Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INFOR

Manual N° 58



SISTEMAS SILVOPASTORALES EN CHILE GENERALIDADES Y EJEMPLOS

INSTITUTO FORESTAL
2020

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

Manual N° 58

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN CHILE
GENERALIDADES Y EJEMPLOS

Marlene González[1], Jaime Salinas[2] y Jaime Montenegro[3]

INSTITUTO FORESTAL
2020

[1]Instituto Forestal, Sede Metropolitana, Santiago, Chile. marlene.gonzalez@infor.cl
[2]Instituto Forestal, Sede Patagonia, Coyhaique, Chile. jsalinas@infor.cl
[3]Instituto Forestal, Sede Diaguitas, La Serena, Chile. jmontenegro@infor.cl

INSTITUTO FORESTAL
Sucre 2397 – Ñuñoa - Santiago
Chile
Fono (56) 223667115
www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-183-8
Registro Propiedad Intelectual N° 2021-A-1297

Revisores: Alejandro Lucero y Santiago Barros

Diseño Gráfico: Hugo Espinoza Gallardo

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

González, M.; Salinas, J. y Montenegro, J. 2020. Sistemas Silvopastorales en Chile: Generalidades y Ejemplos. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 58. P. 70.
https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30438

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 07

OBJETIVOS Y BENEFICIOS 09

DESCRIPCIÓN COMPONENTES 11

Componente Arbóreo 11
Componente Pratense 18
Componente Pecuario 18

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES 21

Ventajas de los Sistema Silvopastorales 21
Desventajas de los Sistema Silvopastorales 27

TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORALES 29

Según Duración de la Interacción de las Componentes en el Área 29
Según la Naturaleza del Componente Arbóreo 30
Según el Enfoque u Objetivo Principal 31
Según la Distribución del Componente Arbóreo 31

DISEÑO Y ORDENAMIENTO 35

Tipo de Especie de Árbol o Arbusto a Utilizar 36
Animal Doméstico a Producir 36
Tipo de Forraje a Privilegiar 40

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO 41

Establecimiento 41
Manejo 46
- Manejo del Componente Arbóreo 46
- Manejo del Componente Animal 48
- Manejo de la Pradera 50

COSTOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD POR MACROZONA TERRITORIAL 54

Macrozona Centro-Norte 54
Macrozona Centro-Sur 57
Macrozona Patagónica 58

REFERENCIAS 68



INTRODUCCIÓN

El concepto de agroforestería o sistemas agroforestales se refiere a esquemas y tecnologías de uso de suelo en los cuales las especies leñosas perennes, árboles y arbustos, se utilizan deliberadamente en un mismo sistema de manejo con cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal (ICRAF, 2000, citado por Sotomayor *et al.*, 2016). Entre los distintos arreglos y diseños posibles, se encuentran los Sistemas Silvopastorales (SSP).

Un sistema silvopastoral (SSP), también conocido como silvopastoreo o sistema silvopastoril, es una forma de arreglo espacial donde se combinan árboles, pradera para forraje y ganado (Figura N° 1). Esta asociación deliberada en un mismo sitio o en una unidad predial, genera el desarrollo de una interacción ecológica beneficiosa que permite maximizar el uso del suelo, lo que a su vez se traduce en un aumento de las oportunidades de ingresos y disminución de la incertidumbre económica comparado con los predios puramente ganaderos o forestales, siendo reconocidos como un enfoque integrado de uso sostenible de la tierra (INFOR, s/f; Russo, 2015; Schneider, 2019; Chará *et al.*, 2020;).



Figura N° 1 DIAGRAMA EXPLICATIVO DE COMPONENTES E INTERACCIONES DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL

Cada uno de los componentes puede generar efectos negativos (competencia), positivos (facilitación) o neutros sobre los otros componentes. Para lograr un equilibrio productivo y ambiental del sistema deberán predominar los efectos positivos por sobre los negativos. Para ello es fundamental mantener un conocimiento específico entre las interacciones de cada componente, de este modo lograr a largo plazo un correcto manejo del sistema silvopastoral (Salinas *et al.*, 2017a).

Estos sistemas se practican a diferentes niveles, pero siempre se persigue potenciar todas estas componentes, teniendo diferentes variaciones dependiendo de las especies vegetales arbóreas y pratenses a utilizar, la región y zona agroecológica donde se establezca, los requerimientos agroecológicos de las componentes y el diseño del mismo, transformándose en un mecanismo que se maneja deliberadamente para darle un mejoramiento productivo-tecnológico de consideración a los pequeños propietarios, aunque por lo descrito, es un sistema mucho más complejo de manejar en comparación con sistemas tradicionales de producción ganadera o forestal por separado (Durana *et al.*, 2019).

Con la finalidad de contribuir con la difusión y adopción de estos modelos de producción en Chile, que sin duda constituyen un sistema alternativo de uso de la tierra, económica y ambientalmente sostenibles, se ha preparado el presente manual, el cual contiene información general de los sistemas silvopastorales, complementada con información y resultados de estudios realizados, principalmente a nivel nacional, junto con antecedentes de costos e indicadores de rentabilidad que pueden aportar a productores, extensionistas y otros tomadores de decisión.

OBJETIVOS Y BENEFICIOS

Diferentes formas de silvopastoreo han sido utilizadas por siglos en Latinoamérica y en el mundo, siendo el resultado de la introducción o mejoramiento deliberado del forraje en un sistema de producción de maderas o productos forestales, o de otro modo, la introducción deliberada o mejoramiento de árboles en un sistema de producción de forraje.

Son sistemas complejos, que deben ser diseñados cuidadosamente y en el que las interacciones de sus componentes se deben manejar de manera intensiva para asegurar su sostenibilidad y adaptarse a diferentes condiciones ecosistémicas, socioeconómicas y culturales (Durana *et al.*, 2019).

Se trata de sistemas que entregan múltiples beneficios al propietario, a través de incrementar la productividad del sistema de forma sostenible al diversificar las fuentes de ingresos, aumentar la productividad de la pradera a través de la protección física y recuperación de la fertilidad del suelo y proveer servicios ambientales, entre otros.

La incorporación del árbol en la implementación de sistemas silvopastorales, permite:

- Reponer la cubierta forestal de forma parcial y ordenada en áreas de pasturas,
- Recomponer el paisaje natural en zonas de pasturas degradadas.
- Producir sombra y reducir la intensidad de calor o frío proporcionando un ambiente favorable para la producción y reproducción de los animales.
- Renovar e incrementar el ciclo orgánico y de nutrientes, principalmente cuando se consideran árboles fijadores de nitrógeno.
- Contar con complemento alimenticio para los animales a través de árboles forrajeros (Figura N° 2a).
- Producir madera, leña, carbón, postes, que pueden ser utilizados en la propiedad rural y/o productos forestales con valor económico agregado para su uso industrial (Figura N° 2b).
- Diversificar los productos forestales y pecuarios en la unidad productiva.
- Contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero y con ello favorecer la mitigación del cambio climático (Ribaski y Montoya, s/f).



Figura N° 2a
SISTEMA SILVOPASTORAL CON TAMARUGO (*Prosopis tamarugo*).
REGIÓN DE COQUIMBO.



Figura N° 2b
Eucalyptus cladocalyx CON PRADERA NATURAL PARA USO ALIMENTICIO ANIMALES Y POSTES.
REGIÓN DE COQUIMBO.

DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

Los sistemas silvopastorales se caracterizan por realizar una gestión simultáneamente para los productos animales y forestales, logrado a partir de una infinidad de combinaciones, por lo que preservar el equilibrio dinámico entre todos los elementos del sistema es siempre un desafío, independientemente del diseño utilizado, razón por la que es importante conocer en detalle cada uno de sus componentes (Sales-Baptista *et al.*, 2019).

Es también de mucha importancia conocer las interacciones que se generan entre estos componentes, ya que ellos presentan diferencias morfológicas importantes, tanto en la parte aérea como en el sistema radicular y, como comparten el mismo espacio, deben satisfacer sus necesidades utilizando las mismas fuentes de luz, agua y nutrientes (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).

Es importante entonces conocer cuáles son las interacciones positivas (facilitación), negativas (competencia) o neutras que se generan entre sus componentes, para lograr un punto de equilibrio que permita maximizar la producción biológica del sistema en su conjunto (Salinas *et al.*, 2017a).

Componente Arbóreo

De modo general, la estrategia para la incorporación y/o manejo de árboles en sistemas productivos es buscar la producción máxima de su principal producto comercial, es decir madera de alta calidad, en el mediano y largo plazo, como un aporte a la productividad del sistema.

Sin embargo, existen otros beneficios y mejoras en las condiciones generales cuando son incorporados los árboles a sistemas silvopastorales.

Algunos autores precisamente han destacado como un efecto ecológico importante, especialmente el efecto de los árboles sobre la conservación del suelo, ya que sus copas disminuyen el impacto de las lluvias que provocan erosión y compactación del suelo.

Su sistema radicular, generalmente más denso y profundo que el de la vegetación menor, además de evitar el arrastre de las partículas del suelo, tiene el potencial de absorber los nutrientes en capas más profundas del suelo, favoreciendo el ciclo de nutrientes.

Los procesos en los cuales se observa un efecto de los árboles sobre la mantención o mejoramiento de los suelos incluyen:

- Aumento de las entradas: Se incrementa la materia orgánica, se logra fijación de nitrógeno del aire en el caso de especies leguminosas, la absorción de nutrientes es más eficiente reduciendo las pérdidas de materia orgánica y

nutrientes a través del reciclaje y control de la erosión como se observa en la Figura N° 3 (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).

- Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, incluso de la capacidad de retención de agua (Ejemplo en Estudio 1) (Chará *et al.*, 2020).

- El cultivo de plantas arbóreas es una de las formas más eficientes de capturar y retener el carbono atmosférico (Figura N° 4) cuya acumulación contribuye a la mitigación de los efectos del cambio climático (Peri *et al.*, 2019).

- En sistemas silvopastorales, destaca también el efecto positivo de los árboles en la generación de un microclima más favorable (Ejemplo en Estudio 2), beneficiando tanto a las plantas como a los animales. Los árboles impiden la reducción drástica de la humedad del suelo bajo la influencia de sus copas, al reducir la excesiva evaporación causada por los rayos solares y funcionar como rompevientos (Figura N° 5) (Russo, 2015).



Figura N° 3:
SISTEMA SILVOPASTORAL QUE INCLUYE POTRERO PARA RAMONEO ANIMAL Y ÁRBOLES PARA EXTRACCIÓN DE LEÑA Y POSTES EN ZONA DE ILLAPEL

Estudio 1. Modelos Agroforestales para la Diversificación de las Opciones Productivas de Pequeños Propietarios del Secano de la Región de Coquimbo (Hernández *et al.*, 2020)

La precipitación es el principal factor climático limitante para el desarrollo de la vegetación en la zona norte de Chile. Presenta una fuerte estacionalidad, concentrada en la época invernal y con recurrentes y prolongados períodos de sequía, situación que se ha visto agudizada por el cambio climático.

En ese escenario se planteó este estudio con el objetivo de evaluar el efecto del uso de Obras de Conservación de Agua y Suelo (OCAS) sobre las propiedades físico-químicas e hídricas del suelo y su relación con crecimiento y supervivencia de plantas agroforestales en diferentes zonas de secano de la Región de Coquimbo. Para ello se monitorearon variables ambientales, como humedad relativa (%), temperatura ambiental (°C), precipitación (mm), radiación PAR (µmol/m²s)) y de suelo, como humedad (m^3/m^3) y temperatura (°C) (Figura N° 4).



Equipos de registro de variables climáticas instaladas en unidades de estudio sector Canela

Los resultados en una de las unidades establecidas (Comunidad Agrícola Carquindaño, comuna de Canela, Provincia de Limarí) evidencian que las OCAS generan un efecto significativo en la supervivencia (%) y en los crecimientos en diámetro (mm) y altura (cm) de especies arbóreas (forestales y frutales) incluidas en modelos agroforestales, al ser comparados con aquellos sectores donde se realizó una plantación tradicional en casilla, es decir, sin OCAS. El crecimiento de las plantas muestra una relación directa con las OCAS, reflejando la alta sensibilidad de las plantas a los posibles aumentos de contenido de humedad del suelo producto de estas obras. También presentó un efecto significativo sobre las propiedades físicas e hídricas del suelo, reduciendo la densidad aparente independiente de la profundidad y mejorando los paramentos hídricos relacionados con la capacidad de retención de agua.



Figura N° 4:
Eucalyptus cladocalyx EN SISTEMA SILVOPASTORAL COMUNA DE ILLAPEL



Figura N° 5:
SISTEMA SILVOPASTORAL COMPUESTO POR VARIAS ESPECIES ARBÓREAS CON REGENERACIÓN DE PRADERA NATURAL COMUNA DE ILLAPEL

Respecto a la interacción positiva que los árboles aportan a la pradera y ganado, se adicionan otros beneficios:

- Algunas especies arbóreas suministran forraje (Figura N° 6) y a esto se pueden sumar incluso las prácticas silvopastorales, en las que el componente leñoso no está necesariamente en el mismo sitio que el animal, ya que el forraje puede ser trasladado o almacenado para ser utilizado en periodos más críticos (Russo, 2015).

- Los animales se benefician de la sombra proporcionada por los árboles, que reduce la insolación y la temperatura ambiente, con impactos positivos en el desempeño productivo y reproductivo. Algunos autores, citados por Bastos da Veiga y Feio da Veiga (s/f), indican que cuando los animales se encuentran protegidos del calor, pastan por períodos más largos, requieren un 20% menos de agua para beber, presentan mejor eficiencia de conversión de forraje, mayor crecimiento y producción de lana y de leche, pubertad precoz, mayor tasa de concepción, mayor regularidad del período fértil y mayor vida reproductiva.

- En sistemas silvopastorales el componente arbóreo es más eficiente en la translocación de nutrientes de las capas más profundas del suelo para la superficie, pudiendo dejarlos disponibles para las plantas herbáceas de raíces superficiales (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).

Sin embargo, es importante también indicar algunas interacciones negativas que podrían darse cuando las medidas de gestión de un sistema de este tipo no son las adecuadas:

- La densidad de árboles en un sistema de este tipo, debe ser la adecuada para garantizar su estabilidad. Cuando en el plan de manejo forestal se consideran raleos, no se debe sobrepasar el número de individuos extraídos sugerido, ya que eso afecta a algunos mecanismos o servicios que garantizaban el equilibrio por ejemplo del reciclaje de nutrientes y la conservación del suelo.

- En el otro extremo, se debe considerar que en sistemas multi-estratos, como los SSP, los árboles se ven favorecidos en la competencia por luz, quedando la producción de la vegetación herbácea sujeta a la densidad o espaciamiento del componente arbóreo y a su adaptación fisiológica a la baja intensidad de luz. Como el nivel de radiación solar que alcanza el estrato herbáceo es dinámico a lo largo de la formación de los sistemas silvopastorales, se debe garantizar un espaciamiento entre los árboles suficiente para que la competencia por luz no sea un factor crítico en la interface árbol – pastura, donde el grado de adaptación a la sombra de la forrajera irá a determinar el nivel de poblamiento de las áreas bajo las copas.

- Las asociaciones entre árboles y pasturas son afectadas por la competencia por agua, especialmente en regiones con déficit hídrico y cuando los árboles utilizados

tienen raíces superficiales. En épocas críticas, el suelo bajo dosel presenta un mayor contenido de humedad que en áreas expuestas directamente al sol y al viento, contribuyendo con ello a mejorar el desempeño de las pasturas.

- En algunos casos se requieren estudios más profundos sobre la relación alelopática entre estos componentes, dadas las evidencias de que algunas gramíneas puedan perjudicar el crecimiento de algunos árboles y viceversa (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).



Figura N° 6:
Acacia saligna y CHAÑAR (*Geoffroea decorticans*) EN SISTEMA SILVOPASTORAL EN SECANO INTERIOR Y COSTERO EN LA ZONA NORTE DE CHILE

Estudio 2. Cambios en parámetros climáticos por influencia de árboles en sistemas silvopastorales con *Pinus contorta* en Aysén, Chile (Sotomayor y Teuber, 2011)

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los árboles de Pinus contorta manejados bajo ordenación silvopastoral, sobre algunos parámetros climáticos bajo su influencia: viento, sensación térmica (wind chill), humedad relativa, temperatura del ambiente y precipitación, en comparación con sistemas de uso tradicional de los suelos en Región de Aysén, sin árboles.

Los resultados obtenidos, mostraron que hubo modificación de algunos parámetros climáticos del ambiente, principalmente el viento. Los árboles redujeron la velocidad promedio del viento en relación al tratamiento testigo (ganadero), en aproximadamente 200%. En relación a las velocidades máximas de viento, la reducción fue del 10 % en los tratamientos silvopastorales, en comparación con tratamiento ganadero.

Respecto a la sensación térmica, wind chill, se registraron valores entre 22 y 26% más alto, en relación a tratamiento ganadero. Los sistemas silvopastorales afectaron el comportamiento de la precipitación registrándose valores superiores de precipitación en ambos modelos silvopastorales evaluados (en fajas y tradicional) comparado con el modelo exclusivamente ganadero.

Otros parámetros no fueron afectados por la presencia de árboles, como fue la temperatura media y la humedad relativa, con valores levemente superiores en esta última en los tratamientos silvopastorales de 0,2 a 0,6 %, dependiendo de la época del año.



Plantación con *Pinus contorta* manejada como SSP, Región de Aysén

Componente Pratense

De esta componente se obtiene forraje o alimento para el ganado. La o las especies a utilizar para una pradera sembrada o para beneficiar una pradera natural, dependerán de las condiciones edafoclimáticas del predio, tipo de animal y la tolerancia a la competencia arbórea (Sotomayor *et al.*, 2009). En general, los pastos mejorados producen más forraje y de mejor calidad en comparación con el pasto nativo, además, cuando son bien manejados, mantienen o mejoran la fertilidad de los suelos.

Uno de los factores más importantes para el comportamiento de especies forrajeras es la variación de la intensidad lumínica. Su sistema adaptativo está vinculado a modificaciones morfo-fisiológicas, según su nivel de tolerancia. Por ejemplo, especies menos tolerantes a la sombra reducen el tamaño de sus hojas, lo que a su vez se traduce en una baja en la tasa fotosintética.

También se ha observado que ocurre una reducción de la digestibilidad del forraje, porque se altera la proporción del tejido más digerido de la hoja que disminuye a la vez que aumenta el tejido menos digerido (la epidermis). Esto explicaría porque las gramíneas tolerantes a la sombra tienden a ser más palatables que aquellas que crecen a pleno sol.

En los sistemas silvopastorales, la pradera también genera una protección efectiva del suelo contra procesos erosivos, función que es especialmente importante en las fases iniciales del sistema, cuando el desarrollo de los árboles aún no les permite

Componente Pecuario

El objetivo principal de la integración de animales a sistemas silvopastorales es producir proteína animal sin incorporar nuevas áreas al sistema de producción (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f), generando ingresos adicionales a través del aumento de la productividad de la tierra. El animal a ser usado no debe perjudicar el crecimiento, productividad y manejo de los otros componentes.

Los fenómenos meteorológicos extremos afectan a la productividad del ganado y, por consiguiente, a las ganancias de productores de carne y leche (Grombko, 2020). La provisión permanente de sombra, abrigo, alimentos y agua a los animales, contribuye a su bienestar (Figura N° 7), siendo una alternativa válida para la ganadería convencional sostenible en América Latina, donde se ha evidenciado que la disminución del estrés térmico permite una mayor ganancia diaria de peso por animal respecto a los que no disponen de sombra.

El bienestar animal se mide a través de indicadores basados en el animal y en el

medio ambiente que lo rodea, como por ejemplo a través de su condición corporal, ganancia de peso, grado de suciedad del animal, presencia de lesiones visibles en piel y tegumentos, rengueras, etc. (Huertas Canén, 2019).

En un sistema silvopastoral el bienestar animal se mejora como resultado de la mayor disponibilidad de nutrientes comparado con los monocultivos de pasturas, la reducción del estrés térmico debido a la provisión de sombra, la posibilidad de refugio que reduce el miedo y la ansiedad, y la reducción de ectoparásitos (Chará *et al.*, 2020).



Figura N° 7:
ALGARROBO (*Prosopis chilensis*) Y ESPINO (*Acacia caven*) EN SISTEMA SILVOPASTORAL EN SECANO INTERIOR EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE



El ganado al igual que en el caso de los otros componentes, también genera interacciones positivas que favorecen a los árboles y la pradera, entre las que destacan:

- Los animales pueden participar en la diseminación de las semillas, o escarificarlas, lo cual favorece la germinación (Russo, 2015).

- Contribuyen en la reducción de costos de eliminación de las malezas presentes en la pradera, a través del pastoreo de especies palatables o dañando a través del pisoteo a las no palatables, disminuyendo así el potencial de competencia por agua y nutrientes del suelo.

- Los animales reducen el riesgo de incendios al evitar la acumulación de la vegetación herbácea fresca o seca, ya que se rebaja su altura (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).

- También aceleran el ciclo de nutrientes en el sistema, ya que gran parte de la biomasa que consumen retorna al suelo en forma más degradada, como heces y orina (Russo, 2015). Hasta un 90% de los nutrientes minerales (incluyendo el nitrógeno) contenidos en el forraje consumido por los animales en pastoreo retorna a la pastura de esta manera.

Respecto a las interacciones que podrían tener un efecto negativo sobre el sistema, se pueden distinguir algunas:

- Las preferencias alimenticias de los animales pueden afectar la composición del bosque y generar que con el tiempo predominen las especies no apetecidas por el ganado (Russo, 2015).

- Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles y pradera (Lanza *et al.*, 1999).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES

Los sistemas silvopastorales corresponden a una alternativa productiva con múltiples posibilidades de aplicación, así como con beneficios económicos, productivos, sociales y ambientales generados en forma simultánea en el mismo espacio (Durana *et al.*, 2019), donde las interacciones entre los componentes y los flujos de energía y nutrientes se suman a la contribución individual de cada componente a la productividad de la unidad.

Ventajas de los Sistemas Silvopastorales

Estos sistemas presentan ventajas y beneficios, según cada ámbito de análisis.

- **Ámbito Económico**

- La diversificación de la producción posibilita obtener ingresos a corto, mediano y largo plazo, así como también atenuar las fluctuaciones de precios y del mercado de cada uno de los productos generados. Se logra un aumento y consolidación del flujo de caja y aparecen costos evitados como la fertilización y control de malezas (Peri *et al.*, 2019).

- En el largo plazo, destaca la producción de madera. En el caso de plantaciones hay ingresos intermedios por faenas de manejo que generan productos de menor calidad pero que ayudan a compensar los costos de establecimiento y manejo.

- La sinergia entre el ganado y los árboles permite que un sistema combinado produzca más ingresos que un sistema solo, ya que el ganado goza de un bienestar que le permite producir más leche y carne de mayor calidad.

- La disminución del estrés calórico en los animales permite una mayor ganancia diaria por animal respecto a los que no disponen de sombra, y el abrigo genera la disminución de sus requerimientos de energía para el mantenimiento (Grombko, 2020).

- **Ámbito Productivo**

- Estos sistemas producen más materia seca como alimento nutricional más balanceado (energía digestible y proteína cruda) por hectárea que los sistemas puros, por esta razón, pueden incrementar la producción de leche y carne mientras se reduce la necesidad de insumos externos como fertilizantes químicos y alimentos concentrados (Chará *et al.*, 2020). Hay ganancias de peso y también reproductivas, logrando aumentos en el porcentaje de preñez.

- La sombra de los árboles mejora el confort térmico animal mitigando el efecto de temperaturas extremas (Huerta Canén, 2019); reduce el estrés calórico por excesivo calentamiento por insolación directa y reduce la temperatura ambiental y los protege de fuertes vientos o bajas temperaturas, principalmente en época de parición (Peri *et al.*, 2019).

- Las pasturas también son beneficiadas por el efecto que ejerce la sombra, ya que logra una disminución en su tasa de evapotranspiración (Russo, 2015).

- Los árboles aportan materia orgánica al suelo en forma de hojas, flores, frutos, raíces y ramas muertas que se desprenden periódicamente. Además, absorben elementos en los horizontes más profundos y los depositan en la superficie, por lo que estos quedan disponibles para los pastos, beneficios que aumentan cuando se utilizan árboles fijadores de nitrógeno.

- Lo anterior puede ayudar a atenuar la competencia por agua, nutrientes, luz y espacio entre los árboles y la pradera (Russo, 2015).

- **Ámbito Social**

- La flexibilización de la economía es importante especialmente para pequeños y medianos productores, ya que incrementa la calidad de vida de la población rural al otorgarles tranquilidad al reducir la presión de no depender de un solo producto.

- Estos sistemas facilitan la participación del grupo familiar e incrementan la resiliencia ante perturbaciones de mercado al diversificar los riesgos (Ejemplo en Estudio 3) (Durana *et al.*, 2019).

- Los sistemas silvopastorales se adaptan a las condiciones locales, pudiendo ser modificados para enfocarse más a actividades forestales o en el ganado en función de las necesidades e interés de los productores (Grombko, 2020).

- Los animales aportan ingresos por la producción de carne, leche, cueros y lana, pero también se transforman en un bien de fácil venta para enfrentar momentos de necesidad.

- Tienen la capacidad para generar empleo, particularmente en sus eslabones de mayor valor agregado, que podría ser empleado como una estrategia para el desarrollo territorial en su lugar de origen (Peri *et al.*, 2019).

- Facilitan el acceso a financiamiento, el cual es difícil para pequeños y medianos productores cuando se trata de proyectos exclusivamente ganaderos o forestales (Grombko, 2020).

- **Ámbito Ambiental**

- Se han demostrado efectos positivos de los SSP sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo. El mayor número de estratos en este tipo de sistemas genera también biomasa más abundante y heterogénea que es depositada en el suelo en forma de hojas, ramas, frutos, resinas y exudados con efectos importantes sobre los nutrientes, la materia orgánica y la biota.

- Estos beneficios son complementados por el efecto de los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno y otras asociaciones entre los árboles y microorganismos que incrementan la disponibilidad de nutrientes vitales para la producción de biomasa (Chará *et al.*, 2020).

- La mayor densidad de raíces y de cobertura al suelo que ofrecen los árboles, reduce la acción de pisoteo de los animales, lo que a su vez resulta en una baja en la tasa de compactación de suelo (Nuñez *et al.*, 2019).

- Son una opción de producción en zonas de amortiguamiento de áreas protegidas o de conservación, que favorecen la preservación de la biodiversidad y se ajustan a las estrategias de los programas de reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD+).

- Estos sistemas permiten ampliar la cobertura forestal, producir madera y contribuir a la disminución de emisiones, permitiendo incluso la reconversión de la ganadería extensiva de muy baja productividad a sistemas más productivos y la rehabilitación de áreas degradadas por la ganadería extensiva, la deforestación y el agotamiento de los suelos (Russo, 2015).

- La presencia de arbustos y árboles genera efectos positivos sobre la biodiversidad gracias a que contribuyen a crear hábitats más complejos para los animales y plantas silvestres, albergan una biota más rica en el suelo e incrementan la conectividad entre fragmentos de bosque (Chará *et al.*, 2020).

- Evaluaciones recientes indican que muchos sistemas silvopastorales tienen riqueza de especies comparable a la de bosques secundarios jóvenes, lo que mejoraría la biodiversidad, uno de los factores más criticados de los sistemas ganaderos puros.

- Estudios en América Latina han demostrado que los sistemas silvopastorales cuentan con un mayor número de especies de aves, si se les compara con terrenos en barbecho, fragmentos de bosques y pasturas con baja densidad arbórea (Montagnini, 2019).

- El follaje de los árboles reduce la velocidad de las gotas de lluvia previniendo la erosión y facilitando la infiltración del agua en el suelo. A su vez las raíces ayudan a filtrar contaminantes de las aguas de escorrentía y aguas subterráneas.

- La presencia de árboles ayuda en la reducción de los olores y los polvos en áreas donde se concentran los animales (Coda y Sotomayor, 2011).

- Los árboles capturan el dióxido de carbono, contribuyen con la mitigación del calentamiento global mediante el secuestro y almacenamiento de carbono al ser sumideros de CO_2 (Peri *et al.*, 2019) (Ejemplo en Estudio 4).

Estudio 3. Contribución de los Sistemas Silvopastorales a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Chará *et al.*, 2020).

En el año 2015, los 193 Estados Miembro de las Naciones Unidas adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), conjunto de 17 objetivos aspiracionales que esperan guiar el desarrollo de las acciones de los gobiernos, agencias internacionales, sociedad civil y otras instituciones durante 15 años (2016-2030), integrando las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental.

Por otra parte, América Latina ha experimentado ampliamente con los sistemas silvopastorales, acumulando importante experiencia en su adopción y adaptación a las circunstancias locales, reconociendo que entregan simultáneamente ganancias en productividad y rentabilidad, mejoras ambientales y beneficios de bienestar animal, y en consecuencia aportan a varios ODS de la siguiente manera:

- Contribuyen al mejoramiento de los medios de vida (ODS 1) y de la seguridad alimentaria (ODS 2) en zonas rurales.

- Incrementan el secuestro de carbono y reducen las emisiones de GEI por unidad de producto. Adicionalmente reducen la vulnerabilidad de la producción ganadera al cambio climático debido a que estabilizan la disponibilidad de forraje a lo largo del año gracias a que favorecen la infiltración del agua y conservación del suelo (ODS 13).

- Aportan al ODS 15 relacionado con la biodiversidad terrestre al incrementar la diversidad de hábitats, aumentar la conectividad y reducir la degradación del suelo en zonas rurales.

- Favorecen la producción responsable (ODS 12) mediante el uso eficiente de los recursos naturales (produciendo más con menos), la mejora del bienestar animal, la reducción de la morbilidad y mortalidad, y el incremento del ciclaje de nutrientes y otros procesos naturales, los cuales reducen la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas.

- Aumentan los beneficios económicos a través del mejoramiento de la rentabilidad como resultado de mejores ganancias por unidad de tierra y por animal y, como consecuencia, contribuyen al ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico)



Estudio 4. Contribución de los Sistemas Silvopastorales de la Patagonia Chilena a la Reducción del CO_2 Atmosférico (Dube *et al.*, 2016)

Se realizó un estudio en la Región de Aysén, Patagonia chilena, para determinar la influencia de sistemas silvopastorales con Pinus ponderosa (SPS), plantaciones de pino ponderosa (PPP) y praderas naturales (PST), en los contenidos totales de C, y para cuantificar y comparar los reservorios y flujos de C en estos ecosistemas, y modelar los potenciales de secuestro de C.

Los resultados mostraron que los SPS y PPP funcionan como verdaderos sumideros de C, al contrario de las PST. A su vez la conversión de PPP a SPS generó un aumento del 30% del C orgánico de suelo a 0-40 cm de profundidad. Los árboles en SPS están utilizando los recursos del sitio de manera más eficiente y su crecimiento es mejorado por el nitrógeno adicional suministrado por la leguminosa, dando como resultado una cantidad mayor de C secuestrado. La adopción de sistemas silvopastorales en la Patagonia chilena parece ser una práctica sustentable que optimiza la productividad del suelo, preserva e incrementa las reservas de C durante décadas o siglos y también contribuye con la reducción del CO_2 atmosférico.

Un aumento moderado en la densidad arbórea, junto con algunas modificaciones al diseño del sistema, podría aumentar el secuestro de C en los árboles, con el beneficio agregado de la producción de biomasa para distintos usos (energía, otros). Establecer nuevos SPS sobre la base de semillas mejoradas, ganando varios años de beneficios de la agroforestería comparado con la conversión de plantaciones ya existentes a SPS y evitando todos los problemas relacionados con la eliminación de los desechos de corta asociado al proceso de conversión, parece ser la opción más conveniente.

Desventajas de los Sistemas Silvopastorales

En el sentido opuesto, existen desventajas y limitaciones, que están dadas más bien por el cumplimiento del reto que significan estos sistemas, que requieren para su diseño considerar y definir cuál es la mejor integración de los distintos componentes para cada caso en particular, en dependencia de las condiciones, los recursos disponibles y las metas planteadas a corto, mediano y largo plazo (Russo, 2015).

Las debilidades de la adopción de los sistemas silvopastorales son relativas, aunque no dejan de ser importantes, y dependen más del grupo y nivel económico del productor, de la inversión inicial, del establecimiento de viveros y de la necesidad de mano de obra (Peri *et al.*, 2019). A continuación, se detallan algunas de ellas:

- Los agricultores necesitan recopilar y procesar grandes cantidades de información, por lo que las decisiones y acciones deben ocurrir de acuerdo con programas de tiempo complejos y el flujo de mano de obra y materiales debe coordinarse, lo que requiere de conocimientos específicos respecto de todos los componentes.

- La introducción del ganado en los sistemas silvopastorales interfiere con los árboles en diferentes intensidades conforme el tipo y edad del animal y del árbol, además del manejo de pastoreo adoptado. Los daños más típicos comprenden el consumo del follaje y de la corteza, el quiebre de ramas y fustes. En el caso de cultivos de especies forestales, cuando ocurre consumo de brotes terminales, se puede provocar deformación de fustes, comprometiendo la calidad de la madera producida. Los perjuicios causados por bovinos y equinos parecen ser más serios que aquellos ocasionados por ovinos y caprinos. Por su mayor porte, los bovinos y equinos pueden alcanzar ramas a una mayor altura y provocar el rompimiento de ramas y tallos por ramoneo, pisoteo o simplemente al rozar los árboles para rascarse.

- Por lo expuesto, el inicio del pastoreo solo es recomendable cuando los árboles alcancen una altura en que el follaje quede fuera del alcance de los animales. En el caso de follaje de baja palatabilidad, el pastoreo puede ser anticipado desde que el diámetro del tallo no sea limitante y garantice su supervivencia.

- El ganado puede afectar las características físicas y químicas del suelo. Esta acción se da principalmente a través del pisoteo y del ciclo de nutrientes. El mayor efecto parece ser en el aumento de la compactación y en los cambios en la relación suelo - agua - aire y en la proporción de K en relación al Ca y Mg, principalmente en condiciones más intensivas de manejo (Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f).

- Si la carga animal es alta o los árboles están dispuestos en grupos, la compactación de los suelos debajo de los árboles podría perjudicar su crecimiento, dado que los animales se concentran en esas zonas en busca de sombra (Russo, 2015) o abrigo.

- En América Latina los programas han sido exitosos solo cuando se tienen políticas públicas direccionadas, que permitan vincular a los productores, especialmente a los de pequeña escala, con los insumos, mercados y construcción de capacidades. Ello hace necesario priorizar y desarrollar políticas dirigidas a enfrenar las barreras técnicas, financieras y culturales, incluyendo asistencia técnica para adaptar el sistema a las condiciones locales específicas, comprender e internalizar la complejidad técnica del manejo de estos sistemas y el requerimiento de inversión.

- Además, para incrementar su adopción, se requiere también de políticas que promuevan el entrenamiento especializado para los extensionistas y técnicos en todos los aspectos relacionados a los sistemas silvopastorales (Chará *et al.*, 2020).

TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORALES

Existen varias clasificaciones para este tipo de sistemas, dado el gran número de combinaciones que pueden realizarse para su conformación, considerando el uso de especies del bosque nativo como también de plantaciones forestales en distintos diseños: árboles dispersos en pasturas, cercas vivas, setos forrajeros, bancos mixtos de forrajes, regeneración natural de especies arbóreas nativas, sistema integrado de producción agropecuaria, callejones alternos con franjas de árboles, etc. (Peri *et al.*, 2019).

A continuación, se muestran distintas clasificaciones utilizadas por distintos autores, según la variable principal empleada para su clasificación:

Según Duración de la Integración de los Componentes en el Área

(Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f)

- **Temporales:** Cuando la asociación árbol-pastura-animal ocurre hasta un cierto estadio del desarrollo del cultivo arbóreo. En este caso, el estrato herbáceo del sotobosque, formado de gramíneas, leguminosas u otra vegetación espontánea rastrera, es utilizado por el ganado hasta cuando la competencia por la luz, impuesta por los árboles, lo permita. Esta reducción de la biomasa del sotobosque por los animales representa una importante disminución de los costos generados por la limpieza de las plantaciones arbóreas. En esta categoría, el componente pastura-animal es manejado de modo secundario para no perjudicar el cultivo arbóreo, considerado de principal interés.

- **Permanentes:** Son permanentes cuando la integración de los tres componentes básicos del sistema (árbol, pastura y animal) es planificada para funcionar a lo largo de toda la explotación (Figura N° 8). Son arreglos hechos en espaciamiento o densidades intencionales, donde la posibilidad de supresión de un componente por otro es deliberadamente reducida. Estos sistemas, cuando son adecuadamente delineados, permiten, en la fase inicial, la utilización del área destinada a la pastura con cultivos temporales, hasta que los árboles alcancen una altura que permita la entrada de los animales en el sistema. En ese caso, son llamados sistemas agrosilvopastorales.



Figura N° 8:
Acacia saligna EN SISTEMA SILVOPASTORAL COMUNA DE CANELA
REGIÓN DE COQUIMBO

Según la Naturaleza del Componente Arbóreo

(Bastos da Veiga y Feio da Veiga, s/f)

- No sembrado: Son aquellos cuyo componente arbóreo era parte o se regeneró de manera natural, no habiendo sido sembrado. En estos casos, al contrario de una distribución regular, el componente arbóreo se observa disperso erráticamente, sin ordenamiento. (Ejemplo en Estudio 5).

- Establecido: El componente arbóreo es establecido por el productor y constituye la mayoría de los sistemas silvopastorales observados en Latinoamérica. Existe también la posibilidad de montar este sistema a partir del establecimiento del árbol en una pastura ya establecida y en uso. En este caso, se hace necesario contar con cercas de protección, para evitar daños provocados por los animales. Para reducir o eliminar estas exigencias, algunos autores sugieren que se trasplanten al campo plantas del mayor porte posible. Otros arreglos, que priorizan el servicio o la producción individual del componente arbóreo en detrimento de la interacción biológica, pueden ser formados mediante cercas vivas y franjas o parcelas forestales de alta densidad.

Según el Enfoque u Objetivo Principal del Sistema

(Russo, 2015)

- **Con enfoque forestal:** Se organiza pastoreo dentro de plantaciones, bosques naturales o en huertos.

- **Con enfoque ganadero:** Se privilegia praderas con árboles o arbustos forrajeros, árboles aislados en potreros, uso de cercas vivas, u otros sistemas, pero especializados en producción animal.

Según la Distribución del Componente Arbóreo

(Sotomayor *et al.*, 2009)

- **Cercos vivos:** Utiliza 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 este (madera, leña, postes), uso en actividades melíferas y, en el caso que la especie sea palatable, forraje adicional 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° 9). La práctica de esta modalidad se puede lograr a través del manejo de la vegetación existente, o bien con la incorporación de los componentes vegetacionales leñosos, como árboles o arbustos, dependiendo de las características del sitio.

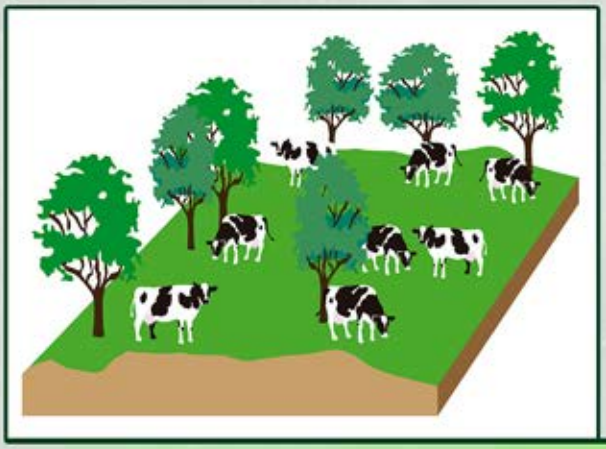


Figura N° 9:
ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS
(Fuente: Modificado de Sotomayor *et al.*, 2008)

Estudio 5. Manejo Silvopastoril del Espinal en la Región Metropolitana, Chile (Olivares *et al.*, 2015)

Se realizó un estudio en la región Metropolitana, para establecer protocolo de manejo de espinal para transformarlo en un sistema silvoagropastoral, manejado como terreno de pastoreo, mucho más sustentable y productivo. La formación espinal, dominada por Acacia caven (Mol.) Mol. (espino) constituye una unidad ecológica bien definida dentro de la vegetación con clima mediterráneo de Chile, de baja densidad, con vástagos rectos y cortos que se regeneran mayoritariamente a partir del rebrote del tocón, correspondiendo a una formación secundaria consecuencia del retroceso del bosque esclerófilo y de matorrales de diferente tipo.

La poda alta con diámetros superiores a 20 cm determina gran cantidad de regeneración vegetativa, tanto en cantidad de brotes como en su desarrollo, por lo que se utilizó como la opción más factible para mejorar la masa arbórea de espinos. Respecto al comportamiento de la pradera en áreas con y sin influencia del espino, se pudo comprobar que la disponibilidad de la pradera siempre fue superior bajo la proyección de copa y que no solo se inicia antes que la germinación de la pradera, sino que su estado vegetativo se prolonga con respecto a lo que ocurre fuera de la influencia arbórea. Para manejo silvopastoral de los espinos, se recomienda organizar la población natural de manera que queden distanciados aproximadamente en 4x4 metros.

Otro aspecto interesante de la presencia del espino es el efecto que produce en los animales y como regulador de las horas de pastoreo, pues estos tienden a protegerse del frío invernal y del calor estival bajo su copa. Además, en periodos de mayor calor, la protección arbórea determina significativos ahorros de agua de bebida para los animales.

Además de todos los usos y beneficios del sistema silvícola, también se puede aprovechar la producción de frutos de espino (vainas), ya que rstas están presentes en el periodo comprendido entre los meses de febrero a abril en Chile, meses donde coincidentemente la pradera presenta una baja calidad y progresiva baja disponibilidad dado que no hay crecimiento.



Espinal ramoneado y sus frutos consumidos por ganado caprino, Región Metropolitana.

- En líneas, fajas o grupos: Los espaciamientos entre las fajas o callejones, otorgarán un mejor acceso para siembras, fertilización, cosechas y fundamentalmente la producción de pastos. Se pueden establecer en una, dos o tres hileras por faja de plantación (Figura N° 10), manteniendo un mayor distanciamiento entre fajas para el desarrollo de la pradera (Ejemplo en Estudio 6).

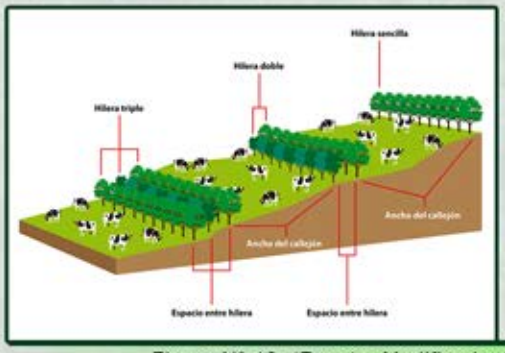


Figura N° 10: (Fuente: Modificado de Sotomayor *et al.*, 2008)
CONFIGURACIÓN DE PLANTACIÓN DE HILERAS SIMPLES, DOBLES Y TRIPLES PARA UN SISTEMA SILVOPASTORAL EN FAJAS

- 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 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 (Figura N° 11).



Figura N° 11: ÁRBOLES COMO GALPONES NATURALES
(Fuente: Modificado de Sotomayor *et al.*, 2008)

Estudio 6. Comparación de Sistemas Silvopastorales con Pino Contorta, Establecidos en la Región de Aysén, bajo Distintos Diseños (Sotomayor, 2010)

Este estudio fue realizado por el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) a partir del año 2003, con el objetivo de incrementar la productividad de los predios de la región de Aysén, mediante la innovación en el uso de los suelos y de plantaciones con sistemas de manejo silvopastoral. Consideró la implementación de módulos forestales y silvopastorales sobre plantaciones existentes y no manejadas de Pinus contorta de 12 años de edad, en la localidad de Villa Ortega, sector de Mano Negra, 28 km al norte de Coyhaique, con el objeto de evaluar y validar bajo las condiciones regionales, algunas alternativas de ordenamiento de las plantaciones y su manejo silvopastoral. Estos módulos se contrastan con un módulo ganadero, bajo un sistema de manejo ganadero tradicional.

Cuadro Tratamientos durante tres temporadas

Tratamiento	Producción Pradera (kg MS/ha)		
	2004-2005	2005-2006	2006-2007
T2: Silvopastoral Tradicional	1485,7 b	6109,7 a	4153,2 b
T3: Silvopastoral en Fajas	2684,9 a	7181,6 a	6394,5 a
T4: Ganadero Puro	2452,1 a	3832,0 b	3874,1 b

Letras diferentes indican diferencias significativas

Después de cuatro años de evaluación y con tres temporadas de mediciones, la producción de la pradera en materia seca (MS/ha) en el sistema silvopastoral en fajas alcanzó las mayores producciones. 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. Finalmente, el sistema ganadero puro fue el de menor desarrollo.

Si bien el tratamiento 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. El 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 m. Esto 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. El menor DAP en el sistema forestal, tiene su explicación debido a la mayor densidad de este (800 arb/ha), respecto a los sistemas silvopastorales.

DISEÑO Y ORDENAMIENTO

La definición explícita y ex-ante de estrategias para la sostenibilidad de un sistema silvopastoral, junto a las estrategias para mejorar la competitividad de sus productos en el mercado, permite mejorar el desempeño del sistema y producir con mayor eficiencia y rentabilidad. Los mejores resultados se logran con la selección y definición de estrategias más apropiadas y específicas para cada caso. Además, deben ser coherentes y complementarias entre sí, para la optimización del desarrollo del SSP a partir de sus fortalezas, creando la base para nuevas oportunidades de negocios en el marco estratégico elegido. Se recomienda comenzar a partir de los siguientes supuestos:

- Desde lo social: cada persona tiene habilidades y talentos únicos en una cultura organizacional, que puede determinar el éxito en la implementación estratégica y/o contribuir al desempeño del equipo de trabajo.

- Desde lo geográfico y productivo: existen diferencias relevantes en cuanto a las características de ubicación, suelo, pendientes y exposición de las tierras asignadas a un sistema silvopastoral.

- Desde lo productivo y ecológico: la elección de las especies más apropiadas permite mejorar la sostenibilidad y agregar más valor en el procesamiento y venta (Keller, 2019).

Como sistema complejo, de múltiples componentes, requiere habilidades de gestión, tanto en el ámbito espacial como temporal, basándose en la comprensión de las relaciones jerárquicas y el reconocimiento de existencia de límites definidos dentro del ecosistema. El desafío que plantean estos sistemas es preservar el equilibrio dinámico entre todos los elementos del sistema independiente de lo complejo de sus relaciones junto con lograr una producción simultánea, intensiva y eficiente (Shibu, 2019).

El diseño básico está orientado a estructurar el ordenamiento predial, asociado a cada componente, acorde a las potencialidades del terreno en cuanto a calidad de sitio y topografía. No existe un diseño único, cada situación debe evaluarse de manera independiente, incorporando tanto la realidad particular de cada predio como las condiciones topográficas del terreno de manera de adaptar así la propuesta a las prácticas tradicionales de cada agricultor (Gatica *et al.*, 2000). Cada encargado de un sistema productivo no debería seguir recetas, sino elegir la combinación más adecuada para sus condiciones, preferencias, capacidades, fortalezas, aspiraciones y visión. Requiere entonces de un análisis en torno a los tres componentes principales (Keller, 2019).

Tipo de Especie de Árbol o Arbusto a Utilizar

Dependerá de lo que el productor espera obtener del árbol o arbusto. Puede ser madera para uso industrial y venta (trozos aserrables o pulpables/metro ruma), postes, polines; madera para su uso doméstico (leña, postes, polines, madera para construcciones en el predio, etc.); forraje y protección para sus animales; protección para la pradera, suelo y agua; frutos y hongos; no siendo excluyentes y pudiendo elegir más de un producto, y además la especie sea apta para las condiciones agroclimáticas y edáficas de la zona en que se desea establecer (Ejemplo en Estudio 7).

Animal Doméstico a Producir

El tipo de animal a utilizar (ovinos, bovinos, equinos, caprinos) dependerá en primera instancia de las necesidades, gustos o intereses del agricultor, pero también de las condiciones edafoclimáticas, topográficas, pratenses y de mercado.

Estudio 7. Modelo silvopastoral factible de implementar en las regiones del Maule al Biobío (INDAP-INFOR, 2012).

(parte 1)

Desarrollado como parte del programa "Incorporación y Contribución de la Componente Forestal al Sistema Predial de la Pequeña Agricultura", cuyo objetivo fue potenciar la agricultura familiar campesina de las regiones del Maule al Biobío, proporcionando herramientas técnicas forestales y agroforestales a técnicos y propietarios, que les permitan generar una fuente de ingresos adicionales, idealmente de alto valor y de retorno anual, que se complemente con los cultivos y las plantaciones forestales, las que generalmente son de más largo plazo. En cuadros siguientes generados por este estudio, se presentan el esquema sugerido y antecedentes a considerar para las especies forestales sugeridas.

Cuadro con esquema sugerido para instalación de SSP desde Maule a Biobío

Descripción	*Esquema de Manejo*	*Especies Potenciales*
Modelo para la producción ganadera, forraje y forestal en el mismo sitio, incluye a las cortinas cortavientos. En este esquema se pueden plantar árboles en hileras o grupos de la misma especie o en mezclas asociadas con pradera, de modo que, durante los primeros años, cuando los árboles son de pequeñas dimensiones, el pasto es cosechado y entregado a los animales, y cuando los árboles son más grandes se introduce el ganado, el cual utiliza los árboles como galpones naturales, que lo protegerán del calor y el frío.	*Densidades arbóreas y/o arbustivas desde 400 (5x5m) a 1.000 ((2x3)x7m) arb/ha, en diseños homogéneos, hileras en callejones, y bosquetes en potreros.*	*Castanea sativa* *Acacia dealbata* *Acacia melanoxyfon* *Populus sp.* *Cupressus macrocarpa* *Pseudotsuga menziesii*

Estudio 7. Modelo silvopastoral factible de implementar en las regiones del Maule al Biobío (INDAP-INFOR, 2012).

(parte 2)

Cuadro con características y uso potencial de las especies sugeridas

ESPECIES POTENCIALES	CARACTERISTICAS	ZONA POTENCIAL	RESTRICCIONES	USOS ACTUALES
Acacia dealbata (Aromo del país)	*Latifoliada originaria de Australia, que en sus lugares de origen crece en combinaciones de bosques con Eucalyptus. En Chile se encuentra presente entre la V y la IX regiones. Árbol que crece hasta 25 m de altura.*	*Crece principalmente en mesetas y pies de montes, entre los 350-1.000 msnm, en zonas frías a cálidas sub-húmedas; Pp: 600-1.000mm; T° media máxima 20-28°C; Media mínima 0°C; 20 heladas fuertes; suelos de areniscas, y menos en volcánicos, y tolera arcillas y arcillas gravosas; buen drenaje.*	*Su uso inadecuado puede generar invasión de terrenos agrícolas.*	*En Chile se la usa como leña, postes, protección de suelos, melífera, y en celulosa. Puede ser usada para muebles, con un manejo adecuado.*
Acacia melanoxylon (Aromo australiano)	*Especie adaptada a la zona cetro sur de Chile, tanto en suelos de laderas como en terrenos planos, con requerimiento de humedad en el suelo.*	*En su zona de origen, desde zona templada-fría hasta cálida-húmeda, con los siguientes requerimientos ecológicos: precipitación entre 450-1.800 mm; T° media: 19-22°C; T° mínima mes más frio: 1-10°C; suelos de mediana a alta fertilidad; drenaje bueno; 6-7 meses secos; textura de suelos de limosos a franco-arcillosos; y de 5-70 heladas.*		*Madera aserrada, chapas, muebles, postes*
Castanea sativa (Castaño)	*Especie de importancia económica, de uso noble. Madera muy demandada para muebles. De un alto valor comercial. Tiene la característica de ser multipropósito por la posibilidad de obtención de frutos fundamentalmente para la alimentación de animales o comercialización para consumo humano. Es un árbol que puede alcanzar hasta 40 m de altura, caduco y muy longevo. Tiene una gran capacidad para rebrotar.*	*El castaño requiere de suelos profundos y bien drenados, con una alta exigencia hídrica durante el verano. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5. Crece bien en la franja de altitud comprendida entre los 300 y 900 metros sobre el nivel del mar.*	*Se comporta mejor en lugares no expuestos a heladas tardías, porque afectan las yemas y brotes, así como la madera del año precedente. Castaño es susceptible al ataque Phytophtora spp. Se deben excluir los suelos pesados, que favorecen ataques de hongos y la asfixia radicular, así como los suelos muy porosos.*	*Madera de alto valor comercial, apreciada para la elaboración de muebles, ebanistería y construcción. Frutos comestibles*
Populus nigra (Álamo negro)	*Especie presente en Chile entre la IV y XII regiones.*	*Esta especie crece en suelos húmedos y fértiles de valles y riberas de ríos. Crece desde mesetas cercanas al mar hasta los 800 msnm. El clima no es tan determinante bajo esa altitud, sino que el abastecimiento de agua.*	*Su limitante es el abastecimiento de agua, y suelos salinos. Resiste bajas temperaturas por ser especie caducifolia.*	*Madera para carpintería, cajones, fósforos, paletas de helados y pinturas, papel, construcción, cortinas cortavientos y jardinería.*

Estudio 7. Modelo silvopastoral factible de implementar en las regiones del Maule al Biobío (INDAP-INFOR, 2012).

(parte 3)

Cuadro con características y uso potencial de las especies sugeridas

ESPECIES POTENCIALES	CARACTERISTICAS	ZONA POTENCIAL	RESTRICCIONES	USOS ACTUALES
Pseudotsuga menziessi (Pino oregón)	*Especie de importancia económica en el hemisferio norte, y en el sur de Chile, entre la IX y XI regiones. De poco uso en zona costera, pero se podría utilizar en zonas de laderas con influencia marítima.*	*Desde zona costera hasta los 1.000 msnm., con los siguientes requerimientos ecológicos: precipitación entre 920-2.500 mm; Tº mínima de -34°C; drenaje bueno a moderado; 2 meses secos ; Textura de suelo de liviana a moderada*	*Zonas inundables y sequías superiores a 2-3 meses; humedad sobre 50% en época de crecimiento.*	*Madera aserrada, muebles, carpintería; también en cortinas cortavientos y ornamentación.*

Tipo de Forraje a Privilegiar

Las especies a utilizar para una pradera sembrada, o para beneficiar una pradera natural, dependerá de las condiciones edafoclimáticas del predio, tipo de animal y la tolerancia que tenga a la competencia arbórea.

Con todos estos antecedentes es muy importante que el propietario realicé una buena selección previa de las especies de árboles, animales y pastos que utilizará durante la fase de diseño de su sistema silvopastoral, lo cual obliga a conocer las opciones productivas posibles de su predio y del mercado, para los productos que está planificando obtener (Sotomayor *et al.*, 2009).

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO

Establecimiento

Para el establecimiento de un sistema silvopastoral se debe tener en consideración la situación inicial, pudiendo existir tres posibilidades (Sotomayor *et al.*, 2008; Sotomayor *et al.*, 2009; Salinas y Sotomayor, 2018):

- **Establecimiento de especies arbóreas en un área con praderas permanentes:** En este caso se plantan especies forestales seleccionadas especialmente por calidad y adaptación, normalmente en hileras o grupos de árboles, dentro de una superficie que será destinada a un uso pastoral combinado con 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:** Para 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 (Ejemplo en Estudio 8).

- **Creación de un sistema silvopastoral a partir de una plantación o formación natural forestal ya establecida:** También se puede establecer un sistema silvopastoral mediante manejo de un bosque o plantación forestal ya existente (Ejemplo en Estudio 9). En este caso, se debe reducir la densidad de árboles a través de un manejo que considera raleos y podas (Figura N° 12). 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. 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 establecida la pradera, se permite el ingreso del ganado para su alimentación.



Figura N° 12:
CONVERSIÓN DE PLANTACIÓN DE PINO PONDEROSA DE 18 AÑOS A SISTEMA SILVOPASTORAL
COMUNA DE COYHAIQUE



Estudio 8. Programa Forestal Ganadero de la Pampa del Tamarugal (González y Barros, 2016)

(parte 1)

Entre los años 1963 y 1972, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) desarrolló el Programa Forestal Ganadero de la Pampa del Tamarugal, a 70 km al este de la ciudad de Iquique, es decir, financió el mayor proyecto silvopastoral del país para complementar el pastoreo de hojas y frutos, con caprinos y ovinos en ciertas épocas del año, que favorecía a pequeños productores de áreas vecinas. El objetivo de este Programa era reforestar con tamarugos y en una segunda etapa adaptar razas de ovinos, bovinos y caprinos que tuvieran como base de alimentación los frutos y hojas de esta especie, proyectando una carga animal de 4 a 10 ovejas/ha.

Sin embargo, los valores obtenidos fueron menores a lo contemplado en el proyecto inicial de CORFO, y se debió a que los resultados de la plantación fueron menores a los esperados, especialmente en supervivencia (menos del 75%) y presencia de enanismo en algunos ejemplares, entre otros factores. Tras algunos estudios en la zona, se incorpora forraje complementario para construir una dieta equilibrada para la oveja y la cabra durante los periodos más exigentes (final de preñez y comienzos de lactancia), logrando mejoras en la sobrevivencia y fertilidad de ovejas. Desde el año 1984, se puso en práctica un sistema de arriendo de talaje, que consistió en arrendar parcelas de 100 ha, en las cuales se admitía un talaje de 100 ovejas, o bien 50 cabras, a comunidades aledañas.

En 1987, se crea la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal, la cual no solamente integra plantaciones de tamarugos y algarrobos, sino también áreas con bosque nativo de especies de Prosopis. En el año 1991, CONAF, realizó un primer manejo de mejoramiento productivo mediante podas, para lograr el rejuvenecimiento de los individuos de la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal y aumentar la producción frutal. Con este programa regional de manejo forestal sustentable, luego de cuatro años de trabajo, se ha logrado regenerar más de 1.600 ha de Prosopis sp en la Reserva, lo que se logró con la activa participación de las comunidades aledañas, quienes convierten los residuos del manejo en carbón y leña certificada, que pueden comercializar, aumentando con ello los productos que se pueden generar en este sistema manejado sustentablemente.

Estudio 8. Programa Forestal Ganadero de la Pampa del Tamarugal (González y Barros, 2016)

(parte 2)

Algunos autores indican que la reactivación de la agroforestería en la zona de la Pampa del Tamarugal debe asociarse necesariamente a la recuperación de masa boscosa mediante actividades de reforestación, debido a la utilización casi exclusivamente de frutos de especies del género Prosopis en las actividades ganaderas de la zona. En la actualidad, P. tamarugo y P. alba, corresponden a las especies más representativas con fines silvopastorales en la Pampa del Tamarugal y se está trabajando en mejorar las técnicas de plantación bajo las condiciones extremas de aridez y salinidad que caracterizan esta reserva.



Reserva Nacional Pampa del Tamarugal (Fotografía: J. Boudon)

Estudio 9. Manejo Silvopastoral en Bosques de Radal (*Lomatia hirsuta*) (Salinas *et al.*, 2015)

(parte 1)

En el marco del programa de fomento agroforestal en la provincia de Palena, región de Los Lagos, se consideró la instalación de unidades demostrativas agroforestales, entre ellas, la de Manejo Silvopastoral en Bosque de Radal (Lomatia hirsuta), en el sector El Malito, comuna de Palena, sitio con una formación nativa, compuesta por una serie de especies, siendo la más representativa el radal en estado de latizal.

El radal es una especie nativa pionera de rápida colonización en sitios bajo disturbios, que además posee una alta propagación agámica a través de sus tocones. Es considerada invasora por los productores de la provincia de Palena, debido a que se multiplica rápidamente ocupando también sitios productivos (praderas). En ese escenario, se desarrolló un ensayo en un renoval de radal, en el sector El Malito, comuna de Palena, Chile. En este sitio se ejecutaron dos tipos de raleos, reduciendo la densidad en un 60% para la formación de sistemas silvopastorales y evaluar diferencias entre ellos:

(i) Raleo tradicional: reducción de la densidad original hasta llegar a 400 árb/ha, dejando los individuos con mejores características fenotípicas distribuidos homogéneamente

(ii) Raleo en fajas: Diseño en fajas paralelas. El ancho de las fajas fue de 8 m, en la que se cortaron todos los árboles, dejando una faja contigua con árboles de 4 m, donde se prioriza el componente pradera por sobre el componente forestal.

Como se mencionó, el radal es una especie pionera, que posee una vigorosa propagación agámica, encontrándose crecimientos de brotes laterales, de raíces superficiales y de tocones cortados, por lo que invade sitios poco productivos, de bajo nivel de materia orgánica y que han sido afectados por disturbios naturales y/o antrópicos, como incendios forestales, derrumbes, entre otros. Esto debió ser abordado por el programa, durante la fase de diseño, donde se definió el uso de herbicida sobre tocones para evitar rebrotes y otras medidas complementarias, como exclusión del ganado por 21 días después de aplicado el producto.

Estudio 9. Manejo Silvopastoral en Bosques de Radal (*Lomatia hirsuta*) (Salinas *et al.*, 2015)

(parte 2)

La unidad implementada fue mantenida y evaluada periódicamente y se espera en el futuro poder determinar tendencias que expliquen de mejor modo el comportamiento de estos sistemas en el tiempo.

Como resultado preliminar, se observó que a la siguiente temporada de realizado el raleo la pradera respondió positivamente, provocándose una activación en las semillas en latencia. El mismo efecto se observó a la siembra con semillas de trébol blanco y pasto ovillo.

Manejo

(Sotomayor *et al.*, 2008; Sotomayor *et al.*, 2009; Salinas y Sotomayor, 2018)

Un sistema silvopastoral será exitoso si se asegura el crecimiento y desarrollo de sus componentes productivos; árboles, pradera y animales. Cuando se ha logrado el correcto establecimiento de una plantación y de la pradera, o cuando se establece un SSP en formaciones ya existentes, se debe apuntar 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 o biomasa de buena calidad.

La meta final es aumentar la productividad del sistema silvopastoral como un todo y 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, por ello hay algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta respecto al manejo de cada componente.

- Manejo del Componente Arbóreo

El manejo de los árboles en un sistema silvopastoral tiene similitudes y diferencias con un manejo forestal para obtención de madera libre de defectos. Las similitudes tienen que ver con las técnicas usadas (podas y raleos), con el objetivo de obtener madera de buena calidad, disminuir el tamaño del cilindro nudoso, concentrar el crecimiento en los mejores árboles, aumentar sus diámetros (volumen por árbol) y mejorar la calidad de la madera (Ejemplo en Estudio 10). Las diferencias están dadas porque 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 éste.

Estudio 10. Propuesta de Esquema de Establecimiento y Manejo para una Plantación de Pino Ponderosa, Pino Contorta o Pino Oregón, con Fines Silvopastorales, en la Región de Aysén (Sotomayor *et al.*, 2009).

Cuadro Resumen de intervenciones propuestas para establecimiento de SSP en la Región de Aysén

Densidad (arb/ha)	H (m)	H Poda (m)	Raleo (arb/ha)	Observaciones según Etapa de Crecimiento
833*	0,3			Establecimiento y mantención (punto 3 de este manual). Esta fase se considera hasta el inicio del manejo forestal.
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	233	Iniciar esquema de manejo con podas y raleos. Podas y raleos deben hacerse con personas capacitadas, según prescripción técnica y DSM objetivo < 20 cm (punto 4 de este manual). Disponer desechos en cordones o rumas, en sectores designados, para no afectar la pradera. El manejo de la pradera considera: Fertilizar la pradera con fósforo, azufre y nitrógeno según análisis de suelo. El manejo animal considera: - Establecer una adecuada carga animal. - Establecer sistema de pastoreo rotativo. - Establecer un manejo sanitario adecuado.
600	7,0	3,5	200	
400	9,0	5,0	150	
250	11,0	6,5		
250	18-22	6.5		Hasta la rotación final del sistema silvopastoral, 35-40 años, se debe manejar adecuadamente la pradera y la carga animal para una mejor producción.

H: Altura media de los árboles, en la cual se debe manejar o intervenir.
H poda: Altura a la cual se debe podar, en la oportunidad correspondiente.
Raleo: Árboles a extraer por hectárea. 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.
**La densidad inicial puede fluctuar entre 425 a 1.000 arb/ha.*

Durante el desarrollo del sistema, se debe tener en cuenta que la cobertura de copa va aumentando, y se debe evitar el cierre de copas de los árboles, ya que pueden afectar el rendimiento de la pradera. Se deben balancear ambos componentes para optimizar la rentabilidad del sistema y para ello se recomienda siempre no sobrepodar, ya que se provocaría una disminución en el desarrollo del componente arbóreo (Ejemplo en Estudio 11).

En plantaciones, el desarrollo de los árboles y la pradera durante los primeros años de establecido un SSP, está condicionado por la competencia por humedad y nutrientes, periodo en que el sistema radicular del árbol se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad, que es donde la pradera y las malezas extraen parte importante del agua y nutrientes. En este estado inicial, se recomienda controlar los pastos y malezas entre 50-100 cm alrededor de las plantas, lo que se puede realizar en forma manual o usando herbicidas.

- Manejo del Componente Animal

El manejo del ganado es factor importante para asegurar el desarrollo y productividad de la pradera. Uno de los principales aspectos a considerar corresponde a la capacidad de carga, la que se calcula a partir de la materia seca disponible que puede producir la pradera.

Si se ingresan más animales de lo recomendado se produce un sobre-talajeo, perjudicando su desarrollo y crecimiento futuro. Un menor número de animales en relación a lo que puede soportar la pradera, originará una pérdida de ganancia animal en la temporada. Es importante recordar que durante los primeros años en un sistema silvopastoral se recomienda realizar exclusión total, no ingresar animales hasta no asegurar el establecimiento de las plantas forestales. Esto ocurre con bovinos hasta que los árboles alcancen 2 m de altura y con ovinos 1,5 m de altura. Los siguientes años, utilizar una carga moderada, hasta asegurar su establecimiento.

Estudio 11. Efecto de la Cobertura Arbórea sobre la Producción Pratense en un Sistema Silvopastoral con Estepa de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (Espinal), en el Secano Interior de la Provincia de Cauquenes (Lucero, 2019)

(parte 1)

Este estudio se planteó como objetivo determinar el efecto de diferentes porcentajes de cobertura arbórea sobre la productividad y calidad de la pradera y sobre variables microclimáticas, en un sistema silvopastoril con espino (Acacia caven), con el fin de generar antecedentes para la correcta combinación de los componentes del sistema silvopastoral con esta especie.

Para ello se estableció un ensayo con cuatro tratamientos de cobertura arbórea (0, 30 - 40, 50 - 60, > 70%), en un diseño experimental de bloques aleatorizados completos y tres repeticiones. Además de variables relacionadas con la productividad y calidad de la pradera, se realizó medición permanente de variables climáticas y de suelo durante dos temporadas de crecimiento de la pradera (ver Figura).

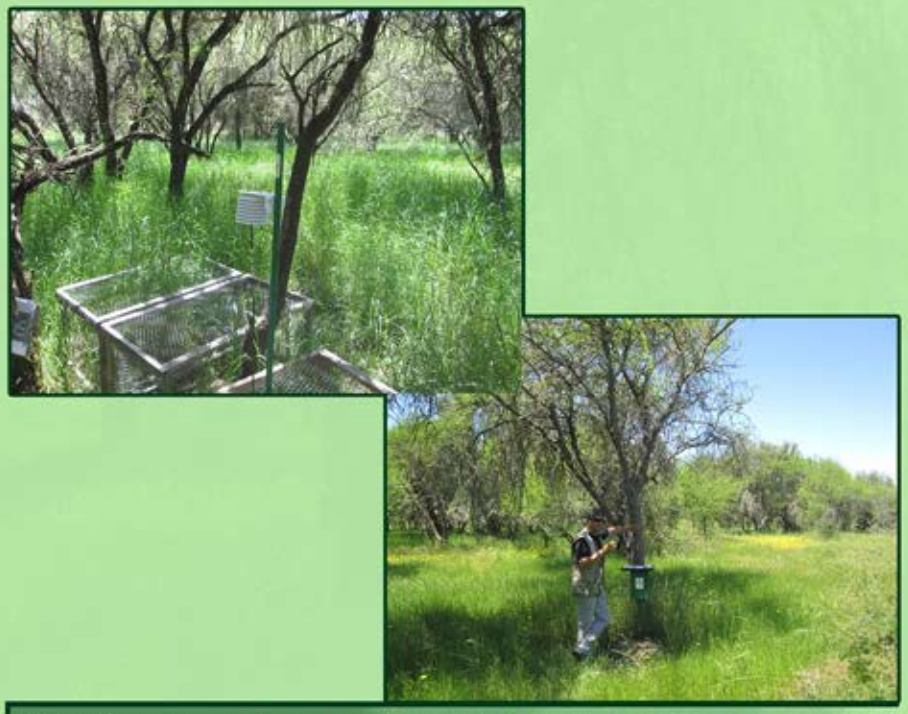
Transcurridas dos temporadas, no es factible concluir aún cuál tratamiento genera las mejores condiciones para la productividad de la pradera, por lo que se hace necesario continuar con las mediciones, la información generada ha permitido mejorar la comprensión sobre las interrelaciones de los diferentes componentes de un sistema silvopastoral con Acacia caven que considere las sinergias que se producen entre sus componentes y no aquella práctica tradicional en zonas rurales de permitir el ingreso de animales al bosque para consumir la pradera existente.

Gran parte de la biomasa que se extrae es utilizada para la producción de leña y carbón; el desecho que se produce consistente en ramas delgadas y ramillas, normalmente queda en el suelo, limitando el crecimiento de la pradera y el desplazamiento de los animales. En este sentido, es interesante la posibilidad de darle un uso a este material como protección de los tocones remanentes para favorecer el rebrote y evitar que sean dañados por animales, permitiendo con ello un buen desarrollo del bosque futuro a través del rebrote y un mejor uso del desecho del manejo. Esto requiere ser evaluado para determinar cuál sería la mejor forma para su utilización (diseño) y el tiempo que este material genera la protección deseada.

Estudio 11. Efecto de la Cobertura Arbórea sobre la Producción Pratense en un Sistema Silvopastoral con Estepa de *Acacia caven* (Mol.) Mol. (Espinal), en el Secano Interior de la Provincia de Cauquenes (Lucero, 2019)

(parte 2)

También se requiere más años de evaluación para poder concluir de mejor manera con las interrogantes planteadas inicialmente, y además, abordar en el corto, mediano y largo plazo nuevas interrogantes que se han generado, tales como competencia por el agua en estos sistemas e Interrelaciones entre las raíces de las componentes arbórea y pratense; protección y manejo de los rebrotes, así como el desarrollo de éstos y sus efectos sobre la pradera; captura de carbono de la cubierta arbórea y almacenamiento de biomasa en pie; generación de modelos que relacionen distintas variables de interés dentro del sistema, entre otros.



Ubicación en terreno de sensores (superior) y estructura metálica de protección con Data Logger (inferior), para la toma y almacenamiento de datos microclimáticos respectivamente.

Otro desafío es proteger las plantas nuevas, tanto del pastoreo como del tránsito y pisoteo de los animales, en los estados iniciales de crecimiento del componente arbóreo. 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 de ápices y ramas, lo que impedirá el posterior desarrollo del árbol en altura, como por el daño producto del pisoteo o frotamiento.

Se recomienda la exclusión de los animales durante la época de establecimiento del sistema y durante las estaciones más peligrosas del año, primavera o cuando existe escasez de alimento, o simplemente prescindir del pastoreo.

El número de años previos a permitir el ingreso de ganado al sistema depende del crecimiento de los árboles; con vacunos, hasta que los árboles hayan alcanzado una altura superior a los 2 m, lo que evitaría el ramoneo o daño del ápice.

- Manejo de la Pradera

Generalmente está asociado al mejoramiento, regeneración y manejo de la pradera naturalizada, la cual puede estar en diferentes estados de conservación y producción (Ejemplo en Estudio 12). Para aumentar la productividad de las praderas naturales en sistemas silvopastorales se hace necesario realizar un mejoramiento de estas. Este mejoramiento se puede hacer realizando diversas acciones, como por ejemplo fertilización, previo a la cual se puede evaluar el estado nutricional de los suelos, realizando un análisis químico de estos, que permitirá prescribir las dosis de fertilizantes a aplicar para mejorar su productividad, según la deficiencia detectada de distintos elementos, como nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, que pueden limitar la producción pratense. En algunos casos también se requiere apoyar la regeneración de la pradera, para lo cual se deben incorporar semillas y fertilizante, a través de labores de resiembra, con un mínimo de alteración del suelo, especialmente en suelos de laderas, pudiendo considerar como alternativas, la siembra al voleo, siembra vía tracto digestivo animal (se adicionan semillas al alimento y posteriormente, a través de sus fecas, las esparcen por el terreno) o en sitios donde las condiciones lo permitan (terrenos planos o de lomaje suave) utilizar máquinas regeneradoras para resiembra.

La competencia por luz, influenciada por la intercepción de esta por las copas de los árboles podría tener un efecto sobre la pradera disminuyendo su desarrollo, por lo que es un factor importante de manejar. Lo anterior se puede evitar manejando los árboles con podas y raleos periódicos, para reducir la competencia, logrando con ello mantener la cobertura de copa a un nivel adecuado para no afectar la pradera y que tampoco afecte el desarrollo del árbol (Figura N° 13).



Figura N° 13:
PRODUCCIÓN DE PRADERA POSTERIOR A RALEO SILVOPASTORAL EN RENOVAL DE ÑIRRE SECTOR DE BALMACEDA REGIÓN DE AYSÉN

Estudio 12. Sistemas Silvopastorales como Alternativa de Manejo Sostenible para Bosques de Ñirre (Nothofagus antarctica (G. Forst.) Oerst.) en la Región de Aysén (Salinas *et al.*, 2017a; 2017b)
(parte 1)

En el área de distribución natural de los ñirrantales, la actividad forestal convive con la ganadera, con importantes áreas de resguardo de ganado en épocas invernales y con alta presión para la obtención de leña. La escasa información y la falta de regulación en la legislación actual para el manejo de bosque nativo bajo un enfoque integrado silvopastoral, motivó al Instituto Forestal a desarrollar el proyecto "Pautas de Manejo Silvopastoral para Bosques de Nothofagus antarctica (ñirre) en la Región de Aysén", con la finalidad de definir pautas de manejo silvícola para bosques de ñirre que hagan viable la producción silvopastoral sustentable en bosques pertenecientes a pequeños productores forestales de la región. También fueron propuestos criterios para definir áreas potenciales para su aplicación de acuerdo a una serie de factores: tenencia de la tierra, estructura del bosque, capacidad de uso del suelo, topografía y otros, los que fueron ajustados a partir de una consulta a expertos, profesionales, propietarios y otros grupos de interés, de los ámbitos público y privado.

Los raleos se aplicaron en diferentes intensidades, pero considerando las recomendaciones para sistemas silvopastorales dentro de bosques de ñire en Patagonia Sur. Estos fueron los siguientes:

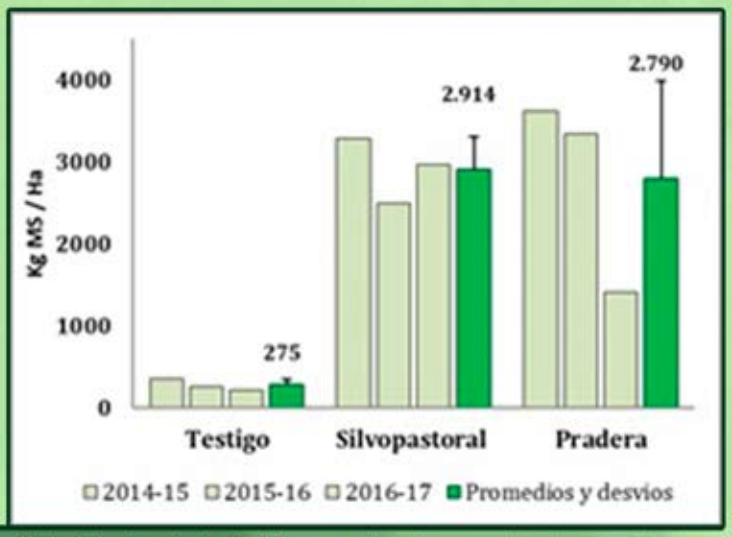
- Sector Galera Chico. Condición de ñirrantal más seco, en la transición del bosque con la estepa patagónica. Raleos por lo bajo, removiendo 45% del área basal original.
- Sector Balmaceda. Condición de mallín temporal. Se realizó raleo más moderado, que removió el 37% de área basal original.

La estructura forestal de los bosques estudiados demuestra una respuesta positiva ante este tipo de intervenciones silvícolas (raleos) provocando un aumento sustancial de diámetro, especialmente en el sitio seco donde el DMC fue 397% más alto que el control (Salinas et al., 2016). Se alcanzó un incremento en los valores de crecimiento medio anual en diámetro del bosque manejado de 0,57 (±0,3) y 0,3 (±0,05) cm/año para Galera Chico y Balmaceda, respectivamente, en comparación al bosque sin manejo donde solo se registraron incrementos de 0,13 (±0,10) cm/año y 0,15 (±0,01) cm/año para los mismos sitios, respectivamente. También existe un notable efecto de la intervención del bosque sobre el desarrollo del estrato herbáceo, pudiendo observarse ya a partir del segundo año, un aumento de

Estudio 12. Sistemas Silvopastorales como Alternativa de Manejo Sostenible para Bosques de Ñirre (Nothofagus antarctica (G. Forst.) Oerst.) en la Región de Aysén (Salinas *et al.*, 2017a; 2017b) *(parte 2)*

disponibilidad de materia seca en el bosque raleado. En el bosque no intervenido el aporte de materia seca de herbáceas fue más bajo.

En la localidad de Balmaceda, se puede estimar que el bosque raleado podría sostener una carga animal aproximada (equivalente anual) de 0,15 UA/ha (unidades animales bovinas), mientras que la pradera degradada llegaría a 0,39 UA/ha. En el caso de Galera Chico, se tienen valores de 0,26 y 0,46 UA/ha, respectivamente.



Productividad de la estrata herbácea en tres temporadas de crecimiento bajo un bosque de ñirre sin manejo, con manejo y una pradera colindante, sector de Balmaceda.

Por lo tanto, los sistemas silvopastorales en bosques de ñirre ofrecen múltiples beneficios a los propietarios al integrar su tradicional actividad ganadera con la obtención de productos madereros provenientes del manejo del bosque. De esta forma se ofrece un sistema continuo que otorga ingresos anuales derivados de prácticas pecuarias e intermedios producto del manejo del bosque.

COSTOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD POR MACROZONA TERRITORIAL

La economía de los sistemas silvopastorales se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, por medio de los productos animales y arbóreos (Lanza *et al.*, 1999). Lo positivo de ellos es que se complementa una actividad muy tradicional, como la ganadería, con la actividad forestal, por lo que, en la mayoría de las ocasiones, el productor no necesita cambiar el uso de la tierra, sino más bien complementarlo.

Como resultado de la implementación de estos sistemas, los ingresos del propietario pueden incrementarse o diversificarse, directamente por incrementos en las ventas de madera, animales y productos animales, e indirectamente por los efectos benéficos de conservación de suelo, provisión de refugio para el ganado y mejora del bienestar animal (Chará *et al.*, 2020; Coda y Sotomayor, 2011). Pueden ser entonces considerados una construcción sociocultural e histórica, debido a que, más allá de las características biológicas de sus componentes, existe un complejo de particularidades físicas, económicas, sociales, jurídico-políticas y culturales, que confieren rasgos propios a cada uno de esos arreglos, dando origen a una enorme diversidad de combinaciones posibles (Russo, 2015).

A continuación, se entregan algunos datos de costos e indicadores de rentabilidad obtenidos en sistemas silvopastorales propuestos y/o probados en Chile, en los que se han utilizado tanto especies nativas como introducidas, bajo distintas condiciones edafoclimáticas, separados por macrozona y que pueden servir de referencia para futuras experiencias.

Macrozona Centro-Norte

- Sistema Silvopastoral con Prosopis tamarugo en Reserva Nacional Los Flamencos, Región de Antofagasta

(González *et al.*, 2007)

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), solicitó a la Universidad de Chile, una actualización del Plan de Ordenación Forestal para el Bosque de Tambillo, el cual ha sido utilizado históricamente bajo un modelo silvopastoral, ejercido por comunidades indígenas y que está bajo regulación desde el año 2000. Este nuevo modelo actualizado, incorpora la agregación de valor a desechos de manejo silvícola (podas y raleos), a través de la generación de nuevos productos a partir del componente arbóreo (carbón), lo que significaría nuevos ingresos para la comunidad que hoy está autorizada para usar sustentablemente este importante recurso (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
FLUJO DE CAJA E INDICADORES DE RENTABILIDAD ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CARBÓN

Item	Semestre						
	0	1	2	3	4	5	6
		(MM $)					
Ingresos							
Ingresos Operacionales		7,88	7,88	7,88	7,88	7,88	7,88
Costos							
Costos Operacionales		5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34
Depreciación Tributaria		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Otros Cargos Tributarios							
Utilidad antes de Impuesto		2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Impuesto a la Renta		0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Utilidad después de Impuesto		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Inversión en Activos Fijos	3,74				0,83		
Inversión en Capital de Trabajo	0,79				0,60		-0,79
Flujo Neto de Caja	**-4,53**	**2,00**	**2,00**	**2,00**	**0,57**	**2,00**	**2,79**

Indicadores de Rentabilidad	VAN	TIR
	12%	34%

- Sistema Silvopastoral con Pino Radiata y Ganado Ovino en la Zona Mediterránea Costera Central
(Sotomayor *et al.*, 2016)

Los pequeños y medianos propietarios silvoagropecuarios en áreas de secano, con suelos de aptitud preferentemente forestal y ganadera, entre las regiones de O´Higgins y Los Lagos, destinan gran parte de los suelos de sus propiedades a la actividad ganadera extensiva sobre praderas naturales sin manejo. Realizan también cultivos anuales, como trigo, cebada y otros cereales, sin mayor consideración de la capacidad de uso de los suelos. Esto ha conducido a que vastas extensiones de suelos de clases capacidad de uso VI y VII (ganadera y forestal) se encuentran erosionados por sobretalajeo o por actividades de laboreo de suelos con baja o nula protección de vegetación arbórea o arbustiva sobre estos.

Desde el punto de vista técnico, con la incorporación de árboles o arbustos en las unidades prediales destinadas a la ganadería tradicional y cultivos anuales, ordenados de acuerdo a diseños silvopastorales o silvoagrícolas, o con el manejo de plantaciones establecidas con fines silvopastorales, se puede ayudar a incrementar la productividad de los sistemas de producción, principalmente en la producción de forraje y producción animal con ganado ovino o bovino.

En este marco, la información que se proporciona a continuación corresponde al análisis económico de sistemas silvopastorales con pino radiata, efectuados en el Centro Experimental Forestal Tanumé de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), ubicado en la comuna de Pichilemu, provincia de Cardenal Caro, región de O´Higgins (34°15´ LS y 74°49´ LO), en un área correspondiente a secano costero. Fueron comparadas siete situaciones de manejo predial, entre las que se incluyeron sistemas silvopastorales y forestales, y ganaderos puros. Los indicadores económicos obtenidos para cada uno de los tratamientos evaluados se indican en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
INDICADORES ECONÓMICOS PARA TRATAMIENTOS ENSAYADOS

Tratamientos	Indicadores Económicos	
	VAN (10%)	TIR (%)
T1: Silvopastoral (625 árb/ha, pradera sembrada)	73,75	12,40
T2: Silvopastoral (625 árb/ha, pradera mejorada)	148,38	16,20
T3: Silvopastoral (625 árb/ha, pradera natural)	141,94	16,16
T4: Forestal (testigo)	108,34	15,50
T5: Ganadero con pradera sembrada	-180,59	Indet.
T6: Ganadero con pradera mejorada	-49,26	Indet.
T7: Ganadero con pradera natural	0,84	10,45

VAN: Valor Actual Neto, tasa de descuento 10%
TIR: Tasa Interna de Retorno

Los resultados entregados en este estudio, indican que los mejores resultados se obtuvieron cuando participa la componente forestal, es decir sistemas silvopastorales y forestal. Las mayores rentabilidades se obtuvieron en el sistema silvopastoral con pradera mejorada T2 (TIR 16,2%), silvopastoral con pradera natural T3 (TIR 16,0%), y luego con sistema forestal puro T4 (TIR 15,5%). Por el contrario, en todos los sistemas ganaderos las rentabilidades fueron inferiores a los sistemas silvopastorales, o negativas, y principalmente cuando participa la pradera sembrada con leguminosas y gramíneas. Esto se debe principalmente al alto costo de la fertilización que requiere una pradera sembrada para su desarrollo, y además, por las escasas precipitaciones en primavera-verano de la zona, que no entregan la suficiente disponibilidad de agua para el desarrollo productivo de este tipo de praderas.

Macrozona Centro-Norte

- Esquema de Manejo Silvopastoral con Plantación Pura de Pino Oregón, Pradera y Ganado (1 ha)
(INDAP - INFOR, 2012)

En el marco del "Programa de Fortalecimiento de capacidades técnicas de INDAP para la incorporación de la componente forestal en la pequeña agricultura", se elaboraron varias propuestas de gestión para los predios en manos de pequeños propietarios, entre los que se incluyeron algunos que se basan en un sistema silvopastoral, como el presentado en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3
ACTIVIDADES PROPUESTAS PARA INSTALACIÓN DE SISTEMA SILVOPASTORAL CON PINO OREGÓN

Año	Etapa	Actividad
1	Establecimiento	Control de malezas pre-plantación, subsolado, fertilización, Plantación (dos hileras en faja de 3x3 m, y 30 m entre fajas, densidad 198 arb/ha)
1-4	Manejo	Control de malezas
1-3		Riego (6 riegos en la temporada)
8		Poda baja 3,2 m
15		Poda media a 6 m
2-10		Cultivo pradera
11-21		Manejo ganado bovino
35		Cosecha final 198 arb/ha, vol. cosecha 193 m^3

Al realizar un análisis de sensibilidad (Cuadro N° 4), teniendo en consideración flujo de costos e ingresos de todos los componentes, y considerando un aumento de los ingresos en un 15%, ya sea por el valor de la madera o por un aumento del volumen esperado en cada corta, el VAN a un 10%, aumenta un 65% respecto del valor determinado con la evaluación bajo condiciones normales.

De igual manera al realizar un análisis de sensibilidad considerando una disminución de los ingresos en un 15%, el VAN a una tasa de 10%, disminuye en un 92% respecto al valor determinado en la evaluación.

Al sensibilizar considerando un aumento de los costos en un 15%, ya sea por aumento del valor de la jornada de trabajo o por aumento en el valor de los

VAN disminuye en un 77%, además, si los costos disminuyen en un 15 %, el valor del VAN a una tasa de 10 %, aumenta en un 77%.

Situación similar ocurre con la tendencia TIR. Al comparar los dos escenarios, el aumento o disminución de los ingresos en esta evaluación, tiene un efecto mayor en los indicadores de rentabilidad, ya sea aumentándolo o disminuyéndolo respecto de valor en un escenario normal.

Cuadro N° 4
INDICADORES DE RENTABILIDAD CON ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA MODELO SILVOPASTORAL CON PINO OREGÓN

Análisis de Sensibilidad	-15%	Normal	15%
VAN ($) (10%)			
Ingresos	181.438	521.662	861.885
Costos	783.636	521.662	259.687
TIR (%)			
Ingresos	11,0	13,0	15,0
Costos	15,4	13,0	11,3

Macrozona Patagónica

- Manejo Silvopastoral de una Plantación de *Pinus ponderosa* en Coyhaique, Región de Aysén.
(Fuente: Salinas *et al.*, 2018)

En este trabajo se analizó el costo y rendimiento de una faena de raleo bajo un criterio de manejo silvopastoral en una plantación de 18 años de pino ponderosa, ubicada en la comuna de Coyhaique, región de Aysén.

Se realizó un estudio de tiempo y rendimiento de las principales actividades asociadas al sistema de cosecha forestal tradicional (no mecanizado), para determinar productividad y costos de la faena y generar información para futuros instrumentos de fomentos de la actividad de manejo de plantaciones forestales.

Los antecedentes generales de la estructura de la plantación estudiada se presentan en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5
PROMEDIOS Y DESVÍOS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE LA ESTRUCTURA ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO

Condición	N (arb/ha)	AB (m^2/ha)	DCM (cm)	HD (m)
Antes raleo	1.360 ± 105,83	53,26 ± 1,68	22,37 ± 1,17	10,80 ± 0,20
Después raleo	800 ± 105,83	34,03 ± 2,42	23,36 ± 1,59	11,83 ± 0,76

N: densidad, AB: área basal; DCM: diámetro cuadrático medio; HD: altura dominante.

En el Cuadro N° 6 se muestra la estructura de costos de la faena de cosecha forestal. El costo total de la cosecha, considerando valores de mano de obra, insumos y herramientas fue de $ 963.759/ha (20,63 UTM/ha).

El mayor costo de la cosecha forestal fue por concepto de mano de obra que representó un 75% del costo total y las actividades de mayor costo fueron el raleo, la ordenación de desechos, madereo y poda, representando el 43, 23, 20 y 14% del total de mano de obra, respectivamente.

Cuadro N° 6
ESTRUCTURA DE COSTOS PARA EL RALEO SILVOPASTORAL

Labores	Unidad	Personas (N°)	Jornadas (N°)	Unidad ($)	Valor ($/ha)	Valor** (UTM/ha)
Raleo*	Jornadas Jornadas	1 1	4,5 4,5	50.000 20.000	225.000 90.000	4,76 1.90
Ordenamiento de desechos y apilado de leña	Jornadas	2	4,1	20.000	164.000	3,47
Poda y ordenación	Jornadas	1	3,0	35.000	105.000	2,22
Madereo y acopio	Jornadas	1	4,1	35.000	143.500	3,03
				SUB TOTAL MANO DE OBRA (A)	**727.500**	**15,38**

Labores	Detalle	Valor ($/ha)	Valor (UTM/ha)
Raleo	Elementos protección personal	4.315	0,09
	Alimentación	31.500	0,67
	Insumos	38.160	0,81
	Herramientas	9.902	0,21
Ordenamiento de desechos y apilado de leña	Elementos protección personal	3.186	0,07
	Alimentación	57.400	1,21
	Insumos	0	0
	Herramientas	559	0,01
Poda y ordenación	Elementos protección personal	609	0,01
	Alimentación	10.500	0,22
	Insumos	0	0
	Herramientas	2.225	0,05
Madereo y acopio	Elementos protección personal	832	0,02
	Alimentación	14.350	0,30
	Insumos	0	0
	Herramientas	62.723	1,33
	SUB TOTAL INSUMOS Y HERRAMIENTAS (B)	**236.259**	**4,99**
	COSTO TOTAL (A + B)	**963.759**	**20,38**

* Valores mano de obra: operador motosierrista $50.000/jornada; operador jornal $20.000/jornada.
** Valor UTM correspondiente al mes de marzo de 2018.

De los árboles raleados fue posible obtener 3 tipos de productos los que quedan disponibles para el uso del propietario. Estos productos llevados a un valor por hectárea y valorizados aparecen en el Cuadro N° 7.

Cuadro N° 7
PRODUCTIVIDAD MADERERA DEL RALEO SILVOPASTORAL

Producto	Unidad	Volumen (m^3/ha)	Valor Comercial* ($)	Total ($/ha)	Valor** (UTM/ha)
Madera aserrada	Pulgada pinera	246	$2.500	$615.000	13,00
Postes	Unidad	464	$1.000	$464.000	9,81
Leña	Metro estéreo	40	$8.000	$320.000	6,77
Total ingresos				**$1.399.000**	**29,58**

* Valor comercial: precios referenciales de los productos puestos en el predio respecto del mercado local.
** Valor UTM correspondiente al mes de marzo de 2018.

En las condiciones particulares de la plantación de P. ponderosa los ingresos producto de la intervención fueron de $1.399.000/ha. Los productos que causaron mayores retornos al productor fueron la madera aserrada, postes y leñas con un 44, 33 y 23% del total respectivamente.

- Sistemas Silvopastorales como Alternativa de Manejo Sostenible para Bosques de Ñirre (Nothofagus antarctica (G. Forst.) Oerst.) en la Región de Aysén
(Fuente: Salinas *et al.* 2017a)

Se determinaron los costos de la faena de raleo en bosques de ñirre para la comuna de Coyhaique. La condición de bosque considera un rodal de 1,0 ha sin intervención a densidad completa bajo las condiciones estructurales indicadas en el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8
PARÁMETROS DE ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE ÑIRRE ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO CON ENFOQUE SILVOPASTORAL

Lugar	Condición	N (árb/ha)	AB (m^2/ha)	DCM (cm)	HD (m)	SQ	VTCC (m^3/ha)
Balmaceda	Antes raleo	5.566 ±988	47,0 ±6,4	10,5 ±1,4	9,5 ±1,0	2,8 ±0,7	243,8 ±45,7
	Después raleo	2.177 ±429	29,6 ±5,3	13,6 ±1,8	10,0 ±0,9	2,6 ±0,5	158,0 ±26,1

N: densidad, AB: área basal; DCM: diámetro cuadrático medio; HD: altura dominante; SQ: calidad de sitio; VTCC: volumen total con corteza.

En la determinación de costos de la faena se consideraron los ítems de mano de obra de marcación, raleo, ordenación de desechos y acopio de madera. En estas labores se establecieron diferentes etapas:

- Determinación de actividades y sub actividades consideradas dentro del raleo.

- Determinación de costos por ítem, para ello se estimó el costo de la mano de obra, alimentación, herramientas e insumos.

- Se determinaron dos tipos de escenarios en función de la realidad de la región de Aysén:

(i) El primero denominado "óptimo" que considera todos los costos y actividades que el propietario o una empresa de servicios incurriría para la realización de la faena forestal (Cuadro N° 9).

(ii) El segundo escenario denominado "tradicional" responde a las actividades y costos básicos que maneja el propietario para obtener la máxima rentabilidad de la cosecha, sin considerar la totalidad de elementos de protección personal, herramientas e insumos, es decir, la utilización de lo básico (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 9
ESTRUCTURA DE COSTOS EN RALEO SILVOPASTORAL EN BOSQUE DE ÑIRRE ESCENARIO ÓPTIMO

Labores Mano de Obra	Nº personas (a)	N° jornadas (b)	Valor jornada (c)	Valor Total ($/ha) (a)*(b)*(c)	Valor Total (UTM/ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	2	2	40.000	160.000	3,45
Faena de Raleo	1	15	30.000	450.000	9,71
Ordenación de residuos y acopio madera	2	7	40.000	280.000	6,04
Sub Total Mano de Obra (A)				**$ 890.000**	**19,20**

Otras Labores	Detalle	Valor ($/ha)	Valor (UTM/ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	Elementos protección personal	60.730	1,31
	Alimentación	32.000	0,69
	Insumos	12.900	0,28
	Herramientas	24.000	0,52
Faena de Raleo	Elementos protección personal	60.730	1,31
	Alimentación	60.000	1,29
	Insumos	12.900	0,28
	Herramientas	24.000	0,52
Ordenación de residuos y acopio madera	Elementos protección personal	60.730	1,31
	Alimentación	8.000	0,17
	Insumos	-	-
	Herramientas	-	-
Sub Total Otras Labores (B)		**355.990**	**7,67**

	Valor ($/ha)	Valor (UTM/ha)
Sub Total Mano de Obra (A)	890.000	19,20
Sub Total Otras Labores (B)	355.990	7,67
Costo Total (A) + (B)	**1.245.990**	**26,87**

Cuadro N° 10
ESTRUCTURA DE COSTOS EN RALEO SILVOPASTORAL EN BOSQUE DE ÑIRRE ESCENARIO TRADICIONAL

Labores Mano de Obra	N° personas (a)	N° jornadas (b)	Valor jornada (c)	Valor Total ($/ha) (a)*(b)*(c)	Valor Total (UTM/ ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	0	2	40.000	0	0,00
Faena de Raleo	1	15	20.000	300.000	6,47
Ordenación de residuos y acopio madera	1	15	15.000	225.000	4,85
Sub Total Mano de Obra (A)				**525.000**	**11,32**

Otras Labores	Detalle	Valor ($/ha)	Valor (UTM/ ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	Elementos protección personal	-	-
	Alimentación	-	-
	Insumos	-	-
	Herramientas	-	-
Faena de Raleo	Elementos protección personal	-	-
	Alimentación	45.000	0,97
	Insumos	-	-
	Herramientas	-	-
Ordenación de residuos y acopio madera	Elementos protección personal	9.670	0,21
	Alimentación	45.000	0,97
	Insumos	-	-
	Herramientas	-	-
Sub Total Otras Labores (B)		**99.670**	**2,15**

	Valor ($/ha)	Valor (UTM/ha)
Sub Total Mano de Obra (A)	525.000	11,32
Sub Total Otras Labores (B)	99.670	2,15
Costo Total (A) + (B)	**624.670**	**13,47**

REFERENCIAS

Bastos da Veiga, J. y Feio de Veiga, D. s/f. Sistemas silvopastoriles en la Amazonia Oriental. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-x6343s.html

Chará, J.; Reyes, E.; Peri, P.; Otte, J.; Arce, E. y Schneider, F. 2020. Sistemas silvopastoriles y su contribución al uso eficiente de los recursos y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencia desde América Latina. CIPAV, FAO & Agri Benchmark, Editorial CIPAV, Cali. 60p.

Coda, R. y Sotomayor, A. 2011. La agroforestería una alternativa para la agricultura familiar campesina. Ciencia e Investigación Forestal 17(2):255-265.

Dube, F.; Espinosa, M.; Stolpe, N. y Zagal, E. 2016. Relación de los Sistema Silvopastorales con el Cambio Climático y la Potencial Captura de Carbono. In: Sotomayor, A. (ed); Barros, S. (ed). 2016. Los sistemas agroforestales en Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 458p.

Durana Rimgaila, C.; Egolf, P.; Murgueitio Restrepo, E. y Colcombet, L. 2019. Factores socioculturales e institucionales para el escalamiento de Sistemas silvopastoriles. Experiencias en el Nordeste Agentino (NEA) y Colombia. In: Rivera J.; Peri P.; Chará J.; Díaz M.; Colcombet L.; Murgueitio E. 2019. X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: por una producción sostenible, Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Libro de Actas. Editorial CIPAV, Cali. Pp:555-566.

Gatica, V.; Perret, S. y Zuñiga, S. 2000. La Agroforestería en la Pequeña Propiedad del Secano. Manual N°27. Instituto Forestal, Chile. 86p.

González, J.; Luna, G.; Valenzuela, M. y Vita, A. 2007. Actualización del plan de ordenación forestal y de desarrollo participativo para el bosque de Tambillo, Comuna San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 51p.

González, M. y Barros, S. 2016. Formaciones Nativas y Plantaciones Forestales de Especies del Género Prosopis. In: Sotomayor, A. (ed); Barros, S. (ed). 2016. Los sistemas agroforestales en Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 458p.

Grombko, D. 2020. Combinar ganado y silvicultura: Cinco beneficios de silvopastoreo. Disponible en: https://idbinvest.org/es/blog/cambio-climatico/combinar-ganado-y-silvicultura-cinco-beneficios-de-silvopastoreo

Hernández, J.; Gacitúa, S.; González, M.; Silva, S.; Toro, J. y Montenegro, J. 2020. Efecto del uso de obras de conservación de agua y suelo (OCAS) en las propiedades del suelo y en la respuesta en crecimiento de plantas agroforestales

Hernández, J.; Gacitúa, S.; González, M.; Silva, S.; Toro, J. y Montenegro, J. 2020. Efecto del uso de obras de conservación de agua y suelo (OCAS) en las propiedades del suelo y en la respuesta en crecimiento de plantas agroforestales en secano, Región de Coquimbo. Ciencia e Investigación Forestal 26(1):7-22.

Huertas Canén, S. 2019. El bienestar animal, condición de la ganadería en el mundo: Oportunidades para el silvopastoreo. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:21-32.

INDAP – INFOR, 2012. Incorporación y Contribución de la Componente Forestal al Sistema Predial de la Pequeña Agricultura. Informe Final Programa de Fortalecimiento de capacidades técnicas de INDAP para la incorporación de la componente forestal en la pequeña agricultura. 327p.

Keller, P. 2019. Importancia de definir ex ante las estrategias para la sostenibilidad en los sistemas silvopastoriles. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:522-540.

Lanza, G.; Minnick, G.; Villegas, V.; Irahola, J.; Ramallo, J. y Calbimontes, G. 1999. Educación ambiental para el trópico de Cochabamba. Bolivia. Disponible en: http://www.fao.org/3/ah647s/AH647S05.htm

Lucero, A. 2019. Efecto de la cobertura arbórea sobre la producción pratense en un sistema silvopastoral con Estepa de Acacia caven (Mol.) Mol. (Espinal), en el secano interior de la Provincia de Cauquenes. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Forestales. Dirección de Postgrado Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 143p.

Montagnini, F. 2019. Contribución de los sistemas silvopastoriles a islas de biodiversidad en paisajes fragmentados. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:9-20.

Nuñez, M.; Benítez León, E.; Bonnin, J. y Paiva, J. 2019. Caracterización de la compactación y contenido de humedad de suelos en sistemas silvopastoriles y campo natural de pastura. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Libro de Actas. Editorial CIPAV, Cali. Pp:81-87.

Olivares, A.; Peña, L. y Armijo, V. 2015. Manual de manejo silvopastoral del espinal. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 37p

Peri, P.; Chará, J.; Mauricio, R.; Bussoni, A.; Escalante, E; Sotomayor, A.; Pérez Márquez, S.; Colcombet, L. y Murgueitio, E. 2019. Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:262-290.

Ribaski, J. y Montoya, L. s/f. Sistemas silvopastoriles desarrollados en la región sur de Brasil: La Experiencia de la EMBRAPA Florestas. Disponible en: http://www.fao.org/3/X6340S01.htm

Russo, R. 2015. Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. Pastos y Forrajes 38 (2): pp157-161.

Sales-Baptista, E.; Ferraz-de-Oliveira, M.; Lopes de Castro, J.; Serrano, J. y Cancela d'Abreu, M. 2019. ¿Cómo los ovinos eligen su dieta? Explorando la interacción planta-animal en sistemas silvopastoriles. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:100-102.

Salinas, J. s/f. Infografía Manejo silvopastoral del bosque de ñirre. Instituto Forestal, Chile.

Salinas, J.; Sotomayor, A. y Acuña, B. 2015. Programa Piloto de Transferencia y Fomento Agroforestal, Provincia de Palena, Chile. Estudio de caso, manejo silvopastoral en bosques de Lomatia hirsuta (radal). VIII Congreso Internacional Agroforestal. Iguazú, Misiones, Argentina.

Salinas, J.; Sotomayor, A. and Acuña, B. 2016. Evaluation of a thinning under silvopastoral approach in a Nothofagus antarctica (ñirre) in Chilean Patagonia. World Congress Silvo-Pastoral Systems: Silvo-pastoral systems in a changing world: functions, management and people. Évora, Portugal, 27 al 30 septiembre.

Salinas, Jaime; Peri, Pablo L.; Hepp, Christian y Acuña, Bernardo, 2017a. Sistemas Silvopastorales en Bosques de Ñirre (Nothofagus antarctica (G.Forst.) Oerst.) de la Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N°43. 60 p.

Salinas, J.; Sotomayor, A.; Peri, P.; Hepp, C.; Little, C.; Moya, I. y Acuña, B. 2017b. Sistemas Silvopastorales: Una Alternativa de Manejo Sostenible para Bosques de Ñirre (Nothofagus antarctica (G. Forst.) Oerst.). Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N°215. 142p.

Salinas, J.; Inostroza, P. y Acuña, B. 2018. Evaluación del costo y rendimiento del manejo bajo un criterio silvopastoral de una plantación de Pinus ponderosa Douglas ex Lawson en Coyhaique, Región de Aysén, Chile. Ciencia e Investigación Forestal 24(2):25-39.

Salinas, J. y Sotomayor, A. 2018. Capítulo 3: Sistemas Silvopastorales. Manual de Sistemas Silvopastorales en plantaciones forestales de Aysén. Instituto Forestal. Manual N°50. 126p.

Schneider, F. 2019. Sustainable livestock in the world and the role of silvopastoral systems. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp:1-8.

Shibu, J. 2019. Silvopasture: Sustainable Integration of Livestock, Forage and Forests. En Actas del X Congreso internacional sobre sistemas silvopastoriles: Por una producción sostenible. Asunción - Paraguay, septiembre 24 al 26 de 2019. Editorial CIPAV, Cali. Pp: 260-261.

Sotomayor, A. 2010. Sistemas Silvopastorales, alternativa de producción integrada para un desarrollo sustentable de la agricultura en Chile. Ciencia e Investigación Forestal 16(1):19-51.

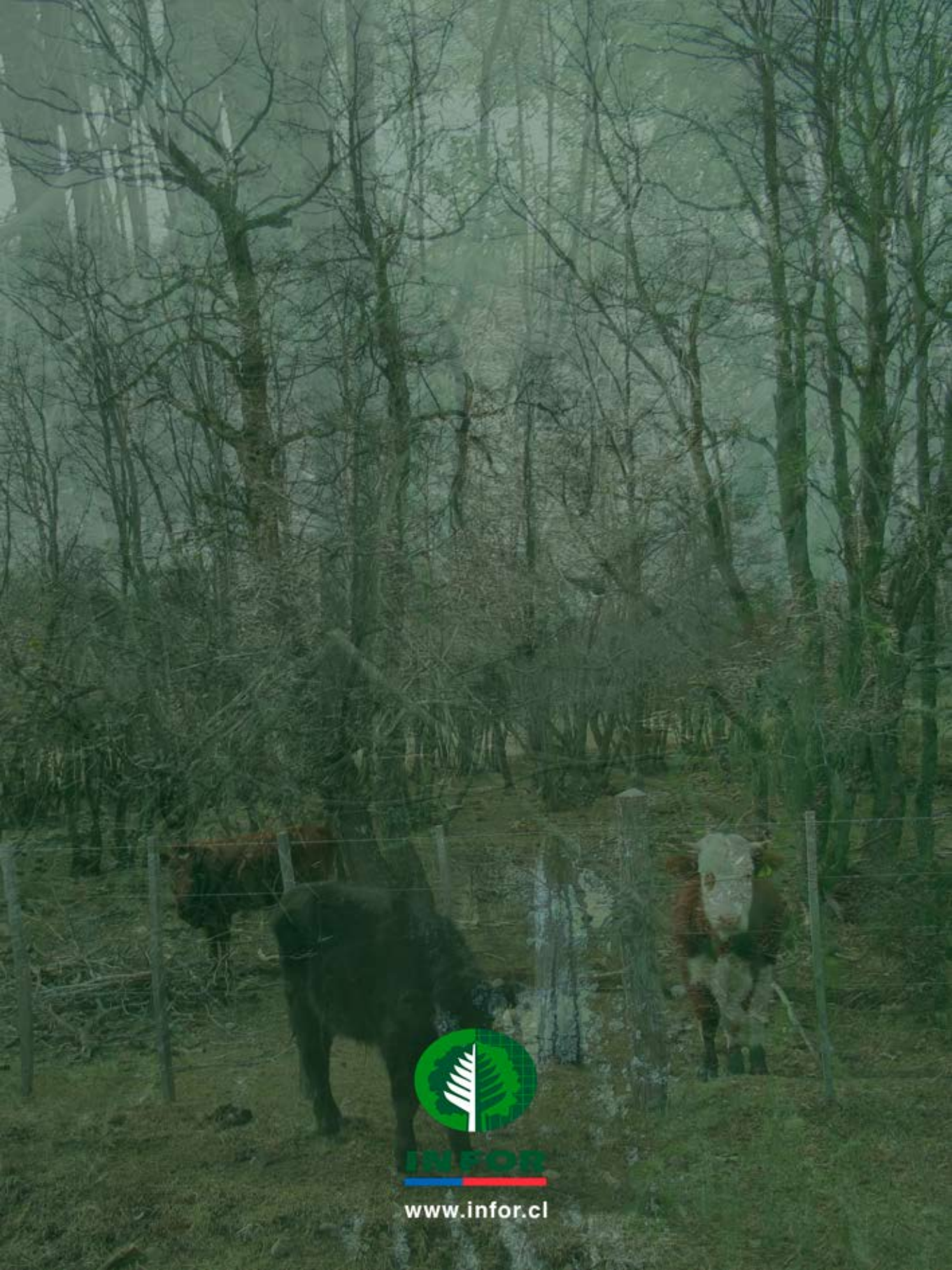
Sotomayor, A.; García, E.; González, M.; Lucero, A. y Vargas, V. 2008. Modelos agroforestales. Sistema productivo integrado para una agricultura sustentable. Programa INDAP-INFOR Desarrollo, Validación y Asistencia técnica para la incorporación de sistemas agroforestales en la agricultura familiar campesina. 24p. Disponible en: https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17198

Sotomayor, A.; Lucero, A. y Villarroel, A. 2016. Sistemas silvopastorales con pino radiata (Pinus radiata D.Don) en la zona centro sur de Chile. En: Sotomayor, A. (ed); Barros, S. (ed). 2016. Los sistemas agroforestales en Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 458p.

Sotomayor, A.; Moya, I. y Teuber, O. 2009. Manual de establecimiento y manejo de sistemas silvopastorales en zonas patagónicas de Chile. Manual N°41. Instituto Forestal, Centro Agroforestal Patagónico. Coyhaique, Chile. 48p.

Sotomayor, A. y Teuber, O. 2011. Evaluación del efecto de los árboles manejados bajo ordenación silvopastoral en los parámetros climáticos del sitio, en relación a un manejo ganadero sin árboles. Ciencia e Investigación Forestal 17(1): 23-40.





INFOR

www.infor.cl