origen (natural o antrópico) como los efectos de las interacciones entre disturbios (incluyendo la interacción con el cambio climático, los cambios de uso de suelo, y la fragmentación).

En síntesis, cualquiera fuera la aproximación conceptual, una alternativa a tener en cuenta en el manejo sostenible de los bosques nativos frente al cambio climático, manteniendo las principales servicios ecosistémicos (de provisión de bienes como del resto de los servicios), es aumentar la resiliencia de los ecosistemas forestales bajo manejo o acompañar la transformación gradual del sistema favoreciendo su adaptación a las nuevas condiciones, con el objetivo de minimizar los efectos poco deseables de los cambios catastróficos (Millar *et al.*, 2007), p. ej. se puede promover determinadas especies o genotipos menos vulnerables a la sequía, potenciar la diversidad del bosque que facilite la redundancia funcional ante un rango amplio de condiciones climáticas, modificar la estructura del bosque con silvicultura que minimice los efectos negativos de la competencia cuando los recursos hídricos son escasos, promover un manejo forestal que permita la coexistencia de diferentes clases de edad a escala de rodal o de estados a nivel de paisaje, y favorecer los procesos que mejoren la regeneración y el reclutamiento de nuevos individuos arbóreos.

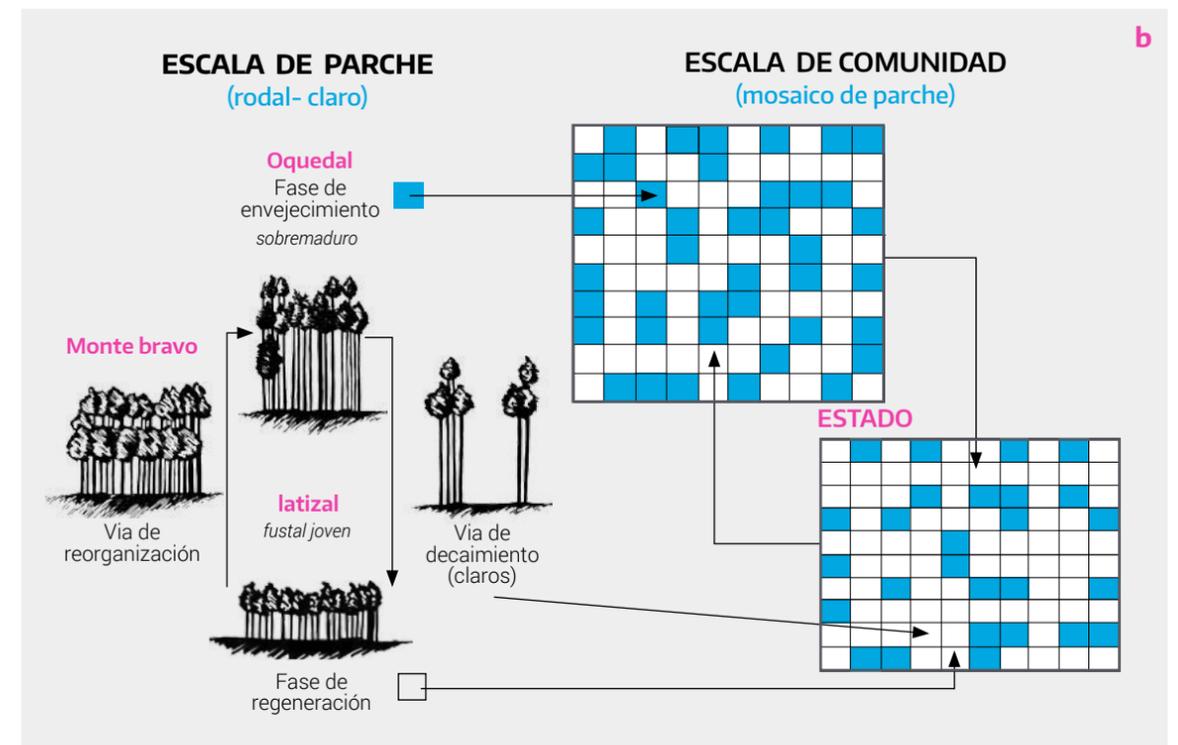
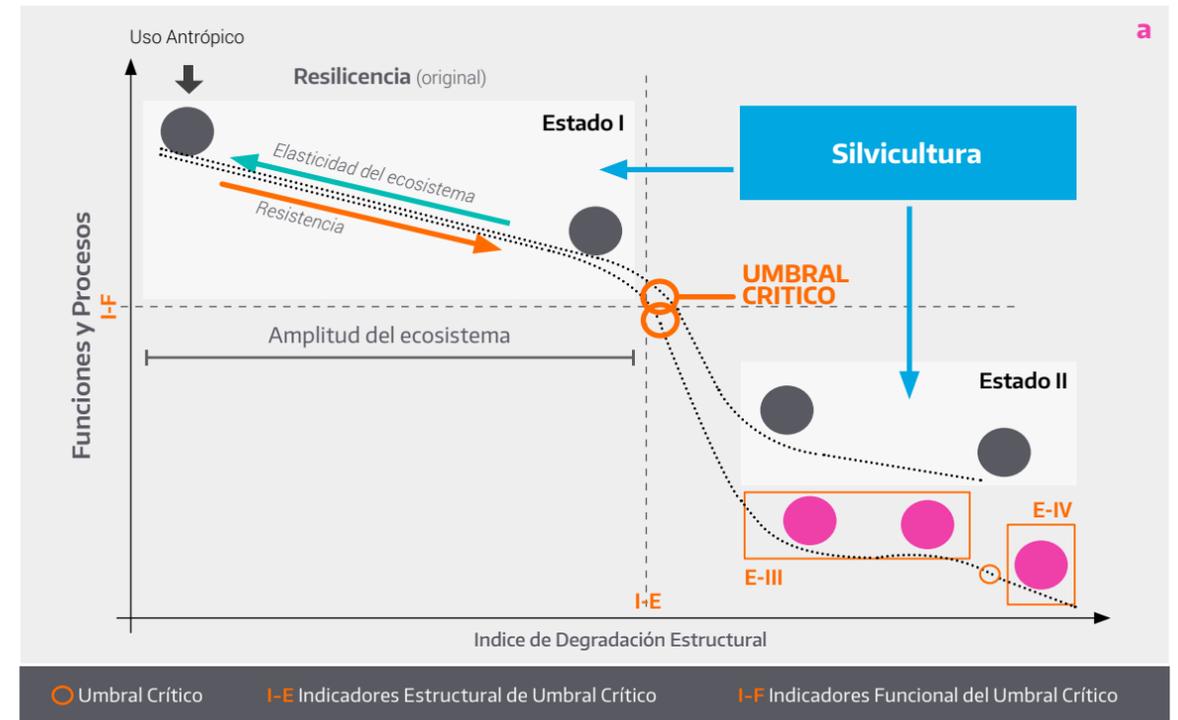


Figura 1.4. (a) Esquema de un modelo estructural-funcional de Estados y Transiciones (adaptado de López *et al.*, 2011). (b) Esquema de diferentes escalas espacio-temporal en el uso de estos modelos en bosques nativos (ver más detalle en cuadro 3 del capítulo 10).

1.5 Organización del libro

El libro contiene los principales conceptos que aborda esta obra (silvicultura, manejo, ordenación, conservación, manejo sostenible, servicios ecosistémicos), el manejo relacionado a los diferentes usos del bosque, el abordaje de las diferentes escalas espaciales, y marcos conceptuales ante el cambio climático donde se desarrolla la silvicultura (capítulo 1). En el segundo capítulo se describen las características generales de las regiones forestales de Argentina y en el tercer capítulo se presenta una clasificación basada en nuevas propuestas de biogeografía o unidades bio-climáticas (zonas de vida de Holdridge) para entender su variabilidad ecológica como base para mejorar el mapeo de las regiones forestales del país. En el Capítulo 4 se presenta la historia del uso del bosque nativo y los lineamientos político-legales que definieron el presente uso del recurso forestal nativo, como así también la descripción de las principales técnicas silvícolas (tratamientos intermedios y métodos de regeneración). Por otra parte, en Capítulo 5, esta obra contiene una síntesis de los logros de la Ley n.º 26.331/07 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos luego de 10 años de ser implementada, los factores que condicionan su distribución, los cambios en la cobertura y los principales factores que generan sinergias y conflictos en el uso del bosque nativo. Aquí se presentan datos inéditos sobre la evolución de la cobertura forestal en los últimos 15 años en forma específica por región forestal.

Se presenta además en 6 Capítulos individuales para las principales regiones forestales del país (Selva Misionera, Yungas, Monte, Espinal,

Parque Chaqueño y Patagonia) las grandes unidades de paisaje, la descripción del bosque nativo y principales tipos forestales, el manejo tradicional o histórico a escala de paisaje (o provincial) y rodal, los beneficios y compensaciones de la silvicultura respecto de ecosistemas de referencia (biodiversidad, estructura forestal, microclima, ciclos naturales, servicios ecosistémicos), propuesta de una nueva silvicultura y de nuevos paradigmas de manejo incluyendo todos los usos como el manejo maderero, silvo-pastoril, restauración, enriquecimiento, turismo, recreación, productos forestales no madereros. También se resalta la información faltante y los desafíos para el manejo sostenible de los bosques nativos. Asimismo, en los capítulos por región se incluye y analiza casos especiales que requieran especial atención, por su importancia ecológica, social o productiva.

En el Capítulo 12 se presentan aspectos relacionados al cambio climático y estrategias silvícolas, incluyendo un análisis inédito sobre la productividad primaria neta de los bosques a nivel país y las tendencias climáticas (precipitación y temperatura) de los últimos 15 años. Se presenta en particular un análisis del impacto potencial esperado frente al cambio climático y los eventos extremos en las estrategias de manejo y conservación de los bosques nativos. Por último (capítulo 13), se presentan recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina, estrategias para mejorar la implementación del manejo sostenible actual y principales desafíos para los próximos años.

CUADRO 1

Agregado de valor a los productos del bosque nativo: El caso de “Leña en Blanco”

Marcelo Navall

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Santiago del Estero

En la Región Chaqueña Argentina, que contiene el 70% de los bosques nativos del país, confluyen una serie de fenómenos que comprometen la sustentabilidad del uso de los bosques nativos, entre los que se destacan:

(i) el bajo valor agregado a los productos forestales, que son principalmente leña y carbón;

(ii) el avance de la agricultura, que entre 1998 y 2006 deforestó 2 millones de hectáreas;

(iii) el sobrepastoreo, la explotación forestal por encima de la tasa de crecimiento, y la aplicación de tratamientos intensivos de habilitación ganadera, que causan degradación de los bosques;

(iv) la informalidad del mercado, los bajos precios y la falta de transmisión de valor en la cadena, que desalientan la aplicación de prácticas de manejo sostenible;

(v) las malas condiciones de salud y seguridad, informalidad laboral y bajos salarios, comunes en el trabajo forestal;

(vi) las leyes de protección de los bosques nativos, aunque son un gran avance, no garantizan por sí solas la conservación del recurso;

(vii) y la conciencia ambiental de la sociedad, que está incrementándose significativamente en los últimos años.

En base a este diagnóstico y a experiencias del INTA EEA Santiago del Estero, se diseñó el Sistema “Leña en Blanco” con el objetivo de agregar valor a este producto, fomentar el uso sostenible del bosque nativo y llegar al mercado con precios competitivos.

El producto desarrollado es leña seca en trozos de 20 a 25 centímetros de largo y envasada, de especies típicas de del monte santiagueño (quebracho blanco y colorado, mistol y algarrobo blanco) bajo manejo sostenible, cumpliendo un protocolo de aspectos legales, sociales, de manejo e información al consumidor.

El sistema recibió la certificación de “Cosecha legal” y “Cadena de custodia” emitida por SCS (Scientific Certification Systems), y se adhirió a la Red de Comercio Forestal Argentina promovida por Fundación Vida Silvestre Argentina. La estrategia de manejo consistió en una entresaca regularizada con ciclos de corta de 20 años, con cortas aplicadas por el método de “árbol futuro”, extrayendo no más del 30% de área basal en cada corta.

Estas herramientas de agregado de valor se ponen a disposición de los productores que deseen adherirse al sistema, quienes deben comprometerse al cumplimiento del protocolo, a

ser auditados y a vender su producto por encima del precio que garantiza manejo sostenible. El sistema prevé además la reducción del número de intermediarios entre productor y consumidor.



Figura 1.5. Diseño de envase para la comercialización de "Leña en Blanco"

Bibliografía

Bestelmeyer, B.T., Tugel, A.J., Peacock, G.L. jr., Robinett, D.G., Shaver, P.L., Brown, J.R., Herrick, J.E., Sanchez, H., Havstad, K.M. 2009. State-and-transition models for heterogeneous landscapes: a strategy for development and application. *Rangeland Ecology and Management* 62, 1–15.

Bestelmeyer, B.T., Briske, D.D. 2012. Grand challenges for resilience-based management of Rangelands. *Rangeland Ecol Manag.* 65, 654–663.

Bestelmeyer, B.T., Ash, A., Brown, J.R., Densambuu, B., Fernández-Giménez, M., Johanson, J., Levi, M., López, D., Peinetti, R., Rumpff, L., Shaver, P. 2017. State and Transition Models: Theory, applications, and challenges. In: Briske D. (eds) *Rangeland Systems*, pp. 303-345. Springer Series on Environmental Management.

Braat, L.C., de Groot, R. 2012: The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1, 4-15.

Briske, D.D., Bestelmeyer, B.T., Stringham, T.K., Shaver, P.L.. 2008. Recommendations for development of resilience-based state-and-transition models. *Rangel. Ecol. Manage.* 61, 359–367.

Cingolani, A. M., Noy Meir I., Renison, D.D., Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos?. *Ecología Austral* 18, 253-271.

Clements, F.E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology* 24, 552-584.

Ewel, J.J., Putz, F.E. 2004. A place for alien species in ecosystem restoration. *Front. Ecol. Environ.* 2, 354 –360.

FAO. 2015. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Roma, 54 pp.

FAO. 2017. SAVE FOOD: Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos. <http://www.fao.org/save-food/recursos/keyfindings/es/>

Gilpin, M.E. 1987. Spatial structure and population vulnerability. En: Soule, M.E. (ed.), *Viable Populations for Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 125- 140

Hawley, R.C. 1946. *Practice of Silviculture*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 5th Edition, 373 pp.

Herrera, J.M. 2012. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados: de la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20, 21-34.

Hobbs, R.J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J.S., Bridgewater, P., Cramer, V.A., Epstein, P.R., Ewel, J.J., Klink, C.A., Lugo, A.E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D.M., Sanderson, E.W., Valladares, F., Vilá, M., Zamora, R., Zobel, M. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15, 1-7.

Hobbs, R.J., Higgs E., Harris, J.A. 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 599-605.

Kohm, K.A., Franklin, J.F. 1997. *Creating a Forestry for the 21th Century: The Science for Ecosystem management*. Washington DC, Island Press.

Lambin, E. F., Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3465–3472.

López, D.R., Cavallero, L., Brizuela, M.A., Aguiar, M.R. 2011. Ecosystemic structural–functional approach of the state and transition model. *Applied Vegetation Science* 14, 6–16.

López, D.R., Brizuela, M.A., Willems, P., Siffredi, G., Aguiar, M.R., Bran, D. 2013. Linking ecosystem resistance, resilience and stability in steppes of north Patagonia. *Ecol Indic* 24,1–11.

Mackay, E. 1944. *Fundamentos y métodos de la Ordenación de Montes*. Escuela Especial de Ingenieros de Montes. Madrid.

- Millar, C.I., Stephenson, N.L., Scott L. 2007. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17, 2145-2151.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC, Island Press.
- Munshower, F.F. 1994. *Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 265 pp.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Wright, A., 2009. *Nature's Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty*. Earthscan, London, UK.
- Peri, P.L., Dube, F., Varella, A. 2016. Opportunities and challenges for silvopastoral systems in the Subtropical and Temperate zones of South America. En: Peri, P.L., Dube, F., Varella, A. (eds.), *Silvopastoral Systems in Southern South America, Advances in Agroforestry*, Springer International Publishing, Switzerland. pp. 257-270.
- Peri, P.L., Carranza, C.; Soler, R., López, D.R., Lencinas, M.V., Alaggia, F., Cavallero, L., Gargaglione, V., Bahamonde, H., Martínez Pastur, G. 2017a. Manejo de bosque con ganadería integrada en el contexto del debate separación (land sparing) e integración (land sharing) entre producción y conservación en Argentina. *Actas IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles* (Eds.: Chará J., Peri P.L., Rivera J.E., Murgueitio E., Castaño K.), pp. 2-12. Manizales, Colombia, 6-8 de Septiembre del 2017.
- Peri, P.L., López, D.R., Rusch, V., Rusch, G., Rosas, Y.M., Martínez Pastur, G. 2017b. 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, 105-118.
- Phalan, B., Balmford, A., Green, R.E., Scharlemann, J.P.W. 2011. Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy* 36, 62-71.
- Rusch, V., Cavallero, L., López, D.R. 2016. El modelo de estados y transiciones como herramienta para la aplicación de la ley de bosques. *Patagonia Forestal* 1: 20-27.
- Silveti, F. 2012. Trayectoria histórica de la territorialidad ganadera campesina en el oeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 9, 333-367.
- Samper, C. 2000. Aportes del foro virtual sobre restauración ecológica y reforestación. En: Ponce, E. (ed.), *Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación*. Prisma, Bogotá, Colombia. pp. 28-37.
- SERI, Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International. <http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>.
- Smith, D.M, Larson, B.C, Kelty, M.J., Ashton, P.M.S. 1997. *The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 9th Edition, 537 pp.
- Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B. 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management* 4, 1-11.
- Wainwright, J., Mulligan, M., Thornes, J.B. 1999. Plants and water in drylands. En: Baird A.J., Wilby, R.L. (eds.), *Ecohydrology*, Routledge, London, pp. 78-126.
- Westoby, M., Walker, B., Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42, 266-274.