Manual N° 41

# MANUAL DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES ZONA CENTRO-SUR Y PATAGONIA DE CHILE

INSTITUTO FORESTAL
2020

**Manual N° 41**

# MANUAL DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES EN ZONA CENTRO- SUR Y PATAGONIA DE CHILE[1]

Alvaro Sotomayor G.[2]; Ivan Moya N.[3]
Osvaldo Teuber W.[4] y Alejandro Lucero I.[2]

1. Segunda Edición. Corregida y ampliada. Trabajo desarrollado dentro del marco del proyecto INFOR-SEREMI de Agricultura Región de Los Lagos en base a Financiamiento de Programa FNDR-Patagonia Verde: Transferencia Fomento Sistemas Agroforestales en Palena y Cochamó. Ejecutado por INFOR.
2. INFOR Sede Bio Bío, asotomay@infor.cl
3-INFOR Sede Patagonia
4-INIA Tamel Aike

**INSTITUTO FORESTAL**
Sucre 2397 Ñuñoa, Santiago
Chile
F. 223669115
**www.infor.cl**
Registro propiedad Intelectual N° 2020-A-10655
ISBN N° 978-956-318-172-2

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

**Sotomayor G., Alvaro; Moya N., Ivan; Teuber W., Osvaldo y Lucero I., Alejandro, 2020.** Manual de Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastorales en Zona Centro - Sur y Patagonia de Chile. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 56. Segunda Edición. P. 76.

## INDICE


| | | Página |
|---|---|---|
| 1. | INTRODUCCIÓN. | 7 |
| 2. | PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES. | 9 |
| 2.1 | Planificación | 11 |
| 2.2 | Forma de Establecimiento de Sistemas Silvopastorales | 14 |
| 2.3 | Diseño de Plantación para Sistemas Silvopastorales | 15 |
| 2.4 | Elección de la Densidad Forestal y Configuración. | 18 |
| 3. | ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORAL | 21 |
| 3.1 | Establecimiento del Componente Arbóreo<br>- Habilitación de Terreno para Establecimiento de Sistema Silvopastoral<br>- Plantación | 23 |
| 3.2. | Mejoramiento, Regeneración y Manejo de la Pradera Naturalizad<br>- Fertilización de Praderas<br>- Regeneración de la Pradera<br>- Manejo de Praderas para Sistemas Silvopastorales | 31 |
| 4. | MANEJO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES. | 37 |
| 4.1 | Interacción entre los Componentes del Sistema<br>- Competencia de las Especies Herbáceas y Malezas con las Plantas Forestales<br>- Manejo de los Árboles para no Afectar el Desarrollo de la Pradera<br>- Manejo de la Interacción Animal – Árbol<br>- Manejo de la Competencia por Luz | 39 |
| 4.2 | Manejo del Componente Arbóreo<br>- Selección y Clasificación de los Árboles<br>- Podas<br>- Raleos | 42 |
| 5. | RESULTADOS Y EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES | 51 |
| 5.1 | Productividad de la Pradera | 53 |
| 5.2 | Producción Animal | 54 |
| 5.3 | Producción Forestal | 56 |
| 6. | EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES CON ESPECIES NATIVAS. | 59 |
| 6.1 | Sistema Silvopastoral con Espino | 61 |
| 6.2 | Sistema Silvopastoral con Radal | 62 |
| 6.3 | Sistema Silvopastoral con Ñirre | 63 |
| 7. | FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO | 67 |
| 8. | CONCLUSIONES | 71 |
| 9. | REFERENCIAS | 75 |

# 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastorales se definen como aquella práctica que combina árboles con praderas y producción animal en un mismo sitio o potrero, con el objetivo de mejorar la productividad de los suelos y en forma sustentable. De estos sistemas se pueden obtener diversos bienes; 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 y productos forestales no maderables como carbón, hojas, frutos, flores para producción de miel, hongos y otros; y forraje proveniente de la pradera para alimentación del ganado. Algunos de los principales beneficios del uso de sistemas silvopastorales, además de los beneficios productivos o económicos ya mencionados, son:

- Protección que ofrecen los árboles, tanto a los animales como a la pradera, 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 incendio y control del crecimiento de malezas en plantaciones forestales tradicionales.
- Protección de los suelos y así disminución de los niveles de erosión.
- Protección de los cursos y fuentes de agua.
- Mejoramiento de la belleza escénica del predio y del valor de la propiedad.
- Captura de carbono y mitigación de gases efecto invernadero.

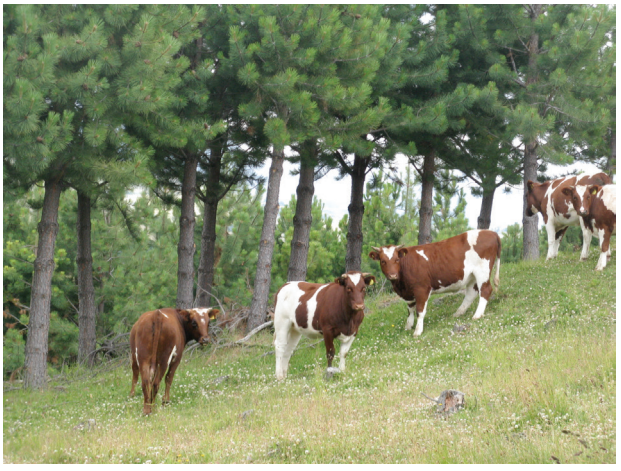


**Figura N° 1**
**SISTEMA SILVOPASTORAL CON PINO CONTORTA**
**COYHAIQUE, CHILE**

El objetivo de este manual, que es una segunda edición con la actualización y complementación del Manual N° 41[1] sobre el tema publicado por el Instituto Forestal el año 2009, es entregar antecedentes sobre principios fundamentales para la planificación, establecimiento, manejo y correcto funcionamiento de los Sistemas Silvopastorales, con especies exóticas comúnmente usadas en plantaciones forestales y también con especies nativas.

***Sr. Productor o Asesor:***

***La incorporación de árboles en sectores destinados a un uso de pastoreo tradicional, conforma un sistema silvopastoral sustentable, con variados beneficios ambientales, como:***

- ***Otorgar protección invernal a los animales y a la pradera, en particular del efecto del viento y bajas temperaturas.***
- ***Otorgar protección al suelo, por su copa 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, permite la producción de madera de alta calidad y otros productos madereros, y productos provenientes de la producción animal, generando ingresos a corto, mediano y largo plazo:***
  - ***Corto plazo, proveniente de las operaciones ganaderas.***
  - ***Mediano plazo, de madera de dimensiones pequeñas, producto de raleos, y de la venta de animales.***
  - ***Largo plazo, por la madera proveniente de la cosecha final de los árboles.***

[1] **Sotomayor, G., Álvaro; Moya N., Iván y Teuber W., Osvaldo, 2009.** Manual de Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastorales en Zonas Patagónicas de Chile. Instituto Forestal. Manual N° 41. P. 46.

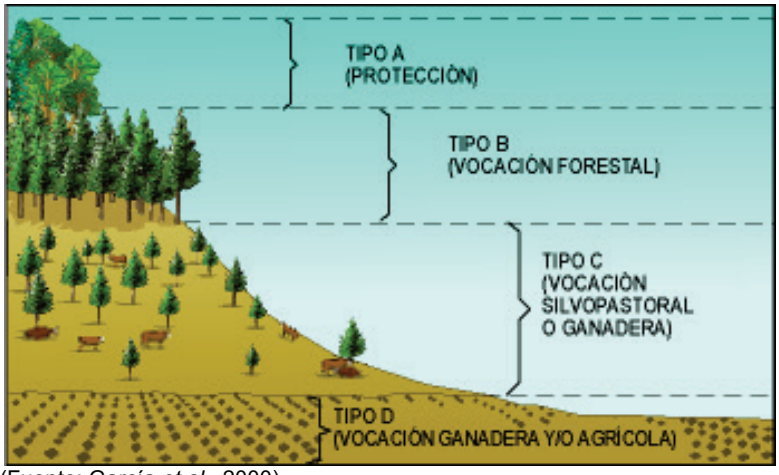
# PLANIFICACION Y DISEÑO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES

## 2. PLANIFICACION Y DISEÑO DE SISTEMAS SILVOPASTORALES

Para un adecuado desarrollo y éxito de un sistema silvopastoral se requiere planificar adecuadamente su instalación y el diseño más adecuado para el sitio o terreno donde se establecerá este.

### 2.1. Planificación

Cada sitio o terreno en un predio tiene una aptitud productiva propia, que permite definir un adecuado uso productivo de los terrenos. Estos usos son agrícolas, ganaderos, forestales y de protección (Figura N° 2), de acuerdo a las características físicas y químicas de éstos, y a las condiciones climáticas del lugar. Entre las características físicas de debe considerar la topografía y exposición; los aspectos químicos del suelo como fertilidad y acidez o pH. Entre las características del clima, considerar principalmente la precipitación, temperaturas máximas y mínimas, viento, heladas y humedad ambiental.




(Fuente: García *et al.,* 2000).

**Figura N° 2**
**VOCACIÓN PRODUCTIVA DE UN SITIO**

De acuerdo a las características del terreno, se debe definir la mejor potencialidad productiva de este, considerando además los aspectos de protección y conservación de los recursos naturales, como suelo, agua y vida silvestre.

Generalmente, en la planificación de los usos productivos que se le da al suelo se suele simplificar y optar por un solo uso, ya sea agrícola (p.e. trigo, pradera, otros), ganadero (p.e. vacunos, ovejas y otros), o forestal (p.e. plantación de árboles con fines madereros u otros).

Esta decisión de un uso único, aunque es la más simple para su manejo, puede no ser la mejor desde el punto de vista de producción integral, económica o producción 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 suelos de aptitud preferentemente forestal, tiende a agotar los nutrientes del suelo, alterar su estructura, propiciar la erosión de estos 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 (p.e. 1.250 arb/ha), se puede perder la opción de obtener productos intermedios durante la rotación forestal, que pueden ayudar a mejorar la economía agrícola, como es la ganadería para producción de carne, lana, forraje o agricultura para granos, lo cual suele desincentivar a los agricultores para forestar esos terrenos, por su larga espera para producir madera.

Con una adecuada planificación productiva predial, se puede optar por la combinación de más de una opción de uso de los suelos en el predio como, por ejemplo, combinando especies arbóreas con ganado y praderas en un mismo terreno y tiempo, a través de un Sistema Silvopastoral. El uso de la opción silvopastoral le puede permitir al propietario de la tierra obtener productos provenientes de los árboles, de los animales y forraje, junto con asegurar la protección de los suelos y aguas.

En la planificación para establecer un Sistema Silvopastoral, el propietario debe seleccionar previamente las especies de árboles a usar, tipo de animales y especies herbáceas que utilizará durante el periodo de este manejo integrado, lo cual lo obliga a conocer las opciones productivas posibles de su predio y el mercado para los productos que está planificando obtener.

Entre otros, se puede pensar en:

**Qué tipo de especie de árbol o arbusto usar**: Esto dependerá de lo que el agricultor 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 domestico (leña, postes, polines, madera para construcciones en el predio, otros); b) protección para sus animales; c) protección para la pradera, suelo y agua; d) frutos, hongos u otros productos forestales no madereros; o un uso combinado de estos, 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 con un adecuado manejo, se exponen en el Cuadro N° 1 según las características del sitio.

**Qué tipo de animal doméstico:** El tipo de animal a utilizar (ovinos, bovinos, equinos, caprinos) dependerá de las necesidades del agricultor, pero también de las condiciones edafoclimáticas, topográficas, pratenses y de mercado. Su selección dependerá de estas variables, pero también de los gustos o intereses del agricultor.

**Qué tipo de especies forrajeras:** Las especies a utilizar para una pradera, ya sea sembrada, o para beneficiar una pradera natural, dependerá 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 ovillo, trébol blanco y rosado, festuca, ballica y alfalfa.

**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 oregón (*Pseudotsuga menziesii*) | Región del Bio Bio 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.<br>El principal uso de su madera es para producción de madera aserrada, estructural, revestimientos, mueblería, puertas y ventanas. |
| Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) | Región de La Araucanía a la Región de Aysén (Sectores de precordillera y cordilleranos, 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.<br>El principal uso de su madera, es en madera aserrada, cajas, embalajes, puertas y ventanas, y molduras. |
| *Alamo negro o Chileno (Populus nigra)* | 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.<br>Madera blanca, usada en carpintería, construcción, madera aserrada, cajas, paletas, y como cortina cortaviento. Se usa también en cortinas cortavientos. |
| Alamo blanco *(Populus trichocarpa*) | Desde la región de la Araucanía a la región de Magallanes. | Crece en una variedad de climas, creciendo 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.<br>Su madera es usada en madera aserrada, tableros, muebles, pulpa, pallets, cajas y leña. Se usa también en cortinas cortavientos. |
| Eucalipto *(Eucalyptus nitens)* | Desde la región del Bio Bio 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.<br>Se utiliza en la fabricación de pulpa y papeles de alta calidad, astillas, madera aserrada, muebles y chapas. |
| Pino radiata (*Pinus radiata*) | 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.<br>De gran utilización en la industria de pulpa y papel, y también para madera estructural, aserrada, polines y postes, cajones y embalajes, y astillas. |

La selección de los componentes a utilizar en el sistema silvopastoral es importante para alcanzar los objetivos productivos y ambientales deseados, y para el diseño del sistema al momento de su instalación.

***Sr. Productor o Asesor:***

***Para el éxito de un proyecto Silvopastoral, 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.***

## 2.2. Formas de Establecimiento de un Sistema Silvopastoral

Un sistema silvopastoral puede instalarse de las siguientes formas:

**Establecimiento de especies arbóreas y/o arbustivas en un área con praderas permanentes**: En este caso, se deben plantar 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, 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.

**Plantación de un terreno sin árboles, destinado desde un inicio como parte de un sistema silvopastoral**: 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.

**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 la generación de desechos forestales que perjudiquen el desarrollo de una futura pradera. Si se decide manejar una plantación de mayor edad, 10-15 años, (Figura N° 1), 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° 3). 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° 3**
**DISPOSICIÓN DE DESECHOS DEL MANEJO ENTRE HILERAS DE ARBOLES**

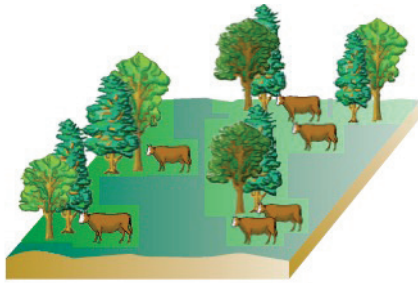
## 2.3. Diseño de Plantación para Sistemas Silvopastorales

Existen varias alternativas, o combinaciones, que permiten establecer un sistema silvopastoral (Gatíca *et al*. 2000; Sotomayor y Garcia, 2004; Sotomayor *et al*. 2008), entre las que se pueden 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 éstos (madera, leña, postes); uso en producción melífera, y en el caso que la especie sea palatable, forraje complementario para los animales.

**Árboles y arbustos dispersos en potreros:** Es la forma más común de sistemas silvopastorales, donde la vegetación está constituida por la combinación de árboles y/o arbustos con pastos, dispersos uniformemente en el terreno (Figura N° 4). La práctica de esta modalidad se puede lograr a través del manejo de la vegetación existente, o

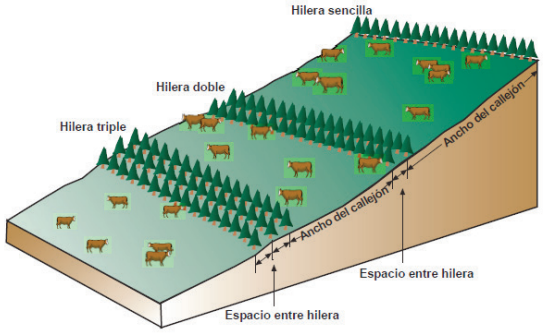
bien con la incorporación de los árboles o arbustos, dependiendo de las características del sitio.



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

**Figura N° 4**
**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 5), manteniendo un mayor distanciamiento entre fajas para el desarrollo de la pradera, o en grupos espaciados de árboles previamente determinados (Figura N° 5). Los espaciamientos entre las fajas, o callejones donde se desarrolla la pradera, otorgarán mayores facilidades para siembras, fertilización, cosechas, y fundamentalmente la producción del forraje para alimentación de los animales.




(Fuente: Adaptado de Robinson y Clason, 2000)

**Figura N° 5**
**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 media 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.

**Galpones naturales o biológicos**: Son áreas de protección que reemplazan a los galpones artificiales, conformada por árboles en bosquetes y ubicadas 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° 6**
**ÁRBOLES COMO GALPONES NATURALES**

***Sr. Productor o Asesor:***

***Como se ha señalado, las especies arbóreas y forrajeras, así como el tipo de ganado a emplear bajo estos sistemas silvopastorales, 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.***

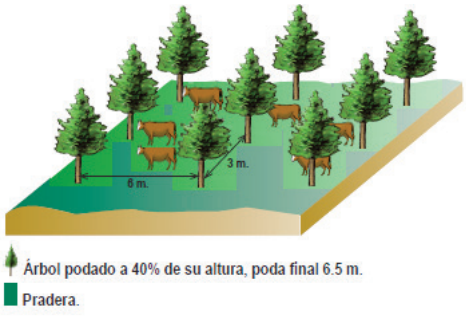
## 2.4. Elección de la Densidad Forestal y Configuración

La densidad inicial de árboles a establecer en un sistema silvopastoral, es un factor importante a considerar dado que influirá sobre la competencia por luz, humedad y nutrientes en el suelo, y entre estos con el componente herbáceo presente en la pradera. 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, de hoja perenne o caduca, etc.), la producción del forraje normalmente decrece (Sotomayor, 1989).

Por ello, en general para los sistemas silvopastorales se utilizan densidades bajas desde el establecimiento, entre 400 a 800 arb/ha, para llegar a una densidad final al término de la rotación entre 150-300 arb/ha. En el manejo silvícola se contempla partir con una densidad inicial de plantación más alta e ir reduciéndola gradualmente para eliminar árboles de mala forma y 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 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 debe partir con 800 arb/ha, para que, a través de raleos sucesivos, llegar finalmente a ese número de árboles objetivo. Además, con 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.

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, distribución uniforme, y otras (Figuras Nº 7 a Nº 9). Algunos ejemplos de configuraciones y densidades silvopastorales, extraído de Sotomayor *et al.* (2008), se presentan a continuación:

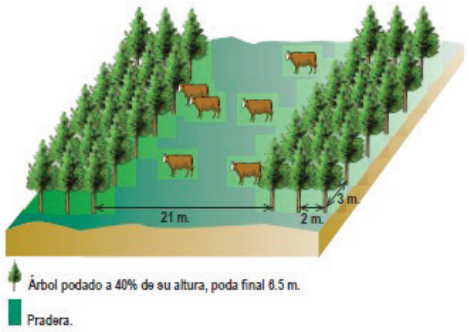
**Ejemplo 1. Plantación con diseño distribución uniforme.** Densidad y espaciamiento inicial de plantación: 567 arb/ha, a 6 x 3 m. Densidad y espaciamiento final estimado: 250 arb/ha, a 6 x 6 m.




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

**Figura N° 7**
**ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL UNIFORME**

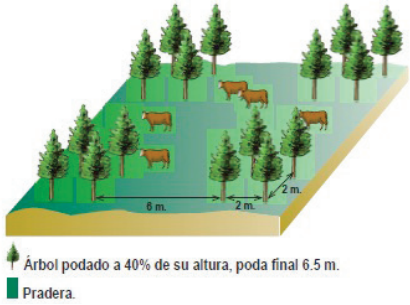
**Ejemplo 2: Plantación en Fajas de 3 hileras de árboles.** Densidad y espaciamiento inicial de plantación: 425 arb/ha, con 3 m en la hilera, 2 m entre hileras y 21 m entre fajas. Densidad final estimada 200-250 arb/ha.




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

**Figura N° 8**
**ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL EN FAJAS**

**Ejemplo 3: Plantación en grupos de cuatro plantas.** Densidad y espaciamiento inicial de plantación: 625 arb/ha, a 2 x 2 m en el grupo de árboles y 6 m entre grupos. Densidad final y espaciamiento estimado: 200 arb/ha a 7 x 7 m.




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

**Figura N° 9**
**ESTABLECIMIENTO EN ARREGLO SILVOPASTORAL EN GRUPOS**

# ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORAL

# 3. ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORAL

El establecimiento del componente arbóreo, ha sido bien desarrollado en diversas publicaciones de INFOR, por lo cual se utilizará un extracto del documento "Establecimiento de Plantaciones Forestales", de García *et al.* (2000), adaptado a Sistemas Silvopastorales.

## 3.1. Establecimiento del Componente Arbóreo

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, preparación del sitio, entre otros), de tal forma de concentrar los recursos disponibles para favorecer la supervivencia, el crecimiento inicial, y desarrollo posterior de la planta.

- **Habilitación de Terreno para Establecer un Sistema Silvopastoral.**

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:

**Roce:** Consiste en la actividad de limpieza del terreno, cuando existen arbustos o malezas que pueden afectar el futuro desarrollo de la plantación, y/o que además pudieran dificultar el trabajo de la plantación y siembra posterior de la pradera. Existen dos tipos de roce, manual y mecanizado. El uso de uno u otro depende de la topografía del lugar y del costo asociado a cada uno de ellos.

**Ordenamiento y tratamiento de desechos del roce:** El objetivo es ordenar y/o eliminar los desechos que se originan en la faena de roce, para así despejar el espacio que ocuparán las plantas y facilitar las posteriores actividades silvícolas. Existen tres alternativas para el tratamiento de desechos: quema, que se debe tratar de evitar y considerar la legislación vigente, dado que pueden afectar el suelo y la vegetación adyacente; ordenamiento en el terreno; o el 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 la planta. 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 el desarrollo y dar un mejor sostén de la planta, y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el perfil del suelo donde crecerán 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. 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° 10).

(Fuente: Sotomayor *et al.,* 2009)

**Figura N° 10**
**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. En situaciones de lomajes es recomendable que la preparación se efectúe en curvas de nivel, con el objeto de proporcionar un mejor aprovechamiento del agua por la planta, al interceptar su paso y quedar más tiempo retenida en la línea de preparación. Además, ayuda a reducir la erosión del suelo, al infiltrar y reducir la velocidad de movimiento del agua.

**Control de malezas preplantación:** Consiste en el control de malezas para eliminar todo tipo de vegetación herbácea o arbustiva, que pueda ser competitiva con la especie arbórea que se está plantando. Es el tratamiento más importante en el establecimiento forestal, ya que puede afectar la supervivencia, crecimiento en altura y diámetro de las plantas.

En los sistemas silvopastorales, donde uno de los objetivos es un adecuado desarrollo de la pradera para la producción animal, es de especial importancia su manejo y control inicial, para que no compita con la planta que se está estableciendo. En este caso, se recomienda dejar al menos una zona de 50 cm a cada lado de la planta sin cultivo de pastos, durante al menos 3-4 años, eliminando cualquier competencia herbácea, generando así una franja continua de un metro despejada de competencia.

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:** 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.

**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 días a un mes antes de ejecutarse la plantación. En aplicaciones post-plantación, durante la primavera, se debe tener cuidado de no aplicar sobre las plantas establecidas; en este caso, en pequeñas superficies se puede proteger con protectores plásticos. Además, para prescribir el tipo de herbicida a utilizar, se debe determinar previamente el tipo de maleza a controlar, con su asesor forestal o agrícola.

(Fuente: García *et al.,* 2000)

**Figura N° 11**
**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).

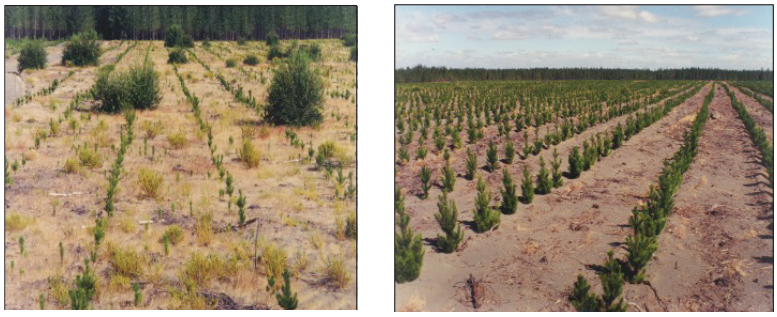
**Herbicidas aplicados al follaje**[2]***:*** Este tipo de productos pueden ser sistémicos o de contacto. En general se prefieren los herbicidas sistémicos, dado que penetran a la maleza y se movilizan ya sea a raíces, tallos y follaje.

Entre los herbicidas sistémicos no selectivos, aplicados al follaje y más usados, se encuentran el G*lifosato*, *Tryclopir* y *Metaulfuronmetil*; el *Picloram* es usado para el control de especies leñosas en mezcla con *Triclopyr*; *Clopyralid y Fluroxipir* son usados para el control de malezas de hoja ancha, e incluso algunas leñosas; en dosis bajas presenta cierto grado de tolerancia tanto en pino como en eucalipto.

Entre los herbicidas sistémicos selectivos aplicados al follaje destacan los *Gramicida*s, 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.

El control de malezas químico, en el caso silvopastoral, 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° 12).



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

**Figura N° 12**
**PLANTACIÓN DE PINO RADIATA SIN (IZQ.) Y CON CONTROL DE MALEZAS (DER.) A LOS 10 MESES**

[2] 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.

- **Plantación**

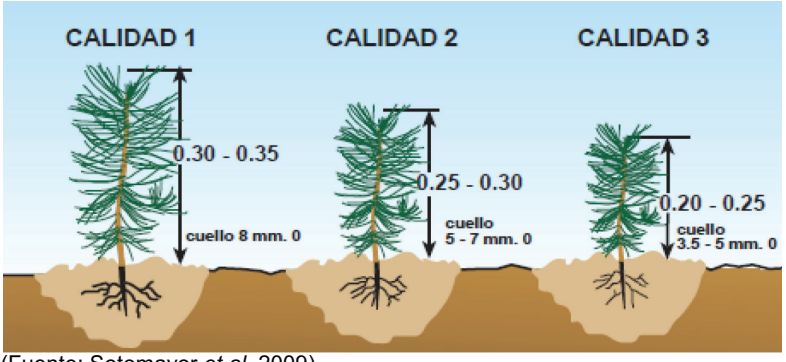
Se considera aquí calidad y selección de plantas, época de plantación, técnicas de plantación y fertilización.

**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:

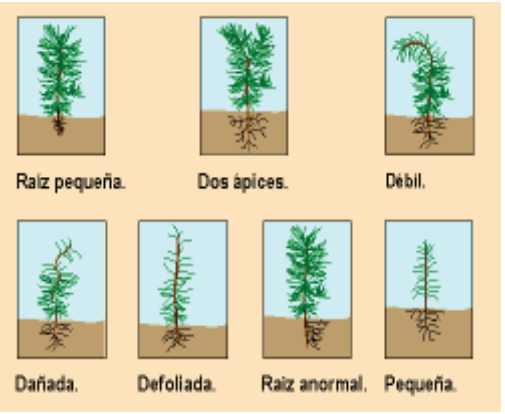
- Aspecto sano y vigoroso
- Tallo resistente y firme
- Color verde oscuro
- Raíces abundantes y bien distribuidas
- Altura de aproximadamente entre 20 y 30 cm
- Ramillas de las plantas deben repartirse a lo largo de todo el tallo
- Diámetro de cuello debe tener como mínimo 5-8 mm
- Pan de sustrato debe 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. Para zonas frías y con nevazones en invierno, como las regiones de Aysén y Magallanes, y zonas altas y frías de la provincia de Palena, se usan plantas 2:0 (dos años en vivero).



(Fuente: Sotomayor *et al.* 2009)

**Figura N° 13**
**GRADOS DE CALIDAD DE PLANTAS A RAÍZ DESNUDA PARA PLANTACIÓN DE PINO PONDEROSA**



(Fuente: García *et al.,* 2000)

**Figura N° 14**
**PLANTAS DE MALA CALIDAD QUE NO DEBEN SER USADAS EN UNA PLANTACIÓN**

**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 adecuada 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.

La plantación 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-julio.

En la provincia de Palena y para las regiones de Aysén y Magallanes, 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 octubre.

**Técnica de plantación:** En Chile tradicionalmente 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° 15**
**PLANTACIÓN EN CASILLAS**

La técnica neozelandesa de plantación, o doble T**,** consiste en la aplicación de un corte longitudinal de la tierra con pala plantadora (Figura N° 16) y dos cortes perpendiculares a este con posterior remoción del suelo, de manera de proporcionar a la planta una superficie de suelo removido 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 las raíces (INFOR, 2000).

**Figura N° 16**
**PALA PLANTADORA UTILIZADA COMÚNMENTE EN PLANTACIONES FORESTALES**

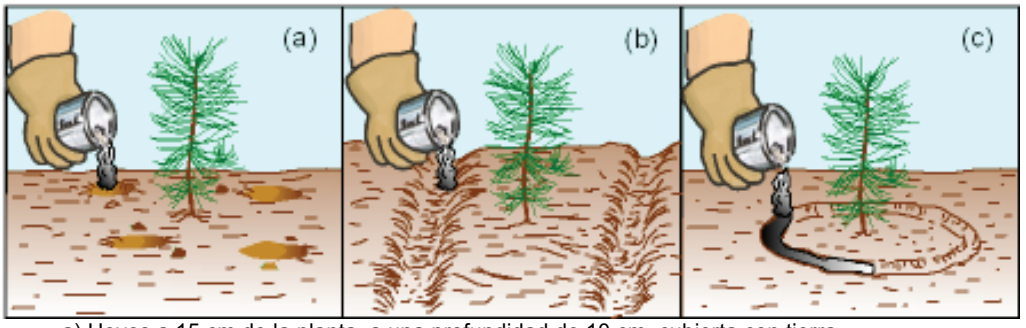
**Fertilización:** Con la fertilización, al agregar los nutrientes faltantes en el suelo, se estimula el desarrollo de las raíces, se permite a la planta una mayor ocupación del suelo, y se aprovecha en forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. Con esto se logra una mayor supervivencia, 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 podrá 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, boro, nitrógeno y potasio, como elementos nutritivos que debieran participar en alguna proporción dentro de la mezcla del fertilizante, más otros microelementos que pudieran escasear como cobre u otro.

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° 17).




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° 17**
**APLICACIÓN DE FERTILIZANTE**

### 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. Hepp (1996) indica que las praderas naturales de la zona intermedia de la región de Aysén están compuestas principalmente de las especies poa, pasto ovillo, pasto miel, trébol blanco (Cuadro N° 2), además de algunas malezas típicas que predominan en suelos degradados.

La degradación de praderas usualmente se ha producido por un manejo inadecuado de estas (sobretalajeo 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 como trébol blanco, pasto ovillo, pasto miel, ballica y poa, además de malezas.

En zonas esteparias, las especies principales son el coirón y la poa, junto a otras del género *Agrostis*, *Estipa y Bromus*, caracterizadas por ser gramíneas perennes y duras, adaptadas a las condiciones de frió, viento y bajas precipitaciones.

**Cuadro N° 2**
**ESPECIES FORRAJERAS DE IMPORTANCIA EN PRADERAS NATURALES Y/O NATURALIZADAS PARA USO POTENCIAL EN SISTEMAS SILVOPASTORALES EN SUELOS DE LOMAJES POR ZONA REGIÓN DE AYSÉN Y PROVINCIA DE PALENA**

| Especies Forrajeras | Zona Húmeda | Zona Intermedia | Zona de Estepa |
|---|---|---|---|
| Pasto ovillo *(Dactylis glomerata)* | ***x*** | ***x*** | |
| Pasto miel *(Holcus lanatus)* | ***x*** | ***x*** | |
| Poa *(Poa pratensis)* | ***x*** | ***x*** | ***x*** |
| Ballica *(Lolium perenne)* | ***x*** | | |
| Coiron *(Festuca pallenses; F.pyrogen)* | | | ***x*** |
| Trébol blanco *(Trifolium repens)* | ***x*** | ***x*** | |

(Fuente: adaptado de Ganderats, 2001)

En la región de Magallanes, las especies pratenses presentes en las praderas naturales son similares a las de la zona esteparia de Aysén, con una mayor importancia de los coironales (Cuadro N° 3). En la estepa, además del coirón, se encuentras otras gramíneas del género *Stipa*, *Poa*, *Agrostis* y *Acaena* asociadas a arbustos como mata verde (*Chiliotrichum diffusum*)

y mata negra (*Verbena tridens).* El pasto arena (*Elymus arenarius*) se ha usado en suelos arenosos, para control de dunas y erosión eólica.

**Cuadro N° 3**
**ESPECIES FORRAJERAS DE IMPORTANCIA EN PRADERAS NATURALES Y/O NATURALIZADAS PARA USO POTENCIAL CON POSIBILIDAD SILVOPASTORAL EN SUELOS DE LA REGIÓN DE MAGALLANES**

| Especies Forrajeras | Última Esperanza | Magallanes | Tierra del Fuego |
|---|---|---|---|
| Coiron *(Festuca gracillima; F.pallescens)* | ***x*** | ***x*** | ***x*** |
| Pasto ovillo *(Dactylis glomerata)* | ***x*** | ***x*** | ***x*** |
| Pasto miel *(Holcus lanatus)* | ***x*** | ***x*** | ***x*** |
| Pasto Arena *(Elymus arenarius)* | | ***x*** | ***x*** |
| Trébol blanco *(Trifolium repens)* | ***x*** | ***x*** | ***x*** |

En la Zona Centro-Sur, las especies más frecuentes de leguminosas son: *Trifolium subterraneum* (trébol subterraneo), *Trifolium michelianum* (trébol balanza), *Medicago polymorpha* (hualputra), *Trifolium vesiculosum* (trébol vesiculoso) y *Ornithopus sativus* (serradella) (Cuadro N° 4).

**Cuadro N° 4**
**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° 5.

**Cuadro N° 5**
**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE GRAMÍNEAS POR REGIÓN Y ZONA**

| Especie | Zona de Distribución Secano de Región | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Valparaíso-Ñuble (Zona semiárida a sub-húmeda) | O´Higgins-Bio Bio (Zona secano costa central) | Bio Bio al Sur (Secano costa-precordillera) | Centro Norte (con riego) a Magallanes |
| Ballica wimnera (*Lolium regidum)* | x | | | |
| Falaris *(Phalaris aquatica*) | | x | | |
| Festuca (*Festuca arundinacea*) | | | x | |
| Pasto ovillo *(Dactylis glomerata*) | | | | x |

(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 estos. Este 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° 6).

**Cuadro N° 6**
**EFECTOS 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)
[1] S (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, para 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 ovillo, 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 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).

En las regiones de la patagonia chilena es recomendable realizar la siembra (regeneración) en primavera, dado que se presentan mejores condiciones de temperatura y humedad para la

germinación y establecimiento de las especies forrajeras. 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° 18).

(Foto: A. Sotomayor)

**Figura N° 18**
**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 a una determinada carga animal en la temporada (número de animales capaces de alimentarse de la pradera en el año). Si se ingresan más animales de los que la pradera puede alimentar, se producirá un sobre-talajeo, 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 los animales. 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° 19), 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° 19**
**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 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.

# MANEJO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES

# 4. MANEJO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES

Un sistema silvopastoral será exitoso si se asegura el crecimiento y desarrollo de los componentes productivos que participan en este, como es 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.

## 4.1. Interacción entre los Componentes del Sistema

En el desarrollo de los árboles y las especies forrajeras presentes en la pradera es importante considerar la competencia por humedad y nutrientes entre estos vegetales, la que es más importante en los primeros años de la plantación, y la competencia por luz, influenciada por la intercepción de esta por las copas de los árboles sobre la pradera, a medida que esta se desarrolla. El ingreso de los animales al sistema, en los estados iniciales de la plantación, plantea el desafío de proteger las plantas nuevas tanto del pastoreo, como del tránsito y pisoteo de los animales.

Durante los primeros años de crecimiento de una plantación silvopastoral existen interacciones y competencia por agua y nutrientes, especialmente cuando el sistema radicular de las plantas se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad, que es donde los pastos y malezas extraen parte importante del agua y nutrientes, y compiten con las especies forestales establecidas. Por ello se debe considerar y conocer las interacciones y competencias entre los componentes.

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

En el estado inicial del sistema silvopastoral, primeros dos años en la zona centro-sur y tres a cuatro años en la región Patagónica, ocurre un cierto grado de competencia entre los pastos y la planta establecida, por agua y nutrientes, lo cual hace necesario controlar el desarrollo de los pastos y malezas cerca de las plantas. Se recomienda controlar los pastos y malezas alrededor de las plantas, en un área de 50 cm de radio. Esto se puede hacer en forma manual o usando herbicidas. El manejo posterior de la pradera se hará pensando en optimizar su producción, ya que no afectará a los árboles.

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

El efecto de los árboles sobre la pradera 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. Lo anterior se puede evitar, manejando los árboles con podas y raleos periódicos, para reducir este efecto adverso.

También existe una competencia entre los árboles adultos y los pastos 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 adecuados al sistema.

- **Manejo de la Interacción Animal-Árbol**

Los animales son un efectivo controlador del crecimiento de la pradera y de la proliferación de la maleza 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 daño producto del pisoteo o frotamiento.

Lo anterior se puede evitar realizando un correcto manejo animal en el sistema silvopastoral. Tal como se indicó en el capítulo anterior, 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 m, lo que evitaría el ramoneo o daño del ápice.

El número de años que se requeriría para el ingreso de ganado al sistema, va a depender del crecimiento de los árboles. En términos generales, en la zona centro-sur con pino radiata se debiera excluir los vacunos hasta que los arboles alcancen 2,0 m de altura o a los 3-4 años y en la provincia de Palena y en las regiones de Aysén y Magallanes, con especies como pino ponderosa y pino oregon, se debiera esperar un período de 6-7 años sin pastoreo, o hasta obtener la altura recomendada de 2,0 m. Se podría adelantar este periodo si el propietario realiza un control exhaustivo del pastoreo, sacando los animales del sistema, cuando la disponibilidad de forraje ha disminuido al 33 por ciento de su potencialidad de desarrollo.

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 otorga protección ante lluvias intensas y en especial de los fuertes vientos, actuando como cortinas cortavientos protectoras (Figura N° 20). En algunas zonas de la Patagonia, muy ventosas, este es un factor muy importante, los árboles son fundamentales para el bienestar y desarrollo animal.

(Fotos: A. Sotomayor) (a)

(b)

Figura N° 20

**ANIMALES PROTEGIDOS DE LA INSOLACIÓN BAJO RENOVAL DE LENGA A MEDIODÍA EN VERANO (a) Y ANIMALES PROTEGIDOS DEL VIENTO EN SISTEMA SILVOPASTORAL (b)**

***Sr. Productor o Asesor:***

- ***Para un adecuado manejo animal, se recomienda:***
  - ***Iniciar el pastoreo con ovinos, cuando los árboles tiene una altura mayor a los 1,3 m.***
  - ***Pastoreo con vacunos, cuando los árboles tienen una altura mayor a los 2,0 m.***
  - ***En forma general, se recomiendan sistemas de pastoreo rotativos por sobre los pastoreos continuos en los Sistemas Silvopastorales (Robinson y Clason, 2000).***
- ***Los árboles generan los siguientes beneficios:***
  - ***Los árboles dan una buena protección a los animales contra el frío, calor, lluvia y viento.***
  - ***Con esta protección, se genera un mejor bienestar animal, y éstos se desarrollarán mejor, obteniéndose una mejor producción.***

- **Manejo de la Competencia por Luz**

Una vez que se ha logrado el correcto establecimiento de la plantación y de la pradera, el manejo del sistema silvopastoral 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 edad, 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, disminuye con una disminución del porcentaje de luz transmitida a través del dosel, lo cual se relaciona con la cobertura 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 40-50% de cobertura de copa, comienzan a afectar el desarrollo de la pradera (Sotomayor, 2016).

En la Figura N° 21 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 y contra el viento. Por ello se recomienda manejar el componente arbóreo, con una cobertura de copa máxima entre un 30-40%.

(Foto: A. Sotomayor)

**Figura N° 21**
**COBERTURA DE COPA DEL 30% SOBRE LA PRADERA EN SISTEMA SILVOPASTORAL**

## 4.2. 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.

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 desafió de este tipo de manejo silvopastoral.

- **Selección y Clasificación de los Árboles**[3]

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 a densidades silvopastorales (450 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 competir y a distinguirse según su altura y desarrollo de la copa.

El objetivo de una adecuada selección, es identificar los árboles 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.

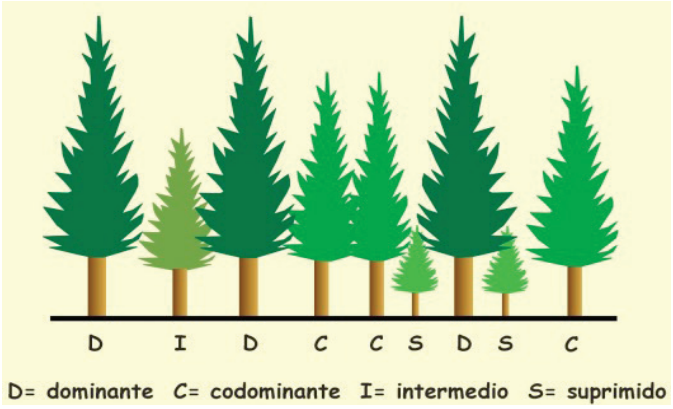
- Realizar una adecuada selección al momento de podar y ralear.

- 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° 22).

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.

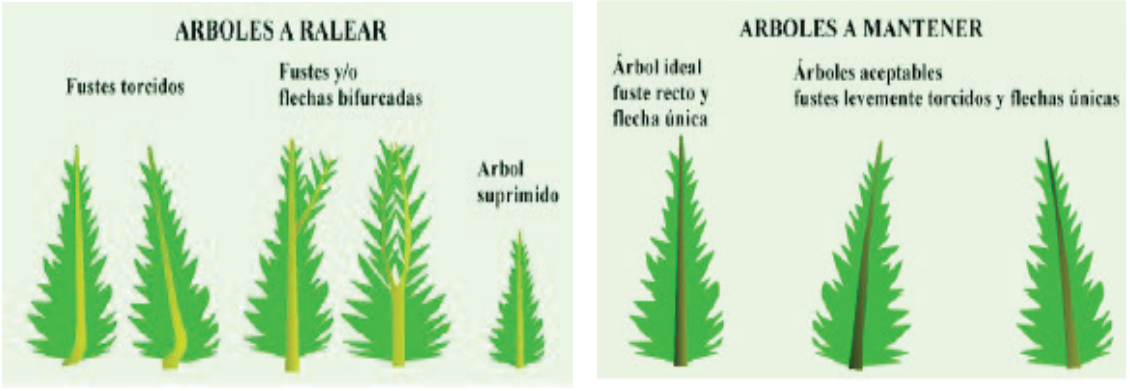
[3] Basado en documento *Manejo y Mantención de Plantaciones Forestal"* (Sotomayor *et al.*, 2002) y adaptado para fines silvopastorales.




(Fuente: Sotomayor *et al.,* 2002)

**Figura N° 22**
**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° 23).




(Fuente: Sotomayor *et al*., 2002)

**Figura N° 23**
**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 básales de los árboles, logrando levantar la altura de las copas y reducir su desarrollo (Figura N° 24). 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, 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° 24**
**ÁRBOL DE PINO CONTORTA PODADO A 3,2 M**
**EN SISTEMA SILVOPASTORAL, COYHAIQUE, CHILE**

En sistema silvopastorales se recomienda:

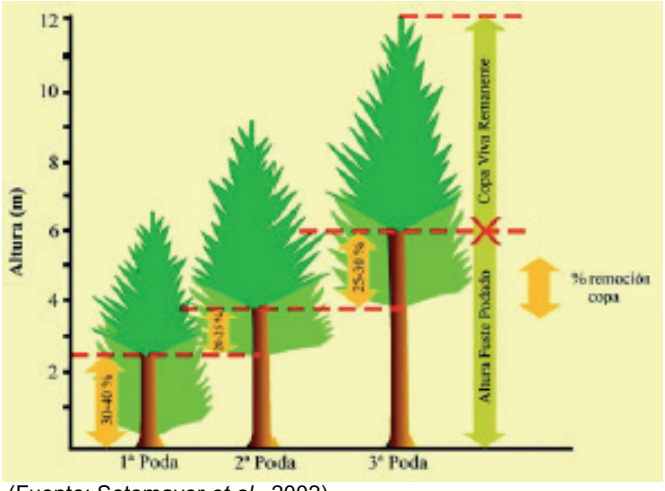
- Podar lo antes posible para evitar un excesivo crecimiento de las ramas y acumulación de desechos y hojarasca en el suelo que disminuirán la producción pratense.

- 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, podándose 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, quede 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)

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° 25).




(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2002)

**Figura N° 25**
**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 tijeron 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. Esto se planifica con el propósito de:

- Concentrar el crecimiento en los mejores árboles.
- Reducir competencia entre ellos.
- Evitar, además, 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, pino ponderosa, o pino oregón, se realice cuando los árboles lleguen a una altura de 5-6 metros (entre 7-8 años en pino radiata y 12 y 13 años en pino poderosa o pino oregon). En este caso, el destino comercial de la madera puede ser para leña o postes. 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 mejor transitabilidad y la posibilidad de generar más talaje para el ganado (silvopastoreo) (Figura N° 26), 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 ralear en forma más intensa, perdiendo su aspecto ordenado, permitiendo además el desarrollo de sotobosque (vegetación acompañante) y mayor vida silvestre.

(Fotos: A. Sotomayor) (a) (b) (c)

a) Sistema con objetivo forestal manejado con 800 arb/ha.
b) Sistema silvopastoral con 400 arb/ha homogéneamente distribuidos en el terreno y mejoramiento de pradera.
c) Sistema silvopastoral en configuración en fajas alternas, con 400 arb/ha, mejoramiento de pradera, y ordenamiento de desechos entre fajas de árboles.

**Figura N° 26**
**EJEMPLO DE PLANTACIONES DE PINO CON ÁRBOLES RALEADOS Y PODADOS A 3,2 m**

***Recomendaciones Generales: Realizar raleos y podas en edades tempranas, con el objetivo de:***

- ***Obtener árboles manejados de buena calidad, con nudos pequeños y firmes, y lograr el diámetro sobre muñón (DSM) objetivo.***
- ***Disminuir el sombreamiento 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, o 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° 7 se expone un ejemplo de esquema de manejo para una plantación de pino ponderosa, pino contorta o pino oregon, con fines silvopastorales, en la región de Aysén.

**Cuadro N° 7**
**EJEMPLO DE PROPUESTA DE MANEJO Y ESTABLECIMIENTO SILVOPASTORAL**

| Densidad (arb/ha) | Altura (m) | Altura Poda (m) | Raleo 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 puede fluctuar entre 425 a 1.000 arb/ha. |
| 833 | 1,5-2,0 | | | A partir de una altura de 2,0 m, se puede ingresar animales vacunos durante época de primavera-verano para pastoreo; con ovinos a partir de los 1,5 m. Establecer programa de fertilización de la pradera, una adecuada capacidad de carga animal y un buen manejo de la pradera. |
| 833 | 5,0 | 2,0 | 800 a 600 | El manejo forestal considera:<br>- 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).<br>El manejo de la pradera considera:<br>- Fertilizar la pradera con fósforo, nitrógeno, potasio, según análisis de suelo y con azufre en zonas de la Patagonia.<br>El manejo animal considera:<br>- Establecer una adecuada carga animal.<br>- Establecer sistema de pastoreo rotativo.<br>- Establecer un manejo sanitario adecuado. |
| 600 | 7,0 | 3,5 | 600 a 400 | |
| 400 | 9,0 | 5,0 | 400 a 250 | |
| 250 | 11,0 | 6,5 | 250 | |
| 250 | 25-30 | 6.5 | 250 | Hasta la rotación final del sistema silvopastoral, 25 años con pino radiata y 35-40 años con pino oregon o ponderosa, se debe manejar adecuadamente la pradera y la carga animal para una mejor producción. |

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; 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.

# RESULTADOS Y EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES

# 5. RESULTADOS Y EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES

El Instituto Forestal (INFOR), en conjunto con INIA, ha realizado diversas experiencias silvopastorales en la Patagonia y a continuación se exponen resultados obtenidos en ensayo realizado en el predio San Gabriel, en la localidad de Mano Negra, de propiedad del productor Victor Matta en base a estudio de Sotomayor (2009).

En el año 2003, se inició un proyecto de investigación donde se comparan dos sistemas silvopastorales con pino contorta (*Pinus contorta* Doug. ex. Loud.) en una plantación ya establecida de 12-14 años; uno con distribución homogénea o tradicional de los árboles en el terreno y, el segundo, con distribución de árboles en fajas alternas, ambos con una densidad aproximada de 400 arb/ha (Cuadro N° 8) y podados a 40% de su altura, los que se comparan con un sistema ganadero tradicional sin árboles y con un sistema forestal manejado, también con pino contorta (Figuras N° 27 y N° 28).

El estudio abordó aspectos de productividad forestal, pratense y animal, además de fertilidad de suelos y el efecto de los árboles sobre el microclima.

**Cuadro N° 8**
**DENSIDAD POR AÑO SEGÚN TRATAMIENTO**

| Tratamiento | Parcela | Densidad por año | |
|---|---|---|---|
| | | 2004 | 2012 |
| | | (arb/ha) | |
| T1: Manejo For. | 1 | 900,0 | 700,00 |
| | 2 | 800,0 | 550,00 |
| | 3 | 750,0 | 500,00 |
| | Promedio | 816,7 | 583,33 |
| T2: Silvop. Tradic. | 1 | 327,4 | 218,25 |
| | 2 | 357,1 | 248,02 |
| | 3 | 386,9 | 267,86 |
| | Promedio | 357,1 | 244,71 |
| T3: Silvop. Fajas | 1 | 476,2 | 386,90 |
| | 2 | 347,2 | 327,38 |
| | 3 | 377,0 | 307,54 |
| | Promedio | 400,1 | 340,61 |

Los resultados, después de cuatro temporadas de evaluación, 2004 a 2008, demuestran que el desarrollo de la pradera, en materia seca, fue significativamente superior en el sistema silvopastoral en fajas, seguido por el silvopastoral tradicional y por último el sistema ganadero.

En relación a la producción animal, no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

Se presenta a continuación resultados de producción de la pradera, animal, y forestal.

## 5.1. Productividad de la Pradera

Los resultados de producción de la pradera en materia seca se presentan en el Cuadro N° 9 y Figuras N° 27 y N° 28 (Sotomayor *et al.*, 2016).

**Cuadro N° 9**
**PRODUCCIÓN PRADERA, TEMPORADA 2004-2005 A 2009-2010**

| Tratamiento | Producción Pradera por Temporada y Tratamiento | | | | | | Producción Media por Tratamiento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2004-2005 | 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2008-2009 | 2009-2010 | |
| | (kg MS/ha) | | | | | | |
| T2: Silv.Tradicional | 1.485,7 | 6.109,7 | 4.153,2 | 4.330,9 | 3.423,6 | 3.382,1 | 3.814,2 |
| T3: Silv.Fajas | 2.684,9 | 7.181,6 | 6.394,5 | 5.359,7 | 5.835,7 | 4.756,1 | 5.368,8 |
| T4: Sist.Ganadero | 2.452,1 | 3.832,0 | 3.874,1 | 3.513,6 | 4.410,4 | 3.847,0 | 3.654,9 |

En las seis temporadas de evaluación de la pradera en materia seca por hectárea en el sistema silvopastoral en fajas fue la que alcanzó la mayor producción. Además, la producción de la pradera en el sistema silvopastoral tradicional evolucionó positivamente a partir de la segunda temporada, por sobre el sistema ganadero.

Se observó un rápido incremento en la producción pratense en los tratamientos silvopastorales, a partir de la segunda temporada de evaluación, debido a una mayor protección sobre la pradera por parte de los árboles.

A partir de la temporada 2007-2008 se observa una baja de la producción en los tratamientos silvopastorales debido a un aumento de la cobertura de copa arbórea, especialmente en el tratamiento T2. En estos casos se debe monitorear continuamente el desarrollo de la copa de los árboles, e intervenir con podas y raleos, para evitar un excesivo sombreamiento sobre la pradera.

Finalmente, el sistema ganadero puro ha sido el de menor desarrollo en promedio en las seis temporadas.

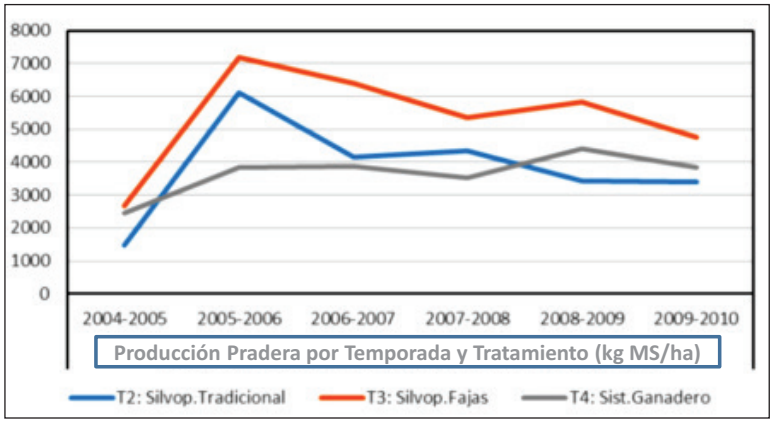



**Figura N° 27**
**EVOLUCIÓN PRODUCCIÓN PRADERA, AÑOS 2004 A 2010**

(Fotos: A. Sotomayor) T1 T2 T3

T1: Tratamiento silvopastoral tradicional, con árboles homogéneamente distribuidos
T2: Tratamiento con distribución de árboles en fajas alternas cada 21 m
T3: Pradera sin la influencia de árboles.

**Figura N° 28**
**DESARROLLO DE LA PRADERA EN RELACIÓN A PRESENCIA DE ÁRBOLES POR TRATAMIENTO**

## 5.2. Producción Animal

La productividad animal, medida en peso vivo por unidad de superficie, es la mejor expresión de la producción ganadera de un sitio, dado que refleja por un lado la producción de biomasa herbácea disponible para los animales, el estado de los animales, y la condición ambiental del sector de producción.

Como se observa en el Cuadro N° 10, durante los cuatro años de evaluación no se muestran grandes diferencias entre los tratamientos, con una producción similar entre estos y con una leve superioridad final del tratamiento en fajas.

**Cuadro N° 10**
**PRODUCTIVIDAD ANIMAL POR HECTÁREA EFECTIVA DE PRADERA Y POR TRATAMIENTO TEMPORADAS 2004-2005 A 2007-2008, PREDIO SAN GABRIEL, COYHAIQUE**

| Tratamiento | Ganancia en Peso Vivo Animal | | | | | | Producción 2004 a 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2004-2005 | 2005-2006 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2008-2009 | 2009-2010 | |
| | (kg/ha) | | | | | | |
| T2. Sil. Tradicional | 113,8 | 238,6 | 305,8 | 158,9 | 80,7 | 228,5 | 1.126,3 |
| T3. Sil. Fajas | 110,2 | 255,7 | 317,8 | 172,3 | 136,3 | 247,0 | 1.239,3 |
| T4. Ganadero | 95,8 | 227,9 | 348,4 | 144,4 | 159,8 | 215,4 | 1.191,7 |
| Producción media | 106,6 | 240,7 | 324,0 | 158,5 | 125,6 | 230,3 | 1.185,7 |

(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2016)

En el Cuadro N° 10 y Figura N° 29 se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en producción animal, aunque durante el periodo de evaluación 2004 a 2010, el sistema en fajas fue el que obtuvo una mayor producción acumulada con 1.239,3 kg/ha en comparación con 1.126,3 y 1.191,7 kg/ha para silvopastoral tradicional y ganadero, respectivamente.

Esto significa para el productor que puede continuar obteniendo ingresos de la producción animal mientras los árboles se desarrollan, lo cual significa que al final de la rotación del sistema, se podrá obtener mayores ingresos dados por ambos productos, madera y carne, lo que, en términos de rentabilidad, será superior en los sistemas silvopastorales.

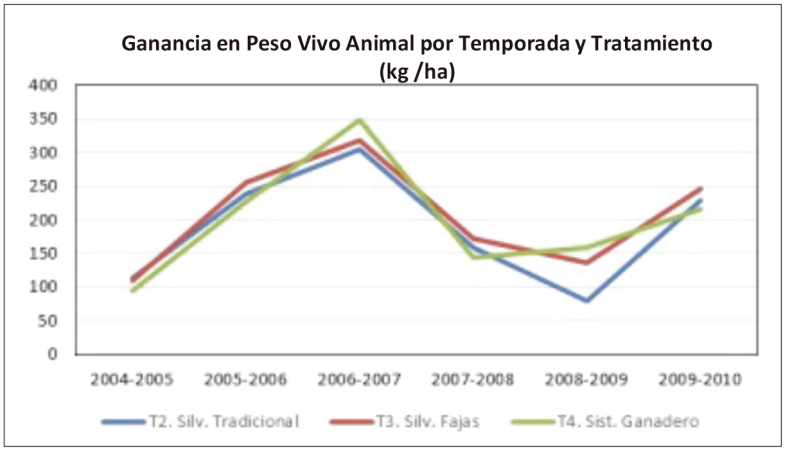



**Figura N° 29**
**EVOLUCIÓN GANANCIA EN PESO VIVO ANIMAL POR HECTÁREA EFECTIVA DE PRADERA TEMPORADAS 2004 A 2010**

## 5.3. Producción Forestal

El desarrollo de la componente forestal se describe a continuación a través de la evolución de las variables diámetro (DAP) y área basal (AB).

En el Cuadro N° 11 y Figura N° 30 se muestra la evolución del DAP entre los años 2004 y 2015. Al comenzar el estudio el año 2004, los tres tratamientos tenían un DAP similar y cercano a los 13 cm, lo cual fue variando en el transcurso de los años. Es así que al año 2015 el tratamiento de mayor diámetro es el T2 con 400 arb/ha, superando en 2,51 cm al tratamiento en fajas y en 4,26 cm al tratamiento forestal manejado con 800 arb/ha, con diferencias significativas entre los tratamientos.

Lo anterior se debe fundamentalmente al efecto de la densidad y a la distribución de los árboles en la superficie. Es así, que en el tratamiento T2 los árboles tuvieron un mejor desarrollo, ya que han tenido un mayor espacio para su crecimiento en relación a los otros dos tratamientos.

**Cuadro N° 11**
**DESARROLLO DEL DAP *Pinus contorta***
**AÑOS 2004 A 2015**

| Tratamiento | DAP (cm) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| T1: For. Manejado | 12,72 | 13,55 | 14,77 | 16,00 | 16,78 | 17,15 | 18,13 | 18,82 | 19,51 | 20,53 | 21,15 | 21,81 |
| T2: Silv. Tradicional | 12,90 | 14,21 | 15,96 | 17,76 | 19,06 | 19,66 | 20,83 | 21,91 | 22,65 | 24,27 | 25,28 | 26,07 |
| T3: Silv. Fajas | 12,98 | 14,10 | 15,60 | 17,05 | 17,96 | 18,37 | 19,77 | 20,73 | 21,52 | 22,43 | 23,05 | 23,56 |

(Fuente: Sotomayor *et al.*, 2016).

Si bien el tratamiento silvopastoral en fajas tiene una densidad similar que el tradicional, 400 y 357 arb/ha, en el primer tratamiento los árboles se concentran en una faja de terreno de menor superficie. Esta área de la faja tiene un ancho promedio de 6 m con un distanciamiento entre árboles en el sector interno de 2,2 m entre ellos y, entre los árboles exteriores entre fajas, el distanciamiento es de 21,0 m, mientras que en el silvopastoral tradicional el distanciamiento entre arboles es de 5,0 m.

La situación anterior genera una mayor competencia entre los árboles, tanto aérea como radicular, y como resultado existe un menor desarrollo y una alta variabilidad entre los árboles exteriores e interiores. El menor DAP en el sistema forestal manejado, tiene su explicación debido a la mayor densidad de este (800 arb/ha) respecto a los sistemas silvopastorales.

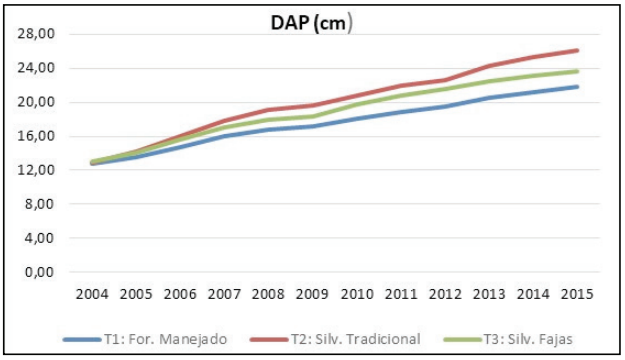



**Figura N° 30**
**EVOLUCIÓN DEL DAP *Pinus contorta* AÑOS 2004 A 2015**

Para el caso del AB, como indicador de ocupación del sitio, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro N° 12 y Figura N° 31). El AB, influenciada fuertemente por la densidad y luego por el DAP, indica que el tratamiento T1 obtiene una mayor AB con 22,77 m²/ha, producto de sus 800 árboles. Este valor (año 2015) es superior entre un 33 y 41% a los sistemas silvopastorales, que obtienen un AB entre 13,3 y 15,21 m²/ha, influenciados por una densidad inicial menor, entre 357 a 400 arb/ha, y poda y raleo el año 2013 (Sotomayor *et al.,* 2016).

**Cuadro N° 12**
**DESARROLLO DEL ÁREA BASAL DE LOS AÑOS 2004 A 2015**

| Tratamiento | ÁREA BASAL (m²/ha) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| T1: For. Manejado | 10,55 | 11,96 | 14,20 | 16,64 | 18,30 | 19,12 | 21,35 | 23,04 | 24,75 | 19,60 | 20,79 | 22,77 |
| T2: Silv. Tradicional | 4,79 | 5,81 | 7,32 | 9,08 | 10,28 | 10,88 | 12,54 | 13,88 | 14,88 | 11,53 | 12,54 | 13,30 |
| T3: Silv. Fajas | 5,44 | 6,40 | 7,81 | 9,31 | 10,35 | 10,81 | 12,51 | 13,72 | 14,80 | 13,76 | 14,52 | 15,21 |

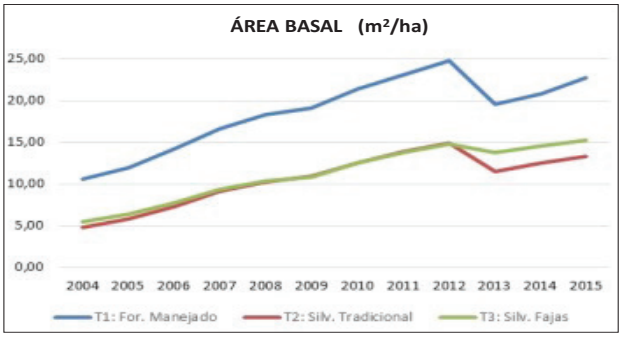



**Figura N° 31**
**EVOLUCIÓN DEL AB AÑOS 2004 A 2015**

# EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES CON ESPECIES NATIVAS

# 6. EXPERIENCIAS SILVOPASTORALES CON ESPECIES NATIVAS

En Chile se han realizado diversas experiencias silvopastorales con especies nativas, exponiéndose algunas de estas a continuación.

## 6.1. 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° 13. La pradera sembrada fue una Mediterráneo 600 (MED 600) según descripción de INIA, compuesta por trébol subterráneo - trébol balanza y hualputra, siendo fertilizada con N-P-K. La pradera natural, no fue fertilizada.

**Cuadro N° 13**
**DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS DE MANEJO SILVOPASTORAL CON ESPINO EN PREDIO UBICADO EN LA COMUNA DE CAUQUENES, REGIÓN DEL MAULE, ENTRE LOS AÑOS 2006 Y 2009**

| Tratamiento | Descripción de Tratamientos |
|---|---|
| **A** | **Silvopastoral Espino con pradera sembrada bajo una cobertura** de 40-50%, con las especies trébol balanza (*Trifolium michelianum*), hualputra (*Medicago polymorpha*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum 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 (*Trifolium michelianum*), hualputra (*Medicago polymorpha*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum 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° 14, 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° 14**
**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 ($p \leq 0,05$)
(Fuente: Sotomayor y Soto, 2011)

(a) (b)

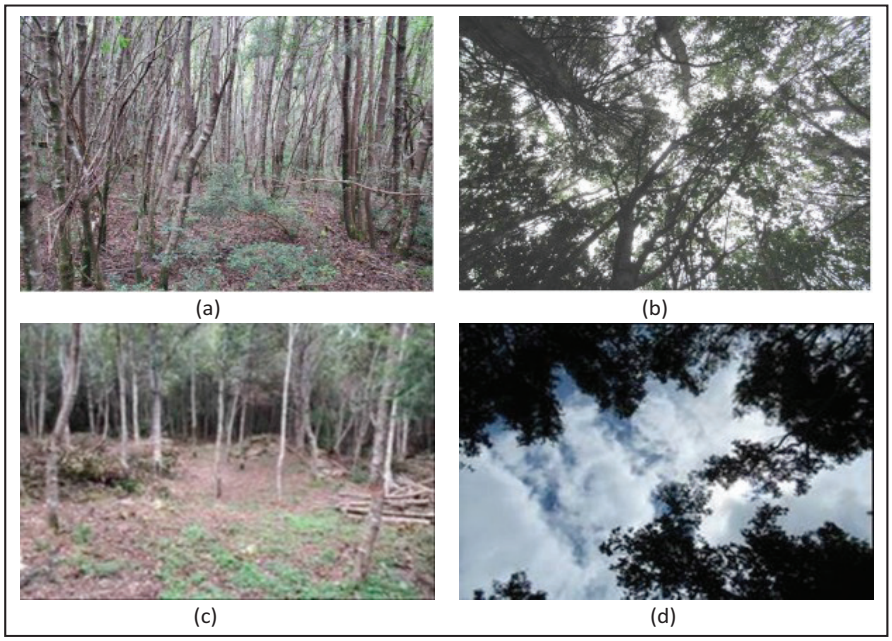
**Figura N° 32**
**TRATAMIENTO A: SILVOPASTORAL CON ESPINO MANEJADO (a) Y ESTEPA DE ESPINO SIN MANEJO (b)**

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 y Ovalle *et al.*, 2016).

## 6.2. Sistema Silvopastoral con Radal

Entre los años 2017 y 2020 se realizaron diversas experiencias de manejo con fines silvopastorales en formaciones 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 producto de este manejo, que contribuir al costo de las intervenciones (Figura N° 33).




a) Radal sin manejo con densidad inicial de 3.000 arb/ha
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° 33**
**MANEJO EN FORMACIÓN PURA DE RADAL COMUNA DE PALENA**

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 de conservación de la especie.

### 6.3. 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 ñirrantales 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 aledaña al bosque, para análisis de la estrata herbácea) (Salinas *et al.,* 2017).

**Cuadro N° 15**
**TRATAMIENTOS EVALUADOS EN CONDICIONES DE ÑIRRANTAL**
**COMUNA DE COYHAIQUE**

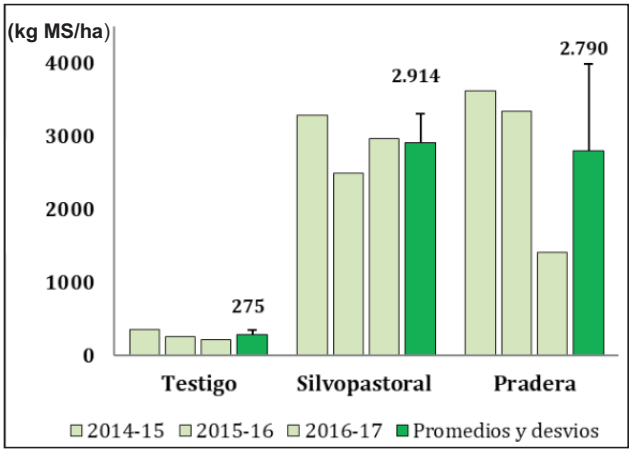
| Tratamiento | Tratamiento | Descriptor |
|---|---|---|
| A | Testigo forestal | Bosque de ñirre sin intervenir |
| B | Silvopastoral | Bosque de ñirre raleado (40% área basal) |
| C | Pradera natural | Situación pastoral (100% transmisividad luminica) |

(a) (b)

**Figura N° 34**
**BOSQUE DE ÑIRRE SIN MANEJO (a) Y CON MANEJO SILVOPASTORAL (b)**

En la Figura N° 35 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.




(Fuente: Salinas *et al.,* 2017)

**Figura N° 35**
**PRODUCCIÓN DE LA PRADERA EN TESTIGO, EN MANEJO SILVOPASTORAL DE ÑIRRE Y EN PRADERA SIN ÁRBOLES**

# FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

# 7. FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para la implementación de sistemas silvopastorales, existen diversos incentivos en instrumentos de fomento elaborados por el Gobierno y destinados a ayudar a la población rural y a propietarios silvoagropecuarios en general.

**Ley de Fomento al Bosque Nativo:** Se bonifican las intervenciones en formaciones de bosque nativo en Chile, con fines de su mejoramiento. Además, existen incentivos para labores de investigación sobre tratamientos silvícolas que mejoren su condición. Para mayor información concurrir a oficinas CONAF y de INFOR en el país.

**Programa de Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD):** Ley que bonifica acciones de recuperación de suelos hasta el año 2021, la cual esta siendo analizada para su ampliación a partir de ese año. Para un manejo silvopastoral esta considera bonificaciones para el establecimiento de sistemas silvopastorales, la fertilización con diferentes elementos de acuerdo a la necesidad, recuperación y siembra de praderas, cercado y limpias entre otros trabajos. Los incentivos para estas actividades pueden ser utilizados para sistemas silvopastorales realizados según el concepto de ordenación predial. Además, considera incentivos para el establecimiento de cortinas cortavientos y protección y recuperación de riberas de cursos de aguas. Para mayor información concurrir a oficinas de INDAP o SAG, al Centro Agroforestal Patagónico (CAP) en Coyhaique y a oficinas de INFOR en el país.

# CONCLUSIONES

# 8. CONCLUSIONES

Como se ha expuesto en el presente manual, la implementación de sistemas silvopastorales es factible para pequeños y medianos agricultores o propietarios de tierras. Los sistemas silvopastorales, si bien son factibles y en muchos casos más rentables, o similares que usos ganaderos 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 otros beneficios que sin duda los agricultores deben considerar.

**Beneficios Productivos**

- Ingresos por venta de madera, carnes, lana, forraje, y productos forestales no madereros (PFNM).

- El hecho de tener diversos elementos productivos en la misma unidad predial (como ganado, madera, forraje) le permite al agricultor durante la duración del sistema poder obtener diversos ingresos intermedios en el tiempo, diversificar la producción en sus predios y, ante situaciones de inestabilidad de mercado, poder estabilizar los ingresos con una mayor diversidad de productos.

**Beneficios Ambientales**

- Protección que le otorga el árbol a animales y pradera, y a diversos recursos naturales como el suelo y agua.

- Aumento de la biodiversidad predial.

- Mejoramiento del bienestar animal, por la protección que le otorgan los árboles ante condiciones climáticas adversas.

- Captura de carbono y mitigación de gases efecto invernadero.

El seleccionar uno u otro sistema, con uno u otro esquema de manejo o diseño, con especies de rápido crecimiento o de alto valor, con ovinos o bovinos, dependerá de las características 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 al Centro Agroforestal Patagónico (CAP) o a Sedes de INFOR en el país.

# 9. REFERENCIAS


**Ganderats, S., 2001.** Antecedentes sobre la producción de praderas en Aysén. Boletín INIA Nº 69. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Coyhaique, Chile. 53 p.

**García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G., 2000.** Establecimiento de plantaciones forestales. Documento de divulgación Nº 17, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 33 p.

**Gatíca, V.; Perret, S. y Zuñiga, S., 2000.** La agroforestería en la pequeña propiedad del secano. Manual N° 27. Instituto Forestal. 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. INFOR, Sede Coyhaique. 21p.

**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, Chilla, 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, Santiago, Chile. pp. 101-118.

**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**. Documento de Divulgación N° 43, Sistemas silvopastorales en bosque de ñirre en la Región de Aysén. Instituto Forestal, Coyhaique, Chile.

**Sotomayor, A., 1989.** Sistemas silvopastorales y su manejo. Documento Técnico Nº 42. Revista Chile Forestal. Diciembre 1989. CONAF. 8p.

**Sotomayor, A., 2009.** Manejo silvopastoral con *Pinus contorta* Doug.ex.Loud. como alternativa productiva sustentable para propietarios ganaderos en la Región de Aysén, Chile. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, España. 304 p.

**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.; Helmke, E. y García, E., 2002.** Manejo de plantaciones forestales. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 32 p.

**Sotomayor, A. y García, E., 2004.** Cartilla Agroforestal Nº 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.; Moya, I. y Teuber, O., 2009**. Manual de Establecimiento y manejo de sistemas silvopastorales en zonas patagónicas de Chile. Manual 41, Instituto Forestal, Coyhaique, Chile. 46 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.

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

**INFOR SEDE BIO BIO**
**Camino a Coronel km. 7,5**
**San Pedro de la Paz, Región del Bio Bio**
**Tel: (56-41) 2853260**

**INFOR, SEDE PATAGONIA:**
**Camino Coyhaique Alto Km 4,5**
**Coyhaique, Región de Aysén**
**Tel: (56-67) 2262500**

**Centro Agroforestal Patagónico (CAP)**
**Camino Coyhaique Alto Km 4,5**
**Coyhaique, Región de Aysén**
**TEL: (56-67) 2262500**

**INFOR**

**www.infor.cl**
**www.agroforestería.cl**