

MANUAL N° 67

RESTAURACIÓN AGROFORESTAL A ESCALA DE PAISAJE CON FINES PRODUCTIVOS Y AMBIENTALES



INSTITUTO FORESTAL 2024



RESTAURACIÓN AGROFORESTAL A ESCALA DE PAISAJE CON FINES PRODUCTIVOS Y AMBIENTALES

Alvaro Sotomayor Garretón¹, Alejandro Lucero Ignamarca¹,
Alberto Avila Campos¹ y Arnoldo Villarroel Muñoz²

INSTITUTO FORESTAL
2024

¹ INFOR Sede Bio Bío, asotomay@infor.cl

² Consultor Independiente



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

Calle Nueva 13570 LT 4, San Pedro de la Paz

Concepción - Chile

F. 41 2853260

www.infor.cl

www.agroforesteria.cl

Registro propiedad Intelectual N° 2024-A-7003

ISBN: 978-956-318-276-7 (Edición impresa)

ISBN: 978-956-318-277-4 (Edición digital)

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Sotomayor, Alvaro; Lucero, Alejandro; Avila, Alberto y Villarroel, Arnoldo (2024). Restauración Agroforestal a Escala de Paisaje con Fines Productivos y Ambientales. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 67. P. 92

Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.	5
2.	PLANIFICACION PARTICIPATIVA Y DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA RESTAURACION DE PAISAJES	9
2.1	<i>Planificación Participativa</i>	9
2.2	<i>Planificación del uso del suelo.</i>	10
2.3	<i>Selección de especies a utilizar y áreas de protección</i>	13
2.4	<i>Formación de Establecimiento de un Sistema Agroforestal en el Paisaje</i>	16
2.5	<i>Diseño de Plantación para Sistemas Agroforestales</i>	17
2.6	<i>Elección de la Densidad Forestal y Configuración</i>	20
3.	ESTABLECIMIENTO E INTERECCIÓN DE LOS COMPONENTES EN UN SISTEMA AGROFORESTAL	23
3.1	<i>Interacción entre los Componentes del Sistema</i>	23
	- Competencia de las Especies Herbáceas y Malezas con las Plantas Forestales	
	- Manejo de los Árboles para no Afectar el Desarrollo de la Pradera o Cultivos	
	- Manejo de la Interacción Animal-Árbol	
	- Otros cuidados	
	- Manejo de la Competencia por Luz	
3.2.	<i>Mejoramiento, Regeneración y Manejo de Pradera Naturalizada</i>	26
	- Fertilización de Praderas	
	- Regeneración de Praderas	
	- Manejo de Praderas en Sistemas Silvopastorales.	
3.3.	<i>Establecimiento del Componente Arbóreo</i>	31
	- Habilitación de Terreno para Establecimiento de Sistema Silvopastoral	
	- Cercado Perimetral y Protección Individual de Plantas	
	- Plantación	
4.	SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU MANEJO	42
4.1	<i>Sistema Silvopastoral.</i>	42
	Manejo del Componente Arbóreo	
	- Selección y Clasificación de los Árboles	
	- Podas	
	- Raleos	
4.2	<i>Sistemas Agrosilvícolas</i>	49
	- Antecedentes de sistema agrosilvícola con Nogal	
	- Antecedentes de sistema agrosilvícola con Álamo	
	- Esquemas de sistemas agrosilvícolas asociados a cultivos agrícolas	
	- Antecedentes de sistema agrosilvícola para producción apícola	
4.3.	<i>Cortinas cortavientos</i>	55
	- Aspectos a considerar en el diseño de una cortina cortaviento	
	- Especies a utilizar	
	- Manejo de cortinas cortavientos	
5.	RESTAURACIÓN Y MANEJO AGROFORESTAL CON ESPECIES NATIVAS	69
5.1	<i>Restauración Agroforestal con especies nativas</i>	69
5.2	<i>Experiencias con manejo silvopastoral, en formaciones nativas.</i>	71
	- Sistema silvopastoral con espino	
	- Sistema silvopastoral con radial	
	- Sistema silvopastoral con ñire	
6.	SISTEMAS AGROFORESTALES Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA	78
6.1	- Agroforestería y recuperación y protección de suelos	78
6.2	- Agroforestería y recuperación y protección de cursos de agua	79
7.	CONCLUSIONES	85
8.	REFERENCIAS	87
	ANEXO 1. TIPOS DE HERBICIDAS	90

1. INTRODUCCIÓN

El presente Manual, se enmarca en el Programa FIC "Restauración Agroforestal a Escala de Paisaje como herramienta innovativa para mejorar la gestión hídrica y medioambiental en la pequeña y mediana propiedad silvoagropecuaria para una región del Biobío sustentable y resiliente ante escenario de cambio climático", financiado por el Gobierno Regional del Biobío. Este programa persigue como objetivo el "Mejorar la gestión productiva, hídrica y medio ambiental de predios silvoagropecuarios, a través de la incorporación de la componente arbórea como eje principal de sustentabilidad, y con ello mejorar la calidad de vida de pequeños y medianos propietarios silvoagropecuarios en la región del Biobío".

Cuando se está planificando realizar Restauración Agroforestal a Escala de Paisaje, es necesario definir qué se entiende como paisaje para el objetivo de este manual. Existen muchas definiciones, pero en este caso se enfocará en paisaje rural (Figura N° 1), donde coexisten bosques, tanto naturales como plantados, terrenos agrícolas y ganaderos, suelos sin uso o degradados, cursos de agua, caminos y otros tipos de infraestructura, como construcciones de los habitantes del lugar, tanto para habitación como para otras funciones como bodegas, invernaderos, galpones y otros.

El paisaje es, por tanto, el resultado perceptible de la interacción de elementos y factores naturales y humanos a lo largo del tiempo. Los elementos naturales del paisaje incluyen componentes abióticos (suelo, relieve, clima, hidrografía) y bióticos (vegetación, fauna). Estos elementos interactúan con los elementos antrópicos (población, infraestructuras, poblamiento, usos del suelo).

La restauración de paisajes es una forma de optimizar o recuperar el uso del suelo y vegetación, generalmente para devolver un paisaje a un estado o nivel aceptable de funcionamiento. El ecosistema en este caso no necesariamente tiene que tratar de imitar su estado original, dada la imposibilidad de hacerlo, cuando necesariamente se necesita seguir realizando actividades productivas en el territorio. La restauración de paisajes incluye, en términos generales, recuperación productiva de suelos; procesos de rehabilitación de suelos erosionados; rehabilitación de ciclos hidrológicos; recuperación de paisajes y ecosistemas afectados por incendios forestales, catástrofes u otros factores de degradación; conservación y protección de áreas naturales o de valor ecológico; y restauración ecológica, entre otros fines.

Según Stanturf *et al.* (2017), la restauración del paisaje se define como "un proceso planeado que pretende recobrar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en tierras deforestadas o degradadas". No busca recrear ecosistemas del pasado, dada la incertidumbre concerniente al pasado, y las condiciones significativamente alteradas del presente, así como los inciertos cambios futuros. Sin embargo, sí busca restaurar un ecosistema que sea autosostenible y que provea beneficios tanto a las personas como a la biodiversidad. Por esta razón, la escala de paisaje es importante, ya que provee la oportunidad de balancear prioridades ecológicas, sociales y económicas.

El énfasis en el paisaje también indica que la cobertura forestal no se necesita en toda el área o territorio, sino más bien el enfoque de la restauración está en restaurar ecosistemas agroforestales funcionales dentro de paisajes más amplios, para que el bosque pueda coexistir y subsistir en un mosaico de paisaje junto a otros usos de la tierra. Los bosques restaurados, tanto con especies nativas como exóticas, en el paisaje pueden aportar funciones protectoras para cuencas hidrográficas, suelos, ganado y cultivos; otras partes pueden ser altamente productivas y producir eficientemente madera de alta calidad, leña o biomasa, mientras que en otras partes será necesario restaurar bosques nativos degradados y hábitats para la flora y la fauna (Figura N° 1).

Para hacer restauración en paisajes productivos es necesario combinar estrategias que permitan articular la conservación y la producción en el mismo paisaje. En ese contexto, los Sistemas Agroforestales (SAF) son una herramienta clave porque permiten el logro simultáneo de objetivos diversos que incluyen proteger los remanentes de bosques, aumentar la cobertura de vegetación para mejorar la conectividad entre fragmentos, proteger la biodiversidad y proveer hábitat para la fauna, recuperar y conservar los suelos, realizar agricultura sustentable, aumentar la producción de biomasa y el almacenamiento de carbono, como también para producción de madera (FAO, 2017).

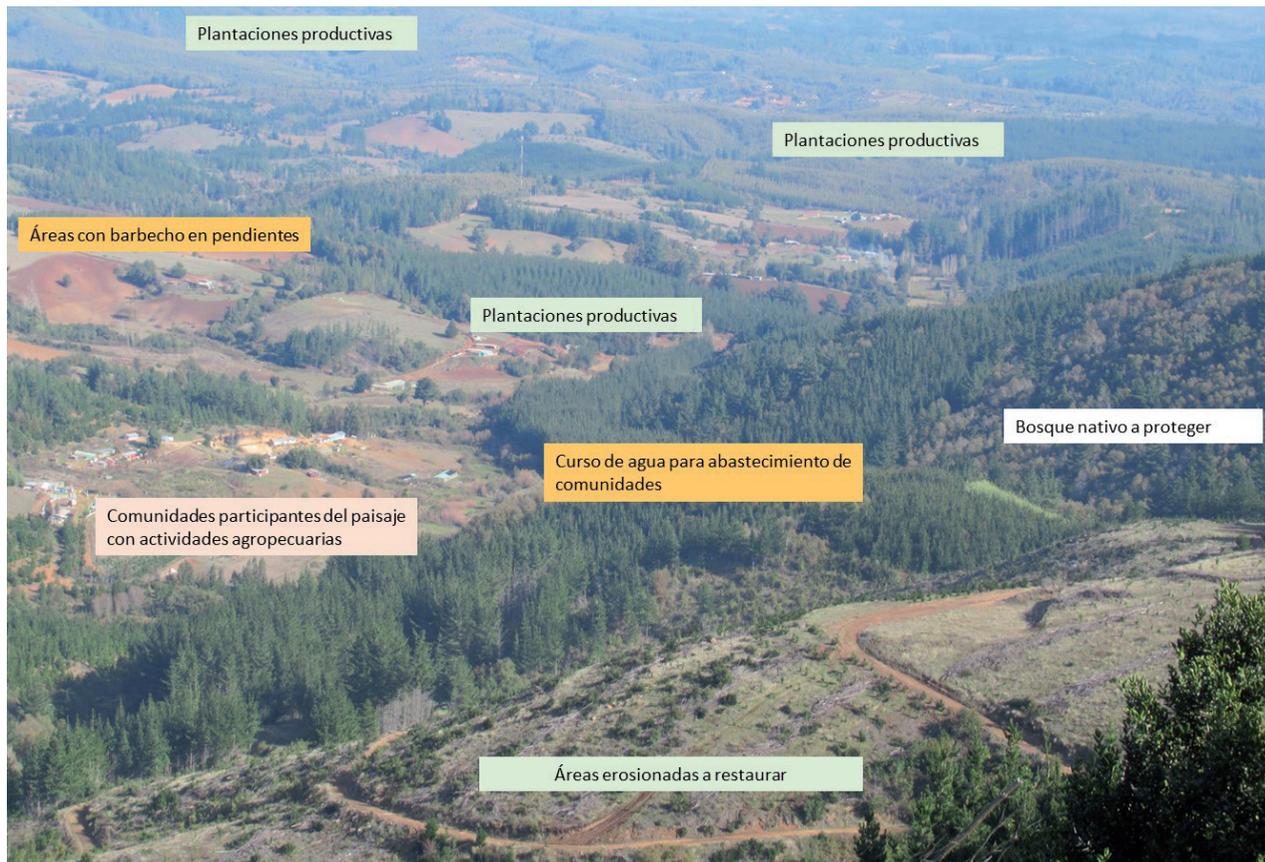


Figura N° 1
PAISAJE CULTURAL-RURAL AGROFORESTAL, CON DIFERENTES USOS DE LA TIERRA

Como herramienta para la restauración de los paisajes rurales, los sistemas agroforestales incluyen, entre otros, sistemas silvopastorales, agrosilvícolas o silvoagrícola, cortinas cortavientos (Figura N° 2), protección y recuperación de cursos de agua o biofiltros y acciones de restauración agroforestal, tanto predial como a escala de paisaje.

Se los define como aquellas prácticas que combinan árboles y/o arbustos con praderas y producción animal, o con cultivos agrícolas, en un mismo sitio o potrero, con el objetivo de mejorar la productividad de los suelos en forma sustentable (Sotomayor *et al.*, 2008), y para recuperar suelos, cursos de agua, y bosques degradados y/o afectados por incendios.

De estos sistemas se pueden obtener diversos bienes, como productos derivados de los animales, como carne, leche, lana, cuero y otros; productos forestales, como trozos para la industria forestal, para madera aserrada, tableros y otros; postes, polines, leña; productos forestales no maderables,

como carbón, hojas, frutos, flores para producción de miel, hongos y otros; forraje proveniente de las praderas para alimentación del ganado; productos agrícolas de los cultivos sembrados entre los árboles a áreas protegidas por estos; y frutos provenientes de árboles y/o arbustos.

Algunos de los principales beneficios del uso de SAF, además de los beneficios productivos o económicos ya mencionados, son:

- Protección que ofrecen los árboles, tanto a los animales como a la pradera y cultivos, frente a condiciones climáticas adversas.
- Diversificación de la actividad productiva de la mediana y pequeña propiedad agrícola o forestal, haciendo un uso eficiente y sustentable de los recursos del predio disponibles.
- Generación de flujos de caja anuales y mejoramiento de la liquidez de la actividad productiva tradicional.
- Reducción del riesgo de incendios y control del crecimiento de malezas en plantaciones forestales tradicionales.
- Protección de los suelos y disminución de los niveles de erosión.
- Protección de los cursos y fuentes de agua.
- Restauración de bosques y ambiente degradados.
- Mejoramiento de la belleza escénica del predio y del valor de la propiedad.
- Captura de carbono y mitigación de gases efecto invernadero.



Figura N° 2
SISTEMA SILVOPASTORAL (IZQ), AGROSILVICOLA (CENTRO), CORTINA CORTAVIENTO (DER)

El objetivo de este manual, que se basa en los contenidos expuestos en los Manuales N° 41¹, 43² y 66³ editados por el Instituto Forestal, y Cartillas Agroforestales N° 4 y N° 7, sobre sistemas silvopastorales, cortinas cortavientos, protección y recuperación de cursos de aguas y beneficios ambientales, agrosilvicultura, restauración agroforestal del paisaje y recuperación productiva, es entregar antecedentes sobre principios fundamentales para la planificación participativa en la identificación de problemas y buscar soluciones a estos, para entregar propuestas sobre el diseño de los sistemas de restauración agroforestal a implementar, considerando su establecimiento, manejo, monitoreo y evaluación, para un correcto funcionamiento de los Sistemas Agroforestales en los territorios considerados.

1 Sotomayor, A.; Moya, I.; Teuber, O., y Lucero A. (2020). Manual N°41, de Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastorales en Zona Centro - Sur y Patagonia de Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 76 p.

2 Sotomayor A.; Moya I.; Teuber O; Lucero A.; Villarroel A.; Villalobos E. y Barrales L. (2020). Manual N° 43, Diseño, Establecimiento y Manejo de Cortinas Cortavientos. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 37 p.

3 Sotomayor A.; Lucero, A.; Avila A., y Villarroel A. (2023). Manual N° 66, Establecimiento y Manejo de Sistemas Agroforestales para Restauración y Recuperación Productiva de Suelos degradados o Afectados por Incendios Forestales. Instituto Forestal, San Pedro de la Paz, Chile. 76 p.

Los sistemas agroforestales pueden considerar el uso de especies exóticas comúnmente usadas en programas de forestación; también especies nativas, que pueden ser usadas con fines productivos; incluir también acciones de restauración de áreas afectadas por incendios forestales; al igual que ser aplicados para recuperación de productiva y ambiental de suelos degradados, y protección y recuperación de cursos de aguas degradados por acción humana o por incendios.

Además, este manual considera en la planificación de las acciones de restauración la utilización de la metodología del NEXO, diseñada por Naranjo y Willaarts (2020), para incorporar en forma participativa a los habitantes de los territorios en la toma de decisiones, junto a otros actores sociales que puedan ayudar en la implementación de acciones de restauración.

Sr. Productor o Asesor:

En las acciones de restauración del paisaje agroforestal la toma de decisiones se debe realizar en forma participativa, dado que el paisaje rural a restaurar considera a diversos propietarios y comunidades, que deben trabajar en forma conjunta y colaborativa.

Al considerar la implementación de Sistemas Agroforestales como herramienta de restauración se contempla la incorporación de árboles y/o arbustos en diferentes sectores de los territorios que lo requieran, y que pueden estar siendo usados para un pastoreo tradicional, o cultivos tradicionales, con el fin de proteger los suelos o curso de agua, como también entregar productos a las personas que lo necesitan, como:

- Otorgar protección invernal a los animales y a la pradera, en particular del efecto del viento y bajas temperaturas.***
- Otorgar protección a cultivos agrícolas contra el viento, heladas o temperaturas extremas.***
- Otorgar protección al suelo con sus copas y raíces, disminuyendo la erosión, en especial en suelos con pendiente leve a moderada.***
- Mejoramiento de la capacidad de retención de humedad en el suelo.***
- Aumento del contenido de materia orgánica del suelo.***

En un sentido económico:

- La integración que se logra con el manejo silvopastoral o silvoagrícola, permite la producción de madera de alta calidad y otros productos madereros y no madereros, y productos provenientes de la producción animal, generando ingresos a corto, mediano y largo plazo:***
 - Corto plazo, proveniente de las operaciones ganaderas y/o agrícolas.***
 - Mediano plazo, de madera de dimensiones pequeñas, producto de raleos, y de la venta de animales y agrícolas.***
 - Largo plazo, por la madera proveniente de la cosecha final de los árboles.***

2. PLANIFICACION PARTICIPATIVA Y DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES PARA LA RESTAURACION DE PAISAJES

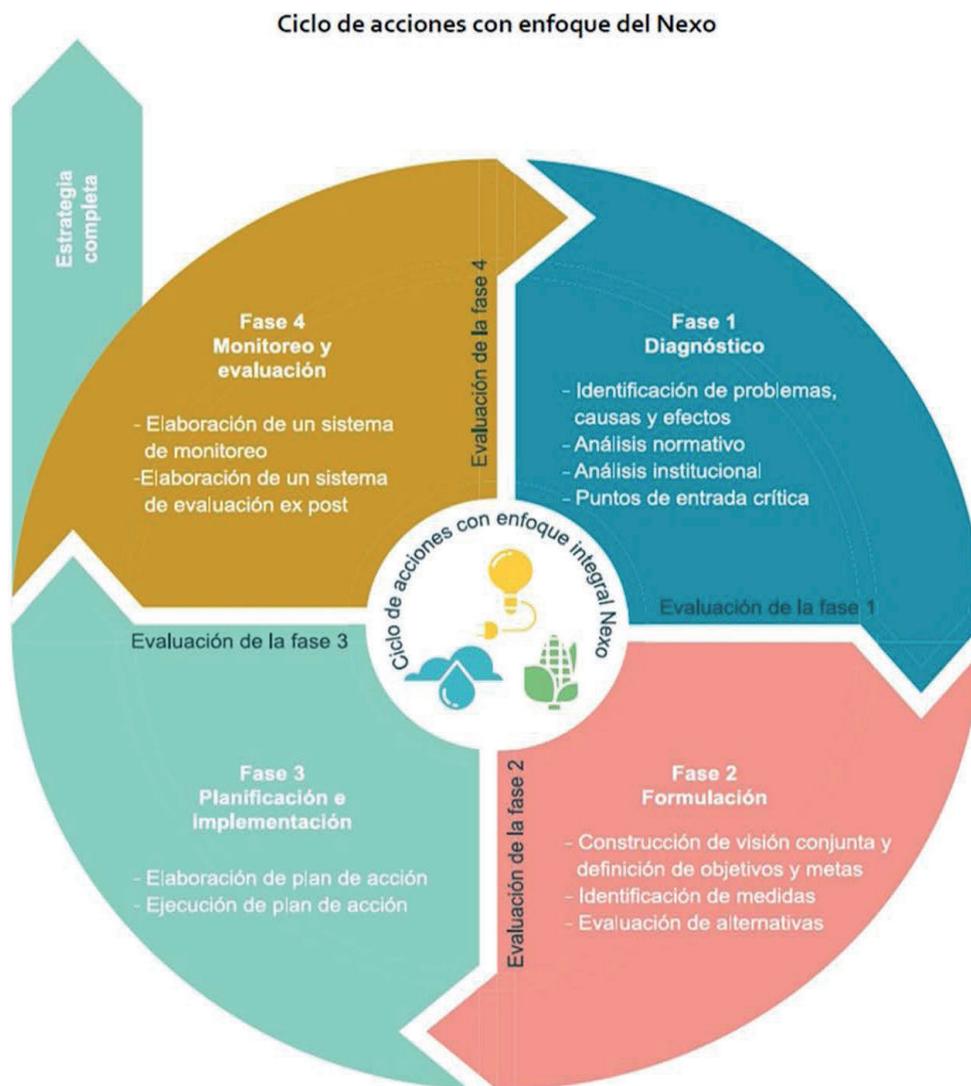
Para un adecuado desarrollo y éxito de un programa de restauración agroforestal del paisaje y recuperación productiva, utilizando sistemas agroforestales, se requiere planificar correctamente su diseño o propuestas de restauración, y el posterior proceso de establecimiento más apropiado para el terreno donde se instalará.

2.1 Planificación Participativa

Para una adecuada planificación de las acciones de restauración, se ha considerado utilizar la metodología del NEXO, elaborada por Naranjo y Willaarts (2020), la cual considera las etapas expuestas en Figura N° 3 y explicadas a continuación.

- FASE 1: Diagnóstico: Considera actividades de identificación o evaluación de problemas en las áreas del paisaje a restaurar, como áreas erosionadas, cursos de agua contaminados o sin protección, bosque nativo degradado, cultivos agrícolas en pendientes con procesos erosivos, entre otros aspectos. Además, realizar análisis normativo, análisis institucional, evaluación participativa de necesidades, prioridades y preferencias de los agricultores dueños de la tierra y puntos de entrada críticos que pueden afectar el programa de restauración.
- FASE 2: Formulación de propuesta: Considera la construcción de plan de restauración con visiones compartidas con las comunidades, que debe contemplar la definición de objetivos, identificación de problemas y actividades a realizar, análisis y caracterización de los sitios a restaurar, confección de planos con identificación de acciones, especies, evaluación de alternativas y costos de su implementación.
- FASE 3: Planificación e implementación: Con la elaboración de propuesta del plan de restauración generado en forma participativa, de debe planificar la logística para preparar los sitios a restaurar. Adquisición de materiales y herramientas, plantas y semillas, fertilizantes, materiales para la construcción de cercos y construcción de obras de conservación de suelos y aguas. Debe incluir capacitación al personal y propietarios, y finalmente la ejecución o implementación del plan elaborado.
- FASE 4: Monitoreo y evaluación: Considera la elaboración de un plan de monitoreo y evaluación de resultados de la restauración a corto, mediano y largo plazo. Esta fase, debiera durar el tiempo suficiente para evaluar los resultados, considerando éxitos y fracasos, establecer protocolos de evaluación de cumplimiento de metas establecidas en plan de restauración, como supervivencia de plantas y otros vegetales establecidos, revisión de eventuales daños por herbívoros durante el primer año con monitoreo en años siguientes, evaluación de procesos de erosión de suelos y sus resultados, y evaluación de la protección y restauración de cursos de agua, entre otros.

Aspectos prácticos de las actividades que considera el establecimiento de los elementos vegetales y obras a establecer, se explican en puntos 3, 4 y 5 de este manual.



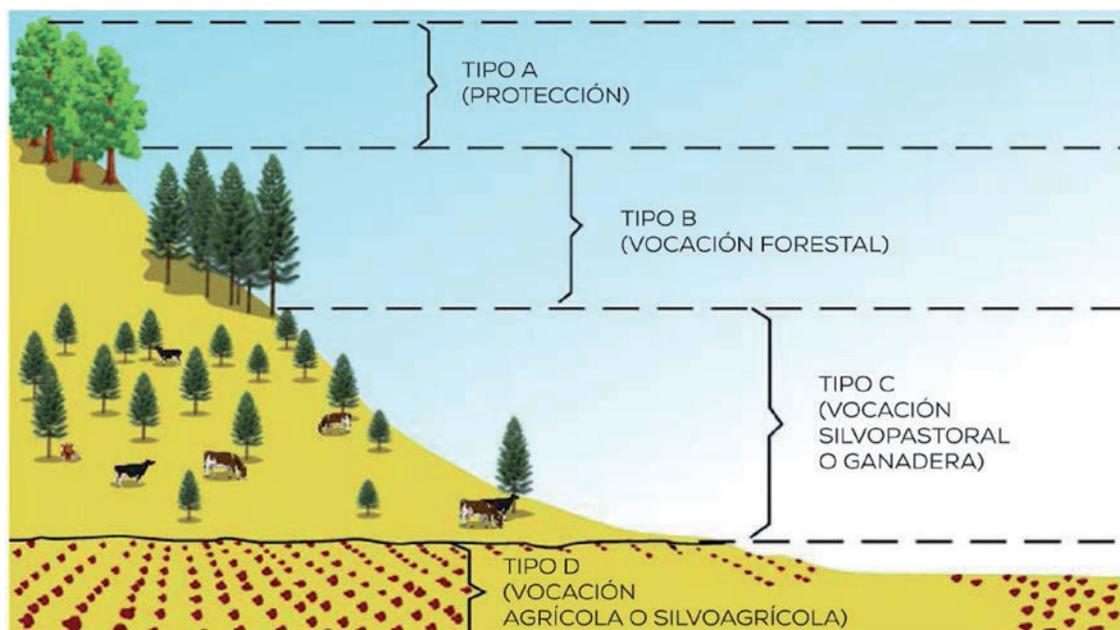
(Fuente: Naranjo y Willaarts, 2020)

Figura N° 3
CICLO DE ACCIONES PARA PLANIFICACIÓN PARTICIPATIVA,
CON ENFOQUE INTEGRAL NEXO

Cada sitio o terreno en un paisaje rural tiene una aptitud propia, que permite definir un adecuado uso productivo. Estos usos pueden ser agrícolas, ganaderos, forestales, agroforestales y de protección (Figura N° 4), de acuerdo a las características físicas y químicas de sus suelos y a las condiciones climáticas del lugar. Entre las características físicas se debe considerar la topografía o relieve, la exposición y su estructura, y los aspectos químicos del suelo, la fertilidad y acidez o pH, entre otros. Entre las características del clima se debe considerar principalmente la precipitación, las temperaturas máximas y mínimas, el viento, heladas y la humedad ambiental.

2.2 Planificación del Uso del suelo

De acuerdo a las características de los paisajes rurales o prediales donde se planifica restaurar, se debe definir su adecuada potencialidad productiva (Figura N°4), considerando además los aspectos de protección y conservación de los recursos naturales, como suelo, agua y biodiversidad. Junto a lo anterior se debiera considerar el estado de degradación de los suelos y, eventualmente, planificar su recuperación, dejando sin producir estas áreas y destinándolas como zonas de protección permanente.



(Fuente: Sotomayor et al., 2023)

Figura N° 4
VOCACIÓN PRODUCTIVA DE UN SITIO

Generalmente, en la planificación de los usos productivos que los propietarios le dan al suelo se suele simplificar y optar por un solo uso productivo, ya sea agrícola (trigo u otros cultivos), ganadero (pradera para alimentación de vacunos, ovejas, otros), o forestal (plantación y manejo de árboles con fines madereros y otros). Esta decisión de un uso único, aunque es la más simple para su manejo, puede no ser la mejor opción desde el punto de vista de una producción integral, económica y sustentable en el tiempo.

El usar continuamente un tipo de cultivo agrícola o pradera en el potrero, especialmente en zonas de laderas, con pendientes medias a severas, o en suelos de aptitud preferentemente forestal, tiende a agotar los nutrientes del suelo, alterar su estructura, propiciar la erosión y, en el largo plazo, disminuir la productividad del suelo. Al forestar terrenos con lomaje suave, de aptitud forestal-ganadera, sin peligro de erosión de sus suelos, con fines solamente de producción forestal (Ej. 1.250 arb/ha), se puede perder la opción de obtener productos intermedios durante la rotación forestal, que pueden ayudar a mejorar la economía del propietario o productor con ingresos intermedios o anuales, como es la ganadería para producción de carne, lana, forraje, o agricultura para granos. Lo anterior suele desincentivar a los agricultores para destinar suelos solo a la actividad forestal, por su larga espera para producir madera y generar ingresos para el grupo familiar.

Con una adecuada planificación productiva predial se puede optar por la combinación de varias opciones de uso de los suelos en el predio como, por ejemplo, combinando especies arbóreas con ganado y praderas en un mismo terreno y tiempo. Lo anterior se define como Sistema Silvopastoral, que considera el establecimiento de árboles con fines madereros o frutales, o para producción apícola, con ganadería en el mismo sitio; u, otra alternativa es combinar árboles con cultivos agrícolas, en un Sistema Agrosilvícola, con la incorporación de árboles con fines madereros o multipropósito (madera-frutos-flores) y otros vegetales para producción de alimentos en el terreno, lo cual facilita la protección y/o recuperación de cursos de agua y suelos degradados (Figura N° 5). El uso de la opción

agroforestal, le puede permitir al propietario de la tierra obtener productos provenientes de los árboles, de los animales, forraje, y de los cultivos agrícolas, miel y otros productos forestales no madereros, junto con asegurar la protección de las aguas, y proteger y recuperar suelos degradados en laderas sin protección adecuada.

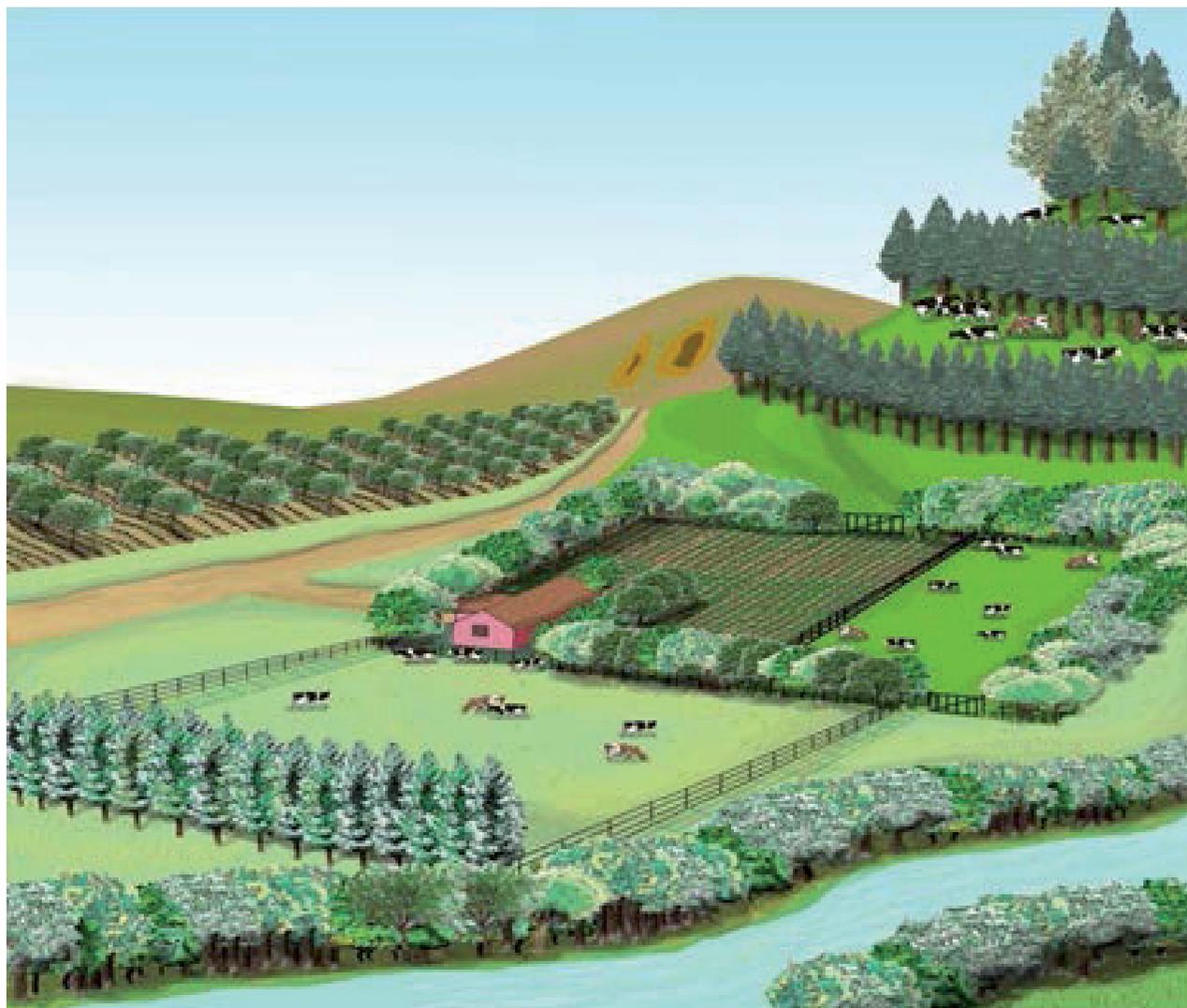


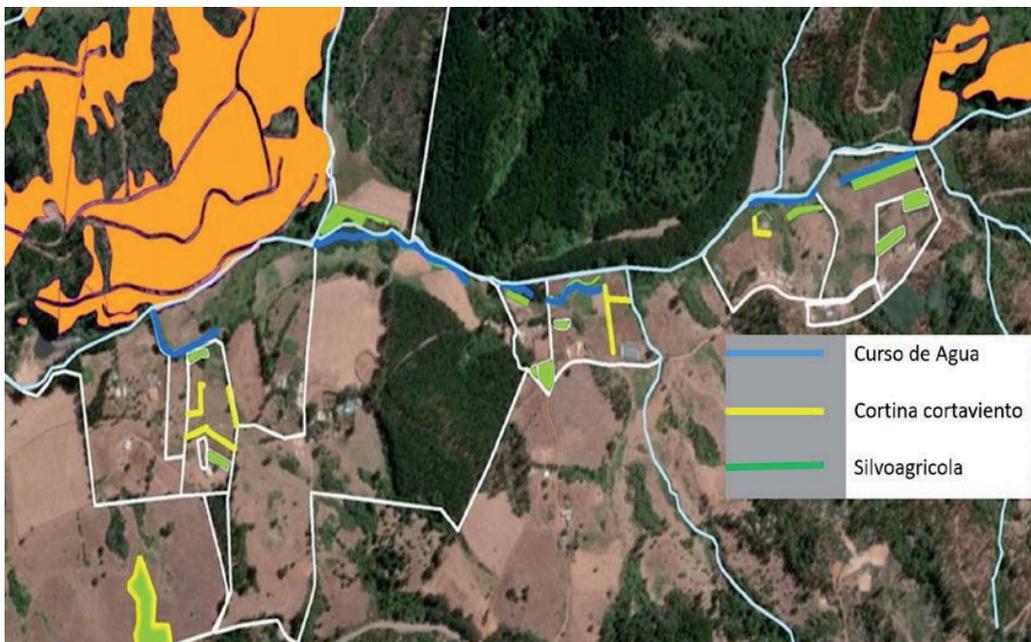
Figura N° 5
ORDENACIÓN AGROFORESTAL PREDIAL, CON INCORPORACIÓN DE ÁRBOLES EN ESQUEMAS CON SISTEMAS AGROFORESTALES Y TERRENOS EN PROCESO DE DEGRADACIÓN SIN COBERTURA VEGETAL

Considerando cuando la restauración del paisaje rural (Figura N°1) se está trabajando a nivel de microcuenca, donde existen varios propietarios y predios continuos en el territorio definido a restaurar, y se está trabajando en forma participativa, se debe considerar:

1. Definir el área de trabajo (Figura N° 6a).
2. Diseñar el plan de restauración a nivel de microcuenca con la participación de los propietarios.
3. Considerar los sistemas agroforestales y de protección/restauración de cada uno de los predios considerados de acuerdo al plan diseñado (Figura N° 6b).
4. Presentar el plan a toda la comunidad, para que sea aprobado por esta.
5. Comenzar con su implementación.



(a)



(b)

FIGURA N° 6
PLANIFICACIÓN DEL ÁREA A RESTAURAR MARCADA CON CIRCULO ROJO (a)
ACCIONES DE RESTAURACIÓN CONSENSUADAS CON LA COMUNIDAD EN MICROCUENCA LOS HORNILLOS, COMUNA DE FLORIDA, REGIÓN DEL BIOBÍO (b)

2.3 Selección de Especies a Utilizar y Áreas de Protección

En la planificación de restauración, considerando el establecimiento de Sistemas Agroforestales y otras prácticas de restauración, el propietario debe seleccionar previamente las especies de árboles y/o arbustos a usar, tipo de animales, especies herbáceas y agrícolas que utilizará durante el periodo de vida de éste sistema integrado de producción agroforestal, lo cual lo obliga a conocer las opciones productivas posibles de su predio y el mercado para los productos que está planificando obtener. Además, debe considerar las áreas de protección presentes en el área de intervención.

Qué especie de árbol o arbusto usar: Esto dependerá de lo que el agricultor o propietario espera obtener del árbol o arbusto, como: a) Madera para uso industrial y venta: trozos aserrables o pulpables (metro ruma), postes, polines; madera para su uso doméstico (leña, postes, polines, madera para construcciones en el predio, otros); b) Protección para sus animales; c) Protección para la pradera, cultivos, suelo y agua; d) Obtención de frutos, hongos, miel, u otros productos forestales no madereros; o un uso combinado de estas alternativas, lo cual se puede obtener con una opción de manejo agroforestal de los terrenos. Las especies arbóreas más usadas en la zona Centro-Sur de Chile que se pueden combinar en un sistema silvopastoral o silvoagrícola, con un adecuado manejo, según las características edafoclimáticas donde se encuentre el terreno se exponen en Cuadro N° 1.

Qué tipo de animal doméstico: El tipo de animal a utilizar (ovinos, bovinos, equinos, caprinos u otros) dependerá de las necesidades, intereses y gustos del agricultor, pero también de las condiciones edafoclimáticas y topográficas de sus terrenos, disponibilidad de forraje y de mercados existentes para comercializar sus animales o los productos provenientes de estos.

Qué tipo de especies forrajeras: Las especies vegetales a utilizar para una pradera, ya sea sembrada o para mejorar una pradera natural, dependerán de las condiciones edafoclimáticas del predio, uso animal y tolerancia a la competencia arbórea. Las especies de mayor uso en la zona centro-sur del país son pasto ovinillo, trébol subterráneo, trébol balanza, festuca, ballica, alfalfa, hualputra, y otras especies adaptadas a la zona (Cuadros N° 2, N°3 y N°4).

Qué tipo de cultivo agrícola: Las especies a utilizar en el cultivo a establecer dependerán de las necesidades y gustos del propietario y su familia, de las condiciones edafoclimáticas del predio y la tolerancia a la competencia arbórea, tanto aérea como radicular. Los cultivos más usados, en los espacios intercalares entre árboles, son: porotos, arvejas, tomates, maíz, trigo, cebada, y otros propios o tradicionales del lugar.

Áreas de protección o restauración: en la planificación agroforestal del paisaje, se debe definir qué elementos existentes deben considerarse para su protección o restauración, ya sea por la presencia de bosque nativo y especies protegidas, áreas de protección por pendiente o para restauración de suelos degradados, cursos de agua y otros cuerpos de agua, como lagos, lagunas, humedales y otros.

La selección de los componentes a utilizar en el sistema agroforestal es importante para alcanzar los objetivos productivos y ambientales deseados, y para el diseño del sistema al momento de su instalación (Figuras N°4, N°5 y N° 6).

Cuadro N° 1
ESPECIES FORESTALES DE USO FRECUENTE EN LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE

Especies de Interés	Área de Desarrollo Potencial	Características y Usos Principales
Pino oregon (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Región del Biobío a la región de Aysén (Sectores valle central, precordillera andina y zona costera)	Especie de crecimiento lento, se adapta bien a zonas húmedas y de bajas temperaturas, requiere de suelos de mejor calidad. Crece en áreas con precipitaciones de 920-2.500 mm, y temperaturas mínimas de -34 °C y máximas sobre los 35 °C. Presenta restricciones a bajas temperaturas desde los -4 °C durante el periodo vegetativo, en primavera. El principal uso de su madera es para producción de madera aserrada, estructural, revestimientos, mueblería, puertas y ventanas.
Pino radiata (<i>Pinus radiata</i>)	Desde la región de O'Higgins a la región de Los Lagos	Especie de rápido crecimiento, se adapta a diferentes condiciones de suelos y clima. Crece en áreas con precipitaciones entre 380 - 2.000 mm, y temperaturas mínimas de -2 °C y máxima media entre 17-30 °C. De gran utilización en la industria de pulpa y papel, y también para madera estructural, aserrada, polines y postes, cajones y embalajes, y astillas.
Álamo negro o chileno (<i>Populus nigra</i>)	Entre las regiones de Coquimbo y Magallanes.	Árbol adaptado a diversos climas, con el solo requerimiento de crecer en suelos con buena disponibilidad de agua. Madera blanca, usada en carpintería, construcción, madera aserrada, cajas, paletas. Se usa también en cortinas cortavientos.
Álamo blanco (<i>Populus trichocarpa</i>)	Desde la región de la Araucanía a la región de Magallanes.	Crece en una variedad de climas, prospera mejor en suelos húmedos costeros, con disponibilidad de agua. Se desarrolla en áreas desde 250 a 3.000 mm, con temperaturas máximas entre 16 a 40 °C y mínimas entre 0° a -47 °C. Su madera es usada en madera aserrada, tableros, muebles, pulpa, pallets, cajas y leña. Se usa también en cortinas cortavientos.
Eucalipto (<i>Eucalyptus nitens</i>)	Desde la región del Biobío a la región de Los Lagos (Palena). (Zona costera, suelos ñadis, precordillera andina hasta los 1.000 msnm)	Especie de rápido crecimiento, se adapta bien a zonas de bajas temperaturas y heladas, con precipitaciones entre 750-1.350 mm, hasta los 2.500 mm, y temperaturas mínimas de -10 °C y media anual entre 10-15 °C. Se utiliza en la fabricación de pulpa y papeles de alta calidad, astillas, madera aserrada, muebles y chapas.
Encino (<i>Quercus robur</i>)	Desde la zona central de Chile hasta la región de Los Lagos	Se resalta su uso maderable debido a sus propiedades físicas, químicas y anatómicas. Se ha utilizado tradicionalmente para la elaboración de recipientes culinarios, pisos, postes, durmientes, chapa, embarcaciones, muebles, mangos para herramientas y partes de instrumentos musicales, entre otras aplicaciones. Su fruto es la característica bellota, que se utilizan para alimento de cerdos.
Castaño (<i>Castanea sativa</i>)	Desde la zona central de Chile hasta la región de Los Lagos.	Árbol adaptado a diversos climas, con el solo requerimiento de crecer en suelos con buena disponibilidad de agua y buen drenaje. Madera color café claro con veteado suave, usada en mueblería, artesanía, carpintería, construcción, y para obtención de chapas. Su fruto es muy valorado en la cocina, repostería, y dulces. Frutos de menor tamaño, se usa para alimentación de animales
Nogal (<i>Juglans regia</i>)	Entre las regiones de Valparaíso a Los Lagos.	Árbol adaptado a diversos climas, con el solo requerimiento de crecer en suelos con buena disponibilidad de agua y buen drenaje. Madera de color café, con veteado con figuras, muy demandada y valiosa para muebles y objetos artesanales. Su fruto o nuez es muy valiosa para confitería, por su contenido en lípidos, proteínas y minerales.
Especies nativas	Región del Biobío	Especies adaptadas a los ambientes de la región del Biobío, como roble, coigue, quillay, maitén, peumo, boldo, notro, arrayán, madroño, maqui, y otras que se adaptan a ambientes alterados o degradados, principalmente colonizadoras.

Sr. Productor o Asesor:

Para el éxito de un proyecto Agroforestal se debe planificar desde un comienzo su establecimiento y manejo, considerando las condiciones del terreno, el clima, y las mejores especies vegetales y animales para el lugar. Para plantaciones ya establecidas o manejo silvopastoral en bosque nativo, planificar su raleo y poda, de acuerdo a las condiciones climáticas, topográficas y de exposición, cuidando de no bajar la densidad abruptamente para evitar daños por viento. En caso de intervenir bosque nativo, debe tener plan de manejo aprobado por CONAF.

2.4 Formas de Establecimiento de un Sistema Agroforestal en el Paisaje

Un sistema agroforestal puede instalarse de las siguientes formas:

Establecimiento de especies arbóreas y/o arbustivas en un área con presencia de praderas permanentes: En este caso, se deben establecer las especies forestales seleccionadas especialmente por calidad y adaptación al sitio, normalmente en hileras o grupos de árboles, dentro de una superficie que será destinada a un uso pastoral con animales domésticos o agrícola combinado con la producción forestal. Si la pradera ya existe, se puede mejorar a través de fertilización y/o resiembra de pastos de interés. Si esta no existe, o es de mala calidad, se requiere sembrar una nueva pradera, con las especies adecuadas al sitio.

Plantación de un terreno sin árboles, destinado desde un inicio como parte de un sistema agroforestal: En este caso, existe la posibilidad de definir adecuadamente la densidad y la ordenación más conveniente para este fin, antes de iniciar la plantación, lo cual facilitará su manejo futuro, tanto forestal como ganadero o agrícola. Las especies arbóreas, como de pradera o agrícola, deben seleccionarse según su compatibilidad con el sistema, y considerando gustos y necesidades de los propietarios.

Manejo silvopastoral en una plantación forestal ya establecida: También se puede establecer un sistema silvopastoral mediante manejo de un bosque o plantación forestal ya existente. En este caso, se debe reducir la densidad de árboles a través de un manejo que considera raleos y podas, y manejo de desechos lo más tempranamente posible. De preferencia este manejo debe hacerse antes de los 5-6 años, para evitar un costo excesivo, y debe manejarse los desechos forestales que pueden perjudicar el desarrollo de una futura pradera o cultivo. Si se decide manejar una plantación de mayor edad, 7-12 años, (Figura N° 4), se puede disminuir su densidad entre un 40-50%, ya sea en fajas alternas, o dejando árboles homogéneamente distribuidos en el terreno; además se debe podar, dejando el 60% de la copa viva, para no disminuir el desarrollo de los árboles remanentes, y ordenar los desechos entre hileras de árboles (Figura N° 7). Para el establecimiento o mejoramiento de la pradera, se debe realizar siembra de especies forrajeras y/o fertilización de una pradera natural para estimular el desarrollo de los pastos o semillas presentes, que se encontrarán con espacio y luz suficiente para su crecimiento bajo la protección de la plantación forestal. Una vez establecido los pastos, se permite el ingreso para alimentación del ganado.



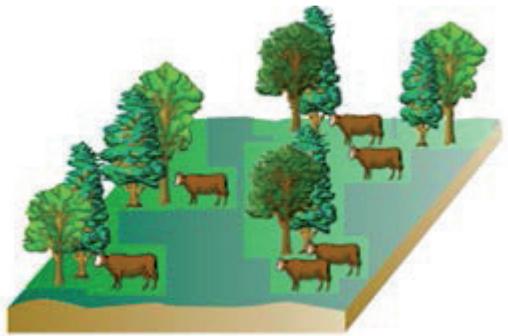
Figura N° 7
DISPOSICIÓN DE DESECHOS DEL MANEJO ENTRE HILERAS DE ARBOLES

2.5 Diseño de Plantación para Sistemas Agroforestales

Existen varias alternativas, o combinaciones, que permiten establecer un sistema silvopastoral o silvoagrícola (Gatica *et al.*, 2000; Sotomayor y García, 2004; Sotomayor *et al.*, 2008), entre las que se puede mencionar:

Cercos vivos: Esta modalidad consiste en utilizar las especies arbóreas como cerco, ya sea en una o más hileras. Los beneficios que se consiguen son una disminución en los costos de los cercos convencionales; protección contra el viento; reducción de la presión sobre el bosque natural por productos que se pueden obtener de estos (madera, leña, postes); uso en producción melífera y, en el caso que la especie sea palatable, obtención de forraje complementario para los animales. En este último caso, se introducen animales cuando las especies están desarrolladas para realizar ramoneo directo, o se puede cortar parte del follaje, entregándolo de esa forma para el consumo animal.

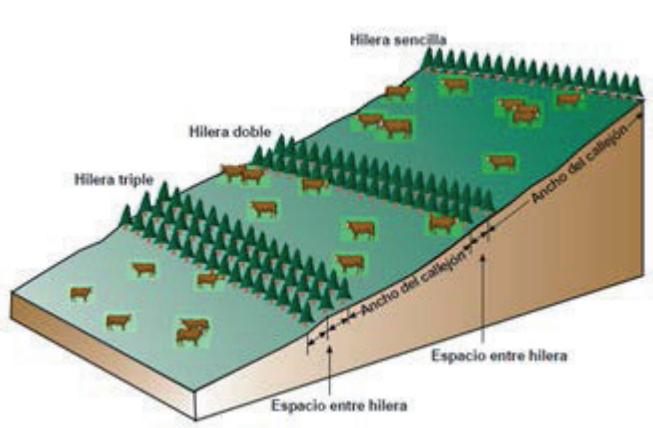
Árboles y arbustos dispersos en potreros: Es la forma más común de sistemas silvopastorales y/o silvoagrícolas, donde la vegetación está constituida por la combinación de árboles y/o arbustos con pastos o con agricultura, dispersos uniformemente en el terreno (Figura N° 8). La práctica de esta modalidad se puede lograr a través del manejo de la vegetación existente, o bien con la incorporación de los árboles o arbustos en el terreno, dependiendo de las características del sitio.



(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2008)

Figura N° 8
ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS

Especies arbóreas establecidas en hileras, fajas o grupos: Las especies arbóreas se pueden establecer en una, dos, tres o más hileras, en fajas alternas de plantación (Figura N° 9), manteniendo un mayor distanciamiento entre fajas para el desarrollo de la pradera o siembra agrícola, o en grupos espaciados de árboles previamente determinados (Figura N° 7 y 10). Los espaciamientos entre las fajas, o callejones donde se desarrolla la pradera o cultivo, otorgarán mayores facilidades para siembras, fertilización, cosechas y, fundamentalmente, la producción del forraje para alimentación de los animales, o la instalación de los cultivos para venta o consumo familiar. De igual forma, el manejo de la componente forestal (podas y raleos), se ve facilitada por esta disposición espacial en el predio.



(Fuente: Adaptado de Robinson y Clason, 2000)

Figura N° 9
CONFIGURACIÓN DE PLANTACIÓN DE HILERAS SIMPLES, DOBLES Y TRIPLES
PARA UN SISTEMA SILVOPASTORAL

Especies arbóreas o arbustivas forrajeras como barreras vivas: Esta modalidad es utilizada en suelos con pendientes, de manera de disminuir la pérdida de suelo por escurrimiento superficial. Las especies leñosas se ubican en fajas (una o más hileras) en curvas de nivel, favoreciendo el crecimiento de la pradera entre las fajas mediante la siembra de pastos y/o fertilización. El distanciamiento entre las fajas dependerá en gran medida de la pendiente del sitio, el potencial de erosión que presenta, la cobertura vegetal existente entre las fajas de plantación y la cantidad e intensidad de las precipitaciones. La efectividad de las barreras aumenta si previo a cada hilera se construyen surcos o camellones de infiltración de agua que eviten el escurrimiento de las aguas lluvia (Figura N° 10).



Figura N° 10
PLANTACIÓN DE ESPECIES NATIVAS EN CURVAS DE NIVEL, SOBRE CAMELLÓN, PARA DISMINUIR LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EVITAR LA EROSIÓN

Galpones naturales o biológicos: Son áreas de protección conformada por árboles en bosquetes o núcleos, que reemplazan a los galpones artificiales, ubicados dentro de los potreros de pastoreo. Los bosquetes protegen a los animales en horas de mayor temperatura o luminosidad, lluvia intensa, nieve o viento. Además, evita los grandes desplazamientos para encerrar a los animales en unidades artificiales construidas para estos fines (Sotomayor *et al.*, 2008).



Figura N° 11
ÁRBOLES EN GRUPOS O NUCLEO COMO GALPONES NATURALES

Cortinas cortavientos o de protección: Establecimiento de una o más hileras de árboles, destinadas a dar protección de cultivos o praderas, junto con la protección de suelos frente a la acción de vientos. Además, pueden cumplir funciones paisajísticas y aportar flores para la producción apícola (Nota: para más información, ver punto 4.3, de este manual).

Sr. Productor o Asesor:

Como se ha señalado, las especies arbóreas, forrajeras o agrícolas, así como el tipo de ganado o cultivo a emplear bajo estos sistemas agroforestales, dependerán entre otros factores de los objetivos productivos del propietario, de la zona geográfica, del mercado existente y de la condición y aptitud del sitio.

2.6 Elección de la Densidad Forestal y Configuración

La densidad inicial de árboles a establecer en un sistema silvopastoral o silvoagrícola es un factor importante a considerar por razones económicas y también dado que influirá sobre la competencia por luz, humedad y nutrientes en el suelo, y entre estos con el componente herbáceo o agrícola presente en el suelo adyacente.

En general ha sido demostrado en diversos estudios que con un aumento de la densidad del rodal (número de árboles, área basal por hectárea, o cobertura de copa) y de la fenología, tamaño y dimensión de los árboles (altura, DAP, tamaño de la copa, hoja perenne o caduca, etc.), la producción del forraje y agrícola normalmente tiende a decrecer (Sotomayor, 1989).

Por ello, en general para los sistemas silvopastorales se utilizan densidades bajas desde el establecimiento, entre 400 y 800 arb/ha, para llegar a una densidad final al término de la rotación entre 150-300 arb/ha. En la combinación silvoagrícola, especialmente si se usan especies de alto valor como castaño, nogal, encino entre otras, los árboles se establecen en un marco de plantación de 5x5 m (400 arb/ha) a 6x6 m (278 arb/ha), o en callejones más amplios, 10 a 20 m, para facilitar la preparación del suelo, siembra y cosecha de los productos agrícolas.

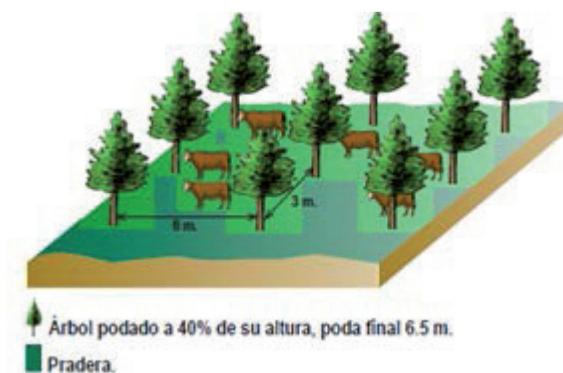
En el manejo silvícola de un sistema silvopastoral, se contempla partir con una densidad inicial de plantación más alta e ir reduciéndola gradualmente para eliminar árboles de mala forma, pudiendo obtener trozos delgados después del raleo. Normalmente se usa un factor de 4:1 para establecer la densidad inicial, llegando con el 20-30% de los árboles establecidos inicialmente al final de la rotación.

Lo anterior significa que, por ejemplo, si el objetivo es llegar con 200 árboles al final de la rotación, se puede partir con 800 arb/ha, para que, a través de raleos sucesivos, se llegue finalmente a ese número de árboles objetivo, con árboles seleccionados, de buena forma y dimensión, que tendrán un mayor valor al final de la rotación. Además, al tener una mayor densidad inicial, asociada a una mayor competencia, se tiene un efecto positivo en la forma de los árboles y sobre la reducción en el tamaño de nudos en el fuste, lo cual originará madera aserrada o para tableros, de mejor calidad y valor.

En el caso de un esquema silvoagrícola, ejemplo. con nogal o castaño, se parte con la densidad final esperada, dado el alto costo de la planta, debiendo realizar podas sucesivas en los primeros años, buscando obtener un primer trozo libre de nudos, entre 2,60 a 3,20 m., para obtención de madera de calidad, y para evitar un excesivo sombreado que afecte a los cultivos, y luego se deja crecer el árbol y el desarrollo de la copa o follaje para la obtención de frutos.

La distribución de los árboles en el terreno al momento de plantar, para llegar a la densidad deseada, puede ser de varias formas, como en fajas alternadas, en grupos, en distribución uniforme, y otras (Figuras N° 12 a N° 15), para complementarse con producción animal o cultivos agrícolas. Algunos ejemplos de configuraciones y densidades silvopastorales, extraído de Sotomayor *et al.* (2008), se presentan a continuación:

Ejemplo 1. Plantación con diseño distribución uniforme. Densidad y espaciamiento inicial de plantación: 567 arb/ha, a 6 x 3 m. Densidad y espaciamiento final estimado: 250 arb/ha, a 6 x 6 m.



(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2008)

Figura N° 12
ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL UNIFORME

Ejemplo 2: Plantación de Fajas de árboles con praderas intercaladas. Establecimiento de tres hileras de árboles, separadas a 21 m. entre estas. Densidad y espaciamento inicial de plantación: 425 arb/ha, con 3 m en la hilera, 2 m entre hileras y 21 m entre fajas, idealmente establecidas en curvas de nivel, para disminuir el escurrimiento de agua superficial y potencial erosión. Densidad final estimada 200-250 arb/ha. Entre las fajas de árboles, se puede establecer especies forrajeras como agrícolas, de acuerdo a preferencias del productor



(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2008)

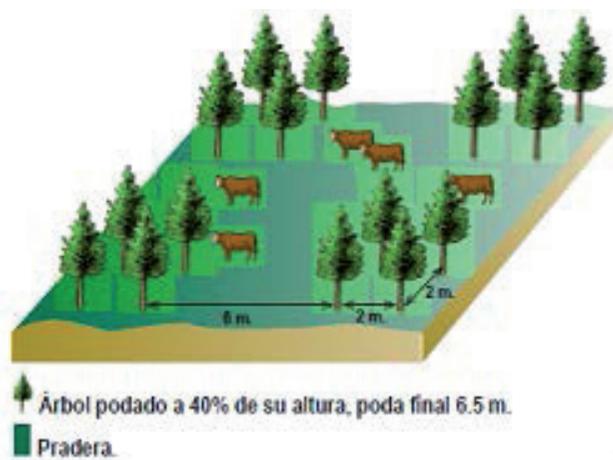
Figura N° 13
ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL O SILVOAGRÍCOLA EN FAJAS

Este diseño en fajas, también se puede realizar con otras configuraciones y densidades, como el establecimiento de especies nativas en un marco de 10 m. entre fajas de árboles y 4 m. en la línea, con una densidad de 250 arb/ha, y entre las fajas establecer diferentes cultivos agrícolas; las especies nativas, se pueden seleccionar y diseñar también para la producción de flores con fines apícolas (Figura N° 14).



Figura N° 14
ESTABLECIMIENTO DE ÁRBOLES EN FAJAS CADA 10 M. Y EN LA HILERA CADA 4 METROS EN CURVAS A NIVEL, CON CULTIVOS AGRÍCOLAS INTERCALADOS

Ejemplo 3: Plantación en grupos de cuatro plantas. Densidad y espaciamento inicial de plantación: 625 arb/ha, a 2 x 2 m en el grupo de cuatro árboles y 6 m entre grupos. Densidad final y espaciamento estimado: 278 arb/ha a 6 x 6 m.



(Fuente: Sotomayor et al., 2008)

Figura N° 15
ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL EN GRUPOS

3. ESTABLECIMIENTO E INTERACCIÓN DE LOS COMPONENTES EN UN SISTEMA AGROFORESTAL

3.1 Interacción entre los Componentes del Sistema

- Competencia de las Especies Herbáceas y Malezas con las Plantas Forestales

Durante los primeros años de crecimiento de una plantación agroforestal existen interacciones y competencia por agua y nutrientes, especialmente cuando el sistema radicular de las plantas se encuentra en los primeros 40 cm de profundidad, que es donde los pastos, malezas y cultivos agrícolas extraen parte importante del agua y nutrientes, y compiten con las especies forestales y frutícolas establecidas. Por ello se debe considerar y conocer las interacciones y competencias entre los componentes, y controlar el desarrollo de estos potenciales vegetales competidores cerca de las plantas establecidas. Se recomienda controlar estos vegetales competidores alrededor de las plantas (Figura N° 16), en un área de 50 cm de radio. Esto se puede hacer en forma manual, mecánica o usando herbicidas. El manejo posterior de la pradera o cultivos se hará pensando en optimizar su producción, ya que no afectará a los árboles.



Figura N° 16
COMPETENCIA DE ESPECIES HERBÁCEAS CON PLANTAS ARBÓREAS ESTABLECIDAS

- Manejo de los Árboles para no Afectar el Desarrollo de la Pradera o Cultivos

El efecto de los árboles sobre la pradera o cultivo comienza cuando las plantas o árboles han desarrollado la copa, momento en que comienzan a interceptar la luz y originar sombra excesiva, lo que produce una disminución en el desarrollo de la pradera o cultivo. Lo anterior se puede evitar, regulando la densidad inicial al establecimiento y manejando los árboles con podas y raleos periódicos, para reducir este efecto adverso.

También existe una competencia entre los árboles adultos y otros vegetales acompañantes a nivel del subsuelo, por agua y nutrientes. Lo anterior también se puede manejar con raleos, reduciendo el número de árboles y escogiendo los tipos de pastos y cultivos adecuados al sistema.

- Manejo de la Interacción Animal-Árbol

Otro aspecto que se debe considerar es el ingreso de los animales en un sistema silvopastoral, especialmente en los estados iniciales de desarrollo de la plantación, lo que plantea el desafío de

proteger las plantas nuevas, tanto del ramoneo como del tránsito y pisoteo de los animales. Lo anterior se puede evitar realizando un correcto manejo animal en el sistema silvopastoral.

Se recomienda la exclusión de los animales durante la época de establecimiento del sistema y durante las estaciones más complejas del año, inicio de primavera o cuando existe escasez de alimento, o simplemente prescindir del pastoreo con vacunos hasta que los árboles hayan alcanzado una altura superior a los 2,0-2,5 m, lo que evitaría el ramoneo o daño del ápice. En el caso de ovinos, esta exclusión será hasta que las plantas alcancen una altura de 1,3 m. Este periodo dependerá del crecimiento de las especies utilizadas y de las condiciones edafoclimáticas que afectan el desarrollo de las plantas. En términos generales, en la zona centro-sur con pino radiata se debiera excluir los vacunos hasta que los árboles alcancen 2,5 m de altura o a los 3-4 años y en áreas frías de la precordillera, o con suelos de menor calidad o degradados, este tiempo podría alargarse, lo que se debe monitorear regularmente. Se podría adelantar este periodo, si el propietario realiza un control exhaustivo del pastoreo, sacando los animales del sistema silvopastoral, cuando la disponibilidad de forraje ha disminuido al 33% de su potencialidad de desarrollo.

Por otro lado, los animales son un efectivo controlador del crecimiento de la pradera y de la proliferación de las malezas en las plantaciones silvopastorales jóvenes. Sin embargo, si el ganado no es manejado correctamente puede causar un daño irreparable a los árboles, provocado tanto por el ramoneo del ápice y ramas, lo que impedirá el posterior desarrollo del árbol en altura, como por daños producto del pisoteo o frotamiento, lo que afectará la calidad de los árboles.

Cuando se utilizan especies nativas o de lento crecimiento, el propietario debe excluir animales por un tiempo mayor, hasta que las plantas alcancen la altura que evite el ramoneo del área apical de las plantas, tal cual como se indicó anteriormente. Por otro lado, los árboles otorgan una efectiva protección a los animales, otorgando sombra en época u horarios de altas o bajas temperaturas, lo que favorece el desarrollo del animal. También otorgan protección ante lluvias intensas y en especial de los fuertes vientos, actuando como cortinas cortavientos protectoras (Figura N° 17).

En algunas zonas muy ventosas y frías, este es un factor muy importante, y consecuentemente los árboles son fundamentales para el bienestar y desarrollo animal (Sotomayor *et al.*, 2016).



(Foto: A. Sotomayor)



Figura N° 17
ANIMALES PROTEGIDOS DE LA INSOLACIÓN BAJO RENOVAL DE LENGUA A MEDIODÍA EN VERANO (A) Y ANIMALES PROTEGIDOS DEL SOL EN VERANO BAJO COIGUE(B)

- Otros Cuidados

En un sistema silvoagrícola y silvopastoral, se debe tener cuidado de no laborear el suelo cerca de las plantas establecidas, para no dañar el sistema radicular o eventualmente las plantas.

Sr. Productor o Asesor:

- **Para un adecuado manejo animal en sistema silvopastoral, se recomienda:**
 - o **Iniciar el pastoreo con ovinos, cuando los árboles tiene una altura mayor a los 1,3 m.**
 - o **Pastoreo con vacunos, cuando los árboles tienen una altura mayor a los 2,5 m.**
 - o **En forma general, se recomiendan sistemas de pastoreo rotativos por sobre los pastoreos continuos en los Sistemas Silvopastorales (Robinson y Clason, 2000).**
- **Uso de maquinaria:**
 - o **Tener precauciones con el uso de maquinaria o elementos de laboreo, para no dañar las plantas y su sistema radicular.**
- **Los árboles generan los siguientes beneficios:**
 - o **Los árboles dan una buena protección a los animales contra el frío, calor, lluvia y viento.**
 - o **Con esta protección se genera un mejor bienestar a los animales y estos se desarrollarán mejor, obteniéndose una mayor producción.**

- Manejo de la Competencia por Luz

Una vez que se ha logrado el correcto establecimiento de la plantación y de la pradera o cultivo, el manejo del sistema silvopastoral o silvoagrícola apunta a manejar correctamente la producción del sistema, balanceando la capacidad de carga animal con la disponibilidad de forraje, así como con el manejo adecuado de los árboles para la obtención de madera de buena calidad.

A medida que los árboles crecen en altura y desarrollo de las copas se produce una intercepción de la luz y una mayor sombra sobre el suelo. La producción de forraje en una pradera se reduce con una disminución del porcentaje de luz transmitida a través del dosel, lo cual se relaciona con la densidad arbórea. Por ello es importante en el manejo del sistema, mantener la cobertura de copa a un nivel adecuado para no afectar la pradera, pero que tampoco afecte el desarrollo del árbol.

Ha sido reportado en diversos estudios que cuando los árboles exceden el 30-40% de cobertura de copa sobre el terreno, comienzan a afectar el desarrollo de la pradera (Sotomayor *et al.*, 2016). Se entiende como cobertura de copa, la proyección de la sumatoria de las copas del árbol sobre el terreno, lo cual produce sombra y perjudica el desarrollo de los pastos.

En la Figura N° 18 se observa un manejo silvopastoral con cobertura de copa del 30%, que ha beneficiado el desarrollo de la pradera, ya que le otorga protección contra una excesiva insolación, bajas temperaturas y contra el viento. Por ello se recomienda manejar el componente arbóreo, con una cobertura de copa máxima entre un 30-40%. Consideraciones similares se deben tener en un sistema silvoagrícola, por el efecto de los arboles sobre los cultivos si no se maneja adecuadamente la densidad y cobertura de copa, por el sombreado sobre las especies en el primer piso del suelo.



(Foto: A. Sotomayor)

Figura N° 18
COBERTURA DE COPA DEL 30% SOBRE LA PRADERA EN SISTEMA SILVOPASTORAL

3.2 Mejoramiento, Regeneración y Manejo de Pradera Naturalizada

Un sistema silvopastoral establecido en suelos de lomajes se realiza, en general, sobre un área donde existe una pradera naturalizada, la cual puede estar en diferentes estados de conservación y producción.

La degradación de praderas usualmente se ha producido por un manejo inadecuado de estas (sobretalaje o uso de una carga animal inadecuada) y deficiente manejo del suelo (falta de fertilización), lo que ha provocado una disminución de la fertilidad, especialmente de algunos nutrientes como fósforo, nitrógeno y azufre. Al ocurrir lo anterior, la pradera comienza a perder sus especies forrajeras nobles, las que son reemplazadas por especies forrajeras de bajo valor nutritivo y/o malezas.

Por otro lado, las praderas naturales y/o naturalizadas de la zona húmeda, que en general alcanzan una mayor producción de materia seca, producto de las mejores condiciones de precipitación y suelos, están compuestas principalmente por especies adaptadas a esas condiciones, como por ejemplo trébol blanco, pasto ovido, pasto miel, ballica y poa, en la región de Aysén, además de malezas. En zonas esteparias o frías, las especies principales son el coirón y la poa, junto a otras de los géneros *Agrostis*, *Estipa* y *Bromus*, caracterizadas por ser gramíneas perennes y duras, adaptadas a las condiciones de frío, viento y bajas precipitaciones. En la Zona Centro-Sur, las especies más frecuentes de leguminosas son *Trifolium subterraneum* (trébol subterráneo), *Trifolium michelianum* (trébol balanza), *Medicago polymorpha* (hualputra), *Trifolium vesiculosum* (trébol vesiculoso) y *Ornithopus sativus* (serradella) (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LEGUMINOSAS RECOMENDADAS
PARA ÁREAS DE SECANO MEDITERRÁNEO

Especie (Cultivar)	Mezclas Mediterráneas		
	MED 500	MED 600	MED 700
	(%)		
Trébol subterráneo (Seaton Park)	15		
Trébol subterráneo (Campeda)	15		
Trébol subterráneo (Gosse)		40	
Trébol subterráneo (Clare)	15	10	
Trébol subterráneo (Antas)	15	10	20
Trébol subterráneo (Mount Barker)			20
Trébol subterráneo (Denmark)			20
Hualputra (Santiago)	30	20	
Trébol balansa (Paradana)	10	20	
Trébol encarnado (Traiguén)			10
Trébol vesiculoso (Zulu II)			20
Serradela amarilla (Cádiz)			10
Total	100	100	100

(Fuente: adaptado de Ovalle *et al.*, 2011)

En el caso de gramíneas, las más usadas se indican, por zona, en el Cuadro N° 3, y mezclas de leguminosas y gramíneas en Cuadro N° 4.

Cuadro N° 3
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE GRAMÍNEAS POR REGIÓN Y ZONA

Especie	Zona de Distribución Secano de Región			
	Valparaíso-Ñuble (Zona semiárida a sub-húmeda)	O´Higgins-Biobío (Zona secano costa central)	Biobío al Sur (Secano costa-precordillera)	Centro Norte (con riego) a Magallanes
Ballica wimnera (<i>Lolium rigidum</i>)	x			
Falaris (<i>Phalaris aquatica</i>)		x		
Festuca (<i>Festuca arundinacea</i>)			x	
Pasto ovilla (<i>Dactylis glomerata</i>)				x

(Fuente: adaptado de Ovalle *et al.* 2011)

Cuadro N° 4
MEZCLAS DE LEGUMINOSAS CON GRAMÍNEAS RECOMENDADAS PARA PRADERAS
PERMANENTES EN SISTEMAS SILVOPASTORALES EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE

Precipitación (mm)	Secano Costero	Secano Interior (suelos graníticos)	Secano Interior (suelos arcillosos)	Precordillera Andina
400 - 500	Med 400 Ballica wimmera	Med 400 Ballica wimmera	Med 400 Ballica wimmera	
500 - 600	Med 600 Ballica wimmera	Med 500 Ballica wimmera	Med 600 Falaris o Ballica wimmera	
600 - 800	Med 600 Falaris o Ballica wimmera	Med 600 Falaris o Ballica wimmera	Med 600 Falaris o Festuca	Med 700 Falaris o Ballica Wimmera
800 y más	Med 700 Pasto Ovillo o Festuca	Med 700 Falaris	Med 600 Falaris o Festuca	Med 700 Pasto Ovillo

(Fuente: adaptado de Ovalle et al. 2011)

Para aumentar la productividad de las praderas naturales y/o naturalizadas en sistemas silvopastorales se hace necesario realizar un mejoramiento de estas. Este mejoramiento se puede realizar a través de diversas acciones, como fertilización, regeneración y manejo animal, principalmente.

- **Fertilización de Praderas**

El nivel nutricional de los suelos es un aspecto fundamental, para asegurar un adecuado desarrollo de las especies forrajeras que componen la pradera. La falta de algunos nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, además de algunos micronutrientes, pueden limitar fuertemente la producción pratense.

Para conocer el real estado nutricional del suelo, es necesario realizar un análisis químico de este. El análisis mostrará el nivel en que se encuentra cada nutriente en el suelo (bajo, medio o alto), lo que permitirá prescribir las dosis de fertilizantes necesarias de aplicar, para así elevar la nutrición del suelo a niveles adecuados que permitan asegurar una buena nutrición de las plantas y, como consecuencia, mejorar la productividad de la pradera.

Las praderas naturales y/o naturalizadas de estas zonas en general presentan bajos niveles de fertilidad, porque han sido sometidas a manejos inadecuados por décadas, lo que las ha llevado finalmente a una baja productividad. Además, producto de ese mal manejo y posterior degradación de la pradera, la presencia de especies forrajeras nobles ha disminuido, aumentando la proporción de malezas y/o especies de bajo valor forrajero, por lo que la calidad del forraje producido, en la mayoría de los casos es muy pobre.

La aplicación de mezclas de fertilizantes conteniendo nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, principalmente, han permitido elevar la producción de las praderas naturalizadas en las regiones del Sur y Patagónicas de Chile. En ensayo realizado en una pradera naturalizada ubicada en la zona intermedia de Aysén (Coyhaique), se aumentó de 288 kg de materia seca sin fertilización a 6.382 kg de materia seca por hectárea con la aplicación de 30 unidades de azufre y 80 unidades de fósforo, más una fertilización base de nitrógeno y potasio, en un período de tres años (Hepp, 1996) (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO Y AZUFRE SOBRE LA PRODUCCIÓN
DE UNA PRADERA NATURALIZADA EN LA ZONA DE COYHAIQUE, CHILE

Año	Producción según Niveles de Fertilización (kg ms/ha)			
	S.0-P.0	S.0-P.80	S.30-P.0	S.30-P.80 ¹
1	593	505	579	588
2	465	1.014	2.312	6.130
3	288	480	4.219	6.382

(Fuente: Hepp, 1996)

¹S (azufre) y P (fósforo) en unidades de nutrientes por hectárea.

ms: materia seca

- **Regeneración de Praderas**

La regeneración de una pradera natural y/o naturalizada consiste en la incorporación de semillas de especies forrajeras a través de diferentes técnicas de resiembra, que permitan asegurar su establecimiento, mejorar la cobertura y densidad de la pradera, aumentar la proporción de especies de alto valor forrajero y aumentar la productividad de la pradera en su conjunto. La incorporación de gramíneas, como festuca, pasto ovilla, ballica, y leguminosas, como trébol blanco y rosado, ha demostrado buenos resultados. Sin embargo, para asegurar el éxito en esta labor es necesario elevar los niveles nutricionales del suelo y mantener una fertilización periódica para esta nueva pradera.

Si la regeneración de la pradera se hace en terrenos de laderas, se recomienda usar métodos de resiembra que no impliquen rotura del suelo (cero labranzas), para evitar erosión, mientras que en suelos de pendiente suave o planos se podría pensar en labranza tradicional y siembra directa de pradera. Algunas de las formas en que se puede realizar la regeneración son las siguientes:

Siembra al Voleo: Consiste en la aplicación de las semillas al voleo, sobre la superficie de la pradera, en forma manual o con maquinaria (sembradora o trompo abonador), sin roturar el suelo. La eficiencia de este sistema se puede mejorar al incorporar las semillas usando algún tipo de maquinaria que no provoque un movimiento excesivo del suelo (rastra de discos o de clavos más rodillado) o incluso a través del pisoteo animal. Dado que la semilla queda expuesta a condiciones ambientales desfavorables, como temperaturas extremas o pérdida de humedad, se recomienda aumentar las dosis de semillas utilizadas para una siembra tradicional, en un 50% (Valencia, 1997). La regeneración al voleo en forma manual es un sistema de bajo costo y se adapta bien a terrenos con pendiente o imperfecciones, con presencia de árboles, tocones y desechos, donde no es posible utilizar maquinaria agrícola (Figura N° 19).



(Foto: A. Sotomayor)

Figura N° 19
MEJORAMIENTO DE PRADERA NATURAL VÍA FERTILIZACIÓN EN SISTEMA SILVOPASTORAL
CON ÁRBOLES MANEJADOS Y DESECHOS ORDENADOS EN EL TERRENO

Siembra Vía Tracto Digestivo Animal: Consiste en utilizar animales, generalmente bovinos, los cuales son alimentados con forraje conservado o granos en comederos, donde además se adicionan las semillas de las especies forrajeras que se quiere establecer. Los animales ingieren las semillas junto al forraje y posteriormente, a través de sus fecas, las esparcen por el terreno. Para lograr un buen resultado con esta técnica es necesario utilizar una alta carga animal, que permita un esparcimiento más homogéneo de las semillas. Idealmente y si el terreno lo permite se puede pasar algún implemento para esparcir las fecas, como rastra de neumáticos o clavos.

Resiembra con Máquinas Regeneradoras: En suelos planos o de lomaje suave, libres de piedras, troncos y/o desechos forestales, donde es posible utilizar maquinas regeneradoras, es recomendable hacer la regeneración de praderas por esta vía. Con este sistema se asegura que la semilla quede incorporada al suelo junto al fertilizante, se utilice menos dosis de semilla y se logre una germinación más homogénea.

- **Manejo de Praderas en Sistemas Silvopastorales.**

Junto con el mejoramiento de la pradera, el manejo animal es otro factor muy importante para asegurar el desarrollo y productividad de la pradera. Algunos aspectos a considerar son:

Regular la Carga Animal: Toda pradera, de acuerdo a su productividad, es capaz de soportar una determinada carga animal en la temporada (número de animales que se pueden alimentar de la pradera en el año). Si se ingresan más animales de los que la pradera puede alimentar, se producirá un sobretalajeo, perjudicando su desarrollo y crecimiento futuro. Si se incorporan menos animales, en relación a lo que puede soportar la pradera, se originará una pérdida de ganancia animal en la temporada, ya que parte del forraje producido se perderá al no ser consumido. Por ello, es necesario calcular la capacidad de carga de acuerdo a la cantidad de forraje (materia seca disponible) que puede producir la pradera.

Sistema de Pastoreo: Es importante el tipo de pastoreo que se utiliza, ya que este determinará la eficiencia con que los animales aprovecharán el forraje producido. En este sentido, al pasar de un sistema de pastoreo extensivo o estacional continuo, a un sistema de pastoreo rotativo (Figura N° 20), usando apotreramientos, ya sea con cerco tradicional o cerco eléctrico, se logrará mejorar el grado de utilización de las praderas, lo que se traducirá en mayor producción animal (carne, leche y/o lana).



(Foto: A. Sotomayor)

Figura N° 20
PASTOREO ROTATIVO CON BOVINOS EN SISTEMA SILVOPASTORAL

Exclusión: Durante los primeros años en un sistema silvopastoral se recomienda realizar una exclusión total de la superficie y no permitir el ingreso de animales hasta no asegurar el establecimiento de las plantas forestales. Se deberá esperar que los árboles alcancen los 2,0-2,5 metros o 1,3 metros de altura, cuando se quiera incorporar al sistema silvopastoral ganado bovino u ovino, respectivamente. A partir de este momento y en adelante se deberá utilizar una carga animal moderada, para evitar daños a los árboles y asegurar su pleno establecimiento.

3.3 Establecimiento del Componente Arbóreo

El establecimiento del componente arbóreo ha sido bien desarrollado en diversas publicaciones de INFOR, por lo cual se utilizará un extracto de los documentos Establecimiento de Plantaciones Forestales (García *et al.*, 2000), Manual N° 41 Sistemas Silvopastorales, segunda edición (Sotomayor *et al.*, 2020) y Manual N° 43 Diseño, Establecimiento y Manejo de Cortinas Cortavientos (Sotomayor *et al.*, 2020a), adaptado a este Manual de Restauración Agroforestal a Escala de Paisaje.

El adecuado establecimiento de una plantación considera una serie de etapas o actividades orientadas a preparar y/o modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes (limpia del terreno a plantar, fertilidad del suelo y preparación del sitio, entre otros), de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer la supervivencia, el crecimiento inicial y desarrollo posterior de las plantas.

- **Habilitación de Terreno para Establecer un Sistema Agroforestal**

En esta etapa se persigue obtener un terreno limpio para que las plantas puedan establecerse y crecer adecuadamente, además de facilitar las labores de plantación. Sin embargo, se debe respetar

la legislación forestal, que regula las intervenciones donde exista bosque nativo y vegetación en quebradas, por lo que se debe evitar su eliminación, especialmente cuando no afecten mayormente el desarrollo de la plantación.

Se consideran varias faenas de importancia dentro de esta actividad:

Limpia de Terreno: Consiste en la actividad de limpieza del terreno, cuando existen arbustos o malezas, especialmente invasoras como ulex, retamillo, zarzamora y otras, que pueden afectar o dificultar el trabajo de la plantación y siembra posterior de la pradera o cultivo, y para asegurar el futuro desarrollo de la plantación. No se debe cortar regeneración de especies nativas, tanto arbóreas o arbustivas, que pueden contribuir a la restauración de los terrenos.

Ordenamiento y Tratamiento de Desechos de la Limpia del Terreno: El objetivo es ordenar o eliminar los desechos que se originan en la faena de limpia, para así despejar el espacio que ocuparán las plantas y facilitar las posteriores actividades silvícolas. Existen tres alternativas para el tratamiento de desechos: quema, la cual es la menos recomendable y se debe tratar de evitar para no generar incendios que dañan los recursos naturales y a las personas, y considerar la legislación vigente, dado que pueden afectar el suelo y la vegetación adyacente; ordenamiento de desechos en el terreno; o picado o triturado del desecho.

Preparación del Suelo: La preparación del suelo consiste en el laboreo del suelo para dar las mejores condiciones en el establecimiento y desarrollo de las plantas. Su objetivo es dejar el suelo en condiciones que permita una mayor retención de agua, para que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad, promover su desarrollo y dar un mejor sostén de la planta, y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil del suelo donde se desarrollarán las raíces. Favorece a su vez la penetración del agua y el aire a mayor profundidad, además de un mejor control de malezas, arbustos y otro tipo de vegetación competidora. Esta actividad se puede hacer en forma mecanizada, con tractor o bulldozer; con animales, caballos o bueyes; o en forma manual, según la pendiente y compactación del suelo (Figura N° 21).



(Fuente. Sotomayor *et al.*, 2020)

Figura N° 21
PREPARACIÓN DE SUELO CON ANIMALES Y MECANIZADA

Esta actividad debe realizarse en períodos secos, cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva de este recurso. En situaciones de lomajes la preparación debe efectuarse en curvas de nivel, con el objeto de proporcionar un mejor aprovechamiento del agua por las plantas, al interceptar su

movimiento y quedar más tiempo retenida en el área de preparación. Además, ayuda a reducir la erosión del suelo, al infiltrar y reducir la velocidad de movimiento del agua.

Control de Malezas Pre-plantación: Consiste en el control de malezas para eliminar todo tipo de vegetación herbácea o arbustiva que pueda ser competitiva con la especie arbórea o arbustiva que se está plantando. Es un tratamiento necesario e importante en el establecimiento de las plantas, ya que puede afectar la supervivencia, crecimiento y desarrollo de éstas.

En los sistemas agroforestales, donde uno de los objetivos es un adecuado desarrollo de cada uno de los componentes de estos sistemas, es decir del componente forestal, la pradera para la producción animal, y el cultivo agrícola, es importante evitar que entre estos componentes exista una competencia excesiva, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento. Para el caso del componente arbóreo, se recomienda dejar al menos una zona de 50 cm a cada lado de la planta recién establecida sin cultivos o pastos que pueden competir con estas, durante al menos 3-4 años, generando así una franja continua y despejada de un metro de ancho.

El control de malezas puede realizarse en forma mecánica, manual o química.

Control Mecanizado: Este puede realizarse a través del movimiento del suelo donde se establecerá el componente arbóreo, usando subsolado, arado de disco, y/o cincelado y rastraje. Con este método se puede mantener la primera temporada sin competencia de malezas.

Control Manual o con Mulch: A través del uso de mano de obra, con herramientas manuales o maquinarias portátiles, como desbrozadora. Aunque el control tiene efecto directo sobre las malezas ya instaladas y de hoja visible, no impide la reaparición de estas uno o dos meses después, producto de semillas o de rebrote de raíz, pero puede ser una alternativa válida para plantaciones en pequeñas propiedades. Si este se hace manualmente, es necesaria la eliminación de malezas en un radio aproximado de 50 cm alrededor de la planta y repetir durante la primavera por los siguientes tres años. Otra alternativa es poner *mulch* orgánico (Ej. paja, chips o aserrín) (Figura N°22) alrededor de la planta, en un radio de 20 cm, para evitar la germinación de semillas de vegetación competitiva presente en el suelo.



Aserrín (izq); Chips de madera (der)

Figura N° 22
USO DE MULCH PARA CONTROL DE MALEZAS

Control Químico: Es el método más usado y se puede realizar a través de alternativas terrestres con equipos de uso agrícola y con bombas de espalda en situaciones de mayor pendiente y superficies reducidas. La época de aplicación dependerá de la fecha de plantación y de la germinación o aparición de malezas, dependiendo a su vez del crecimiento de estas. Como pre-plantación, se realiza aproximadamente 15 a 30 días antes de ejecutarse la plantación. En aplicaciones post-plantación, durante la primavera, se debe tener cuidado de no aplicar sobre las plantas ya establecidas. En este caso, en pequeñas superficies se puede proteger las plantas con protectores plásticos u otros. Además, para prescribir el tipo de herbicida a utilizar, se debe determinar previamente el tipo de maleza a controlar, con un asesor forestal o agrícola.



(Fuente: García *et al.*, 2000)

Figura N° 23
APLICACIÓN DE HERBICIDAS PARA CONTROL DE MALEZA PREVIA A LA PLANTACIÓN
CON BOMBA DE ESPALDA

Se recomienda utilizar herbicidas que sean altamente específicos, de baja toxicidad, con sello verde, de bajo poder residual y de corta permanencia en el ambiente. Los herbicidas más utilizados se pueden clasificar según la forma que actúan sobre las malezas, en aquellos que actúan principalmente aplicados al follaje y en aquellos que actúan principalmente a nivel de suelo. Es común que se utilicen distintas mezclas de productos y dosis, dependiendo de las malezas, suelos y tipo de control que se requiera. A veces, es recomendable que se agreguen adyuvantes (surfactantes, reguladores de pH, adherentes, penetrantes, antideriva, etc.), que contribuyen a la eficiencia, eficacia y seguridad de una aplicación (Sotomayor *et al.*, 2002).

Herbicidas Aplicados al Follaje¹: Este tipo de productos pueden ser sistémicos o de contacto. En general se prefieren los herbicidas sistémicos, dado que penetran a la maleza y se movilizan a raíces, tallos y follaje. Entre los herbicidas sistémicos no selectivos, aplicados al follaje y más usados, se encuentran el *Glifosato*, *Tryclopir* y *Metaulfuronmetil*. El *Picloram* es usado para el control de especies leñosas en mezcla con *Triclopyr*; *Clopyralid* y *Fluroxipir* para el control de malezas de hoja ancha, e incluso algunas leñosas; en dosis bajas presentan cierto grado de tolerancia, tanto en pino como eucalipto.

¹ Se menciona solo el nombre genérico de sus ingredientes activos, dado los productos similares que se encuentran a la venta con distintos nombres, según su fabricante, ver Anexo I.

Entre los herbicidas sistémicos selectivos aplicados al follaje destacan los *Gramicidas*, que como su nombre indica solo tienen efecto de control sobre gramíneas, anuales y perennes, por lo que no tienen efectos nocivos al ser asperjados sobre las plantaciones.

Herbicidas que Actúan Principalmente a Nivel de Suelo (suelo-activos): Se puede usar *Simazina*, *Terbutilazina*, *Atrazina* y *Hexazinona* (Velpar). Dada las múltiples combinaciones de malezas, suelos, tipos de control, etc., no se entregan recomendaciones de productos, dosis ni técnicas de aplicación posibles de ser usadas, siendo muy importante buscar la asesoría profesional apropiada.

El control de malezas químico, en el caso silvopastoral, cortinas cortavientos y otros, puede ser en fajas cubriendo toda la línea de plantación con un ancho de 80 a 100 cm, o en *spot* alrededor de la planta, con un radio de 40-50 cm (Figura N° 24).



(Fotos: Forestal Mininco cit. por Sotomayor *et al.*, 2002).

Figura N° 24
PLANTACIÓN DE PINO RADIATA, SIN (IZQ.) Y CON CONTROL DE MALEZAS (DER.) A LOS 10 MESES

- Cercado Perimetral y Protección Individual de Plantas

El objetivo principal del cercado es asegurar la exclusión de ganado o animales mayores de cualquier tipo, durante la etapa de establecimiento, prendimiento de las plantas y crecimiento inicial (aproximadamente 4 - 6 años zona centro-sur).

Esta medida de protección para el establecimiento de una plantación o cortina cortaviento es absolutamente imprescindible, especialmente en predios ganaderos donde es constante la presencia de animales, ya que de ello depende en gran medida el éxito del establecimiento de la componente arbórea y arbustiva.

Para el cercado perimetral de la cortina se deben utilizar postes de 2,2 m de largo con un diámetro mínimo de 4 a 5 pulgadas, con una separación entre postes de 2,5 a 3 m, con un mínimo de 5 hebras de alambre y este debe construirse antes de que se inicie el establecimiento de la componente arbórea.

Si existen animales menores es necesario utilizar malla Ursus o bizcocho, para evitar su ingreso a la zona de establecimiento.



Figura N° 25
CERCO CON ALAMBRE DE PÚAS Y POLINES IMPREGNADOS PROTEGIENDO PLANTACIÓN NATIVA A ORILLA DE CURSO DE AGUA

Para el control de lagomorfos (conejos, liebres) no se deben escatimar esfuerzos, especialmente en las regiones o zonas donde se detecta gran cantidad de estos, donde la presencia de estos animales ha aumentado y es un problema permanente.

El daño causado por la liebre europea y el conejo es de gran importancia y en muchas ocasiones el causante de la pérdida total de plantas establecidas, especialmente cuando se utilizan especies nativas.

Para controlar lagomorfos y roedores, se pueden utilizar repelentes químicos, no tóxicos, los cuales se aplican al momento de plantar, aunque tienen el inconveniente de perder su efecto con el paso del tiempo, especialmente después de lluvias intensas, debiéndose realizar varias aplicaciones en el año y además aumentar la concentración del producto.

Otra alternativa es la utilización de protectores individuales en cada planta, los que rodean a la planta impidiendo el corte o ramoneo por lagomorfos y otros animales menores. Este método es bastante efectivo, aunque el costo inicial es más alto que el uso de repelentes, pero con un efecto más duradero. Para el caso de establecimiento de cortinas forestales cortaviento, especialmente en pequeñas dimensiones o superficies, es factible su aplicación (Figura N° 26).

Otra forma de proteger la cortina de los roedores es el uso de malla *conejera* o de *gallinero*, la cual debe ser instalada en todo el contorno del cerco perimetral, enterrándola unos 15 cm en el suelo. Sin embargo, el costo de esta alternativa es elevado, por lo que se aconseja en superficies pequeñas y con una gran población de liebres o conejos.



Malla raschell (izq) y shelter de policarbonato (der).

Figura N° 26
PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE PLANTAS

- **Plantación**

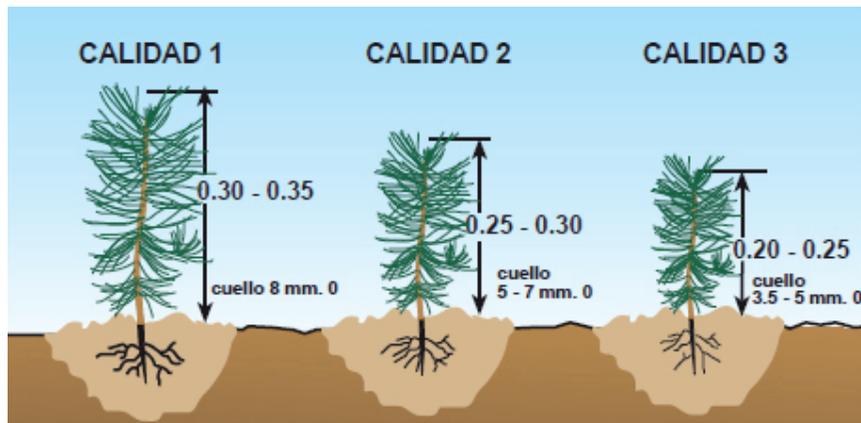
Se considera en este punto la calidad y selección de plantas, época de plantación, técnicas de plantación y fertilización.

Selección de Plantas: Uno de los aspectos más importantes a considerar una vez preparado el sitio para plantación, es la condición de la planta a utilizar, lo que garantiza en gran medida la calidad del bosque a futuro. Las plantas pueden ser producidas a raíz desnuda, en contenedor plástico o en bolsas.

En la actualidad se recomienda usar plantas en contenedores plásticos (*speedling*), o en bandejas de poliestireno expandido, ya que ofrecen mayores beneficios en el cuidado y manipulación de las plantas, tanto en el lugar de producción como en el traslado hacia la plantación. Entre las características deseables que deben tener las plantas se destacan:

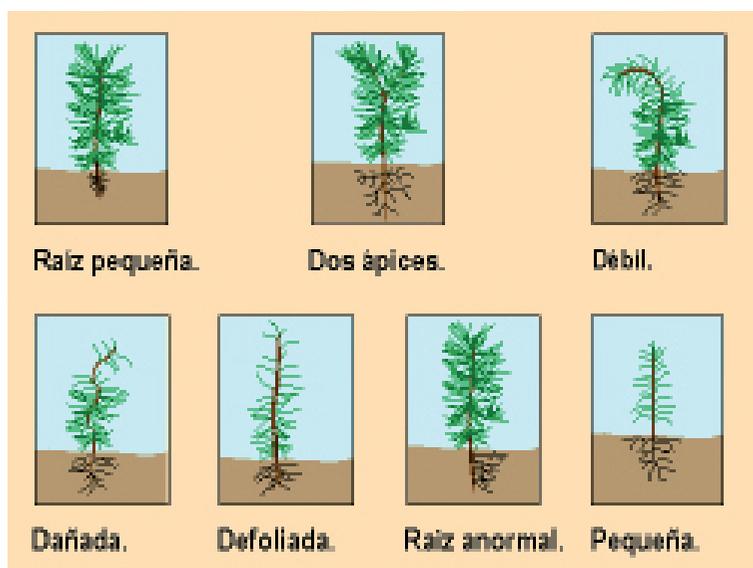
- Aspecto sano y vigoroso
- Tallo resistente y firme
- Color verde oscuro
- Raíces abundantes y bien distribuidas
- Altura de aproximadamente entre 20 y 30 cm
- Ramillas de las plantas deben repartirse a lo largo de todo el tallo
- Diámetro de cuello debe tener como mínimo 5-8 mm
- Pan de sustrato debe ser lo suficientemente firme de manera de no disgregarse al extraer la planta del contenedor.

Se debe procurar la utilización de plantas provenientes de orígenes conocidos (viveros inscritos y calificados) y de buena calidad genética, tanto de especies nativas como exóticas.



(Fuente: Sotomayor et al., 2020)

Figura N° 27
GRADOS DE CALIDAD DE PLANTAS A RAÍZ DESNUDA PARA PLANTACIÓN DE PINO RADIATA



(Fuente: García et al., 2000)

Figura N° 28
PLANTAS DE MALA CALIDAD QUE NO DEBEN SER USADAS EN UNA PLANTACIÓN DE CONIFERAS

Época de Plantación: La plantación es la acción de establecimiento o instalación de las plantas en el suelo. Es importante realizar esta actividad en la forma y época adecuadas para asegurar los objetivos de esta y evitar pérdida de plantas y productividad.

Para lograr un buen prendimiento y desarrollo posterior de las plantas, es necesario realizar la plantación en la época adecuada, considerando las condiciones edafoclimáticas del lugar y los requerimientos de la especie.

El suelo debe encontrarse húmedo y, además, deben existir expectativas razonables de precipitaciones posteriores a la plantación. Esta faena no debe realizarse durante un período de tiempo seco, ya que así se evita el posterior marchitamiento y pérdida de plantas.

En la zona Centro-Sur del país, generalmente se planta en la época lluviosa, entre junio-agosto. En zonas frías, o donde cae nieve, existen básicamente dos épocas de plantación; la primera es en el período de otoño hasta los primeros días de invierno o antes de la caída de la nieve, es decir fines de mayo hasta fines de junio; y la segunda época desde fines de invierno a primavera, desde agosto hasta septiembre, después de la caída de nieve y con expectativas de precipitaciones en dichos meses.

Técnica de Plantación: En Chile tradicionalmente en pequeñas propiedades se realiza en forma manual. Esta no tiene restricción de pendiente y el método más conocido es la técnica neozelandesa o doble T.



Figura N° 29
PLANTACIÓN EN CASILLAS

La técnica neozelandesa de plantación, o doble T, aplicable tanto a especies exóticas como nativas, consiste en la práctica de un corte longitudinal de la tierra con pala plantadora (Figuras N° 29 y 30) y dos cortes perpendiculares a este con posterior remoción del suelo, de manera de proporcionar a la planta una superficie de suelo removido, de 40 x 40 cm, donde desarrollar de manera adecuada su sistema radicular y por lo tanto obtener un buen prendimiento.

En la casilla de plantación formada se puede aplicar gel, especialmente en zonas con déficit de agua, ya que acumula agua y la entrega lentamente a la planta. Con esto se consigue un buen mullido del suelo, que provoca que se forme un medio adecuado de crecimiento y sostén de las raíces (INFOR, 2000).



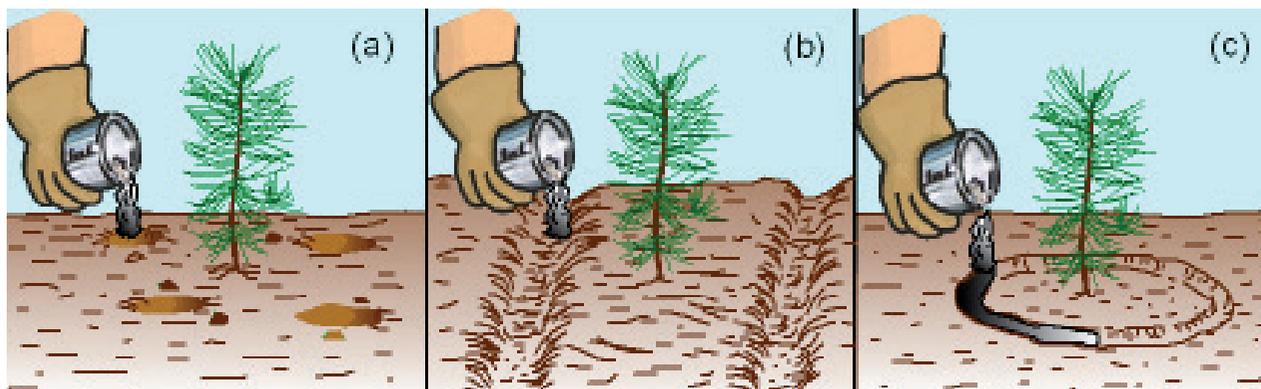
Figura N° 30
PALA PLANTADORA UTILIZADA COMÚNMENTE EN PLANTACIONES FORESTALES

Fertilización: Con la fertilización, al agregar los nutrientes faltantes en el suelo, se estimula el desarrollo de las raíces, se permite a la planta una mayor ocupación del suelo y se aprovecha en forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. Con esto se logra una mayor supervivencia, un rápido crecimiento inicial y cierre de las copas, lo cual disminuye o elimina la competencia, obteniéndose un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

La fertilización debe ser acompañada de una buena preparación del suelo y un adecuado control de malezas, de esta manera se podrán asegurar los máximos beneficios de esta técnica. Si alguna de estas actividades no se efectúa, la fertilización no tendrá el efecto esperado.

Los elementos nutricionales que formarán la base del fertilizante a utilizar deben ser determinados a través de un análisis químico del suelo y serán aquellos que se encuentren en cantidades restrictivas para el adecuado desarrollo de la especie a plantar. Se destacan, entre otros, fósforo, nitrógeno, potasio, y boro, como elementos nutritivos que debieran participar en alguna proporción dentro de la mezcla del fertilizante, más otros microelementos que pudieran escasear, como cobre u otros.

La época de aplicación del fertilizante coincide con la época de plantación. En ocasiones la fertilización se realiza 2 a 3 semanas después de haber plantado, principalmente por razones operativas. Las plantaciones realizadas en otoño o invierno son fertilizadas en primavera para que el fertilizante esté disponible en el período máximo de crecimiento de la planta. En el caso de plantaciones de primavera, se debiera plantar y fertilizar al momento de la plantación, o lo más cercano posible a ese momento. Los fertilizantes pueden ser aplicados en hoyos, en bandas o en círculo alrededor de la planta (Figura N° 31).



- a) Hoyos a 15 cm de la planta, a una profundidad de 10 cm, cubierta con tierra.
b) En bandas paralelas a 15 cm de la planta, a 10 cm de profundidad, cubierta con tierra.
c) En círculo, a 15 cm de la planta, a 5 cm de profundidad, cubierta con tierra.

Figura N° 31
APLICACIÓN DE FERTILIZANTE

4. SISTEMAS AGROFORESTALES Y SU MANEJO

4.1 Sistema Silvopastoral

Un sistema silvopastoral será exitoso si se asegura el crecimiento y desarrollo de los componentes productivos que participan en este, como son el árbol, la pradera y los animales. Cada componente se evalúa por la capacidad de producción, y por la habilidad de complementarse con los otros componentes. Para ello, se debe conocer la forma en que la interacción entre árbol, pradera y ganado afecta a cada uno de ellos, en forma positiva o negativa.

- Manejo del Componente Arbóreo

El manejo de los árboles en un sistema silvopastoral tiene similitudes y diferencias con un manejo forestal con fines de obtención de madera libre de defectos con fines industriales. Las similitudes tienen que ver con las técnicas usadas (podas y raleos), con los objetivos de obtener madera de buena calidad, disminuir el diámetro del cilindro nudoso, concentrar el crecimiento en los mejores árboles, aumentar sus diámetros (volumen por árbol) y mejorar la calidad de la madera; y, además, favorecer el crecimiento de la componente praterense al disminuir la proyección de sombra de los árboles sobre la pradera.

Las diferencias son, principalmente, que en el sistema silvopastoral ya no se habla de rodal o bosque, ni el objetivo es aumentar el volumen del rodal, sino que, del árbol individual, aumentando el volumen por árbol y la calidad de este.

Otra gran diferencia es que aquí se persigue, además de un buen crecimiento y calidad de los árboles, un buen desarrollo de la pradera, que está creciendo en conjunto con los árboles en el sistema y, consecuentemente, de los animales que se alimentan de esta pradera. La meta final es aumentar la productividad del sistema silvopastoral como un todo, no solo de los árboles o de la pradera en forma separada.

En este manejo combinado del sistema se debe tener en cuenta que *“después de alcanzar un nivel de desarrollo y cierre de copas de los árboles, estos pueden afectar el rendimiento de la pradera”*. En el desarrollo del sistema, *“a medida que la cobertura de copa aumenta, sobre el 50%, hay una disminución en la producción de forraje”* (Sotomayor, 1989). El balancear ambos componentes para optimizar la rentabilidad del sistema y hacerlo sustentable en el tiempo es el principal desafío de este tipo de manejo silvopastoral.

- Selección y Clasificación de los Árboles¹

El desarrollo de los árboles en una plantación se comienza a diferenciar claramente cuando comienza la competencia por luz (a nivel de copas), y también cuando se produce competencia a nivel radicular, tanto por agua como por nutrientes. Para las plantaciones silvopastorales, con densidad inicial entre 400 a 800 arb/ha, distribuidas en forma homogénea en la superficie, o en hileras o fajas, y utilizando las especies más tradicionales, ello ocurre cercano al primer cuarto de la edad de rotación (5-6 años de edad en pino radiata, y 9-10 años de edad en pino ponderosa o pino oregon), cuando han sido establecidas y mantenidas adecuadamente. A partir de ese momento, los árboles comienzan a

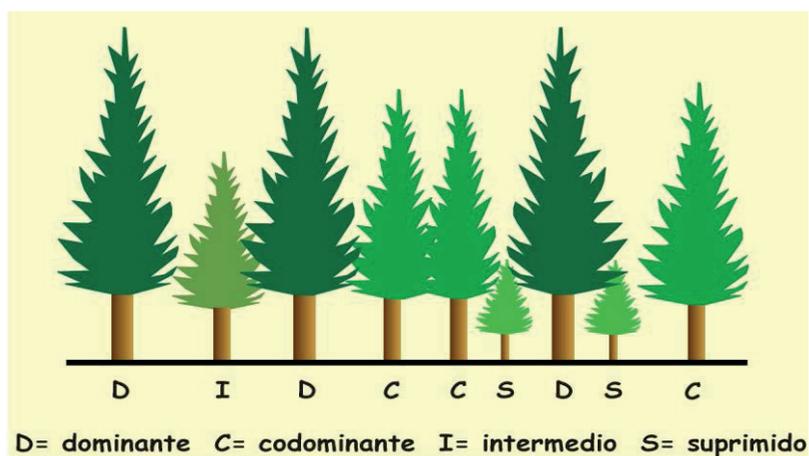
¹ Basado en documento *Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestal* (Sotomayor et al., 2002) y adaptado para fines silvopastorales.

competir entre ellos y a distinguirse según su altura y desarrollo de la copa.

El objetivo de una adecuada selección de los árboles para su posterior manejo, es identificar los aquellos de mejor calidad, en crecimiento, forma, vigor y sanidad. En el caso de los sistemas silvopastorales, donde existen densidades menores, es importante:

- Elegir una buena calidad de las plantas al momento de su establecimiento, lo cual asegurará la calidad futura de los árboles.
- Hacer una mantención adecuada en los primeros cuatro años, en control de malezas y protección contra el daño por animales e incendios.
- Realizar una adecuada selección de árboles a manejar al momento de podar y ralear.
- Realizar un buen manejo y cuidado de los árboles seleccionados para que estos logren llegar al final de la rotación, creciendo vigorosamente y con una calidad demostrada.

Normalmente los árboles se clasifican según el tamaño relativo dentro del bosque o plantación, en dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos (Figura N° 32). En la selección de los árboles a manejar, se favorece siempre a los árboles dominantes y codominantes (los de mayor tamaño), y solo ocasionalmente árboles intermedios (medianos), para mantener una adecuada ocupación del sitio (evitar claros sin árboles). Generalmente, los árboles más altos también son los más gruesos y de copa sana y vigorosa.



(Fuente: Sotomayor et al., 2002)

Figura N° 32
CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES

Otro factor de gran importancia en toda selección es la calidad del fuste del árbol. Entre los factores de calidad más relevantes están la rectitud del fuste, la condición de la flecha o ápice, y en los casos de densidades silvopastorales el diámetro de las ramas. Su importancia, radica en la mayor producción de madera utilizable en árboles de mejor calidad y, en forma práctica, significa seleccionar árboles de fuste recto y sin bifurcaciones, y eliminar los mal formados (Figura N° 33).



(Fuente: Sotomayor et al., 2002)

Figura N° 33
TIPOS DE ÁRBOLES A SELECCIONAR Y A ELIMINAR

Existen otras características de calidad en un árbol que deben ser consideradas en una etapa de selección:

- Tamaño de ramas (preferir árboles de ramas delgadas).
- Angulo de inserción de ramas (escoger ángulo de inserción recto).
- Largo de internudos (favorecer árboles de internudos, o separación entre nudos, largos).

En consecuencia y en términos prácticos, la selección consiste en elegir aquellos árboles que interesa seguir manteniendo en el sistema y, aquellos que se estiman con poco futuro, deben ser eliminados.

- **Podas**

Las podas, consisten en la eliminación de las ramas basales de los árboles, logrando levantar la altura de las copas y reducir su desarrollo (Figura N° 34). Su principal objetivo, desde el punto de vista maderero, es mejorar la calidad de la madera, para así obtener madera libre de nudos o defectos, o con nudos pequeños.

Desde el punto de vista de un manejo silvopastoral, además se favorece una mayor entrada de luz para beneficiar el crecimiento de la pradera. Al tener más espacio para crecer, en plantaciones con configuración amplia o baja densidad, se origina un mayor desarrollo de ramas en diámetro y longitud, lo cual se debe manejar con un régimen intensivo de podas. Si estas ramas no son podadas, el fuste se verá afectado por la formación de nudos de mayores dimensiones, que disminuyen la calidad de la madera.



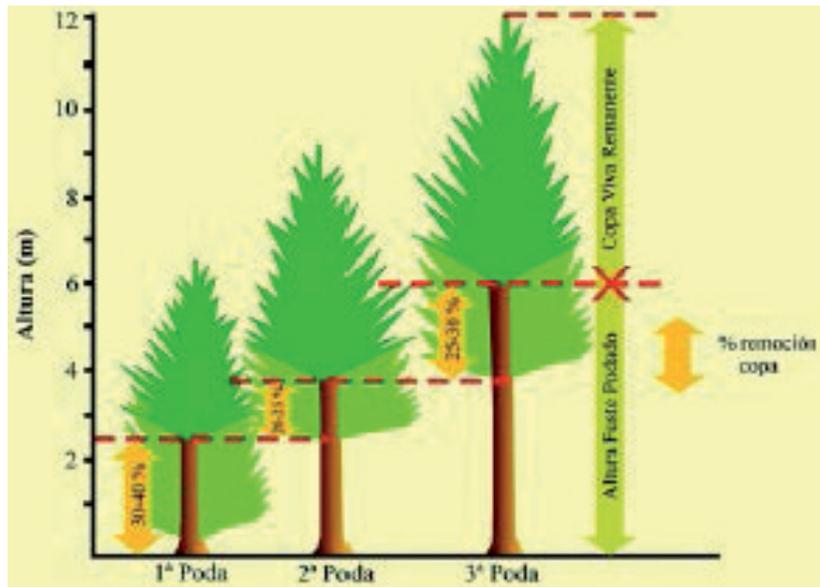
(Foto: A. Sotomayor)

Figura N° 34
ÁRBOLES DE PINO CONTORTA PODADO A 3,2 M EN SISTEMA SILVOPASTORAL ASOCIADO A GANADERIA Y PRADERA FERTILIZADA, COYHAIQUE, REGIÓN DE AYSÉN

En sistemas silvopastorales se recomienda:

- Podar lo antes posible para evitar un excesivo crecimiento de las ramas y acumulación de desechos y hojarasca en el suelo que disminuirán la producción praterense.
- Podar frecuentemente para disminuir la biomasa foliar que interceptará mayor cantidad de luz.
- Iniciar las podas cuando los árboles han alcanzado una altura de 5-7 m, podando todas las ramas hasta una altura máxima del 40% de la altura total (2-3 m), para no afectar el crecimiento del árbol, y así sucesivamente hasta alcanzar el objetivo en altura de poda.
- Con la poda se busca obtener que la parte basal de los árboles, o las primeras trozas hasta los 5,5 - 6,5 m, queden sin ramas para la obtención de trozas gruesas con una importante proporción de madera libre de defectos, o con nudos vivos en la madera (Sotomayor *et al.*, 2002).
- Hacer un buen manejo de los residuos forestales, evitando que generen problemas que limiten un buen desarrollo de la pradera, y disponerlos para evitar incendios y su propagación.

Al planificar la intensidad de la poda se debe considerar que, al eliminar follaje verde por efecto de las podas, se puede disminuir el crecimiento del árbol, al menos en el corto plazo. Es por ello que la intensidad de poda, especialmente en la primera poda, cuando los árboles poseen la totalidad de su copa verde, no debiera ser superior a un 30 - 40% de su altura total (como máximo). En las podas siguientes, no debe excederse del 20 - 30% de la copa viva al momento de podar, o de un 40 - 50% de la altura total del árbol (Figura N° 35).



(Fuente: Sotomayor et al., 2002)

Figura N° 35
ALTURAS Y PORCENTAJES DE PODA ESQUEMA INTENSIVO ADAPTADO A SISTEMA SILVOPASTORAL

Consideraciones generales de la poda:

- *La poda mejora la calidad de la madera, produciendo madera con nudo vivo o firme y también madera libre de defectos o nudos.*
- *Además, con la poda se disminuye la intercepción de luz, lo que beneficia la productividad de la pradera.*
- *La poda debe hacerse en ramas verdes para producir nudos vivos o firmes, lo cual produce una mejor oclusión.*
- *Las podas también ayudan a mejorar la forma del árbol, a reducir enfermedades causadas por hongos y el peligro de incendios.*
- *Las podas normalmente son graduales; en árboles pequeños, la primera poda no debe superar el 30-40% de su altura total; en las siguientes hasta un 20-30% de la copa viva, para minimizar pérdidas de crecimiento.*
- *Se debe utilizar los implementos de seguridad para el personal, recomendado en normas de higiene y seguridad ambiental.*
- *Utilizar herramientas como tijerón o serrucho cola de zorro, en buen estado.*

Raleos

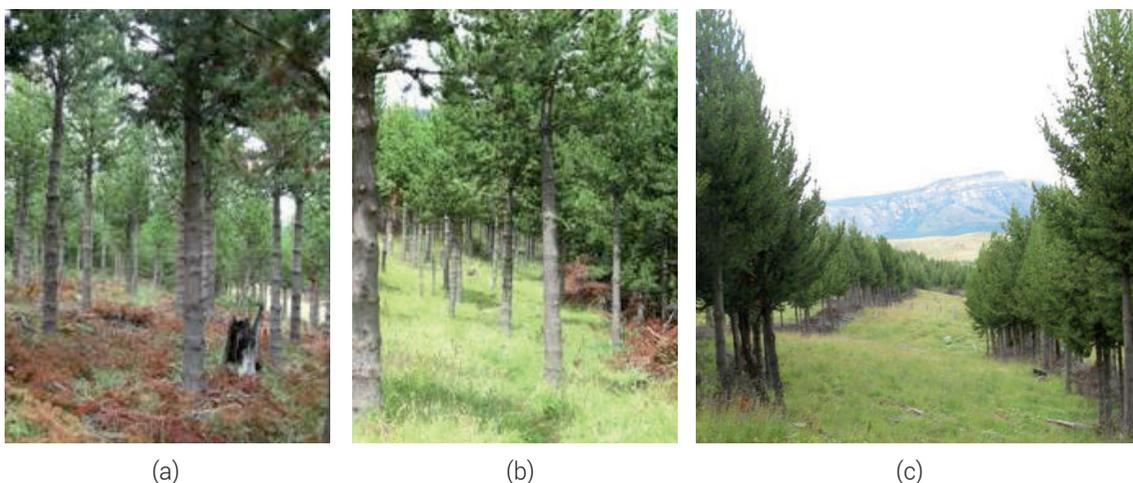
Los raleos consisten en la corta de árboles en forma selectiva, por calidad y distribución de árboles, para dejar aquellos de mejor desarrollo para la corta final, y en el caso silvopastoral para reducir la competencia con especies herbáceas componentes de la pradera por efecto de la sombra. Esto se planifica con el propósito de:

- Concentrar el crecimiento en los mejores árboles.
- Reducir competencia entre ellos.

- Evitar la pérdida de dominancia de los árboles podados.
- Reducir la cobertura de copa de los árboles sobre la pradera.

Si bien el esquema de manejo silvopastoral va a depender de la calidad del sitio y de la plantación, de las especies de árboles, de la densidad de plantación y de los objetivos del propietario, se espera que el primer raleo de un rodal de pino radiata o pino oregón, se realice cuando los árboles lleguen a una altura de 5-6 m (entre 7-8 años en pino radiata y 12 y 13 en pino oregon). En este caso, el destino comercial de los árboles raleados puede ser para leña, postes o metro ruma. Los raleos posteriores, se pueden realizar cada 4-5 años, hasta llegar a la densidad seleccionada, donde se pueden obtener trozos delgados para madera pulpable, aserrío o polines.

Aspectos como mejorar el tránsito de los animales y la posibilidad de generar más talaje para el ganado (silvopastoreo) (Figura N° 36) son también importantes en este tipo de sistemas integrados de producción. Si el propietario desea complementar aspectos de producción con la recreación, una plantación se puede establecer en núcleos o diseño no homogéneo y raleo en forma más intensa, perdiendo su aspecto ordenado, permitiendo además el desarrollo de sotobosque (vegetación acompañante) y mayor vida silvestre.



(Fotos: A.Sotomayor)

Figura N° 36

- EJEMPLO DE PLANTACIONES DE PINO CON ÁRBOLES RALEADOS Y PODADOS A 3,2 M.**
A) SISTEMA CON OBJETIVO FORESTAL, MANEJADO CON 800 ARB/HA;
B) SISTEMA SILVOPASTORAL CON 400 ARB/HA HOMOGÉNEAMENTE DISTRIBUIDOS EN EL TERRENO, CON 30-40% DE COBERTURA DE COPA Y MEJORAMIENTO DE PRADERA;
C) SISTEMA SILVOPASTORAL EN CONFIGURACIÓN EN FAJAS ALTERNAS SEPARADAS A 21 M ENTRE ELLAS, CON 400 ARB/HA, MEJORAMIENTO DE PRADERA, Y ORDENAMIENTO DE DESECHOS ENTRE FAJAS DE ÁRBOLES.

Recomendaciones generales para el manejo silvopastoral: realizar raleos y podas en edades tempranas, con el objetivo de:

- **Manejo forestal:**
 - **Obtener árboles manejados de buena calidad, con nudos pequeños y firmes, y lograr el diámetro sobre muñón (DSM) objetivo.**
 - **Disminuir el sombreado de la pradera.**
 - **Disminuir la cantidad de desechos que quedan en el suelo.**
- **Manejo animal:**
 - **Solamente ingresar animales cuando los árboles tengan la altura suficiente para no ser dañados por estos.**
 - **Establecer capacidad de carga animal, de acuerdo a disponibilidad de forraje de la pradera.**
- **Manejo de desechos:**
 - **Sacar en lo posible el máximo de desechos del sistema, especialmente los fustes que pueden ser usados como trozos con fines industriales, leña o postes.**

Si no se puede sacar los desechos, picar el material y distribuir este homogéneamente, u ordenarlos en fajas entre las hileras de los árboles (en caso de sistemas en hileras dobles o triples), o alrededor de árboles individuales.

En el Cuadro N° 6 se expone un ejemplo de esquema de manejo para una plantación de pino radiata, pino ponderosa, o pino oregon, con fines silvopastorales.

Cuadro N° 6
EJEMPLO DE ESQUEMA DE MANEJO Y ESTABLECIMIENTO SILVOPASTORAL

Densidad (arb/ha)	Altura (m)	Altura Poda (m)	Raleo (arb/ha) De - A	Observaciones según Etapa de Crecimiento
833*	0,30			Establecimiento y mantención: Esta fase se considera hasta el inicio del manejo forestal. La densidad inicial*, año 1, puede fluctuar entre 400 a 833 arb/ha, con plantas de 30 cm de buena calidad.
833	1,3-2,5			A partir de una altura de 2,5 m, se puede ingresar animales vacunos durante época de primavera-verano para pastoreo; con ovinos a partir de los 1,3 m. Establecer programa de fertilización de la pradera en forma regular, una adecuada capacidad de carga animal y un buen manejo de la pradera.

833	5,0	2,0	833 a 600	<p>El manejo forestal considera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Podas y raleos; la poda y raleo debe hacerse con personas capacitadas, según prescripción técnica y DSM objetivo: < 20 cm (Disponer desechos en cordones o rumas, en sectores designados, o entre hileras de árboles, para no afectar la pradera). <p>El manejo de la pradera considera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertilizar la pradera con fósforo, nitrógeno, potasio, y otros elementos según análisis de suelo, y con boro en suelos degradados. <p>El manejo animal considera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer una adecuada carga animal. • Establecer sistema de pastoreo rotativo. • Establecer un manejo sanitario adecuado. <p>Hasta la rotación final del sistema silvopastoral, 25 años con pino radiata y 35-40 años con pino oregon, se debe manejar adecuadamente la pradera y la carga animal para una mejor producción.</p>
600	7,0	3,5	600 a 400	
400	9,0	5,0	400 a entre 250-300	
250-300	11,0	6,5	250-300	
250-300	25-30	6,5	250-300	

Altura: Altura media de los árboles, en la cual se debe manejar o intervenir.

Altura poda: Altura a la cual se debe podar, en la oportunidad correspondiente.

Raleo hasta: Número de árboles a obtener después del raleo; se debe cortar los de mala calidad o forma.

DSM (diámetro sobre muñón): Establecer diámetro objetivo del fuste podado, después de la poda, de menos de 20 cm.

4.2 Sistemas Agrosilvícolas

Los cultivos agrícolas entre hileras en plantaciones forestales, o sistemas agrosilvícolas, son una práctica agroforestal factible de realizar por productores en áreas con pendientes moderadas a bajas. A esta práctica se le denomina internacionalmente *Alley Cropping*, o cultivo en callejones, cultivos intercalares o sistema silvoagrícolas o agrosilvícolas. En muchos países esta práctica se ve como una alternativa al problema de la utilización del terreno entre hileras, dados los amplios distanciamientos usados. Los tempranos retornos económicos que se obtienen de estos cultivos estimulan a los propietarios a optar por plantaciones con latifoliadas de alto valor para la producción de madera, considerando que los propietarios destinan sus mejores suelos disponibles a los cultivos agrícolas. Además, el cultivo arbóreo en estos casos se beneficia por los cuidados otorgados al cultivo intercalado (Loewe y González, 2001). En Chile, es común la utilización de plantaciones de álamo asociado a cultivos agrícolas (Figura N°37) y en los últimos años la utilización de especies forestales de alto valor, como nogal, castaño, encinos, y también con especies nativas para producción de flores con fines apícolas, o con cultivos entre líneas de plantación.



Figura N° 37
PREPARACIÓN DE TERRENO PARA CULTIVOS ENTRE HILERAS DE ÁLAMO (IZQ); CULTIVOS AGRÍCOLAS ENTRE PLANTACIÓN DE NOGAL (DER).

- **Antecedentes de sistema agrosilvícola con nogal (*Juglans regia*)**

Esta última práctica ha sido usada en ensayos instalados por INFOR con nogal durante los primeros cinco años de plantación, obteniéndose en todos los casos excelentes resultados, tanto en los crecimientos como en los retornos por los cultivos asociados (en el caso de cultivo de maíz se han obtenido 110 q/ha, en la zona de Parral, Región del Maule).

Dentro de las alternativas a ser utilizadas con nogal en las hileras de cultivo se encuentran especies forrajeras (excepto alfalfa, debido a la sinergia negativa que presenta con nogal), cerealeras y hortalizas, a excepción de papas, tomates, ya que las hojas y raíces del nogal pueden presentar cierta toxicidad frente a ellas. Esta sustancia, denominada Junglone, proviene de hojas caídas (no está presente en hojas vivas), que es lavada a través del suelo y afecta a nivel radicular (Loewe y González, 2001).

Se tiene evidencia que el crecimiento de los nogales es marcadamente superior cuando se asocia a leguminosas o arbustos. Uno de los cultivos más promisorios es el trigo de invierno, que tiene la ventaja de cultivarse cuando los nogales se encuentran en receso vegetativo. En los primeros años, el trigo puede cultivarse a 1 m de los árboles, pero posteriormente esta faja deberá ir aumentando hasta 2 m o más (Crawford, 1996, cit. por Loewe y González, 2001).

En Chile, las asociaciones con nogal se han realizado con maíz, poroto (Figura N° 38) y otras hortalizas (zanahorias, lechugas, arvejas y otras). A pesar de que en todos los casos el cultivo agrícola no presentó un efecto negativo sobre la plantación de nogal, el cultivo que generó los mayores incrementos en altura al nogal fue el maíz. Este, al ser un cultivo que crece bastante en altura, ayudó a formar y guiar las ramas laterales de los árboles, haciéndolas menos gruesas; a la vez siendo un cultivo que requiere bastante agua y fertilizantes en el período estival (período de crecimiento vegetativo del nogal), ambos fueron utilizados por este para su crecimiento.

De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno se detectó que el cultivo de poroto muchas veces tomó como guía para su crecimiento a las plantas de nogal, enrollándose sobre ella, situación poco conveniente para nogal.



Figura 38

NOGAL COMÚN DE SEIS MESES MIXTO PARA MADERA Y FRUTO ASOCIADO A CULTIVOS AGRÍCOLAS (IZQ); NOGAL COMÚN DE 2,5 AÑOS PURO PARA MADERA Y FRUTO ASOCIADO A MAÍZ (DER) RETIRO, REGIÓN DEL MAULE

- **Antecedentes de sistema agrosilvícola con álamo (*Populus spp.*)**

En Chile la utilización de cultivos intercalares en plantaciones de álamos es una práctica que comúnmente se realiza. Esto con el objetivo de utilizar el espacio de terreno descubierto que queda entre las hileras de plantación, dado que el álamo es un cultivo que requiere un manejo intensivo respecto a otro tipo de plantaciones forestales tradicionales y además se lo establece en suelos de calidad agrícola.

También los álamos han sido plantados en hileras a la orilla de cultivos.

La extensión y severidad de la competencia de raíces de los álamos con los cultivos adyacentes depende en gran medida del tipo de suelo y de la edad de los árboles. En suelos limosos profundos, arenosos o turbas alcalinas donde la humedad y los nutrientes son abundantes, el efecto de las raíces de los álamos es al parecer menos severa que en suelos delgados o con limitaciones de humedad y nutrientes, además hay que considerar el efecto que la sombra pueda ejercer sobre el cultivo.

Si se cultiva álamo en líneas alrededor de cultivos se debe poner atención en su cuidado y manejo, principalmente lo que relacionado con su estado fitosanitario, ya que los álamos se pueden convertir en focos de infección para los cultivos intercalares. Además, se recomienda podar las ramas que dan hacia los cultivos para evitar sombra excesiva.

Si se realizan cultivos asociados a plantaciones de álamo, intercalando entre las hileras de árboles hortalizas, cereales o especies forrajeras (por ejemplo, betarragas, tabaco, maíz, trigo, trébol, papas, porotos, sandías, soja, algodón, remolacha), (Figura N° 39), el aporte de abonos y el trabajo al suelo que significa tener esos cultivos, son muy positivos para el álamo, el que a su vez abriga o protege a estos vegetales.

Respecto a la distancia a utilizar desde la hilera de plantación de álamo al cultivo asociado, se recomienda no plantar a más de 0,5 m de distancia de modo de no reducir significativamente los rendimientos del cultivo asociado y maximizar el área cultivable. Se ha demostrado que esta distancia no afecta el crecimiento en altura y diámetro del álamo (Fraga y Tapia, 2001).



(Fuente: Fraga y Tapia, 2001)

Figura N° 39
PLANTACIÓN DE ÁLAMO ASOCIADO A CULTIVOS HORTÍCOLAS
COINCO, REGIÓN DE O'HIGGINS

- Esquemas de sistema silvoagrícola asociado a cultivos agrícolas

A continuación, se señala ejemplos de esquemas en sistemas agroforestales en asociación de plantaciones forestales con cultivos agrícolas (Loewe y González, 2001).

Cuadro N° 7
ESQUEMA AGROSILVÍCOLA CON NOGAL Y CULTIVOS AGRÍCOLAS

Actividad	Nogal puro (3 x 6 m) y cultivos intercalares
Zona	Región del Maule, suelos arroceros, suelos agrícolas
Sistema productivo	Plantación pura con cultivos agrícolas
Especies/cultivos	Especie forestal: - Nogal común (<i>Juglans regia</i>) Cultivos agrícolas (temporada primavera-verano): <ul style="list-style-type: none"> • 1° a 4° año: maíz • 5° a 7° año: porotos • Año 6 a 30: nueces
Diseño	Distanciamiento: 3 x 6 m Densidad: 555 arb/ha Diseño: rectangular Cultivo agrícola intercalado en hileras.
Faenas de establecimiento	Preparación del suelo: eliminación de desechos agrícolas y de tocones, aradura de discos en toda la superficie y hoyadura. Control de malezas: químico y manual. Fertilización: en zanjas semicirculares alrededor de las plantas.

Faenas de manejo	<p>Forestal (utilizando las técnicas de Arboricultura):</p> <ul style="list-style-type: none"> - podas de formación en invierno y verano (año 1 a 5) - podas de levante (año 6 a 8) - desyemes primaverales y estivales - riegos - control de malezas durante todo el año - fertilización hasta el tercer año - raleos (año 7 y 12) <p>Agrícola o frutícola:</p> <p>Nueces: aplicación de cupravit en el follaje (compuestos cúpricos) en primavera para evitar peste negra y gusathion (compuestos fosforados) para prevenir ataque de polilla de la nuez.</p> <p>Maíz y porotos: aplicación de riegos y fertilizantes (NPK).</p>
Factores críticos y otros	<p>Realizar actividades de manejo (arboricultura) en el año y en la época del año adecuada.</p> <p>Tipo de suelo profundo, con características agrícolas, sin pendiente y de buena estructura.</p>
Rendimientos/Productividad	<p>Maíz: 110 quintales/ha (8.000-11.000 kg/ha)</p> <p>Nueces: 6 – 8 sacos/ha</p> <p>Porotos: 2.000-4.000 kg/ha</p> <p>Nogales: 0,42 m³/árbol (aprox. para 250 arb/ha, 105 m³/ha)</p>
Rotaciones forestal, agrícola y pecuaria	<p>Rotación forestal: 30 años (esperada)</p> <p>Rotación agrícola: anual</p>
Principales productos esperados	<p>Producción Forestal: trozas para madera foliada y aserrada.</p> <p>Producción agrícola: nueces y cultivos agrícolas (poroto y maíz)</p>

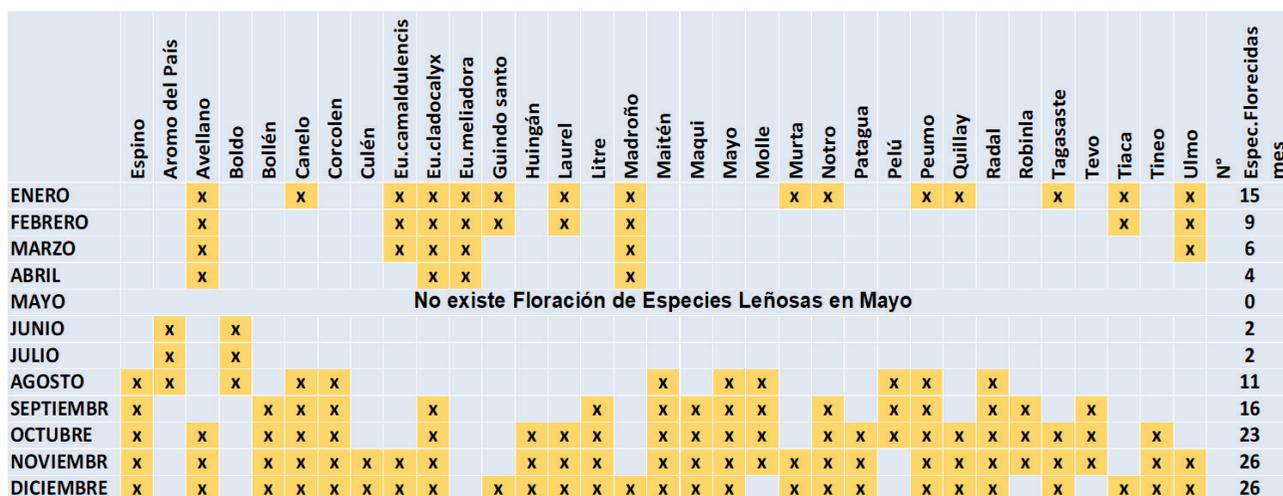
CUADRO N° 8 ESQUEMA AGROSILVÍCOLA CON ÁLAMO Y CULTIVOS AGRÍCOLAS

Actividad	Álamo puro (6 x 6 m) y cultivos intercalares
Zona	Regiones de O'Higgins y Maule, suelos arroceros, suelos agrícolas
Sistema productivo	Plantación pura con cultivos agrícolas
Especies/cultivos	<p>Especie forestal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Álamo (<i>Populus spp.</i>) <p>Cultivos agrícolas (hortalizas):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1° a 2° año (primavera-verano): tomate, maíz, poroto • 2° año (invierno): lechuga, avena-vicia, brócoli, arveja, trigo, coliflor, haba • 2° a 3° año (primavera-verano): zapallo italiano, lechuga, tomate • 3° año (invierno): lechuga, avena-vicia, arveja, haba • 3° a 4° año (primavera-verano): poroto verde, pimiento, lechuga, pepino ensalada, papa
Diseño	<p>Distanciamiento: 6 x 6 m</p> <p>Densidad: 278 arb/ha</p> <p>Diseño: cuadrado</p> <p>Cultivo agrícola intercalado en hileras.</p>
Faenas de establecimiento	<p>Preparación del suelo: eliminación de desechos agrícolas y de tocones, aradura de discos en toda la superficie y hoyadura.</p> <p>Control de malezas: químico y manual.</p> <p>Fertilización: en zanjas semicirculares alrededor de las plantas.</p>

Faenas de manejo	<p>Forestal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - podas de formación y levante en invierno (año 1 a 5) hasta una altura de 7,5 m - desyemes primaverales y estivales - riegos todos los años - control de malezas todos los años <p>Agrícola:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aplicación de riegos, fertilizantes (NPK), herbicidas y controlar plagas y/o enfermedades.
Factores críticos y otros	Realizar actividades de manejo en el año y en la época del año adecuada. Tipo de suelo profundo, con características agrícolas, sin pendiente y de buena estructura.
Rendimientos/ Productividad	Cultivos agrícolas con rendimientos similares a las medias regionales, en periodo invernal; en primavera-verano, los rendimientos son aproximadamente un 30-35 % menores, por efecto de la competencia por luz. Álamos: 1,23 m³/árbol (aprox. para 278 arb/ha, 342 m³/ha)
Rotaciones forestal, agrícola y pecuaria	Rotación forestal: 10 - 12 años (esperada) Rotación agrícola: anual
Principales productos esperados	Producción Forestal: trozas para madera foliada y aserrada. Producción agrícola: cultivos agrícolas

• **Antecedentes de sistema agrosilvícola para producción apícola**

Otra de las opciones que se puede ofrecer a los productores y que tiene como objetivo aumentar la cantidad de flores melíferas disponibles a través de la restauración y suplementación de la diversidad flora, con énfasis en especies forestales nativas, es establecer especies arbóreas, arbustivas y herbáceas destinadas específicamente a la generación de flores para la producción de miel. Al seleccionar las especies a establecer se puede planificar realizar plantaciones mixtas, con una variedad de plantas que florezcan en diferentes épocas del año, para así generar una oferta de flor que abastezca a los apiaros durante el mayor número de meses en el año (Figura N° 40).



(Fuente: Molina, 2016, Programa FNDR Biobío "Transferencia flora melífera para mejorar el negocio apícola del Biobío").

Figura N° 40
ÉPOCA DE FLORACIÓN POR ESPECIE Y MES, PARA PRODUCCIÓN DE FLORES CON FINES APÍCOLAS.

Se puede establecer estas especies melíferas en un marco de plantación tipo *Huerto Melífero*, que conjugue la producción de miel con el establecimiento de cultivos agrícolas en callejones entre líneas de plantación (Figura N° 41). En este caso, se expone ejemplo de huerto melífero instalado en la comuna de Florida, Región del Biobío, donde se estableció bajo el siguiente esquema:

- Plantación:
 - En la hilera, plantas cada 3 metros
 - Entre hileras, 5-6 metros, o 5 x 5 m, en un marco cuadrado.
 - Especies establecidas: Plantación mixta con especies nativas arbóreas y arbustivas de distintas épocas de floración, a distanciamiento de plantación de 6 m entre plantas, sobre la hilera y entre hileras. Las especies fueron quillay, boldo, arrayán, peumo, pelú, maqui, mardoño, corcolén, huingán y tagasaste. A cada planta se le colocó protección individual, que consistió en un cierre en su contorno con malla Raschell, sujeta con tres estaquillas, otorgándoles de esta forma una protección de unos 35-40 cm de diámetro y un metro de alto aproximadamente.
- Cultivos establecidos:
 - Alforfón (trigo sarraceno), tomates, porotos, sandías, cebollas.
- Manejo:

Preparación del terreno para cultivos, fertilización, siembra, y eventualmente el agricultor puede establecer riego por tendido, con mangueras.



Figura N°41
HUERTO CON ESPECIES MELÍFERAS Y SIEMBRA DE ALFORFÓN (IZQ);
HUERTO MELÍFERO CON SIEMBRA DE TOMATES, PAPAS, SANDIAS, Y OTROS CULTIVOS
ENTRE HILERAS DE PLANTAS (DER)

4.3 CORTINAS CORTAVIENTO

Las cortinas cortavientos forestales o de protección, son una más de las alternativas agroforestales para ser utilizadas por los agricultores con fines productivos, de protección ambiental y de belleza escénica.

Las cortinas cortavientos se definen como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio con el fin de reducir la velocidad del viento y su efecto negativo sobre los cultivos, los animales, el suelo, la infraestructura predial y el ambiente. Estas también pueden ser establecidas en deslindes de potreros, con uso de especies forestales con fines de producción florística para la producción de miel, como también de frutos.

El principal objetivo del establecimiento de una cortina cortaviento forestal es proteger las áreas próximas a esta, disminuyendo la velocidad del viento y entregando protección efectiva a cultivos, ganado y construcciones.

Otras funciones de estas barreras vegetales son otorgar protección al suelo, disminuyendo la erosión eólica, y a los cursos de agua (Teuber *et al.*, 2009). Sin embargo, dependiendo del interés del propietario, la finalidad de una cortina puede además contribuir al embellecimiento del predio, evitar la dispersión del polvo de los caminos interiores o de acceso, aislar visualmente algunos sectores del predio, como casas, galpones, vertederos y otros tipos de infraestructuras, y generar áreas para el desarrollo de la vida silvestre y el aumento de la biodiversidad.

El éxito en el proceso de establecimiento de una cortina cortaviento de buena calidad, dependerá del diseño elegido, de la selección de las especies vegetales a utilizar, del establecimiento inicial, de su manejo posterior y del cuidado y mantención en sus primeros años (Moya *et al.*, 2009), lo cual fue expuesto en capítulos anteriores.

Aspectos como la preparación del terreno, el control de malezas, la calidad de las plantas, los distanciamientos de las plantas en y entre las hileras que conforman la cortina, el riego, la reposición de plantas muertas, la protección contra animales (mayores y menores) y la fertilización, entre otros, son aspectos de gran importancia y deben ser considerados para asegurar el establecimiento y funcionamiento de una cortina cortaviento sana y operativa.

Sr. Productor o Profesional asesor:

Principales beneficios de las cortinas cortavientos forestales o de protección son:

- ***Disminuir la erosión eólica del suelo, reduciendo la velocidad del viento y evitando la pérdida de suelo y de su fertilidad.***
- ***Otorgar protección a cultivos y/o praderas, mejorando consecuentemente la productividad.***
- ***Detener o disminuir el desplazamiento del aire frío, previniendo o disminuyendo los efectos negativos de las heladas sobre algunos cultivos.***
- ***Proteger al ganado, desde el punto de vista de la sanidad y productividad pecuaria, sobre todo en inviernos crudos o veranos calurosos, evitando pérdidas de peso y enfermedades, además de entregar abrigo a los sectores de parición.***
- ***Otorgar protección a cursos de agua y/o áreas de acumulación, como tranques, disminuyendo la sedimentación y mejorando la calidad del agua.***
- ***Contribuir a un aumento de la vida silvestre en el área de impacto, sirviendo además como conexión entre diferentes áreas que contribuyen al movimiento de la vida silvestre.***
- ***Proteger galpones, corrales, casas y otras infraestructuras prediales.***
- ***Disminuir los requerimientos energéticos de los hogares protegidos por cortinas, abaratando los costos de calefacción.***
- ***Generar productos forestales, como madera, postes, leña y productos forestales no madereros (PFNM).***
- ***Aumentar la rentabilidad del predio, al ser consideradas como una mejora ambiental y productiva.***

- Aspectos a considerar en el diseño de una cortina cortaviento

Antes de establecer una cortina forestal cortaviento o de protección en el predio, se debe tener presentes cuáles aspectos técnicos son los más importantes al momento de diseñarla. Dentro de los aspectos más relevantes están la altura de la cortina, la densidad o porosidad, la orientación y su disposición en el terreno.

• Altura

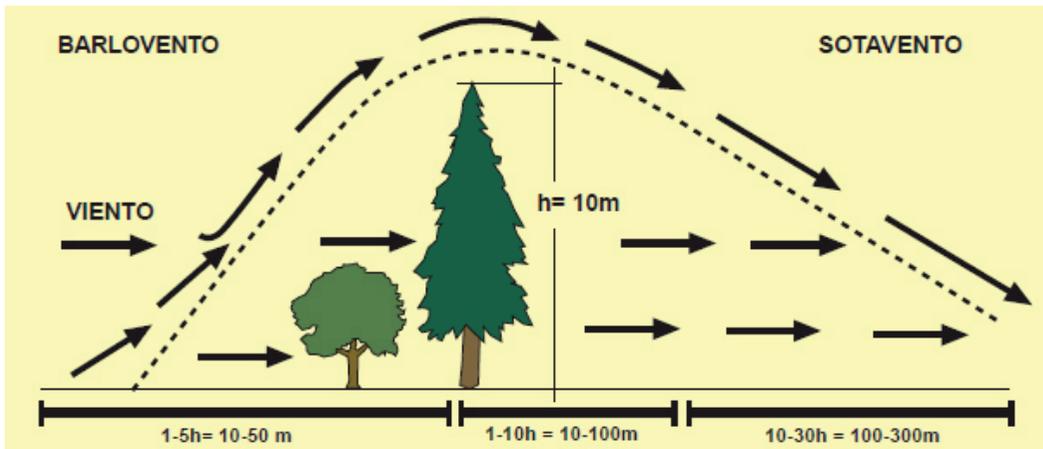
La altura de la cortina (H) es el factor más importante a considerar y es, junto con la longitud, el que determina la dimensión del área a proteger por esta. A su vez, la altura que logra una cortina dependerá de la o las especies a utilizar, la calidad del sitio y la edad de la cortina.



Figura N° 42
CORTINA CORTAVIENTO DE CONÍFERAS DE 14 M DE ALTURA PROTEGIENDO ENSAYO
CON CULTIVOS AGRÍCOLAS Y ESPECIES FORRAJERAS SECTOR VALLE SIMPSON (IZQ)
Y PRADERA CON PRODUCCIÓN DE ROLLOS DE PASTO BAJO PROTECCIÓN DE CORTINA CORTAVIENTO FORESTAL,
COYHAIQUE (DER), REGIÓN DE AYSÉN

Cuando el viento se enfrenta a una cortina vegetal, se forma una presión de aire en el lado de barlovento de la cortina (sentido desde donde viene el viento) y es así como la masa de aire asciende por la cortina hasta la parte más alta de ella y continúa su trayectoria hacia sotavento (sentido hacia dónde va el viento) con una menor energía o velocidad.

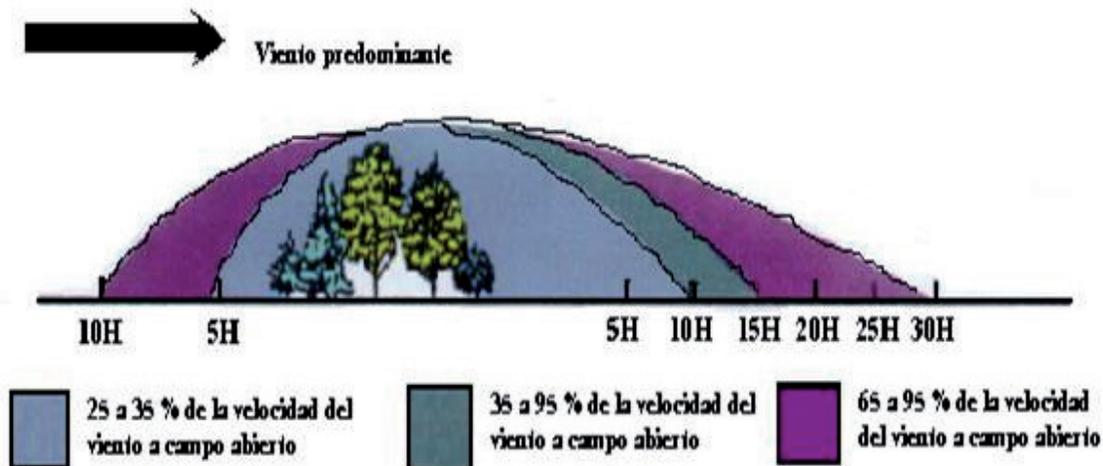
A modo de ejemplo, en la Figura N° 43 se muestra una cortina cortaviento de una altura de 10 m, que puede entregar protección hasta una distancia de 30 veces la altura de la cortina (300 m), siendo el área de mayor protección la comprendida entre una a diez veces la altura de la cortina (1 a 10 H equivalente a 10 a 100 m).



h = altura de la cortina cortaviento

Figura N° 43
MUESTRA GRÁFICA DEL EFECTO PROTECTOR DE UNA CORTINA CORTAVIENTO DE 10 M DE ALTURA

En el lado de sotavento, área de mayor protección, una cortina puede ser efectiva hasta una distancia de 30 veces la altura de la cortina ($30H$) (Figura N° 44). Por ejemplo, si una cortina tiene una altura de 10 m, el área con algún grado de protección será hasta los 300 m, pero el área de mayor protección es desde $1H$ a $10H$.



(Fuente: Adaptado de Quam y Johnson, 1994)

Figura N° 44
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN UNA CORTINA CORTAVIENTO CUYA ALTURA ES H

En cortinas cortavientos con múltiples hileras (Figura N° 45), el área protegida estará siempre determinada por la especie más alta de la cortina, y por el número de cortinas sucesivas en el terreno.

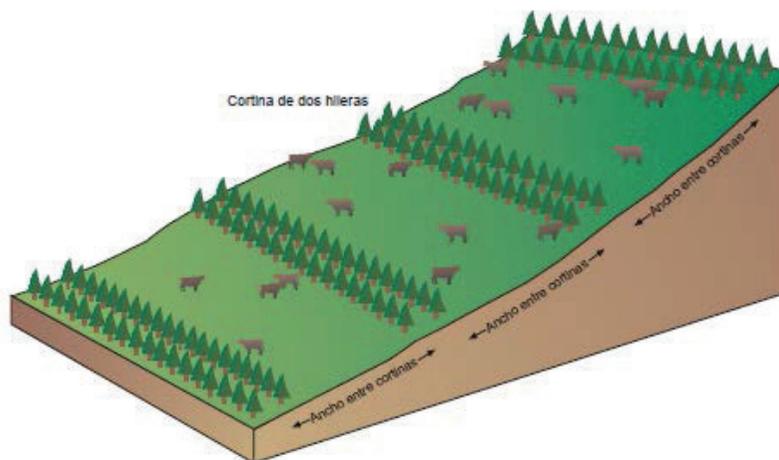


Figura N° 45
ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS DE DOS HILERAS
EN FORMA SECUENCIAL EN EL TERRENO

- **Densidad o Porosidad**

La densidad o porosidad de una cortina cortaviento determina el grado de movimiento o penetración de la masa de aire a través de esta y, como consecuencia, regula la velocidad con que esta masa de aire pasará a través de ella. De este modo el viento se desplazará a una menor velocidad por efecto de esta barrera vegetal, disminuyendo el daño sobre los cultivos o praderas bajo protección.

La densidad de la cortina se calcula como el factor entre la biomasa sólida de la cortina (sumatoria de hojas, ramas y fuste) y el área total de la misma, incluyendo los espacios sin cobertura.

$$Dc = (Bs / At) * 100$$

Donde:

Dc: Densidad cortina

Bs: Biomasa sólida (incluye hojas, ramas, fustes, conos, etc.)

At: Área total de la cortina, incluyendo Bs y espacios sin cobertura

Si la barrera vegetal presenta una baja densidad (< 20%), la cortina no presentará mayor resistencia al viento, por lo cual su velocidad a través de la cortina se mantendrá relativamente similar o con una leve disminución.

En contraste, si la densidad de una cortina forestal es muy alta (> 90%), la protección será excesiva, el viento no podrá pasar a través del follaje de la cortina, elevándose y pasando por su extremo superior, lo que generará una zona de turbulencia en barlovento y al bajar en el sotavento, debido a una baja presión de aire en los sectores de barlovento y sotavento más cercanos a la cortina. Estas turbulencias reducen la zona de protección, producen erosión en el suelo e incluso pueden provocar descalces de raíces y daños a los cultivos (Figura N° 46).

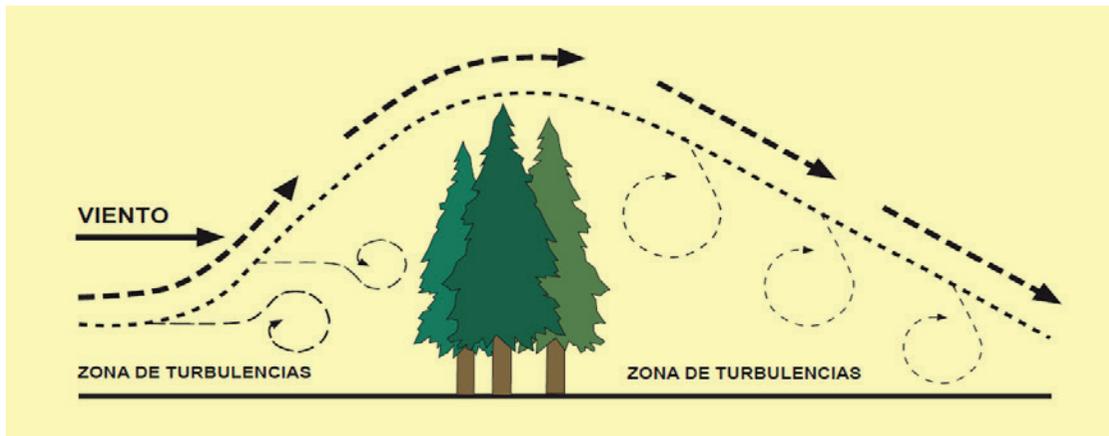


Figura N° 46
MUESTRA DE TURBULENCIA EN UNA CORTINA MUY DENSA A AMBOS LADOS DE ESTA

Se considera que una cortina con una densidad intermedia, con una porosidad entre 30-40% (densidad entre 60-70%), sería la más eficiente para disminuir las turbulencias y aumentar el área de protección.



Figura N° 47
EJEMPLO DE CORTINAS CORTAVIENTO CON DISTINTAS DENSIDADES O POROSIDADES: CORTINA CON UN 60% DE POROSIDAD O BAJA DENSIDAD (IZQ); CORTINA CON UNA POROSIDAD DEL 10% O ALTA DENSIDAD (DER).

Los factores que determinan la densidad de una cortina cortaviento vegetal son el número de hileras de árboles (lo que determina el ancho de esta), la distancia entre los árboles y/o arbustos (o marco de plantación), las especies vegetales utilizadas y la combinación de estas.

La interacción entre la altura, la densidad y la longitud de la cortina, determina el grado de reducción de la velocidad del viento, su paso a través de la cortina (Figura N° 48) y también el área de protección.

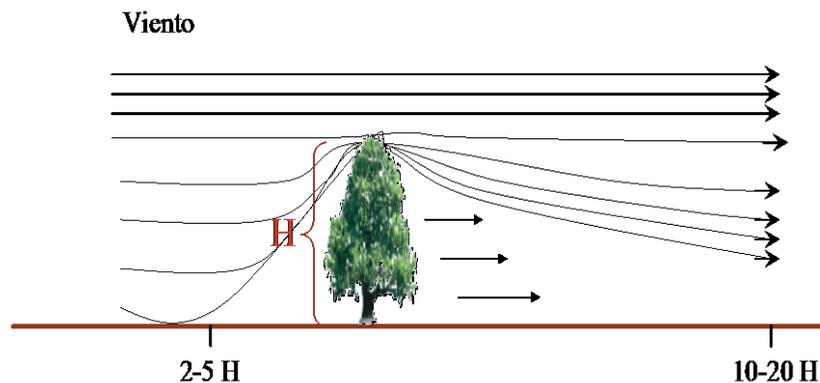


Figura N° 48
MOVIMIENTO DEL AIRE O VIENTO A TRAVÉS DE LA CORTINA Y SOBRE ESTA

De acuerdo a la necesidad del productor, el área a proteger y la disponibilidad de superficie, las cortinas pueden considerar una o más hileras, siendo lo más común las de tres hileras. Lo anterior es importante de considerar en su diseño, dado que el número de hileras influirá en los parámetros de altura y densidad y, en consecuencia, en la protección que otorgará a la zona que se desea proteger de los efectos negativos del viento.

El diseño final de la cortina dependerá de varios factores, como los objetivos de la cortina (productivos, protección de recursos naturales, ornamentales, aislación de infraestructura y otros), el espacio disponible para su instalación, el área a proteger, las especies a utilizar (arbustos, árboles), el relieve del lugar, el número de hileras y la calidad del sitio.

Sin embargo, de acuerdo a experiencias realizadas en Chile y en otros países, se puede recomendar algunos diseños probados:

- La distancia de plantación entre hileras debiera ser de un mínimo de 1,0 m y de un máximo de 3,0 m.
- El distanciamiento de los árboles y/o arbustos sobre la hilera será de 1,0 m como mínimo y de un máximo de 3,0 m.
- En algunos casos calificados cuando el viento es muy fuerte, > a 70 km/h en época de primavera, y se desea cubrir rápidamente con cortinas algún potrero productivo, se puede establecer un diseño de mayor densidad. Por ejemplo, un marco de plantación de 0,5 m por 0,5 m para obtener una densidad protectora en forma rápida y hacer raleos posteriores para evitar una excesiva competencia entre los árboles. Los productores de la comuna de Chile Chico, región de Aysén, realizan el siguiente diseño, donde utilizan cortinas cortavientos de álamo, para producción de cerezas.

Ejemplo de cortina cortaviento con fines de protección de praderas y cultivos:

N° de hileras:	3
Distanciamiento entre hileras:	1,5 a 2,5 m
Distanciamiento en la hilera:	1,5 a 2,0 m
Distanciamiento entre la hilera y el cerco:	1,0 a 1,2 m
Plantación:	Tres bolillos (formando un triángulo entre plantas de hileras continuas) (Figura N° 49)

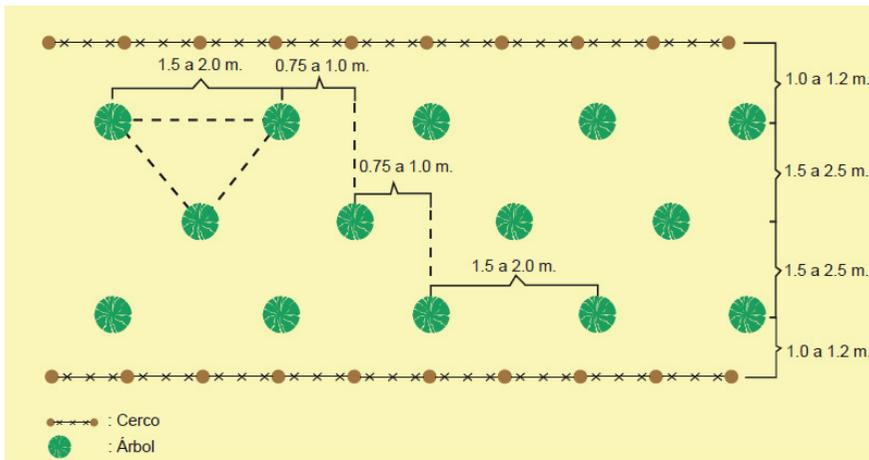


Figura N° 49

EJEMPLO DE MARCO DE PLANTACIÓN DE CORTINA CORTAVIENTO CON DISTANCIAMIENTOS PARA ESTABLECER UNA CORTINA DE TRES HILERAS CON PLANTACIÓN EN TRES BOLILLO

• **Orientación y Diseño**

Una cortina cortaviento será más eficaz en la reducción de la velocidad del viento al establecerla en forma perpendicular a la dirección del viento predominante. Generalmente la dirección de los vientos varía dependiendo de la estación del año, sin embargo, al diseñar la cortina se debe considerar su establecimiento en forma perpendicular a los vientos predominantes, que provocan mayores daños a los cultivos en primavera y afectan a los animales y las infraestructuras, como invernaderos u otros.

Si localmente, por condiciones topográficas o cercanía al mar, hubiere más de una dirección predominante, se debería diseñar cortinas con forma de "L", de "U", o perimetrales en todo el contorno del potrero o área a proteger, lo cual incide en la dimensión de la zona de protección.

Lo anterior se puede observar en Figura N° 49, con diferentes opciones de diseño y áreas de influencia de una cortina. Se debe considerar que, en una cortina perpendicular al viento, el área protegida no se calcula con la proyección lineal a partir del borde de esta, dado que se produce un efecto envolvente del viento, que hace que este vuelva al interior del terreno protegido por la cortina, disminuyendo la zona de efectividad de la cortina (Figura N° 50).

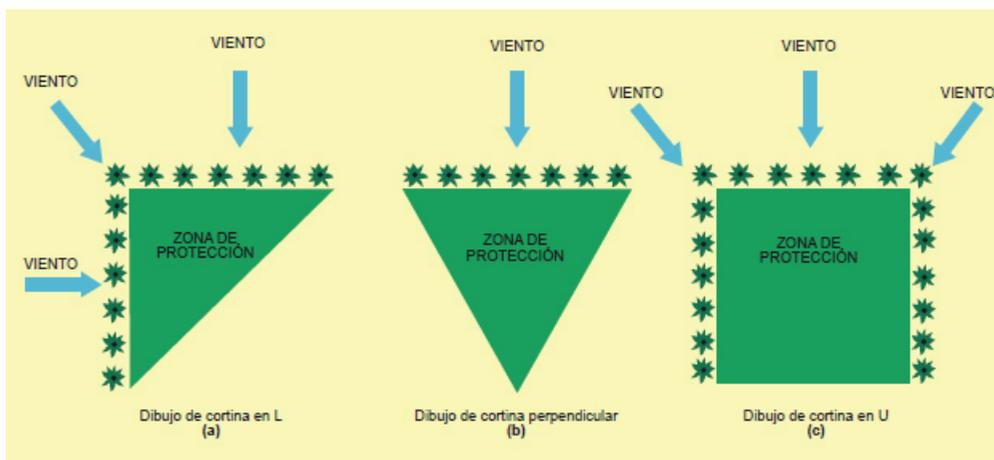


Figura N° 50

DISEÑO Y ORIENTACIÓN DE CORTINAS SEGÚN DIRECCIÓN DEL VIENTO

Es importante, antes de plantar, identificar el área que se desea proteger, para así diseñar la disposición y la longitud que tendrá la cortina cortaviento en aquella superficie. Se debe considerar, además de lo indicado anteriormente, aspectos como la ubicación de edificaciones, caminos, cercos, pendientes, plantaciones y otros.

Si se desea dar protección con una cortina con diseño perpendicular al viento, sobre un potrero de 100 m de ancho, la cortina debiera tener un largo de 150 m, considerando que sea 25 m más larga en ambos costados de la zona a proteger, por la acción envolvente descrita.

- Especies a Utilizar

Algunas especies adaptadas a la zona centro-sur y de uso potencial en cortinas cortavientos son, entre otras, pino radiata (*Pinus radiata*), aroma australiano (*Acacia melanoxylon*), eucalipto (*Eucalyptus nitens*), pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), ciprés macrocarpa (*Cupressus macrocarpa*), álamos (*Populus spp*), sauces (*Salix spp*).

Especies nativas, como quillay (*Quillaja saponaria*), peumo (*Cryptocarya alba*), roble (*Nothofagus obliqua*), coihue (*Nothofagus dombeyi*), maitén (*Maytenus boaria*), notro (*Embothrium coccineum*) y otras adaptadas al lugar.

También se pueden considerar algunas especies arbustivas como calafate (*Berberis microphylla*), grosellas (*Ribes sp.*), maqui (*Aristotelia chilensis*), retamo (*Cytisus scoparius*) y otras (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
ALGUNAS ESPECIES FORESTALES PARA USO EN CORTINAS CORTAVIENTOS

Especies	Área de Desarrollo Potencial	Características y Usos Principales
Pino oregon (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Biobío a Aysén (Sectores valle central, precordillera andina y zona costera)	Especie de crecimiento lento, se adapta bien a zonas húmedas y de bajas temperaturas, requiere de suelos de mejor calidad. Crece en áreas con precipitaciones de 920 -- 2.500 mm, y temperaturas mínimas de -34 °C y máximas sobre los 35 °C. Presenta restricciones a bajas temperaturas de -4 °C durante periodo vegetativo, en primavera. El principal uso de su madera es la producción de madera aserrada, estructural, revestimientos, mueblería, puertas y ventanas.
Pino ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i>)	Biobío a Aysén (Sectores de precordillera y cordillera, suelos delgados a profundos)	Especie de crecimiento lento, crece en áreas cordilleranas, soportando temperaturas mínimas de -30 °C y máximas cercanas a los 40 °C, con precipitaciones entre 250 - 760 mm y con aporte de nieve. El principal uso de su madera, es en madera aserrada, cajas, embalajes, puertas y ventanas, y molduras.
Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>)	Coquimbo a Magallanes (Sectores planos a lomaje suave; suelos delgados a profundos)	Especie de lento crecimiento. En Chile crece con buenos resultados con precipitaciones entre los 200 a 1.200 mm. La temperatura mínima del mes más frío entre 0 y 11 °C; temperatura máxima entre 20 y 32 °C. Suelos con textura liviana a pesada. Se usa con fines ornamentales y para cortinas cortavientos. Su madera se usa en ventanas, construcción de embarcaciones y herramientas como palas. Resistente a la humedad y pudrición.
Álamo negro (<i>Populus nigra</i>)	Coquimbo a Magallanes	Árbol adaptado a diversos climas, con el solo requerimiento de crecer en suelos con buena disponibilidad de agua. Madera blanca, usada en carpintería, construcción, madera aserrada, cajas y paletas.

Especies	Área de Desarrollo Potencial	Características y Usos Principales
Sauce y Sauce mimbre. (<i>Salix viminalis</i> , <i>S.babilonica</i>).	Coquimbo a Magallanes (En zonas planas y húmedas)	Se ubica en sectores bajos húmedos y en cursos de agua. Requiere abastecimiento de agua constante. Estas especies son de rápido crecimiento y su uso va desde ornamental, estabilización y recuperación de suelos, en muebles y cestería, producción de energía, protección de riberas y cortinas cortavientos y deslindes.
Eucalipto (<i>Eucalyptus nitens</i>)	Biobío a Los Lagos (Zona costera, suelos ñadis, y precordillera andina hasta los 1.000 msnm)	Especie de rápido crecimiento, se adapta bien a zonas de bajas temperaturas y heladas, con precipitaciones entre 750 - 1.350 mm, hasta los 2.500 mm, y temperaturas mínimas de -10 °C y media anual entre 10-15 °C. Se utiliza en cortinas cortaviento, como también en la fabricación de pulpa y papeles de alta calidad, astillas, madera aserrada, muebles y chapas.
Pino radiata (<i>Pinus radiata</i>)	O'Higgins a Los Lagos	Especie de rápido crecimiento, se adapta a diferentes condiciones de suelo y clima. Crece en áreas con precipitaciones entre 380 – 2.000 mm, y temperaturas mínimas de -2 °C y máxima media entre 17-30 °C. De gran utilización en la industria de pulpa y papel, y también para madera estructural, aserrada, polines y postes, cajones y embalajes, y astillas.
Aromo australiano (<i>Acacia melanoxylon</i>)	Biobío a Los Ríos	Especie de crecimiento medio, que se adapta a condiciones de humedad y precipitación de 750-1.600 mm, especialmente en zonas costeras, de temperatura máxima media mes más cálido entre 19 y 30 °C, y temperatura mínima media mes más frío iguales o mayores a 0 °C. Profundidad del suelo igual o superior a 80 cm.
Especies nativas	Adaptadas a la zona de trabajo	Especies nativas como quillay, maitén, peumo, roble, coihue, notro y otras, preferiblemente en mezclas, también pueden ser usadas en cortinas cortavientos, asegurando su establecimiento con protectores contra el viento, heladas y lagomorfos.

Las especies siempreverdes, como coníferas (pino, ciprés y otras) o latifoliadas de hoja perenne (eucalipto, aramo, coihue), entregan protección durante todo el año, mientras que las latifoliadas de hoja caduca (álamo, roble), al perder la hoja no entregan protección efectiva durante el otoño e invierno. Por ello, es conveniente en este último caso considerar una mezcla de especies con coníferas y/o latifoliadas de hoja perenne.

Dado que algunas especies forestales tienden a perder en forma natural las ramas bajas, para entregar una mejor protección contra el viento en los primeros metros de una cortina, se puede considerar el usar arbustos perennes en la primera hilera que enfrenta el viento, como calafate, retamo, maqui u otros.

Al diseñar y establecer la cortina se debe seleccionar especies y plantas a utilizar adaptadas a las condiciones de clima y suelo en donde crecerán.

Para el éxito de la futura cortina, se recomienda comprar plantas de buena calidad y, si es posible, adquirir plantas con buen desarrollo en diámetro, altura y sistema radicular, para asegurar su establecimiento y obtener un rápido desarrollo inicial.

Sr. Productor o Profesional asesor:**Para un buen funcionamiento de la cortina se debe considerar:**

- **Seleccionar especies adecuadas de acuerdo a las condiciones de clima y suelo del lugar.**
- **Seleccionar la especie adecuada (hoja perenne u hoja caduca) en relación al tiempo que se requiere protección (todo el año o primavera-verano).**
- **Establecer preferentemente cortinas de 2 a 3 hileras.**
- **La cortina debe ser establecida en forma perpendicular a la dirección del viento más perjudicial o predominante, que usualmente es el de primavera; si existe más de una dirección predominante, se puede establecer cortinas en forma de L o U.**
- **Una cortina adecuada debe ser planificada para obtener entre un 60-70% de densidad, o 30-40% de porosidad.**

Establecida la cortina, esta comienza a desarrollarse, los árboles y/o arbustos que la conforman expanden sus copas y su sistema radicular, incluso hacia las áreas que se consideraron para proteger en el potrero.

Dado que los árboles en una primera etapa tienen suficiente espacio para desarrollarse y poca competencia entre ellos, expandirán rápidamente sus copas y ramas hacia las áreas vecinas, pudiendo competir con los cultivos o praderas, por lo cual se hace aconsejable manejar sus copas y su sistema radicular.

- **Manejo de la Copa o Follaje**

El área foliar de los árboles de la cortina debe manejarse con el objetivo de generar un área de protección contra el viento, pero también para reducir su expansión y generación de sombra proyectada hacia áreas de cultivos o praderas.

Por ello, se recomienda podar las ramas que se desarrollan en dirección a las áreas agrícolas y mantener las ramas que se desarrollan entre los árboles y arbustos.

También puede hacerse un *topping* (poda apical) (Figura N° 51), manejando la cortina hasta una altura deseada, con lo cual se controla el área de impacto que pudiera afectar zonas de producción.



(Fotografías: A. Sotomayor)

Figura N° 51

EJEMPLO DE PODA DE CORTINAS FORESTALES ADULTAS: CORTINA DE PINO RADIATA DE 18 M DE ALTURA, PODADA HASTA LOS 8 M (IZQ), Y CORTINA DE ESPECIE LATIFOLIADA, PODADA A 10 M DE ALTURA, CON TOPPING APICAL, PARA LIMITAR SU CRECIMIENTO EN ALTURA (DER).

La poda puede realizarse con elementos de poda manual (tijerón, serrucho cola de zorro) o herramientas mecánicas (Figura N° 52), y se deben tomar todos los resguardos para no dañar el fuste o áreas de crecimiento vegetativo.



Figura N° 52

**PODA LATERAL DE UNA CORTINA ADULTA
CON PODADOR DE ALTURA**

Otra opción para el manejo de la cortina, cuando existe interés de producción de madera junto con el de protección, es establecer un régimen de poda que sirva tanto para mantener su labor protectora, como para objetivos madereros. Para estos efectos, se puede podar árbol por medio en la hilera (Figura N° 53,) con fines de producción de madera libre de nudos o defectos, hasta 6 a 8 m de altura, y mantener el árbol siguiente sin podar, para mantener la protección.

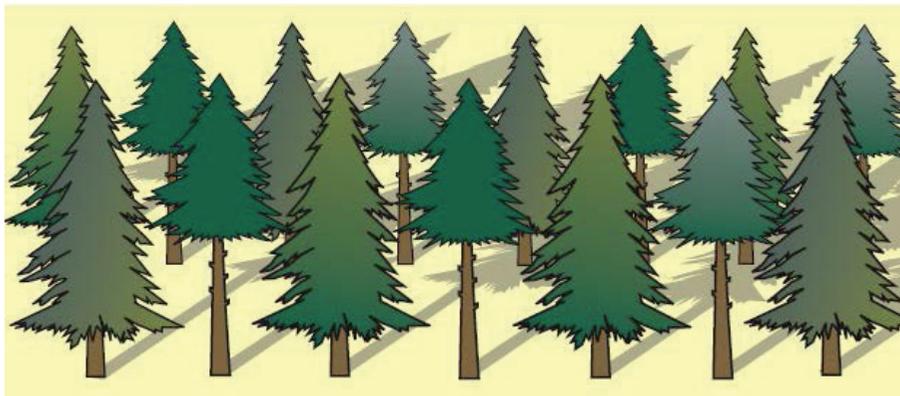


Figura N° 53
PODA DE CORTINA CORTAVIENTO CON FINES DE PROTECCIÓN
Y DE PRODUCCIÓN DE MADERA

Junto con realizar la poda con fines de producción de madera sin nudos, al podar árbol por medio, se debe podar las ramas de los arboles remanentes que están creciendo hacia las áreas de cultivos o praderas, para evitar que originen sombra sobre estos y material vegetal como hojas, acículas, ramillas y conos, que caen sobre el suelo y suprimen el crecimiento de pastos y otros vegetales productivos. Para ello, se poda el resto de los árboles solo en el área de crecimiento de las ramas hacia la pradera o cultivo, cortándolas a ras de fuste, y manteniendo las ramas entre los árboles sin podar en la hilera, con fines de protección o intercepción del viento (Figura N° 54).



Figura N° 54
PODA DE RAMAS CON PROYECCIÓN HACIA CULTIVOS DE LOS ÁRBOLES DE LA CORTINA SIN PODAR CON FINES
MADEREROS PARA EVITAR COMPETENCIA CON CULTIVOS Y PRADERAS

- **Poda de Raíces**

Al igual que la parte aérea, el sistema radicular de los árboles puede desarrollarse hacia el área libre de competencia y competir con áreas de cultivos o praderas. Se recomienda hacer poda de raíces hasta una profundidad de 0,6 a 1 m y hasta una distancia de $1/3$ a $1/2$ H (altura árboles) (Figura N° 55), para no perder estabilidad de la estructura vegetal.

Poda de raíces entre $1/3$ a $1/2$ H de la cortina

Figura N° 55

PODA DE RAÍCES EN CORTINAS CORTAVIENTOS

Por ejemplo, en una cortina de árboles que tenga una altura de 10 m se podan las raíces a una distancia de 3 a 5 m de la cortina. La poda de raíces puede hacerse con arado cincel y tractor o tracción animal. También se puede podar con elementos manuales, como pala, en los primeros años de desarrollo de la cortina.

5. RESTAURACIÓN Y MANEJO AGROFORESTAL CON ESPECIES NATIVAS

Como se ha indicado anteriormente, en un paisaje agroforestal rural existen diferentes usos de la tierra, para actividades productivas y para habitación de personas, como también áreas de protección y de restauración de suelos y bosques que se deben afrontar. Sobre estas últimas, es muy importante proteger y restaurar relictos de bosques nativos insertos en predios agrícolas, que han sido afectados por incendios y también por acciones humanas destinadas a ampliar áreas de cultivos y extracción de leña para los hogares.

5.1 Restauración de Bosques Nativos Afectados por Incendios Forestales

Como se expuso en Figura N° 1, en el paisaje rural el bosque nativo puede ser parte importante de dicha área, ya que comúnmente está en las cabeceras de las cuencas productoras de agua, disperso en potreros o deslindes de predios, en áreas con pendientes protegiendo los suelos, y como hábitat de flora y fauna, cumpliendo un rol importante en el ecosistema.

Los incendios forestales ocurridos en los últimos años han afectado a numerosos propietarios de bosques, tanto nativos como plantados, y también de áreas con cultivos y de pastoreo. (Figura N° 56).



FIGURA N° 56:
BOSQUES NATIVOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES: A) BOSQUETE DE ROBLE EN ÁREAS DE PRADERA NATURAL PARA PASTOREO ANIMAL, COMUNA DE PENCO;
B) RENOVAL DE ROBLE, COMUNA DE SANTA JUANA

En estas situaciones afectadas por incendios existen diversas formas de restaurar este tipo de bosques nativos, desde restauración pasiva, cercando y excluyendo de animales el bosque; hasta restauración activa, con plantación con fines ecológicos, donde los animales no pueden entrar a estas áreas, para su recuperación. Dado que muchas veces en este tipo de terrenos los agricultores introducen animales a pastoreo, ya que no tienen otros sectores donde destinarlos para su alimentación, en este Programa FIC-RAF se probaron diversos tratamientos y estrategias para restaurar áreas de bosques nativos afectadas por incendios forestales y recuperar este tipo de vegetación nativa, sin sacar los animales de los terrenos de alimentación, lo cual se describe a continuación.

Metodología empleada:

Se estableció ensayo de restauración de bosque nativo con presencia de roble (*Nothofagus obliqua*), en dos comunas de la región del Biobío: a) Sector Agua Amarilla, de la comuna de Penco; y b) Sector Maitenal Norte, de la comuna de Mulchén.

- Época de intervención: junio-julio de 2023.
- Tipo de Parcelas: Parcelas circulares de 5 m. de diámetro, con un área de 19,63 m² (Cuadro N° 10); las parcelas con exclusión se cercaron con malla Ursus para impedir la entrada de animales.
- Tipo de plantas: En áreas con enriquecimiento se establecieron plantas de roble de un año en vivero, en contenedor de 100 cc.
- Espaciamiento y protección a plantas establecidas: Se establecieron estas plantas a un distanciamiento de 1,0 x 1,0 m, con protección de malla raschell, contabilizando 12 plantas por tratamiento T3 y T6. En las parcelas con exclusión, se utilizó malla Ursus de 1,5 m de altura, postes de tiras de fierro de 10 mm, y amarres plásticos para sujeción de la malla; la remoción de suelo se realizó con rastrillo, removiendo el suelo en el primer centímetro y cortando la vegetación herbácea, para promover la regeneración de roble.
- Tratamientos: Se probaron 6 tratamientos, con repetición en bloques, con los siguientes objetivos (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 10 TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN EVALUADOS Y OBJETIVOS

T1:	Parcela testigo sin exclusión , y sin remoción de suelo mineral , para evaluar regeneración natural de roble, como área de control sin exclusión de animales y sin laborero del suelo
T2:	Parcela con remoción de suelo mineral y sin exclusión, con el objetivo de probar si se implanta regeneración natural por semillación de los robles.
T3:	Parcela con enriquecimiento de plantas de roble y sin exclusión, para probar tanto el enriquecimiento, como el efecto de animales al no existir exclusión de las plantas.
T4:	Parcela con exclusión , con cerco malla Ursus, sin remoción de suelo , con el objetivo de probar si se implanta regeneración natural por semillación de los robles.
T5:	Parcela con remoción de suelo mineral y con exclusión , con el objetivo de probar si se implanta regeneración natural por semillación de los robles, y exclusión de animales.
T6:	Parcela con enriquecimiento de plantas de roble y con exclusión , para probar el efecto de ésta sobre el establecimiento y regeneración natural de roble.



Figura N° 57
TRATAMIENTO DE RESTAURACIÓN DE FORMACIONES DE ROBLE, EN ÁREA CON PRESENCIA DE ANIMALES, SECTOR AGUA AMARILLA, COMUNA DE PENCO: A) T6: CON ENRIQUECIMIENTO Y EXCLUSIÓN DE ANIMALES. B) T5: CON EXCLUSIÓN, REMOCION DE SUELO Y SIN ENRIQUECIMIENTO. C) T3: PARCELA CON ENRIQUECIMIENTO DE PLANTAS DE ROBLE Y SIN EXCLUSIÓN, CON DAÑO DE ANIMALES EN EL PRIMER AÑO.

De acuerdo a las primeras temporadas de evaluación, julio 2023 y abril 2024, lo que se ha podido observar es lo siguiente:

1. Las áreas con exclusión y con enriquecimiento de roble han resultado exitosas, pudiendo establecer esta especie nativa protegida del ramoneo de los animales, y permitiendo que estos animales puedan seguir utilizando las praderas naturales en los alrededores, sin la necesidad de sacarlos de los terrenos de pastoreo. El prendimiento en el primer año alcanzó a un 75% en la comuna de Penco y a un 65 % en la comuna de Mulchén. Se debe indicar que, en la primera temporada de evaluación en Agua Amarilla, ocurrieron escasas precipitaciones, con altas temperaturas, lo que afectó el desarrollo y prendimiento de las plantas, por lo que se debe continuar con su evaluación.
2. Los tratamientos con enriquecimiento, pero sin exclusión del ganado en Agua Amarilla, no resultaron adecuados, ya que los vacunos y caballares existentes destruyeron en un 75% las plantas establecidas en Penco, ya sea por ramoneo o pisoteo; y 62,5% de las plantas en el primer año en Mulchen. Se continuará evaluando este resultado, especialmente en las plantas ramoneadas, ya que algunas de estas tienen rebrotes con tallos y hojas verdes al momento de la evaluación, abril 2024, y podrían sobrevivir y desarrollarse en el futuro.
3. El establecimiento de la regeneración natural, se continúa evaluando, ya que una temporada es poco tiempo para observar resultados

Dado lo anterior, una buena alternativa de restauración en áreas de pastoreo animal, es excluir un área variable en tamaño del terreno a restaurar y recuperar formaciones nativas degradadas, para así formar núcleos o bosquetes de especies nativas, formando un sistema silvopastoral en núcleos donde los animales puedan estar presentes alimentándose de las praderas, y que sirva para recuperar formaciones nativas en bosquetes, que ayudarán a su vez a proteger el suelo, aumentar la diversidad florística y que, además, ayudarán a la protección de los animales presentes en los predios de agricultores, especialmente en época de bajas o altas temperaturas.

5.2 Experiencias con Manejo Silvopastoral, en Formaciones Nativas.

En Chile se han realizado diversas experiencias silvopastorales con especies nativas, exponiéndose algunas de estas a continuación. Para estos sistemas, se puede partir desde un renoval o bosque nativo existente, o estableciendo nuevas especies nativas en el terreno siguiendo las recomendaciones anteriores. Al manejar formaciones con especies nativas, se debe respetar la Ley (DL.701 y Ley de Bosque Nativo), y presentar Plan de Manejo en CONAF, para su aprobación, antes de realizar las faenas.

Como ya se ha indicado, el manejo de las componentes de un sistema silvopastoral, es clave para generar interacciones positivas entre ellas. Para ello, previamente se debe contar con una buena caracterización del recurso arbóreo, y lo anterior es de vital importancia en bosques nativos, ya que esto permite determinar las características iniciales del bosque (estructura y composición), para posteriormente diseñar un plan de intervención y/o manejo de acuerdo con esta caracterización (Lucero, 2019).

- **Sistema Silvopastoral con Espino**

En estudio realizado en la provincia de Cauquenes, región del Maule, para evaluar el efecto de un manejo de formaciones de espino (*Acacia caven*) sobre la productividad de la pradera, sembrada y natural, se establecieron 5 tratamientos, descritos en el Cuadro N°11. La pradera sembrada en tratamientos

Ay B, fue una mezcla Mediterráneo 600 (MED 600) según descripción de INIA, compuesta por trébol subterráneo - trébol balanza y hualputra, siendo fertilizada con N-P-K; en el caso de los tratamientos con pradera natural, estos no fueron fertilizados. Otros aspectos importantes en este caso son el manejo sanitario, podando las ramas secas o que presenten defectos o daños por insectos, y la regulación de la cobertura de copa, tratando de lograr el objetivo de un 30-40% de cobertura de copa (Figura N° 58).

Cuadro N° 11
DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS SILVOPASTORALES CON ESPINO ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2009
CAUQUENES, REGIÓN DEL MAULE

Tratamiento	Descripción de Tratamientos
A	Silvopastoral Espino con pradera sembrada bajo una cobertura de 40-50%, con las especies trébol balanza (<i>Trifolium michelianum</i>), hualputra (<i>Medicago polymorpha</i>) y trébol subterráneo (<i>Trifolium subterraneum</i> L. subsp. subterraneum), bajo protección de copa del espinal.
B	Silvopastoral Espino con pradera sembrada con protección lateral de 30%, con las especies trébol balanza (<i>Trifolium michelianum</i>), hualputra (<i>Medicago polymorpha</i>) y trébol subterráneo (<i>Trifolium subterraneum</i> L. subsp. subterraneum), bajo protección lateral del espinal.
C	Silvopastoral Espino con pradera natural bajo cobertura de 40-50%.
D	Silvopastoral Espino con pradera natural con protección lateral de 30%.
E	Testigo pradera natural sin protección

Los resultados se presentan en el Cuadro N° 12, donde se puede observar que todos los tratamientos con presencia de espinos, fueron superiores al tratamiento testigo sin presencia de espinales.

Durante las dos primeras temporadas de crecimiento los tratamientos A, B y C fueron superiores al tratamiento con cobertura de copa del 30% y pradera natural (D) y al testigo (E): En la tercera temporada los tratamientos con pradera sembrada y cobertura del 30 y 40-50%, fueron superiores a los dos tratamientos con cobertura de espino con pradera natural, y estos sobre el testigo sin protección del espinal.

Cuadro N° 12
RESULTADO DE PRODUCCIÓN DE LA PRADERA EN TRATAMIENTOS
CON Y SIN PRESENCIA DE ESPINOS Y DIFERENTES TIPOS DE PRADERA

Tratamiento	Producción Temporada*		
	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009
	(kg MS/ha)		
A. Silvopastoral Espino con pradera sembrada bajo cobertura (40 - 50%)	4.467a	4.050a	3.654a
B. Silvopastoral Espino con pradera sembrada con protección lateral (30%)	3.947a	4.460a	3.504a
C. Silvopastoral Espino con pradera natural bajo cobertura /40 - 50%)	4.053a	3.940a	2.936b
D. Silvopastoral Espino con pradera natural con protección lateral (30%)	2.413b	2.410b	2.612b
E. Testigo	1.813c	1.810c	648c

* Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)



(Fuente: Sotomayor y Soto, 2011)

Figura N° 58
TRATAMIENTO SILVOPASTORAL CON ESPINO MANEJADO Y PRADERA SEMBRADA (A)
Y ESTEPA DE ESPINO SIN MANEJO Y PRADERA NATURAL(B)

Los espinos, aparte de dar protección a la pradera por su copa, otorgan una mayor cantidad de materia orgánica, humedad y nitrógeno en el suelo, por ser una especie leguminosa (Sotomayor y Soto, 2011; Ovalle *et al.*, 2016; Lucero, 2019).

En este sentido, la fenología del espino juega un rol determinante en la competencia potencial por los recursos ambientales entre el árbol y la pradera. Su copa no es muy densa y es de hoja caduca, generando un mayor aporte de materia orgánica y nutrientes al sistema y una menor competencia por la luz solar, más aún cuando la foliación del espino está desfasada del período de mayor desarrollo de la pradera y está presente en la temporada de mayor calor, aumentando la sobrevivencia de la pradera por más tiempo en relación a zonas sin árboles (Figura N° 59), otorgando al sistema una diversidad temporal entre sus componentes y sus requerimientos por los recursos, lo que mejora el rendimiento del sistema en su conjunto, favoreciendo las interacciones positivas y minimizando las negativas (Lucero, 2019).

Por todo lo anterior, la gestión o manejo del espinal bajo estos sistemas es menos compleja que la de sistemas silvopastorales asociados a otras especies de copas densas y de hojas perennes, ya que en estas últimas situaciones el manejo de los árboles a través de la poda y raleo con el fin de generar una mejor disponibilidad de luz para la pradera, es mucho más intensivo y relevante, producto de que la competencia por este recurso ocurre durante todo el período de crecimiento de la pradera (Lucero, 2019).



(Fotografía: A. Lucero)

Figura N° 59

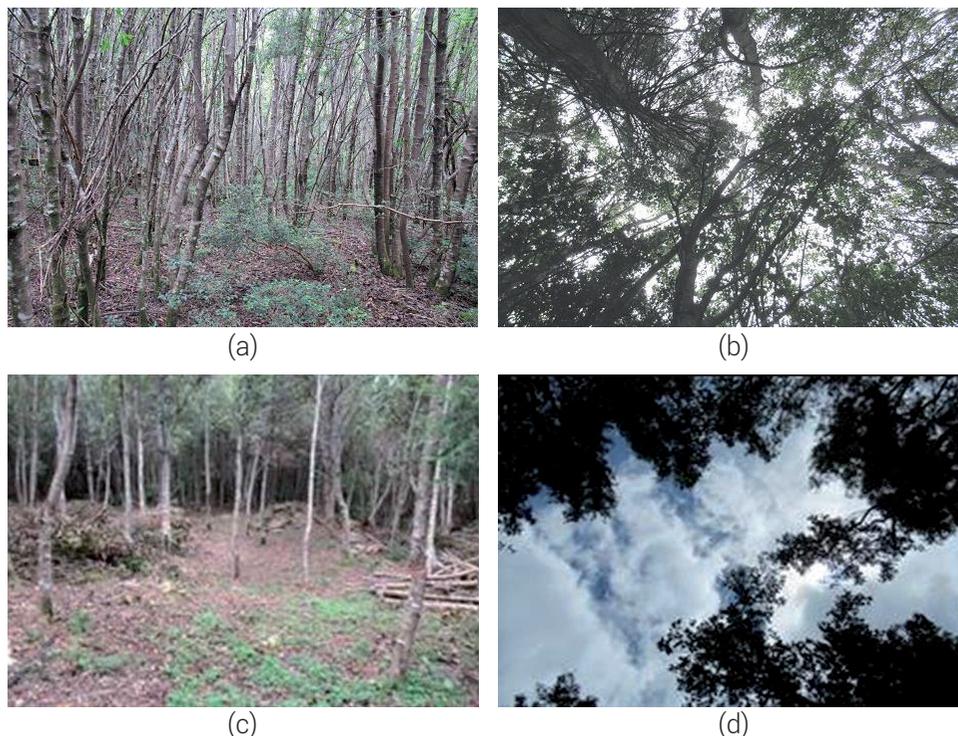
EFFECTO DE LA PRESENCIA Y AUSENCIA DE LA COBERTURA DEL ESPINO (ACACIA CAVEN) SOBRE LA SOBREVIVENCIA DE LA PRADERA EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL. CAUQUENES.

- **Sistema Silvopastoral con Radal**

Entre los años 2017 y 2020 se realizaron diversas experiencias de manejo con fines silvopastorales en formaciones de renovales de radal (*Lomatia hirsuta*), que han colonizado praderas mal manejadas en la provincia de Palena, región de Los Lagos, y que actualmente les han significado a los ganaderos un detrimento de la superficie disponible para pastoreo. Es así que estudios de INFOR han cuantificado en 17.000 ha los terrenos cubiertos con esta especie que están afectando a los productores de dicha zona.

Algunas de las experiencias en la comuna de Palena demuestran la factibilidad de este manejo silvopastoral con beneficios para los ganaderos, que además de aumentar la disponibilidad de terrenos para el pastoreo, pueden obtener leña y maderas delgadas producto de este manejo, para así contribuir al costo de las intervenciones (Figura N° 60), sin eliminar la especie que algunos consideran invasora.

Con este manejo se interviene estas formaciones de radal para el establecimiento de una pradera (natural o sembrada) en el primer piso o suelo, bajo la cobertura de los árboles remanentes, con el objetivo de alimentación al ganado, y se maneja los árboles de radal para obtener individuos de buena calidad, con fines madereros y la conservación de la especie.



a) Radal sin manejo con densidad inicial de 3.000 arb/ha, y con mala forma.
 b) Cobertura de copa de 100% en rodal de radal no manejado.
 c) Radal manejado con densidad final de 500 arb/ha.
 d) Cobertura de copa en rodal de radal manejado con 40% de cobertura de copa.

Figura N° 60
MANEJO EN FORMACIÓN PURA DE RADAL COMUNA DE PALENA

• **Sistema Silvopastoral con Ñirre**

Este estudio se llevó cabo en un ñirrantal de la comuna de Coyhaique, región de Aysén, en el predio Vista Hermosa, ubicado en un sitio en el sector de Balmaceda a 530 msnm, caracterizado por un bosque secundario coetáneo de ñirre sobre un mallín (napa freática superficial). El uso histórico de los ñirrantaes ha sido el de ganadería bovina extensiva desde principios del siglo XX, donde usualmente se cortan los árboles para la generación de una pradera.

En este estudio, se compara la situación de un bosque sin intervenir (testigo forestal), con un bosque intervenido (raleo por lo bajo) y la situación ganadera tradicional sin bosque (pradera aleada al bosque, para análisis de la estrata herbácea) (Salinas *et al.*, 2017) (Cuadro N° 13) (Figura N° 61).

Cuadro N° 13
TRATAMIENTOS EVALUADOS EN CONDICIONES DE ÑIRRANTAL
COYHAIQUE, REGIÓN DE AYSÉN

Tratamiento	Tratamiento	Descriptor
A	Testigo forestal	Bosque de ñirre sin intervenir
B	Silvopastoral	Bosque de ñirre raleado (40% área basal)
C	Pradera natural	Situación pastoral (100% transmisividad luminica)



Figura N° 61
BOSQUE DE ÑIRRE SIN MANEJO O TESTIGO (A) Y CON MANEJO SILVOPASTORAL (B)

En la Figura N° 62 se presentan los resultados de tres años de evaluación, donde se puede observar que los resultados del tratamiento silvopastoral y de pradera sin árboles, no presentan diferencias significativas en producción de la pradera, con valores promedio de 2.914 y 2.790 kg MS/ha (Salinas *et al.*, 2017), respectivamente, y ambos son superiores al bosque sin intervenir, por su alta densidad, que no permite el desarrollo de la pradera.

Estos resultados desmienten las creencias que al eliminar el 100% de los árboles se obtienen mejores resultados en producción de pradera.

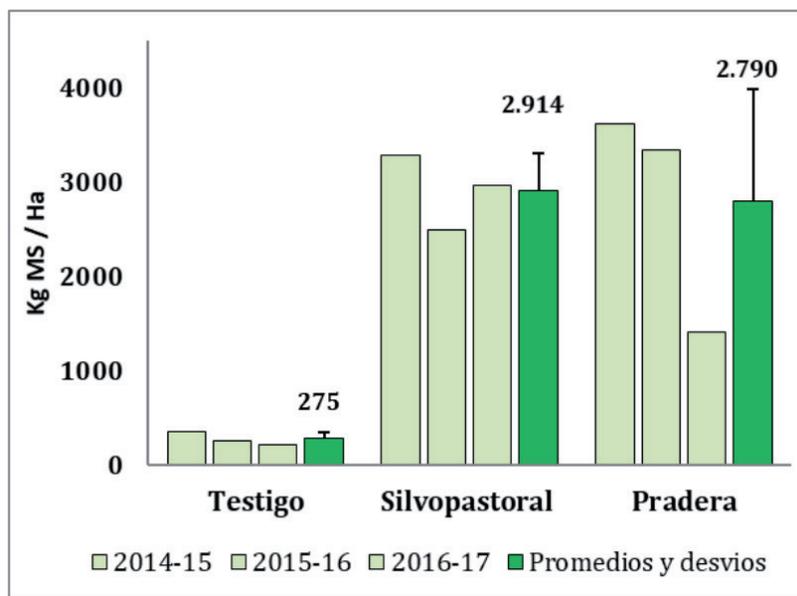


Figura N° 62
PRODUCCIÓN DE LA PRADERA EN TRATAMIENTO TESTIGO, EN MANEJO SILVOPASTORAL DE ÑIRRE Y EN PRADERA SIN ÁRBOLES

- **Cuidados al Bosque Nativo**

Si el propietario tiene la necesidad de ingresar animales al bosque, por falta de alimentos en los potreros de pastoreo, o para protección en época de heladas, nieve o lluvia, se debe considerar que al ingresar animales al bosque estos se alimentarán de especies herbáceas, matorrales y regeneración del bosque; por lo anterior, los animales no deben ser ingresados en la época de regeneración del bosque, que es cuando se forman las nuevas plantas provenientes de semillas o renuevos de tocón, generalmente después de época de corta de árboles, que consecuentemente genera entrada de luz y propicia la regeneración.

Se recomienda por tanto excluir de animales en dicha época, e ingresar animales solo cuando es necesario y cuando la regeneración está establecida, que es cuando está en el desarrollo de estructuras llamadas Brinzal y Latizal, es decir cuando la regeneración está establecida y la altura de la regeneración es mayor a los 2,5 m.

6. SISTEMAS AGROFORESTALES Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

Como se ha explicado anteriormente, los sistemas agroforestales corresponden a sistemas productivos con efectos ambientales, que combinan árboles o arbustos con cultivos agrícolas y/o ganado en un mismo sitio, bajo distintas formas de ordenamiento predial o secuencia temporal, lo cual contribuye al logro de una producción sustentable y, como consecuencia, a un mejor nivel de vida de la población rural.

De esta manera se persiguen objetivos tanto ecológicos como económicos y sociales. Sin embargo, existe una serie de otros beneficios que se generan y que van en favor del medioambiente, como la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales, entre estos beneficios se pueden señalar:

- Mejoramiento y/o mantención de la fertilidad del suelo y reducción de la erosión, mediante la incorporación de materia orgánica, fijación de nitrógeno y reciclado de nutrientes.
- Conservación del agua (cantidad y calidad) a través de una mayor infiltración y reducción del escurrimiento de superficie, minimizando la contaminación y sedimentación de los cursos de agua.
- Captura del carbono, a través del establecimiento de árboles y arbustos en el predio.
- Conservación de la diversidad biológica en los paisajes.

6.1 Agroforestería y Recuperación y Protección de Suelos

Para el mejoramiento de la productividad y conservación del recurso suelo, es necesario, en el corto plazo, que se disminuya o mejore el uso de este recurso, especialmente en las zonas más degradadas. Esto se puede lograr ordenando el territorio predial, concentrando la producción agrícola en áreas más productivas y los usos forestales o agroforestales en áreas más frágiles (Figura N° 63), en conjunto con actividades de recuperación y conservación de suelos.

- **Árboles Ordenados en Agroforestería Reducen la Erosión del Suelo y Mantienen o Mejoran su Fertilidad.**

Los beneficios de los árboles o arbustos como mejoradores y protectores del suelo, se producen por las siguientes razones:

- Reducen la erosión, por cuanto las copas de los árboles, la hojarasca y las ramas, y otros residuos, cubren el suelo y reducen el impacto de la lluvia sobre este.
- Los residuos de las copas, hojas y ramillas, junto a las raíces, reducen la escorrentía superficial y mejoran la estructura del suelo y su fertilidad, aumentando el contenido de nitrógeno y favoreciendo la retención de nutrientes.



Figura N° 63
ÁRBOLES ESTABLECIDOS PARA PROTECCIÓN DE SUELOS Y CURSOS DE AGUA

- **Uso de Obras de Conservación y Recuperación de Suelo con Sistemas Agroforestales**

Las obras de conservación de suelos, en combinación con árboles y arbustos, tienen como principal función disminuir la erosión de los suelos ubicados principalmente en laderas, a través de la interceptación del escurrimiento superficial y mejoramiento de la infiltración del agua. Dependiendo del tipo de erosión, las obras a usar pueden ser canales de desviación, zanjas de infiltración, diques y otros (Figura N° 64), contemplados en Programas del Estado (SIRSD-Sistema de Recuperación de Suelos Degradados). Para una adecuada función y mantención de las obras, estas deben combinarse con el establecimiento de especies arbóreas, arbustivas o herbáceas.

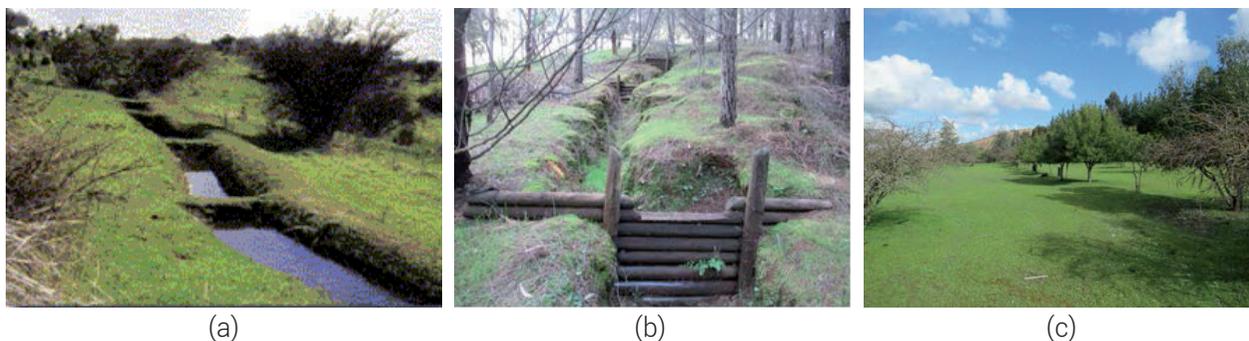


Figura N° 64
ZANJAS DE INFILTRACIÓN (A), DIQUES DE MADERA CON ÁRBOLES PARA PROTECCIÓN DEL SUELO (B) Y CAMELLÓN EN CURVAS DE NIVEL CON ÁRBOLES (C), PARA DISMINUIR ESCORRENTIA SUPERFICIAL

6.2 Agroforestería y Recuperación y Protección de Cursos de Agua

La protección del nacimiento, riberas y cursos de agua en predios agrícolas, y la recuperación del cauce cuando se encuentra degradado, están referida fundamentalmente al cuidado de este recurso en ríos, quebradas, lagos y otros, como también a la mantención y protección de la vegetación adyacente a estos, la cual es manejada con el objetivo de proteger y mantener las aguas de los cauces, estableciendo o manejando la vegetación adyacente y protegiendo las riberas.

Para las acciones de conservación y recuperación de estos cauces, se deben establecer medidas correctivas usando vegetación protectora, aislando las áreas afectadas, y estableciendo obras físicas en riberas y cauces para evitar la pérdida de suelo, disminución de la calidad del agua y embancamiento de cursos aguas por efecto de la erosión y arrastre de sedimentos. Los árboles y arbustos, y cualquier otra vegetación acompañante, ejercen influencia sobre el ciclo del agua, regulando la variación de temperaturas en las microcuencas, reduciendo el escurrimiento y aumentando la infiltración.

Un modelo común para el manejo de áreas ribereñas es el empleo de una o más especies leñosas (árboles y arbustos), en combinación con especies herbáceas, en las zonas de riberas de cursos de agua. Esto disminuye la velocidad del agua, retiene las sustancias contaminantes de los cultivos (fertilizantes, herbicidas y otros) y da protección y alimento a la fauna. En general, para acelerar los procesos de protección del curso de agua, se utilizan especies de rápido crecimiento, las cuales incrementan la protección y estabilidad de las riberas en un plazo menor que si empleara especies nativas de lento crecimiento. Una vez establecidas las especies vegetales pioneras y contenidos los procesos erosivos o de embancamiento, se puede reconvertir a especies nativas de crecimiento más lento en forma paulatina, en hoyos de luz o en cortas de protección (Figura N° 65), lo que permite un ciclo de nutrientes más largo y a su vez un mayor tiempo de retención de carbono (Lucero *et al.*, 2020).



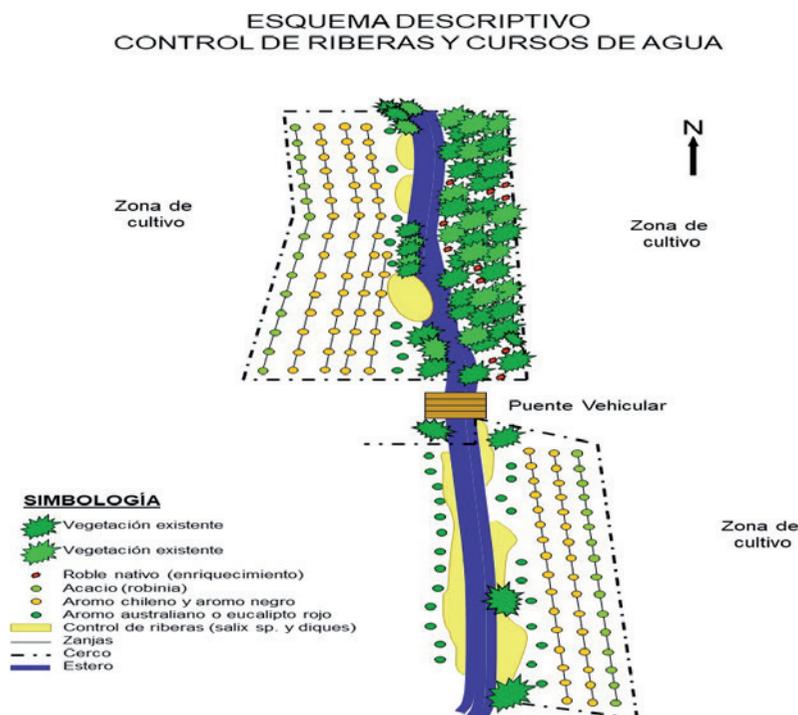
Figura N° 65
CURSO DE AGUA CON PROTECCIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS, ARBUSTIVAS Y HERBACEAS, ACTUANDO COMO BÍOFILTRO COLINDANTE A ÁREAS DE CULTIVOS.

Entre los beneficios del manejo y protección de cauces, se encuentran (Lucero *et al.*, 2020; INFOR, 2008):

- La vegetación protectora actúa como un biofiltro efectivo de sedimentos y productos químicos, provenientes de pesticidas, herbicidas y fertilizantes, disminuyendo su concentración en el agua y mejorando así su calidad.
- La vegetación proporciona sombra al agua, reduce variaciones de su temperatura y mejora las condiciones para la vida acuática existente en ella: Además, constituye una fuente de alimento para la vida acuática.
- Sirve de protección y de hábitat para la vida silvestre.
- Los árboles y arbustos presentes en esta zona sirven de estabilizador de sus riberas y áreas adyacentes.
- Mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del agua.
- Aumento de la biodiversidad biológica.
- Aumento en la captura de carbono (CO₂).
- Mejoramiento del paisaje rural.

- **Evaluación, Planificación, Diseño e Instalación**

Se recomienda los siguientes pasos a seguir para reconvertir un cauce que se encuentre degradado a un cauce estabilizado. La planificación de la intervención debe evaluar y diseñar el proceso, incluyendo el tipo de árboles y otro tipo de vegetación a utilizar, y las obras a desarrollar (Figura N°66).



(Fuente: INFOR, 2008a)

Figura N° 66
EJEMPLO DE ESQUEMA DE PLANIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN DE CURSOS DE AGUA

- **Trabajo en el Área del Cauce**

- Homogenizar el Talud. En aquellos casos donde el talud o borde del curso de agua se encuentre erosionado y en proceso de desmoronamiento, provocando caída de suelo en el curso de agua, embancándolo, provocando sedimentación y pérdida de suelos productivos, se debe trabajar este borde formando un talud con una pendiente de compensación más suave (menor a 45°) (Figura N° 67) para poder establecer vegetación protectora en el lugar.
- Establecimiento de vegetación protectora. Una vez que se ha formado la pendiente de compensación, se debe establecer en este talud una cubierta protectora con especies arbóreas y/o arbustivas apropiadas a la zona de trabajo, que ayuden a su recuperación. Se recomienda especies como sauce o especies similares, que son resistentes a inundaciones y que provocan una rápida regeneración y cobertura del área a recuperar y proteger.
- Limpieza del cauce. Se debe realizar una limpieza del curso de agua, sacando basura, troncos, raíces u otros elementos que puedan entorpecer el libre movimiento del agua. También, cuando sea necesario, se debe homogenizar el curso, corrigiendo o desviándolo en caso de estar impactando en el talud, y reforzando estas áreas afectadas.

Protección de taludes. En caso de cauces degradados, donde el agua está impactando el talud, provocando desmoronamiento y embancamiento del curso de agua, considerar el uso de obras físicas para su protección y recuperación, como diques de sacos con arena o tierra, de madera o estructura de gaviones, en conjunto con elementos vegetales. En el caso de uso de sacos, se debe utilizar elementos de material resistente a efectos climáticos (sol, lluvia, agua), que aseguren su duración por más de una temporada.

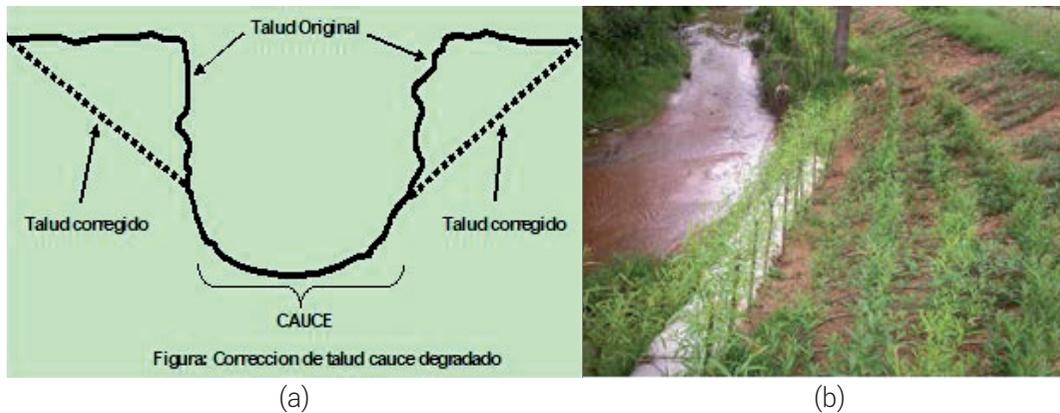


Figura N° 67

IMAGEN DE CURSO DE AGUA CON TALUD ORIGINAL INESTABLE Y RECOMENDACIÓN DE CORRECCIÓN A PENDIENTE DE ESTABILIZACIÓN (A). TALUD CORREGIDO CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (SACOS RELLENOS CON TIERRA EN AREA DEL CAUCE) Y PLANTACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL TALUD (B).

- **Trabajar en el Área Circundante al Cauce**

Para lograr un resultado eficaz se debe trabajar además en las zonas adyacentes al curso del agua, de forma de ayudar a su protección y formar una barrera biológica, creando una zona de amortiguación alrededor del cauce (Figura N°67). El tamaño o área de esta zona dependerá de la pendiente del terreno, grado de alteración y factores ambientales del lugar. En general se recomienda trabajar en un área de amortiguación de 10-20 m desde el curso de agua, en ambos lados del cauce. Para ello se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Cercado: Cerrar para evitar la entrada de animales en el curso de agua a proteger y dar protección a las plantas a establecer, e instalar cerco de 4-7 hebras de alambre púa, o malla Ursus con dos hebras de alambre en la parte superior, con poste pino impregnado (7.5-10 cm de diámetro), u otro de similar o de mayor duración, cada 3 m y patas de cabra cada 20 metros en todo el contorno del área a proteger de acuerdo al tipo de animal presente en el predio.
- Preparación del suelo en curvas de nivel: Preparar el suelo a una profundidad de 40-70 cm, y formar camellón de un ancho de 40-100 cm, con suelo bien mullido para el establecimiento de plantas y arbustos. El trazado de las curvas de plantación debe ser perpendicular a la pendiente, cuidando de no drenar el agua del área protegida en el curso de agua. Se sugiere terminar la curva a nivel a 50 cm del borde del cauce, con 0% de pendiente (Figura N° 68).



Figura N° 68
PREPARACIÓN DE SUELOS EN CURVAS DE NIVEL Y CERCADO EN EL PERÍMETRO DE TRABAJO PARA EXCLUSIÓN DE ANIMALES Y ÁREAS DE CULTIVO

- Control de malezas: La plantación debe incluir un control de malezas pre y post plantación localizada en la zona de establecimiento de la planta (no aplicar entre hileras). Se sugiere realizar control manual o con sistema *mulch*, (aserrín, viruta, heno u otro, para evitar uso de productos químicos en el área a proteger. Solo usar químicos con sello verde, con baja persistencia y movilidad en el suelo, cuando no exista otra alternativa viable (Figura N° 69).



Figura N°69
CONTROL DE MALEZAS CON MULCH ORGÁNICO

- Plantación: Considerar el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas a una densidad entre 1.250 y 2.000 plantas/ha. Las plantas deberán corresponder a especies apropiadas para la zona, de preferencia en maceta u otro tipo de contenedor, las cuales dependiendo de la región a trabajar pueden ser, entre otras, especies nativas como maitén, arrayán, quillay, roble, notro, peumo, arrayán, boldo u otras adaptadas a la zona de trabajo, considerando que se deben proteger inicialmente con elementos de protección como *shelter* o malla Raschell.

También se pueden establecer especies exóticas como pino radiata, pino oregon, aromo australiano, aromo del país, aromo azul, álamo, sauce y otras apropiadas para la zona.

También considerar especies arbustivas y, en terrenos degradados, especies herbáceas perennes. En el área cercana al borde del cauce (2 m), establecer plantas en casilla de plantación para evitar deteriorar o alterar el borde del talud.



Figura N° 70
CURSO DE AGUA DEGRADADO Y SIN PROTECCIÓN ANTES DE INTERVENCIÓN (IZQ); Y
CURSO DE AGUA PROTEGIDO Y RECUPERADO CON ESPECIES NATIVAS DESPUES
DE LA INTERVENCIÓN (DER)

7. CONCLUSIONES

Como se ha expuesto en el presente manual, la implementación de sistemas agroforestales en acciones de restauración del paisaje y recuperación productiva, afectados por incendios o por acción antrópica, es factible para pequeños y medianos agricultores. Los sistemas agroforestales, si bien son factibles y en muchos casos más rentables, o similares, que usos ganaderos, agrícolas o forestales puros, requieren de una adecuada planificación, implementación y manejo del sistema para que este se haga productivo y rentable.

Con la implementación de este tipo de sistemas integrados de producción se pueden obtener beneficios productivos o de rentabilidad privada, junto a beneficios, que sin duda los agricultores deben considerar, como son los ambientales y sociales.

Beneficios Productivos

- Ingresos por venta de madera, carnes, lana, forraje, frutos, productos agrícolas y productos forestales no madereros (PFNM).
- Diversificación de elementos productivos en la misma unidad predial (como ganado, madera, forraje, cultivos, frutales), lo cual permite al agricultor obtener diversos ingresos intermedios en el tiempo durante la duración del sistema y maduración del componente arbóreo, diversificar la producción en sus predios y, ante situaciones de inestabilidad de mercado, poder estabilizar los ingresos con una mayor diversidad de productos.
- Mejoramiento de la rentabilidad predial, y disminución de los riesgos que generan los monocultivos.

Beneficios Ambientales

- Restauración de áreas degradadas y recuperación productiva, ya sea por incendios como por acciones humanas mal planificadas.
- Protección que le otorgan los árboles a animales, cultivos y pradera.
- Protección a los recursos naturales y, en especial, al suelo y a los cursos de agua.
- Beneficios ambientales otorgados por los árboles y arbustos, explicados por los cambios microclimáticos que se originan al abrigo de estas barreras vegetales, como la reducción de la velocidad del viento, provocando importantes cambios en el ambiente en los sectores cercanos a estos, un aumento en la temperatura y humedad, tanto en el suelo como en el ambiente, y una disminución del daño y desecación de los cultivos y praderas por efecto del viento y bajas o altas temperaturas.
- Mejoramiento del bienestar animal por la protección que le otorgan los árboles ante condiciones climáticas adversas, posibilitando una ganadería sustentable.
- Captura de carbono y mitigación de gases efecto invernadero.
- Aumento de la biodiversidad predial y belleza escénica al predio.

El seleccionar uno u otro sistema para restauración ambiental y/o productiva, con uno u otro esquema de manejo o diseño, con especies de rápido crecimiento, de alto valor, o especies nativas, con ovinos o bovinos, y tipos de cultivos agrícolas, dependerá de las características físicas y agroecológicas del predio, de las necesidades o preferencias de los propietarios y de las posibilidades existentes. El propietario para su decisión debiera consultar con su asesor técnico, que tenga conocimiento de esta posibilidad productiva, o acercarse a las Sedes de INFOR en el país.

8. REFERENCIAS

FAO (2017). Agroforestería para la restauración del paisaje: Explorando el potencial de la agroforestería para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los paisajes degradados. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.

Fraga A. y Tapia F. (Eds.) (2001). Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través de cultivos asociados. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Boletín INIA N° 64. 190p.

García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G. (2000). Establecimiento de plantaciones forestales. Documento de Divulgación N° 17, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 33 p.

Gatica, V.; Perret, S. y Zuñiga, S. (2000). La agroforestería en la pequeña propiedad del secano. Instituto Forestal Chile. Manual N° 27 FIA/PRODECOP-Secano.

Hepp, C. (1996). Praderas en la zona Austral: XI Región (Aysén). En: Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Santiago (Chile). pp. 623-638.

INFOR (2000). Manual de forestación. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en Aysén. Instituto Forestal, Chile. Sede Coyhaique. 21p.

INFOR (2008). Cartilla Agroforestal N° 4: Beneficios ambientales de los modelos agroforestales. Instituto Forestal, Chile. Concepcion, Chile. 4p.

INFOR (2008a). Cartilla Agroforestal N° 7: Protección y recuperación de riberas de cursos de aguas. Instituto Forestal, Chile. Concepcion, Chile. 4p.

Loewe, V. y González, M. (2001). Nogal común (*Juglans regia*), una alternativa para producir madera de alto valor. FIA-INFOR. 165p.

Lucero, A. (2019). Efecto de la cobertura arbórea sobre la producción pratense en un sistema silvopastoral con Estepa de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (Espinal), en el secano interior de la Provincia de Cauquenes. Tesis Doctoral. Universidad de Concepción, Chile. 157p.

Lucero, A.; Sotomayor, A. y Villaroel, A. (2020). Sistemas de protección y control de riberas o biofiltros. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 57. 40p.

Molina, M. (2016). Programa FNDR Biobío. Transferencia flora melífera para mejorar el negocio apícola del Biobío. INSTITUTO Forestal, Chile.

Moya, I.; Teuber, O. y Sotomayor, A. (2009). Resultados y experiencias en establecimiento y manejo inicial de cortinas cortaviento forestales en la Región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la Región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. Osvaldo Teuber, Ed. INIA-INFOR, Coyhaique, Chile. pp. 57-83.

Naranjo L. y Willaarts B. A. (2020). Guía metodológica: diseño de acciones con enfoque del nexo entre agua, energía y alimentación para países de América Latina y el Caribe, serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 197. LC/TS.2020/117, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Ovalle, C.; Fernández, F.; Squella, F. y Ruiz, C. (2011). Recomendación de praderas para sistemas silvopastorales en la zona centro sur de Chile. Ed. Ruiz C, en Serie Actas INIA-N°46, Chillan, Chile. pp. 59.

Ovalle, C.; Lucero, A.; Fernández, F.; Barahona, V. y Espinoza, S. (2016). El Espinal de Chile Mediterráneo: Un Sistema Silvopastoral, Cultural, Productivo y Sustentable. En: Los Sistemas Agroforestales en Chile, Eds., Alvaro Sotomayor y Santiago Barros, Instituto Foresta, Chile. pp. 101-118.

Quam, V. y Johnson, L. (1994). Windbreaks for Livestock Operations. University of Nebraska Cooperative Extension EC 94-1766-X. In: <http://www.lanr.unl.edu/pubs/forestry/ec1766.htm>. Recuperado 31 de enero 2002.

Robinson, J. L. y Clason, T. (2000). De sistemas pastoriles a silvopastorales. Centro Nacional de Agroforestería, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Rocky Mountain Station/USDA Natural Resources Conservation Service, East Campus-UNL, Lincoln, Nebraska, 68583-0822. 4p.

Salinas, J.; Peri, P.; Hepp, C., y Acuña, B. (2017). Sistemas silvopastorales en bosque de ñirre en la Región de Aysén. Instituto Forestal. Documento de Divulgación N° 43, Coyhaique, Chile.

Sotomayor, A. (1989). Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento Técnico N° 42. Revista Chile Forestal. Diciembre 1989. CONAF. 8p.

Sotomayor, A.; Helmke, E. y García, E. (2002). Manejo de plantaciones forestales. Instituto Forestal, Chile. 32 p.

Sotomayor, A. y García, E. (2004). Cartilla Agroforestal N° 2, Sistemas Silvopastorales. Instituto Forestal, Concepción, Chile, 2004. 4 p.

Sotomayor, A.; García, E.; González, M.; Lucero, A. y Vargas, V. (2008). Modelos Agroforestales, Sistema Productivo Integrado para una Agricultura Sustentable. Instituto Forestal, Concepción, Chile. 24 p.

Sotomayor, A. y Soto, H. (2011). Productividad herbácea en estepa de espinales (*Acacia caven* (Mol.) bajo manejo silvopastoral. En Actas del III Seminario Investigación y Desarrollo en la Pequeña y Mediana Propiedad: Avances de la Agroforestería en Chile, Concepción, Chile. pp. 109-116.

Sotomayor, A.; Moya, I.; Salinas, J.; Teuber, O. y Acuña, B. (2016). Sistemas silvopastorales con coníferas de zonas frías, Región de Aysén, Chile. En: Los Sistemas Agroforestales en Chile, Eds., Alvaro Sotomayor y Santiago Barros, Santiago, Chile. pp. 183-208.

Sotomayor, A.; Moya, I. y Teuber, O.; Lucero A. (2020). Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastorales en Zona Centro - Sur y Patagonia de Chile. Instituto Forestal, Manual N°41. Santiago, Chile. 76 p.

Sotomayor A.; Moya I.; Teuber O.; Lucero A.; Villarroel A.; Villalobos E. y Barrales L. (2020a). Diseño, Establecimiento y Manejo de Cortinas Cortavientos. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 43. 37 p.

Sotomayor, A.; Lucero, A.; Avila A., y Villarroel A. (2023). Establecimiento y Manejo de Sistemas Agroforestales para Restauración y Recuperación Productiva de Suelos degradados o Afectados por

Incendios Forestales. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 66. 76 p.

Stanturf, J.; Mansourian, S. y Kleine, M.(2017). Implementando la Restauración del Paisaje Forestal, Una Guía para Practicantes. Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, Programa Especial para el Desarrollo de Capacidades (IUFRO-SPDC). Viena, Austria. 2017. 132 p.

Teuber, O.; Moya, I. y Sotomayor, A. (2009). Resultados y experiencias en producción de cultivos forrajeros con cortinas adultas en la Región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la Región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. Osvaldo Teuber, Ed. INIA-INFOR, Coyhaique, Chile. pp. 85-133.

Valencia, V. (1997). Curso Capacitación, Programa de Recuperación Productiva de Suelos, Región de Aysén. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Coyhaique, Chile.

ANEXO 1

TIPOS DE HERBICIDAS

Los herbicidas más utilizados en Chile se pueden clasificar, según la forma en que actúan sobre las malezas, en aquellos que actúan principalmente aplicados al follaje y en aquellos que actúan principalmente a nivel de suelo.

Es común que se utilicen distintas mezclas de productos y dosis, dependiendo de las malezas, suelos y tipo de control que se requiera.

A veces es recomendable que se agreguen adyuvantes (surfactantes, reguladores de pH, adherentes, penetrantes, antideriva, otros), que contribuyen a la eficiencia, eficacia y seguridad de una aplicación (Sotomayor *et al.*, 2002).

- **Herbicidas aplicados al follaje¹**

Este tipo de productos pueden ser sistémicos o de contacto. En general se prefieren los herbicidas sistémicos, dado que penetran a la maleza y se movilizan a raíces, tallos y follaje.

Entre los herbicidas sistémicos no selectivos más usados aplicados al follaje se encuentran:

-*Glifosato, Tryclopír y Metaulfuronmetil;*

-*Picloram.* Es usado para el control de especies leñosas en mezcla con *Triclopír.*

-*Clopyralid y Fluroxipir.* Son usados para el control de malezas de hoja ancha e incluso algunas leñosas; en dosis bajas presentan cierto grado de tolerancia tanto en pino como en eucalipto.

Entre los herbicidas sistémicos selectivos aplicados al follaje destacan:

-*Gramicidas.* Que como su nombre indica solo tienen efecto de control sobre gramíneas, anuales y perennes, por lo que no tienen efectos nocivos al ser asperjados sobre las plantaciones.

- **Herbicidas que actúan principalmente a nivel de suelo (suelo-activos)**

Se puede usar *Simazina, Terbutilazina, Atrazina y Hexazinona* (Velpar). Dada las múltiples combinaciones de malezas, suelos, tipos de control, etc., no se entregan recomendaciones de productos, dosis ni técnicas de aplicación posibles de ser usadas, siendo muy importante buscar la asesoría apropiada.

¹ Se menciona solo el nombre genérico de sus ingredientes activos, dado que los productos similares se encuentran a la venta con distintos nombres, según su fabricante.

INFOR SEDE BIOBÍO
Calle Nueva Uno N°3570 Lt. 4 Michaihue
San Pedro de La Paz, Concepción
(56-41) 285 32 60



INFOR



WWW.INFOR.CL
WWW.AGROFORESTERIA.CL

INFOR SEDE BIO BIO

Calle Nueva Uno N°3570 Lt. 4 Michaihue
San Pedro de La Paz, Concepción
(56-41) 285 32 60



INFOR

WWW.INFOR.CL
WWW.AGROFORESTERIA.CL