

# MODELOS AGROFORESTALES

## SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRADO PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Los modelos agroforestales o agroforestería, son aquellos que combinan árboles o arbustos, con cultivos agrícolas y/o ganado en un mismo sitio, bajo distintas formas de ordenamiento. Con el uso de la agroforestería se logra producir alimentos para el hombre (carne, frutos y hortalizas, entre otros), forraje para los animales, productos para la venta derivados del ganado (carne, lana, leche, etc.) o de productos forestales (madera, leña, carbón, etc.).

El uso de los árboles (o especies leñosas en general) en conjunto con actividades agropecuarias,

permiten además la oportunidad de balancear el uso productivo de los suelos con la protección de los recursos naturales del predio, como suelo, agua, fauna silvestre y, animales domésticos y cultivos agrícolas. Se debe tener presente en utilizar las especies más adecuadas al lugar, elegir la época correcta de plantación, de siembra y de uso de los animales, combinado con el ordenamiento apropiado para obtener los mejores resultados.

Este documento entrega información general sobre los diferentes modelos agroforestales de mayor aplicación en Chile y sus beneficios.

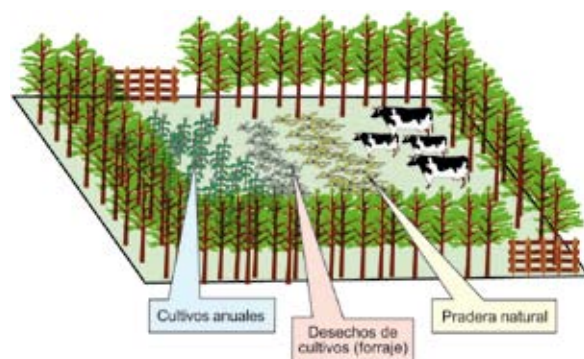
### Modelos Agroforestales más usados

**Silvopastoreo:** Es la combinación de árboles y/o arbustos, ganado y pradera en un mismo sitio. En este caso de los árboles se puede obtener madera para usos industriales y para usos domésticos (construcciones, leña, carbón), productos forestales no madereros (frutos, hojas, semillas, hongos y otros), protección y albergue para el ganado como también para el suelo y cursos de agua. El ganado generará un ingreso para el agricultor mientras crecen los árboles, de los cuales se podrán obtener carne, y otros productos como leche, lana y cueros, los que pueden ser destinados para venta o autoconsumo. Producto de la escasez de alimento para el ganado, en algunas zonas de nuestro país, se pueden utilizar árboles o arbustos forrajeros como *Acacia saligna*, *Atriplex*, *Tagasaste* y otros.



**Agrosilvicultura:** en estos sistemas se combinan árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas en el mismo sitio. En este caso se pueden asociar cultivos agrícolas en forma de callejones entre las hileras de árboles. Los espacios entre árboles para incluir cultivos, pueden variar (por ejemplo entre 4 a 25 metros) dependiendo de los tipos de árboles a usar (Alamo, Castaño, Encino, Cerezo, Nogal u otros) y los cultivos agrícolas (Maíz, Porotos, Trigo, Arvejas u otros).

**Agrosilvopastoral:** en este sistema se combinan árboles y/o arbustos con cultivos y ganado en forma simultánea o en forma secuencial. Este tipo de sistema puede ser usado por propietarios por necesidades de alimento, madera y energía, y por problemas de espacio o por la fragilidad de los suelos (erosión). Se puede combinar con el uso de cortinas cortaviento o cercos vivos.



**Cortinas Cortavientos o de Protección:** este tipo de sistema está diseñado para la protección de los cultivos agrícolas, ganado, infraestructura y de recursos naturales, especialmente del suelo. Consiste en el establecimiento de una o más hileras de árboles, en forma perpendicular al viento, como una barrera vegetal para detener el viento o para reducir su intensidad. Otros beneficios de las cortinas es que pueden ser utilizadas como deslindes de predios, cercos y, con un adecuado manejo de los árboles, se pueden obtener productos maderables (madera, leña, carbón, postes) y/o productos no maderables (frutos, flores para miel, hongos y otros).

**Aplicaciones Especiales:** otros usos de la agroforestería, es su aplicación en zonas de protección de cursos de aguas de riberas de ríos, esteros y lagos. En este caso se utilizan árboles, junto con arbustos y pastos, estableciéndolos en la ribera del curso de agua y en zonas aledañas. Esta vegetación ayuda a reducir la erosión, atrapa contaminantes (herbicidas, fertilizantes, y otros) para evitar que lleguen a los cursos de agua, mejora el hábitat para la fauna y aumenta la biodiversidad. También se pueden utilizar para aislar vertederos, como también comunidades urbanas del ruido de carreteras e industrias y, para belleza escénica.



*La aplicación de uno o más de estos sistemas agroforestales dependerá de:*

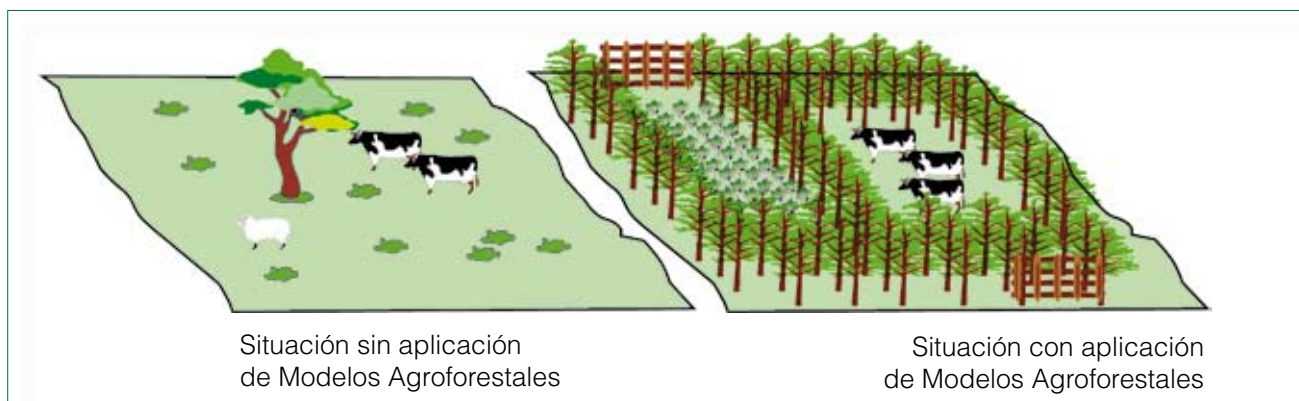
- *La superficie y ubicación del predio*
- *Condiciones agroclimáticas*
- *Capacidad y potencialidad productiva de los suelos*
- *Grados de erosión del sitio*
- *Necesidades alimenticias y económicas del productor y su familia*
- *Demanda del mercado para producir y vender los productos*
- *Necesidad de mejoramiento, recuperación y conservación de los hábitats naturales (suelo, agua, aire, plantas, animales, etc.)*

*La consideración de estos factores permitirá escoger cual será la especie forestal a utilizar, el tipo de ganado a criar, el cultivo agrícola y pradera a sembrar y, cual será su ordenamiento dentro del predio, otorgando la posibilidad de establecer uno o más sistemas agroforestales apropiadamente.*

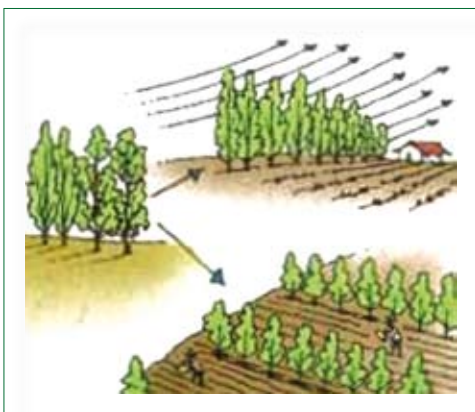
## Algunos beneficios de la Agroforestería



Diversificación, Protección y Aumento de la productividad del predio:



Conservación de Energía y Protección de Cultivos:



Conservación y Protección del Medioambiente:



*Estas prácticas se pueden implementar a través del subsidio de Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD) que administran INDAP y SAG, y a través del D. L. 701 de Fomento Forestal que es administrado por CONAF.*



## SISTEMAS SILVOPASTORALES

Los sistemas silvopastorales, o silvopastoreo, son una práctica agroforestal que combina árboles o arbustos con praderas y ganado en un mismo sitio, con el objetivo de obtener productos forestales madereros (madera, postes, leña, carbón) y no madereros (frutos, miel, hongos y otros), productos derivados del ganado (carne, lana, leche y otros), y forraje de la pradera.

Este sistema productivo se puede desarrollar de tres formas:

- 1) desde su inicio, diseñado como un sistema de producción silvopastoral,
- 2) a partir de un predio en el que ya existe la pradera y se establece la componente forestal, o
- 3) cuando en una plantación forestal se maneja en forma Silvopastoral con podas y raleos, y se establece posteriormente la pradera, ya sea natural o mejorada.

En cualquiera de estos tres casos, los árboles deberán ser manejados de manera que permita la entrada de luz solar para el crecimiento de la Pradera.

Normalmente, estos sistemas se establecen en terrenos de laderas suaves a moderadas, o áreas que por tradición son destinadas a praderas naturales o mejoradas con fines ganaderos y, en zonas que presentan procesos erosivos incipientes,



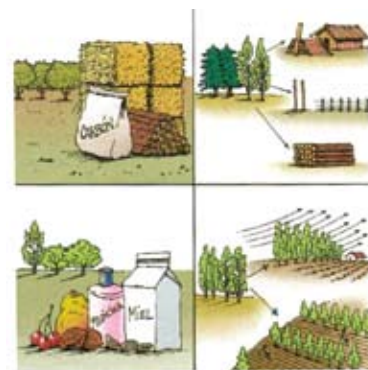
y que con la introducción de árboles o arbustos se le otorga una mejor protección al suelo.

La finalidad del sistema silvopastoral, es lograr la interacción apropiada de los componentes árbol-pradera-animal, para así conseguir mejores resultados productivos y ambientales, que el que pudiera entregar cada componente por separado.

En general, con un buen manejo y con los cuidados necesarios, con estos sistemas se pueden obtener productos maderables de alta calidad a largo plazo, mientras se obtiene un ingreso a corto plazo derivado de la ganadería y otros productos no maderables como frutos, hongos, miel y otros.

### Componentes del Sistema Silvopastoral

**EL ÁRBOL O ARBUSTO:** de estos se pueden obtener una serie de productos y beneficios como: madera para autoconsumo y venta, combustible (leña y carbón), hojas y frutos, protección de la pradera y ganado de la lluvia, del frío, del sol intenso y de los fuertes vientos y, protección y recuperación del suelo gracias a las raíces y follaje y al abono producido por las hojas. Pueden influir positiva o negativamente sobre la producción de forraje y la productividad del ganado, dependiendo de la competencia, la cual puede ser

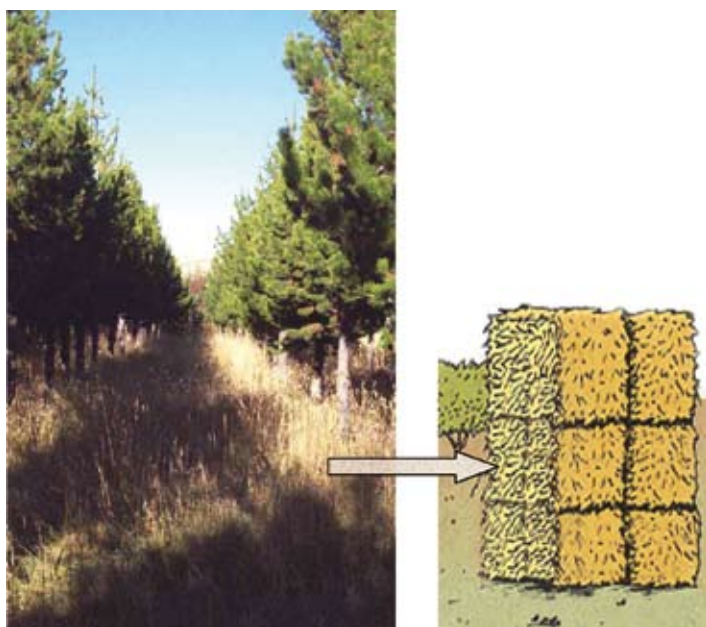


manejada con podas y raleos, del diseño u ordenamiento de los componentes y de los árboles seleccionados. En este tipo de sistemas la densidad de plantación (número de árboles) debe ser menor que la utilizada en plantaciones forestales tradicionales, y debe tener un espaciamiento u ordenamiento tal, que permita el crecimiento de la pradera y su permanencia por más tiempo durante la rotación forestal.

**EL GANADO:** de los animales (vacunos, ovinos, caprinos, equinos, etc.) se puede obtener carne, lana, leche, pieles y otros productos, para autoconsumo como para la venta. El tipo de ganado a usar dependerá de la oferta y demanda del mercado local, de las especies mejor adaptadas a las condiciones climáticas de la zona, de la adaptación a los componentes vegetales establecidos (árbol, arbusto, pradera) y, de las necesidades y gustos del propietario. Se debe tener presente que el ingreso del ganado bajo este sistema, debe hacerse cuando los árboles hayan alcanzado una altura suficiente para que no puedan ser dañados por los animales;



los vacunos se pueden ingresar cuando estos tengan una altura mínima de 2,5 m, y con ovinos cuando tengan 1,5 m. Además, no debe existir una carga excesiva de ganado, la que también debe controlarse por períodos de permanencia, de lo contrario, se pueden agotar las reservas de la pradera provocando su eliminación y originar daños a los árboles por ramoneo.

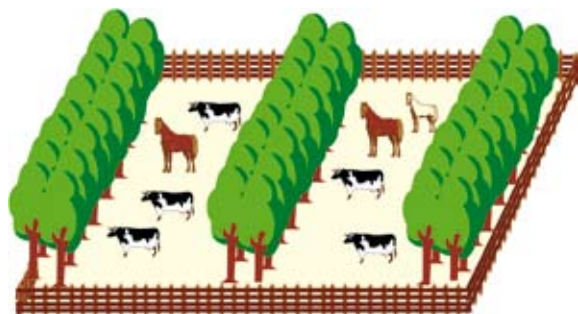
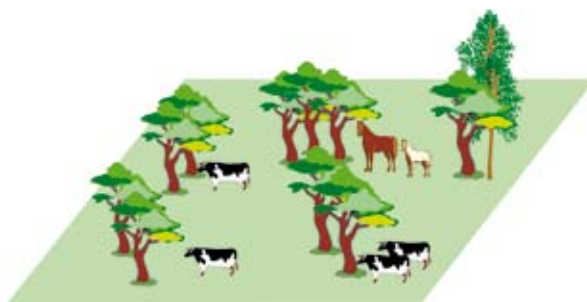


**LA PRADERA:** de la pradera se obtiene forraje o alimento para el ganado. Además, protege y recupera el suelo, ya que con la cubierta vegetal que se forma se evita que las gotas de lluvia impacten directamente al suelo, disminuyendo así el arrastre de material, y sus raíces sujetan las partículas del suelo. Se deben emplear especies herbáceas que estén adaptadas al sitio, que tengan cierta tolerancia a la sombra que se produce con el cierre de las copas de los árboles y, que no generen demasiada competencia con las plantaciones nuevas. Se recomienda utilizar pastos que crezcan en épocas del año diferente a la de los árboles, o bien que posean raíces poco profundas comparadas con las del árbol, para evitar la competencia entre ambos componentes.



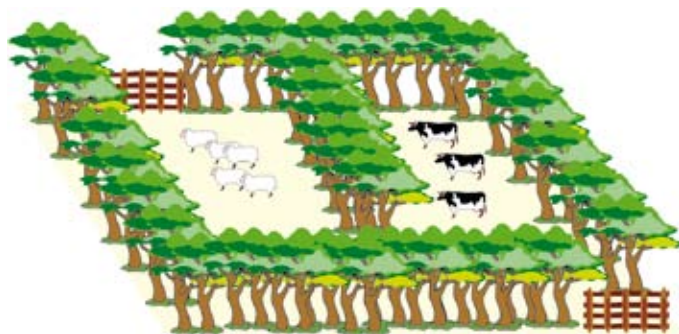
## Tipos de Sistemas Silvopastorales

**Árboles y arbustos dispersos en potreros:** es la forma más común de silvopastoreo. La vegetación está constituida por la combinación de árboles y/o arbustos con pastos dispersos uniformemente en el terreno. La práctica de esta modalidad se puede lograr desde su inicio con la plantación diseñada para este fin, a través del manejo de la vegetación existente, o bien con la incorporación de árboles o arbustos en una pradera.



**Especies arbóreas o arbustivas en fajas:** consiste en establecer los árboles y/o arbustos en una o más hileras de plantación, manteniendo un mayor espaciamiento entre las fajas en forma de callejón. Su diseño y ancho variará dependiendo del interés del agricultor y de las condiciones del sitio. Los espaciamientos entre las fajas de árboles otorgan un mejor acceso para siembras, fertilización, cosechas, mayor espacio para la producción de pastos y, para el movimiento y manejo animal.

**Galpones naturales o biológicos:** son áreas de protección que reemplazan a los galpones artificiales, conformadas 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, evitan los grandes desplazamientos para encerrar a los animales en los galpones artificiales.



**Cercos vivos:** consiste en utilizar las especies arbóreas como cerco, ya sea en una o más hileras. Se pueden conseguir beneficios como: disminución en los costos de los cercos convencionales, reducción de la presión sobre bosques naturales por productos madereros (madera, leña, postes), forraje adicional en el caso que la especie elegida sea palatable y, protección del suelo, pradera y animales.

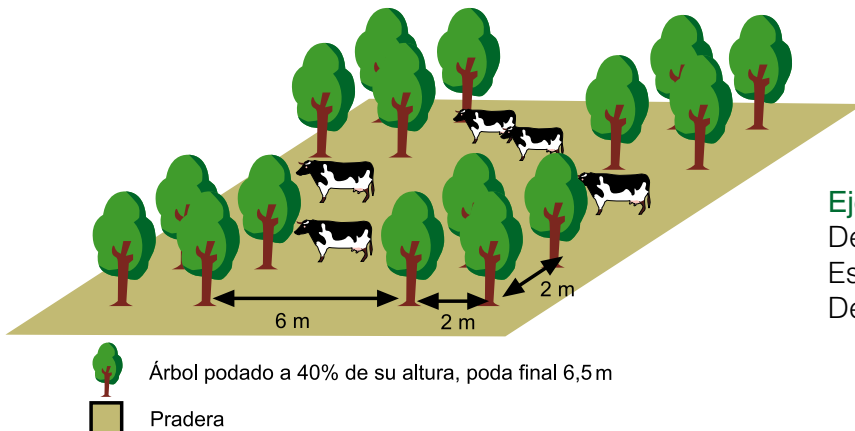
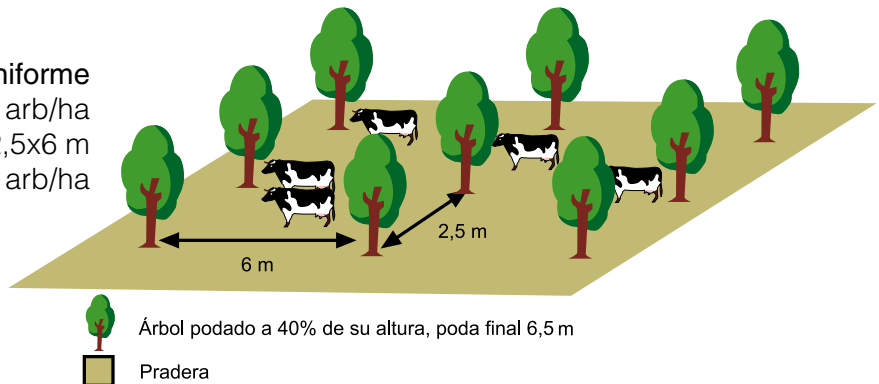
**Especies arbóreas o arbustivas como barreras vivas:** son utilizadas en suelos con pendientes, para otorgar protección al suelo, disminuir escurrimiento superficial y pérdida de suelos, y sectorizar áreas de producción. Las especies leñosas se ubican en fajas (una o más hileras) en curvas de nivel, favoreciendo el crecimiento de la pradera entre las fajas mediante la siembra de pastos o mejoramiento de la pradera existente. El distanciamiento entre fajas dependerá en gran medida de la pendiente del sitio, del nivel de erosión que presenta el suelo, la cubierta vegetal existente entre las fajas de plantación y, la cantidad e intensidad de las lluvias. La efectividad de las barreras vivas aumenta, si previo al establecimiento de hileras de árboles, se construyen surcos en curvas de nivel y/o zanjas de infiltración para retener e infiltrar el agua, evitando su escurrimiento por la ladera.



## Diseño y ordenamiento de sistemas silvopastorales

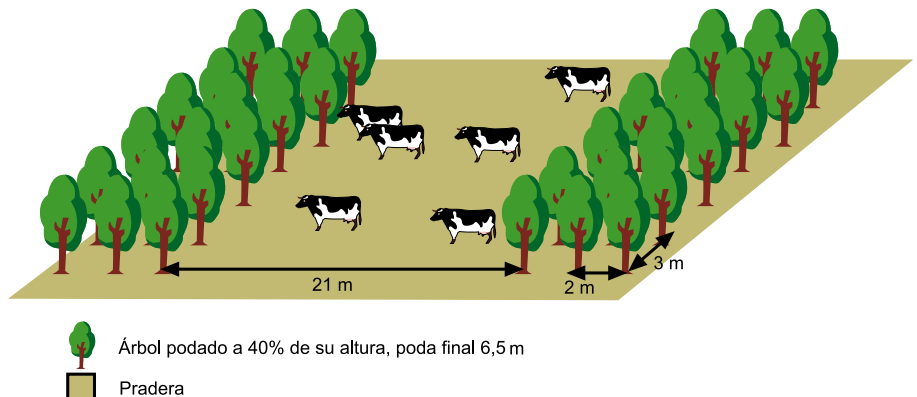
Existen variadas formas de ordenar los componentes árbol y pradera dentro del predio, siendo las más comunes los árboles o arbustos ordenados en fajas o hileras de plantaciones, en grupos o dispersos homogéneamente en el terreno. Se recomienda diseñar los sistemas de acuerdo a las características del terreno y clima, y realizar un manejo adecuado de los árboles con raleos y podas frecuentes; así se obtiene madera de buena calidad, y se permite un desarrollo adecuado de la pradera. La densidad inicial de plantación en estos sistemas fluctúan entre 400 a 1.000 arb/ha, con una densidad final estimada de 200-250 arb/ha. Se recomienda mantener una cobertura de copa entre un 35 a 40% para beneficiar la pradera.

**Ejemplo 1: Plantación uniforme**  
 Densidad de plantación: 667 arb/ha  
 Espaciamento: 2,5x6 m  
 Densidad final estimada: 200-250 arb/ha



**Ejemplo 2: Plantación en grupos**  
 Densidad de plantación: 625 arb/ha  
 Espaciamento: (2x2)x6 m  
 Densidad final estimada: 200-250 arb/ha

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



## SISTEMAS AGROSILVÍCOLAS

Los Sistemas Agrosilvícolas son una práctica agroforestal que consisten en combinar árboles y/o arbustos con cultivos agrícolas en la misma unidad predial, estableciendo los cultivos agrícolas en forma de callejones entre las hileras de árboles. Los espacios entre los árboles deben ser amplios para establecer los cultivos, pudiendo variar por ejemplo entre 4 a 25 metros, dependiendo de los tipos de árboles y cultivos agrícolas a utilizar. Las especies de árboles más usadas en nuestro país para este tipo de sistemas son Álamo, Castaño, Encino, Cerezo, Nogal, u otros, combinados con cultivos como Maíz, Porotos, Trigo, Cebada y Arvejas, o arbustos frutales como arándanos, frambuesas y otros, por mencionar algunos.

A este tipo de sistema se le denomina también cultivo en callejones, cultivos intercalares o sistema silvoagrícola, y en muchos países esta práctica se utiliza como una alternativa para el uso de los espacios de terreno que quedan entre las hileras de los árboles durante los primeros años desde establecida la plantación, tanto en otoño-invierno como en primavera-verano.

En general, con un buen manejo y con los cuidados necesarios, con estos sistemas se pueden obtener productos maderables de alta calidad a largo plazo,



mientras se obtienen ingresos a corto plazo derivado de los cultivos agrícolas como hortalizas en general, legumbres, maíz y otros productos no maderables como frutos, hongos, hojas, miel y otros.

### Componentes del Sistema Agrosilvícola

Los Sistemas Agrosilvícolas están diseñados para obtener un producto maderable de alta calidad, mientras se genera un ingreso a corto plazo derivado de la agricultura. Los componentes que lo conforman son:

- **EL ÁRBOL O ARBUSTO:** La importancia de la componente arbórea o arbustiva radica en la influencia que éste tiene sobre la producción agrícola, y la productividad de los árboles propiamente tal. Es por ello que, en este tipo de sistemas, la densidad de plantación debe ser menor que las utilizadas en plantaciones forestales tradicionales, y a un espaciamiento tal que permita el crecimiento del componente agrícola. Comúnmente los árboles se

establecen en hileras (simples, dobles o triples), manteniendo áreas amplias entre las hileras de los árboles para la producción de cultivos agrícolas, lo que facilita además el laboreo del suelo con maquinaria o manualmente. El diseño dependerá de las características del sitio, de la especie forestal a usar y de los productos o beneficios esperados (madera, frutos, protección, etc.), de los cultivos agrícolas a establecer, de la duración o tiempo que el



agricultor desee cultivar entre los árboles, según su interés y del equipamiento agrícola.

### Beneficios del árbol:

- Producción de madera: ésta puede ser destinada para su venta y/o para autoconsumo en la construcción de viviendas, muebles, artesanía, etc.
- Protección del suelo: disminuye los efectos erosivos por reducción de la velocidad del viento, disminución del impacto de las gotas de lluvia en el suelo, y estabilidad del terreno producto de las raíces de los árboles, entre otros.
- Combustible: leña y carbón para la cocción de alimentos y calefacción.
- Productos Forestales no Madereros: como frutos, miel, hojas, hongos y otros dependiendo de la especie a utilizar.
- Recuperación de suelo: mejora el estado nutricional del suelo, además de recuperar nutrientes gracias a las raíces y abono producido por las hojas, mejoramiento de la estructura y retención del suelo, etc.
- Retención de agua: producto de la densidad de las copas y de las características específicas de las hojas, y por el aumento de la materia orgánica en el suelo.



por su doble función de generar productos comestibles y de convertir nitrógeno atmosférico en una forma orgánica y utilizable por las plantas. Se debe considerar establecer cultivos agrícolas adaptados al sitio donde serán sembrados que presenten cierta tolerancia a la sombra por las condiciones que se generan una vez comenzado el cierre del dosel de los árboles y, que no se produzca una excesiva competencia entre los componentes vegetales recién establecidos.

### Beneficios de los cultivos agrícolas:

- Obtención de diversos productos agrícolas, ya sea de invierno o verano, para la venta o el autoconsumo.
- Protección y recuperación del suelo, al utilizar especies vegetales como leguminosas aportan una importante proporción de nitrógeno al suelo.

- **CULTIVOS AGRÍCOLAS:** En este caso generalmente se utilizan cultivos hortícolas, pero también es recomendable el uso de leguminosas

## Experiencias en Chile

Los tempranos retornos económicos que se obtienen de los cultivos agrícolas, mientras el cultivo forestal crece, es un incentivo para que los propietarios opten por esta combinación agroforestal, con plantaciones forestales para la producción de madera de mayor valor que las tradicionalmente utilizadas; además, el cultivo arbóreo se beneficia por los cuidados otorgados al cultivo intercalado (riego, desmalezado, fertilización). En Chile, es común la utilización de plantaciones de álamo asociado a cultivos agrícolas y en los últimos años se están utilizando especies forestales de alto valor maderero, como Nogal, Castaño, Encino, Fresno y otras de las cuales algunas también producen frutos comestibles. Entre los sistemas agrosilvícolas aplicados en Chile se pueden mencionar:

### Agrosilvicultura con Nogal (*Juglans regia*) o Castaño (*Castanea sativa*)

Dentro de las alternativas de cultivos agrícolas utilizados entre las hileras de plantaciones con especies de alto valor, se encuentran especies forrajeras (excepto alfalfa), cerealeras y hortalizas (a excepción de papas y tomates, por presentar alelopatías principalmente con nogal). En Chile, las asociaciones con nogal y castaño se han realizado principalmente con maíz, poroto, y otras hortalizas como zanahorias, lechugas; sin embargo, el cultivo que ha generado interesantes resultados es el trigo de invierno, que tiene la ventaja de cultivarse cuando los nogales se encuentran en receso vegetativo. Se debe tener presente que el crecimiento de estas especies es marcadamente superior cuando se asocia a especies fijadoras de nitrógeno, ya sean herbáceas y/o arbustivas.



### Agrosilvicultura con Álamo (*Populus spp.*)

En Chile, la utilización de cultivos intercalares en plantaciones de álamos es una práctica bastante común, que se realiza con el objetivo de utilizar el espacio de terreno descubierto que queda entre las hileras de los árboles. También esta especie ha sido plantada en hileras a orilla de camino, rodeando los sectores donde se realizan cultivos, como deslindes, cercos vivos o cortinas.

Entre los cultivos asociados a plantaciones con álamo, se encuentran hortalizas, cereales o especies forrajeras. Algunos ejemplos son betarragas, tabaco, maíz, trigo, trébol, papas, porotos, sandías, soja, algodón y remolacha. El efecto que produce el aporte de fertilizantes y el laboreo del suelo, que se realizan para los cultivos, de igual forma son positivos para el álamo, el que a su vez protege a los cultivos principalmente del viento.

## Diseño y Ordenamiento de Sistemas Agrosilvícolas

Existen variadas formas de ordenar los componentes árbol y cultivo agrícola dentro del predio, siendo las más comunes los árboles en fajas o cultivos intercalados entre los árboles. Se recomienda diseñar los sistemas de acuerdo a las características del terreno y clima, realizar un manejo adecuado de los árboles, con raleos y podas frecuentes, para así obtener madera de buena calidad y permitir un buen desarrollo de los cultivos los primeros años de la plantación. Es importante señalar que, mientras



más densa es la componente forestal menos tiempo podremos mantener una cubierta agrícola entre los árboles, principalmente por falta de luz y espacio; por ello es necesario manejar (podar y ralear) adecuadamente los árboles. La densidad inicial de plantación en estos sistemas puede variar entre 278 a 1.100 arb/ha, con una densidad final estimada de 200-250 arb/ha, dependiendo de la especie forestal a utilizar. A continuación se presentan algunos ejemplos de ordenación agrosilvícola:

#### Ejemplo 1:

Densidad inicial de plantación:

816 arb/ha

Especie: Nogal (*Juglans regia*)

Espaciamiento: 3,5 x 3,5 m.

Densidad final estimada:

200-250 arb/ha

Manejo: podas de formación y levante, desyemes y raleos.

Cultivos: maíz, porotos, otros.



#### Ejemplo 2:

Densidad inicial y final de plantación: 278 arb/ha

Especie: Álamo (*Populus sp.*)

Espaciamiento: 6 x 6 m.

Manejo: podas de formación y levante, y desyemes.

Cultivos: maíz, porotos, remolacha, papas, otros.

Los Sistemas Agrosilvícolas permiten:

- Diversificar y aumentar sus ingresos.
- Proteger el medio ambiente, sus cultivos y animales.
- Aumentar la belleza escénica.
- Incrementar la diversidad biológica en su predio.



## CORTINAS FORESTALES CORTAVIENTOS Y DE PROTECCION

Las cortinas forestales cortavientos o de protección, son una de las alternativas que nos entregan las prácticas agroforestales para ser utilizadas por los agricultores con fines productivos y de protección ambiental. Se definen como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio con fines de protección de cultivos, animales y del suelo contra el efecto del viento.

El principal objetivo del establecimiento de una cortina forestal es proteger las áreas próximas a

ésta, ya sea para disminuir la velocidad del viento, entregando protección a los cultivos o ganado, para proteger el suelo disminuyendo la erosión, para protección de las riberas de cursos de agua. Sin embargo, dependiendo de los intereses del propietario, la finalidad de la cortina puede además contribuir al embellecimiento del predio, evitar la dispersión del polvo de los caminos interiores o de acceso, aislar visualmente algunos sectores del predio como casas, galpones y otro tipo de infraestructura, y generar áreas para el desarrollo de la vida silvestre y aumento de la biodiversidad.



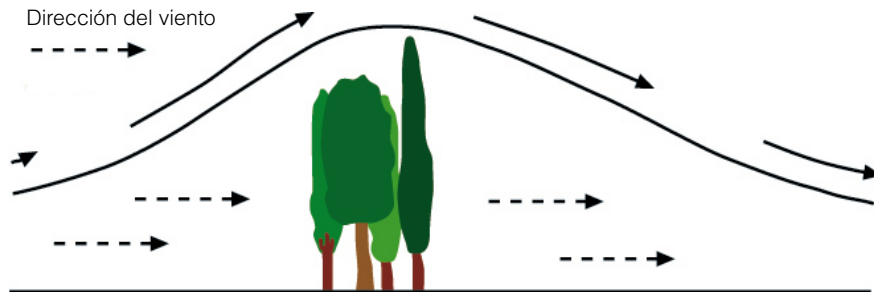
### Antecedentes sobre las Cortinas Forestales

Algunos beneficios de las cortinas forestales son:



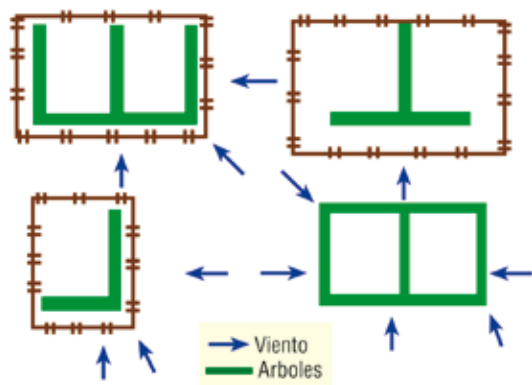
- Disminuir la erosión del suelo, evitando la pérdida de fertilidad de los suelos protegidos.
- Otorgar protección y mejorar la productividad de los cultivos.
- Incrementar el peso y sobrevivencia de los animales al otorgarles protección contra el viento, lluvia, nieve y de temperaturas extremas en invierno o verano.
- Otorgar protección a cursos de agua, y aumentar la biodiversidad.
- Proteger galpones, corrales, casas y otras infraestructuras.
- Disminuir los requerimientos energéticos de los hogares protegidos, abaratando los costos de calefacción.
- Generar productos forestales, como madera, postes, leña y productos forestales no madereros (frutos, hojas, hongos, miel y otros).
- Aumentar la rentabilidad del predio, al ser consideradas como una mejora ambiental y productiva.

## Algunas consideraciones a tener presentes para el diseño de una cortina:



**a) Efecto de la Altura:** la altura de la cortina es el factor más importante a considerar en su diseño, dado que determina el área que protege la cortina; el área de mejor protección fluctúa entre 3 a 5 veces  $H$  (altura de la cortina). La altura dependerá de la especie utilizada, el manejo realizado y la edad de la cortina.

**b) Efecto de la Densidad o Porosidad:** La densidad de una cortina se calcula como el porcentaje de cobertura de ésta en relación a su área total, y esta determinada por la(s) especie(s) y el distanciamiento entre los árboles y arbustos. Si una cortina tiene una densidad baja, el viento pasará a través de los árboles sin oponer mayor resistencia y su velocidad no disminuirá en forma importante; si la cortina tiene una densidad muy alta, el flujo de aire se eleva rápidamente, pero al traspasar la cortina, provocará fuertes turbulencias detrás de ésta, en lugar de dar protección. La porosidad ideal de una cortina para controlar la velocidad del viento es de un 60%.



**c) Efecto de la Orientación:** Una cortina cortaviento será más eficaz mientras más perpendicular a la dirección del viento se establezca. Generalmente la dirección de los vientos varía dependiendo de la época del año; sin embargo, al diseñar una cortina cortavientos, se debe tener en cuenta la dirección del viento más predominante y perjudicial, tanto para los animales, cultivos o edificaciones. Si en el lugar, existen más de una dirección de viento que provoca daño, es necesario diseñar cortina en forma de "L", "T", o perimetrales.

## Diseño y Manejo de Cortinas Forestales

Para obtener el máximo provecho de este sistema agroforestal, se debe identificar antes de establecer la cortina, el sector que se desea proteger, la dirección del viento y, planificar la disposición y la longitud que tendrá la cortina cortaviento en ese lugar.

Varios aspectos se deben considerar para el diseño de una cortina, entre los principales destacan:

- Distanciamiento entre las plantas sobre la hilera y entre las hileras.
- Especie(s) que forman la cortina, y el número de hileras.

**Distanciamiento:** usualmente el espaciamiento entre plantas en la hilera varía entre 1,5 a 2,5 metros, y entre hileras 2,0 a 3,0 metros, dependiendo de la densidad que se desee obtener para cortar el viento o, para proteger el suelo, cultivos o cursos de agua. Se debe considerar la velocidad del viento, la pendiente, y lo que se desea proteger (cultivos, ganado, edificaciones, curso de aguas, y otros).

**Especies:** las especies forestales mas utilizadas en Chile en cortinas de protección y cortavientos, son: a) zona centro-sur: Álamo, Pino radiata, Casuarina, Pino oregón, Ciprés, Acacias; b) zona sur-austral: Pino ponderosa, Pino contorta, Pino oregón, Álamo. También se puede combinar con arbustos, para mejorar la intercepción del viento y protección del suelo.

**Número de Hileras:** el número de hileras a establecer en una cortina dependerá de los sectores a proteger, de la velocidad del viento, y de la topografía del lugar. Usualmente varían entre 1 a 4, siendo las cortinas más comunes de dos hileras.



Figura diseño cortinas: (a) cortina de pino y alamo, espaciada entre hileras a 3,0 m., y en la hilera a 2,0 m.; (b) cortina de abeto y arbusto con fines melífero y de protección, plantada a 2,0 x 2,0 m.

## Establecimiento de la Cortina Forestal

**Preparación del sitio:** una adecuada preparación del terreno donde se establecerá la cortina cortaviento es fundamental para la supervivencia y el buen desarrollo de las plantas. Al preparar o cultivar el suelo, se ésta ayudando a eliminar la competencia de las malezas y mullir el suelo, para que el sistema radicular de las plantas pueda profundizar y desarrollarse rápidamente, poniendo a disposición de la planta agua y nutrientes. Se debe evitar realizar esta labor cuando existe un exceso de humedad en el suelo, ya que se podría compactar el suelo.

**Control de malezas pre y post-plantación:** permite eliminar y controlar la vegetación que puede competir con las plantas de la cortina forestal. Es absolutamente esencial, ya que las malezas compiten con su sistema radicular en forma agresiva con las especies arbóreas y/o arbustivas establecidas. Se puede realizar en forma manual, mecánica o utilizando

herbicidas de acuerdo al tipo de maleza a controlar y a las capacidades del agricultor.

**Fertilización:** se aconseja fertilizar para mejorar el desarrollo de las plantas y la supervivencia inicial. La época de aplicación más adecuada es al momento de ejecutar la plantación, o bien 2 a 3 semanas después de terminada esta faena. Se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar la necesidad de fertilizar, el tipo y cantidad de fertilizante a aplicar.

**Protección:** se deben tomar todas las medidas para proteger la cortina durante los primeros 3 años desde el establecimiento, contra animales domésticos, conejos y liebres y, contra incendios forestales. Es imprescindible cercar la cortina para evitar la entrada de animales y, si existe alta población de conejos, instalar protección individual o perimetral.





Establecimiento de cortinas: (a) protección con malla raschel; (b) plantación en terreno cultivado y con control de malezas.

## BENEFICIOS AMBIENTALES DE LOS MODELOS AGROFORESTALES

La aplicación de Modelos Agroforestales en predios agrícolas contribuye al logro de una producción predial sustentable y, como consecuencia, mejora el nivel de vida de la población rural. De esta manera se persiguen objetivos ecológicos, económicos y sociales.

Existen una serie de beneficios adicionales que se generan con el uso de modelos agroforestales, y que van en favor del medioambiente, como son la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales. Entre estos beneficios se pueden señalar:

- Mejoramiento y/o mantención de la fertilidad del suelo y reducción de la erosión mediante la incorporación de materia orgánica, fijación de nitrógeno y reciclado de nutrientes;
- Conservación del agua (cantidad y calidad) a través de una mayor infiltración y reducción de su escurrimiento superficial, minimizando la contaminación y sedimentación de los cursos



de agua, y mejorando la protección de las riberas;

- Captura de carbono, a través de la introducción de árboles y arbustos en el predio;
- Conservación de la diversidad biológica en los paisajes.

## Agroforestería y Productividad de Suelo

Para el mejoramiento de la productividad y conservación del recurso suelo, es necesario que se adecue su utilización de acuerdo a su potencial de uso y a sus limitaciones, como pendiente y fragilidad. Esto se puede lograr ordenando el territorio predial, concentrando la producción agrícola en áreas más productivas, con menor pendiente, y los usos forestales o agroforestales en áreas más frágiles, o de mayor pendiente. En áreas frágiles o erosionadas, pueden sumarse actividades de recuperación y conservación de suelos.

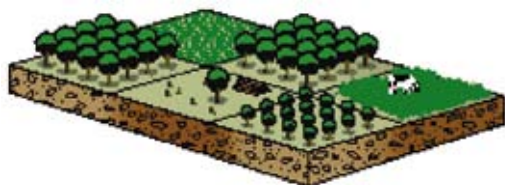
### ¿Cómo la agroforestería puede reducir la erosión del suelo y mantener o mejorar su fertilidad?

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

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



### Prácticas de conservación de suelos con actividades Agroforestales



**Rotación de cultivos:** Se define como el uso planificado y alternado en el tiempo de diferentes cultivos en el mismo terreno, lo que mantiene la fertilidad del suelo y evita su degradación.

**Cero Labranza:** Se refiere a un sistema de preparación del suelo, para el establecimiento de cultivos, en que se minimiza la alteración de la estructura de éste, al no realizar los barbechos tradicionales por aradura; de esta forma se evita dejar los suelos al descubierto y sin protección. Una característica común de la cero labranza, es que se mantienen en la superficie del terreno parte de los rastrojos del cultivo anterior, y sólo se mulle o prepara el suelo en los lugares de siembra.



**Obras de conservación y recuperación de suelo:** Tienen como principal función disminuir la erosión de los suelos ubicados en laderas, a través de la interceptación del escurrimiento y mejoramiento de la infiltración del agua. Dependiendo del tipo de erosión, las obras a usar pueden ser: canales de desviación, zanjas de infiltración, diques y otros, contemplados en programas de recuperación de suelos del Estado como el SIRSD y el DL 701. Para un adecuado funcionamiento y mantenimiento de las obras, estas deben combinarse con el establecimiento de especies arbóreas, arbustivas o herbáceas.

## Agroforestería y Conservación del Agua

La protección y conservación del agua en un predio, se refiere al cuidado de este recurso en ríos, quebradas, lagos y otros, incluyendo la mantención

y protección de la vegetación adyacente a estos. Esta práctica se denomina “Zona de Manejo de Cauces” o “Manejo de Zonas Ribereñas”.



### ¿Cómo la agroforestería puede contribuir a mantener la cantidad y calidad del agua?

Árboles, arbustos y cualquier otro tipo de vegetación protectora de cursos de agua, ejercen influencia sobre el ciclo del agua, regulando la variación de temperaturas en los cauces, reduciendo su escurrimiento, aumentando su infiltración y protegiendo las riberas.

### Prácticas de manejo de zonas ribereñas

- Un modelo común para el manejo de áreas ribereñas, es el empleo de una o más especies leñosas (árboles y arbustos), en combinación con pastos, en los sectores cercanos a los cursos de agua. La vegetación actúa como filtro biológico disminuyendo la velocidad del agua a nivel superficial, aumentando la infiltración, reteniendo las sustancias contaminantes de los cultivos (fertilizantes, herbicidas y otros) y, entrega protección y alimento a la fauna.
- En general se utilizan especies de rápido crecimiento, las cuales incrementan la estabilidad de las riberas en el corto plazo.
- El uso de especies nativas de crecimiento más lento, permite un ciclo de nutrientes más largo y a su vez un mayor tiempo de retención de carbono.

### Beneficios del manejo de Zonas Ribereñas:

- Actúa como un filtro efectivo de sedimentos y otros materiales, como por ejemplo elementos químicos provenientes de pesticidas, herbicidas y fertilizantes, disminuyendo su proporción en el cauce de agua.
- La vegetación proporciona sombra al agua, conservando su temperatura y mejora las condiciones para la vida acuática existente en ella; además, constituye una fuente de alimento para la vida acuática.
- Sirve de protección y de hábitat para la fauna en general.
- Los árboles y arbustos presentes en esta zona sirven de estabilizador de sus riberas.
- Mejoran las características físicas, químicas y biológicas del agua.



## Agroforestería en la Captura de Carbono y Conservación de la Diversidad Biológica

### ¿Cómo puede la agroforestería ayudar en la captura de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero?

Los Modelos Agroforestales, al incluir especies arbóreas, asumen una importante función en la retención de carbono en los suelos y en la madera. Esto es un beneficio económico potencial adicional para los productores, al cual pueden optar si incorporan árboles en sus predios dado que el mercado del carbono esta cobrando una enorme potencial en el mundo.

### ¿Cómo los modelos agroforestales pueden contribuir al mantenimiento y ordenación de la diversidad biológica y mejoramiento del paisaje agrícola?

Los modelos agroforestales también pueden desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad biológica, al incorporar árboles y arbustos dentro de los paisajes agrícolas. Con la introducción de vegetación arbórea, junto con la conservación de zonas ribereñas, permite la conexión de hábitats para animales, aves, peces y plantas silvestres. Además, embellece el paisaje y mejora las condiciones de vida para los habitantes del mundo rural.





## ORDENAMIENTO PREDIAL

El ordenamiento predial consiste en combinar los ámbitos forestal, agrícola y ganadero en una misma unidad predial, con énfasis en la vocación de uso de la tierra de acuerdo a su capacidad productiva. Es decir, utilizar el terreno de acuerdo a su potencialidad productiva, estableciendo sistemas forestales, agrícolas o ganaderos en forma individual o combinados en modelos agroforestales, con el objetivo de obtener el mejor resultado y rendimiento en forma sustentable. De esta forma se pueden generar unidades productivas en las cuales se obtiene una mayor diversidad de productos (madera, cultivos anuales, ganadería, madera-ganado, madera-cultivos, madera-cultivos-ganado, etc.), con diferentes horizontes de producción.



Los diferentes recursos productivos que componen este sistema de producción integrado (forestal, agrícola, ganadero, o agroforestal), deben ser asignados adecuadamente dentro del predio. Esto implica ubicarlos considerando la topografía del terreno (pendiente y relieve), seleccionar las especies arbóreas o arbustivas, cultivos y tipo de ganado de acuerdo a las condiciones de clima y suelo de cada localidad y, tomar en cuenta la disponibilidad de agua, la capacidad de uso del suelo y, las necesidades del agricultor y sus intereses comerciales.

A continuación, se entregan algunas definiciones productivas de acuerdo al concepto de ordenación predial y modelos agroforestales. Estas pueden ser aplicadas a sus actividades productivas de forma de ayudar al agricultor para desarrollar bajo un criterio sustentable, respetando los recursos que posee y mejorando la condición en las que se encuentra.

### Uso Adecuado del Suelo

Para la sustentabilidad de la producción silvoagropecuaria, se deben respetar las vocaciones naturales del suelo en función de la topografía, estado nutricional y condiciones agroclimáticas. En algunos casos, los terrenos pueden tener vocaciones combinadas, como por ejemplo la vocación silvopastoral que es el uso ganadero y forestal en un mismo sitio, las que pueden ser más beneficiosas en términos de diversificación de productos, rendimiento y sustentabilidad en el tiempo.

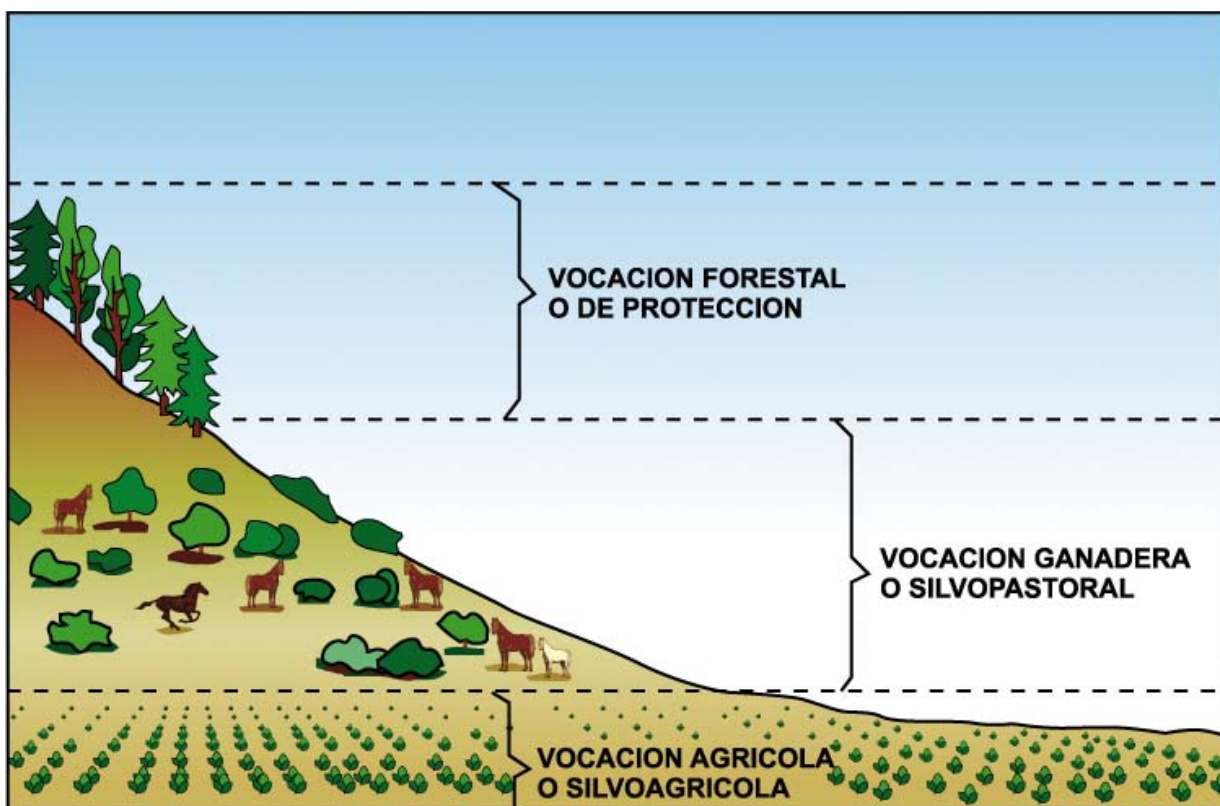
A continuación se señalan las vocaciones del suelo más comunes que se presentan en terrenos de productores campesinos:

**Vocación Forestal o de Protección:** corresponde generalmente a sectores de lomajes altos, de pendiente no excesiva, donde es posible establecer plantaciones forestales. Para tener éxito en la plantación lo recomendable es seleccionar la especie forestal que se adapte mejor a las condiciones del lugar, plantar en surcos en curvas de nivel con una buena preparación del suelo y, manejar y proteger adecuadamente el bosque establecido.

**Vocación Ganadera o Silvopastoral:** esta vocación se presenta principalmente en sitios de laderas medias o bajas, donde es posible dedicarlo a la producción animal, favoreciendo la pradera natural o mejorándola con siembra de pastos forrajeros. En algunos casos, en este tipo de vocación

se puede asociar el ganado con especies arbóreas y/o arbustivas en un uso combinado ganadero-forestal llamado uso silvopastoral.

**Vocación Agrícola o Silvoagrícola:** corresponde a suelos planos, o de poca pendiente, donde se pueden establecer todo tipo de cultivos agrícolas, sin degradación del suelo. El agricultor generalmente debiera realizar una rotación de cultivos y de potreros, de manera que no se produzca un desgaste del suelo y pérdida de fertilidad. Además, puede combinar los usos agrícolas con especies forestales, en forma de callejones, cortinas cortavientos, cercos vivos y otros, lo que se denomina sistema silvoagrícola.



## Aspectos básicos para el Ordenamiento Predial

A continuación se señalan algunos aspectos básicos a considerar al momento de ordenar su predio, y los usos productivos posibles en los suelos:



**Producción ganadera:** Su uso en ganadería está condicionado por la disponibilidad y calidad de forraje, y por las condiciones climáticas de la zona. Debe analizarse la calidad de la pradera existente, ver la posibilidad de mejoramiento de la pradera natural o implementación de una pradera artificial con mejores rendimientos, disponibilidad de agua y tipo de ganado. En un manejo silvopastoral, se debe armonizar con un adecuado manejo del componente forestal.



**Cultivo Agrícola:** El uso de cultivos agrícolas estará condicionado a suelos con vocación agrícola o agrosilvícola, y su elección dependerá de la calidad del suelo y su estado actual, disponibilidad de agua y condiciones climáticas. Es necesario contar además con información de mercado para la correcta elección del cultivo a establecer.



**Plantaciones Forestales:** Especies de rápido crecimiento, como Pino y Eucalipto, permiten un retorno en el mediano y largo plazo para diversos productos. Especies nobles como Castaño, Nogal y otras, son una buena alternativa, aunque tienen una rotación mayor y, requieren suelos de buena calidad y disponibilidad de agua. En la zona sur patagónica, especies como *Pinus ponderosa*, *P. contorta* y Pino oregon, son una buena alternativa. En zonas semiáridas pueden considerarse *atriplex*, *Acacia saligna*, eucalipto rojo y *E. cladocalix*. En un uso Agroforestal, se debe elegir la especie arbórea correcta en combinación con el ganado o con el cultivo agrícola.





**Bosque Nativo:** En muchos predios se presentan áreas con bosque nativo, las que pueden otorgar retornos en el mediano y largo plazo, gracias a la diversidad de productos que se pueden obtener de su manejo (madera, leña, ramas, frutos, nueces, flores, hongos, etc.). Además, puede usarse para turismo, protección de suelos y cursos de agua, conservación de la biodiversidad y belleza escénica. Para ello, los bosques deben manejarse de acuerdo con las técnicas silvícolas apropiadas, con una correcta planificación y ordenamiento forestal, y contando con un plan de manejo aprobado por CONAF.

**Protección de Cursos de Agua y Suelos:** Árboles y arbustos son fundamentales en la protección de las riberas, en la estabilidad y calidad de las aguas, y protección de suelos. La vegetación influye en el ciclo del agua, regulando la variación de temperaturas en los cauces, reduciendo su escurrimiento y aumentando su infiltración. Esto permite filtrar sedimentos y compuestos químicos disminuyendo impactos en los cauces, sirve de protección y de hábitat para la fauna en general y mejora las características físicas, químicas y biológicas del agua.



## Aplicación Práctica de una Unidad Agroforestal bajo ordenamiento predial

Cualquier predio tiene una vocación productiva natural, existiendo terrenos de uso agrícola, ganadero, forestal, de protección o una combinación de estos usos en un sistema agroforestal.

INFOR e INDAP, en base al programa “Modelos Agroforestales para un desarrollo sustentable de la Agricultura Familiar Campesina” implementaron el Módulo demostrativo “Los Aromos”, ubicado a 23 km al norte de la ciudad de Cauquenes, con una precipitación 500-700 mm y una temperatura media de 14,1°. En este módulo de 7 ha, se abordaron las soluciones productivas de acuerdo a las condiciones de usos del suelo, consensuadas con el agricultor en función de sus necesidades. A continuación se exponen la situación original y la solución aplicada en esta unidad, lo que se aprecia gráficamente en las Figuras 1 y 2.





Figura 1: Situación inicial, sin intervención

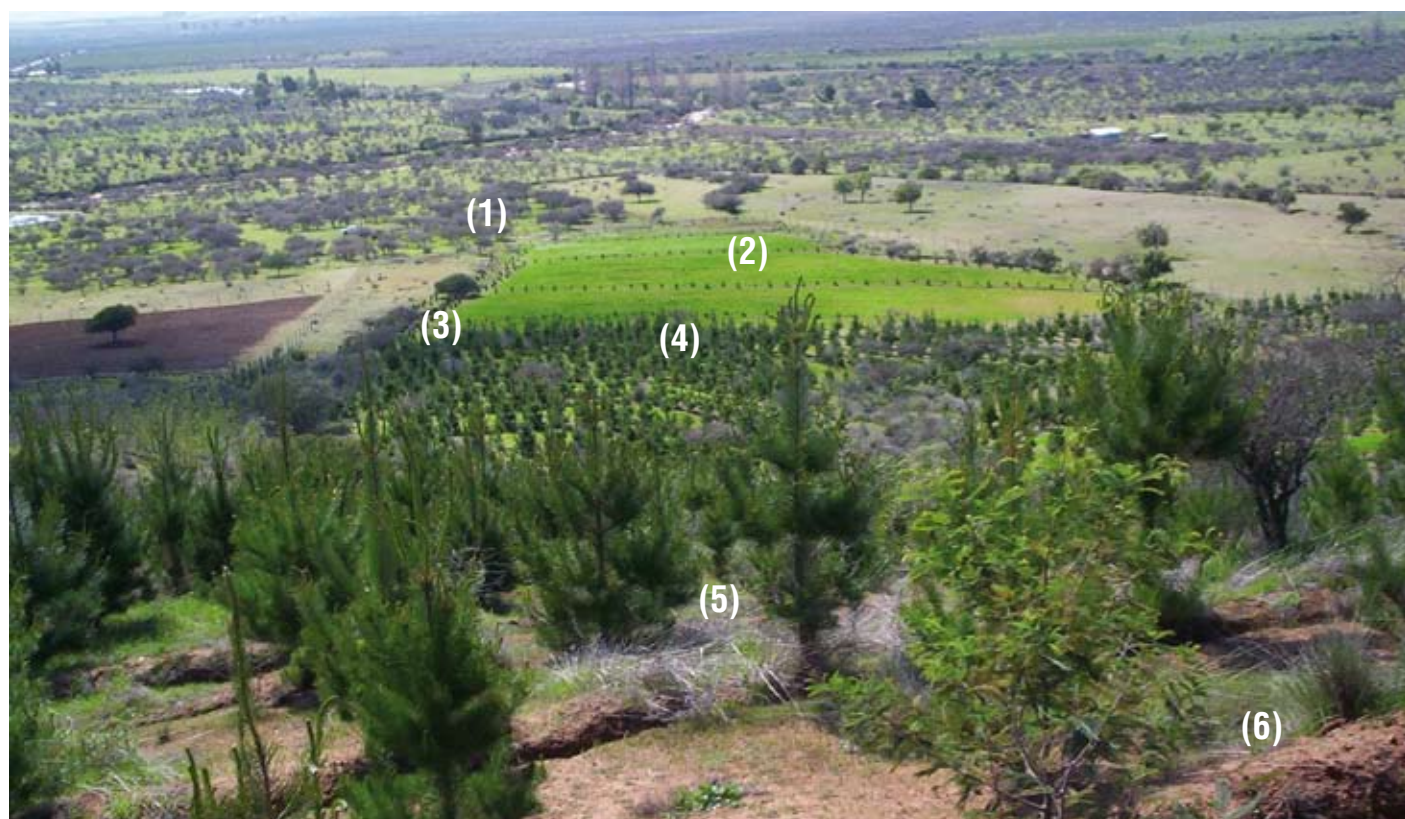


Figura 2: Situación posterior, con ordenamiento predial y modelos agroforestales



### 1. Sistema silvopastoral con espino

*Ubicación y situación original: Sectores de lomaje suave, uso ganadero con presencia de espino (Acacia caven).*

*Aplicación práctica: Sistema silvopastoral con manejo de espino y siembra de pradera.*

En este sector del predio se realizó un aprovechamiento de la vegetación nativa de la zona compuesta por espino, cambiando el uso ganadero extensivo que tradicionalmente se le ha dado a este recurso, por un manejo silvopastoral. Para ello se realizó un raleo de pies de espino, dejando los fustes más sanos, con una formación de copa del espinal, que favorece la producción forrajera y la protección de los animales y de la pradera.

Se estableció una pradera artificial, mediante el cultivo del suelo y la siembra de pastos forrajeros: trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra.



### 2. Sistema Silvoagrícola

*Ubicación y Situación original: Sectores de lomaje suave destinados a cultivos anuales de trigo, cebada y avena.*

*Aplicación práctica: Sistema silvoagrícola de recuperación de suelos agrícolas con especies forestales y arbustivas en camellón y, siembra de pradera intercalada y cultivo de trigo en rotación.*

Este sector se reorienta de un uso tradicional intensivo de siembra de trigo, hacia un sistema silvoagrícola con especies forestales y pradera, o en rotación con cultivos anuales.

Se realizó el establecimiento de la pradera entre los camellones plantados con árboles y arbustos, en curvas de nivel para reducir el escurrimiento superficial a una distancia entre 20-30 m. Las especies forestales y arbustivas fueron Quillay, Tagasaste y *Acacia saligna*. Las especies forrajeras usadas fueron trébol subterráneo, trébol balansa, hualputra y ballica, sembradas en un suelo preparado en curvas de nivel. Se fertilizó con mezcla de fósforo, nitrógeno, potasio, boro, calcio y azufre. Se recomienda hacer rotación de cultivos con praderas, para mejorar la condición y fertilidad del suelo.



### 3. Sistema Protección de riberas y cursos de agua

*Ubicación y situación original: sectores con cursos de agua dentro del predio, afectadas por un mal manejo y sobreexplotación del recurso.*

*Aplicación práctica: plantación de especies arbóreas y arbustivas, protección de la vegetación y exclusión de usos productivos.*

Dentro de un predio agrícola existen cursos de agua que deben ser protegidos, evitando cortar la vegetación protectora, el cultivo de áreas circundantes y la entrada de animales al cauce.

En este caso, dado que se presentaba erosión de las riberas, se excluyó el uso agrícola al menos a 2-3 m de los bordes de los cursos de agua, se forestó con especies protectoras dentro del curso del agua y en zonas ribereñas con *Acacia saligna*, *A. dealbata* y Fresno. En zonas erosionadas, se instalaron diques de madera, y se hicieron obras en el nacimiento del cauce para reducir la velocidad del agua.







#### 5. Sistema Forestal y Control de erosión

*Ubicación y situación original: Sectores de pendiente fuerte con presencia de espino y cárcavas, y uso ganadero extensivo.*

*Aplicación práctica: Sistema forestal puro y control de erosión.*

Este terreno corresponde a un suelo de vocación forestal, el cual fue usado tradicionalmente para la siembra de trigo y ganadería extensiva, por lo que se rozó la vegetación protectora. Dado lo anterior presentaba una baja presencia de cobertura vegetal, por lo que mostraba un grave proceso de erosión.

En esta situación se realizó una plantación forestal pura en curvas de nivel, con formación de camellones, considerando las especies: Pino radiata, Eucalipto rojo (*E. camaldulensis*), *Acacia dealbata* y *A. mearnsii*.

Al mismo tiempo se ejecutaron las siguientes obras de conservación de suelos en las zonas más afectadas: construcción de zanjas de infiltración, canales de desviación, diques de postes y forestación de protección con aromos, chocho (*Lupinus sp*), y Pino.



#### 4. Sistema silvopastoral

*Ubicación y situación original: Sectores de lomaje suave a pendiente moderada con presencia de espino, y ganadería extensiva.*

*Aplicación práctica: Sistema silvopastoral con especies forestales y mejoramiento o siembra de pradera.*

En esta parte del predio se implementó un sistema silvopastoral a través de la plantación de *Pinus radiata* en un sector y *Eucalyptus globulus* en otro; se utilizaron dos densidades, 1.000 arb/ha con un espaciamiento de dos hileras (2x3 m) y 7 m entre las dos hileras y, 500 arb/ha con espaciamiento de dos hileras (2x3 m) y 14 m entre las dos hileras de árboles, para las dos especies.

Simultáneamente se realizó un mejoramiento de la pradera original, mediante la siembra de trébol subterráneo, trébol balansa y hualputra. Se excluyó este sector del pastoreo con ovejas hasta que los árboles alcancen una altura de al menos 1,5 m, para evitar el daño por ramoneo y pisoteo. Se debe podar hasta una altura de 6 m y ralear sucesivamente hasta obtener 200-250 arb/ha.



#### 6. Control de Erosión

*Ubicación y situación original: Sectores con pendiente fuerte y altos grados de erosión, utilizado tradicionalmente con ganadería extensiva.*

*Aplicación práctica: Construcción de obras de recuperación y conservación de suelos con establecimiento de vegetación arbustiva y arbórea.*

El ordenamiento predial incorpora también el cuidado y recuperación de los sectores degradados. En este caso, dependiendo del estado del suelo y grado de erosión, se construyeron obras de recuperación de suelos de acuerdo al grado de fragilidad y erosión que presentaba cada sector, construyéndose empalizadas, diques de postes, zanjas de infiltración y canales de desviación de aguas.

Al mismo tiempo, se estableció una cubierta de vegetación protectora con árboles y arbustos, con el fin de recuperar paulatinamente la cobertura vegetal. En esta unidad se plantaron las áreas erosionadas con aramo, agave, pino, chocho y enredadera (quilo).