



Manual N° 43

Diseño, establecimiento y manejo de Cortinas Cortaviento

InnovaChile
CORFO

DISEÑO, ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CORTINAS CORTAVIENTOS

Autores

Álvaro Sotomayor G. ¹

Iván Moya N. ²

Osvaldo Teuber W. ³

¹ Ingeniero Forestal, MS, Dr. Ciencias Forestales, INFOR Sede Biobío, alvaro.sotomayor@infor.cl.

² Ingeniero Forestal, INFOR Sede Patagonia, ivan.moya@infor.cl

³ Ingeniero Agrónomo, INIA Tamei Aike, oteuber@inia.cl



INFOR

Instituto Forestal, Chile. 2011
Sucre 2397 Ñuñoa, Santiago
Fono 56 2 3669115
www.infor.cl

ISBN: N° 978-956-318-051-0

La información contenida en este documento es resultado de los proyectos INNOVA CHILE-INFOR, "Centro de Agroforestería Patagónico: Una Alternativa de Desarrollo Sustentable para la Patagonia", e INNOVA CHILE-INIA-INFOR, "Innovación Tecnológica para Sistemas de Manejo Integrado de Producción Forestal-Ganadera en la Región de Aysén".

Editores

Álvaro Sotomayor G.
Santiago Barros A.

	Páginas
1. INTRODUCCION	04
2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA CORTINA	06
2.1 Altura	06
2.2 Densidad o Porosidad	08
2.3 Orientación y Diseño	11
2.4 Especies a Utilizar	12
3. PREPARACION DEL SUELO PARA ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS CORTAVIENTOS	16
3.1 Preparación del Suelo	16
3.2 Control de Malezas Pre-Plantación	18
3.3 Cercado Perimetral y Protección Individual de Plantas	19
3.4 Plantación	20
3.5 Fertilización	23
3.6 Cuidados Post-Plantación	23
3.7 Recomendaciones Generales	24
4. MANEJO DE UNA CORTINA CORTAVIENTO	26
4.1 Manejo de la Copa o Follaje	26
4.2 Poda de Raíces	28
5. RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRATENSE CON CORTINAS CORTAVIENTOS Y DE ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS CON PROTECCIÓN	29
5.1 Resultados de Productividad Pratense	29
5.2 Otros Beneficios de las Cortinas Vegetales en la Producción Predial	31
5.3 Resultados de Ensayos de Establecimiento con Protección y Control de Malezas	32
6. FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO	36
6.1 Ley de Fomento Forestal (DL.701)	36
6.2 Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S)	36
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
8. REFERENCIAS	39
ANEXO 1. TIPOS DE HERBICIDAS	41

1. INTRODUCCIÓN

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

Las cortinas cortavientos se definen como el establecimiento de una o más hileras de árboles y/o arbustos dentro de un predio con el fin de reducir la velocidad del viento y su efecto negativo sobre los cultivos, los animales, el suelo, la infraestructura predial y/o el ambiente.

El principal objetivo del establecimiento de una cortina cortaviento forestal es proteger las áreas próximas a ésta, disminuyendo la velocidad del viento y entregando protección efectiva a cultivos, ganado y construcciones. Otras funciones de estas barreras vegetales son otorgar protección al suelo, disminuyendo la erosión eólica, y beneficiar los cursos de agua (Teuber *et al.*, 2009).

Sin embargo, dependiendo del interés del propietario, la finalidad de una cortina puede además contribuir al embellecimiento del predio, evitar la dispersión del polvo de los caminos interiores o de acceso, aislar visualmente algunos sectores del predio como casas, galpones y otro tipo de infraestructura, y generar áreas para el desarrollo de la vida silvestre y el aumento la biodiversidad.

El éxito en la tarea de obtener una cortina cortaviento de buena calidad, dependerá del diseño elegido, de la selección de las especies vegetales a utilizar, del establecimiento inicial, de su manejo, y del cuidado y mantención en sus primeros años (Moya *et al.*, 2009).

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

Se espera que este manual sea una valiosa herramienta para los productores silvoagropecuarios y profesionales asesores, y una guía que les permita orientar y facilitar el trabajo de establecimiento y manejo de cortinas cortavientos vegetales.

Sr. Productor o Profesional asesor:

Algunos de los principales beneficios de las cortinas cortavientos forestales o de protección son:

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

2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA CORTINA

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

2.1. Altura

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

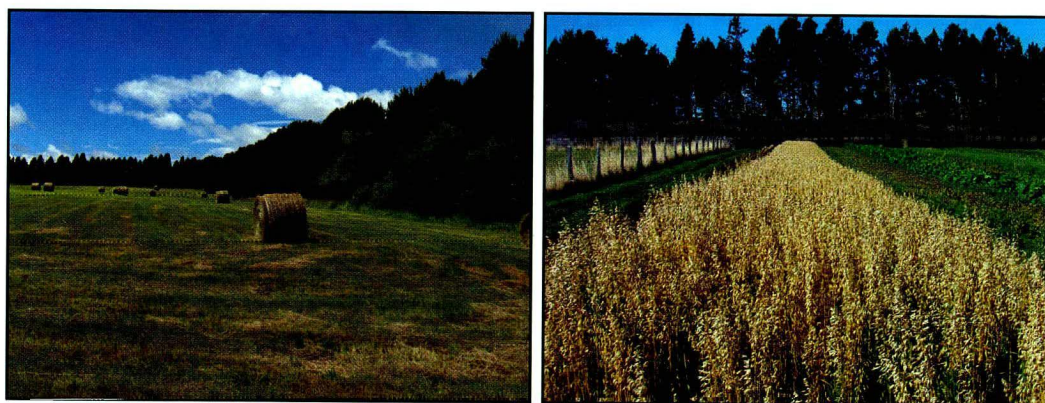


Figura 1. Cortina cortaviento de coníferas de 14 m de altura, protegiendo ensayo con cultivos agrícolas y especies forrajeras, sector Valle Simpson, Región de Aysén, Chile (der). Producción de rollos de pasto bajo protección de cortinas forestales, Coyhaique, Chile (izq)

En cortinas cortavientos con múltiples hileras, el área protegida estará siempre determinada por la especie más alta de la cortina.

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

A modo de ejemplo, en la Figura 2, se muestra una cortina cortaviento de una altura de 10 m, que puede entregar protección hasta una distancia de 30 veces la altura de la cortina (300 m), siendo el área de mayor protección la comprendida entre una a diez veces la altura de la cortina (1 a 10 H equivalente a 10 a 100 m).

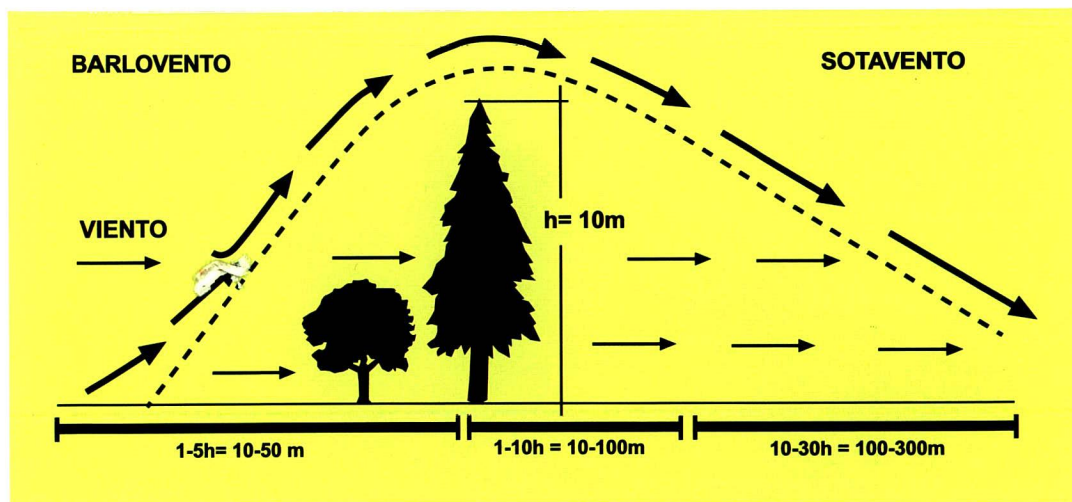
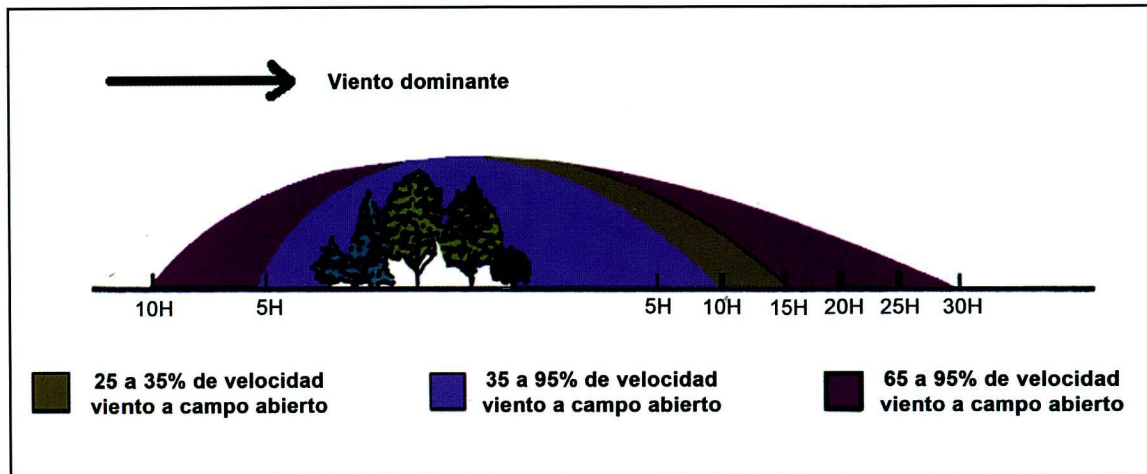


Figura 2. Muestra gráfica del efecto protector de una cortina cortaviento de 10 m de altura, antes (barlovento) y después (sotavento) de la cortina

En el lado de sotavento, área de mayor protección, una cortina puede ser efectiva hasta una distancia de 30 veces la altura de la cortina (30H) (Figura 3). Por ejemplo, si una cortina tiene una altura de 10 m, el área con algún grado de protección será hasta los 300 m, pero el área de mayor protección es desde 1H a 10H.



(Fuente: Adaptado Quam et al., 1994)

Figura 3. Porcentaje de reducción de velocidad del viento, en una cortina cuya altura es de H.

Dependiendo del área que se desea proteger del viento, y dada la superficie limitada que se protege solo con el establecimiento de una cortina, se recomienda instalar una serie de cortinas cortavientos secuenciales cada 5 a 10 veces la altura de la cortina (H) para lograr una mejor protección del terreno (Figura 4).

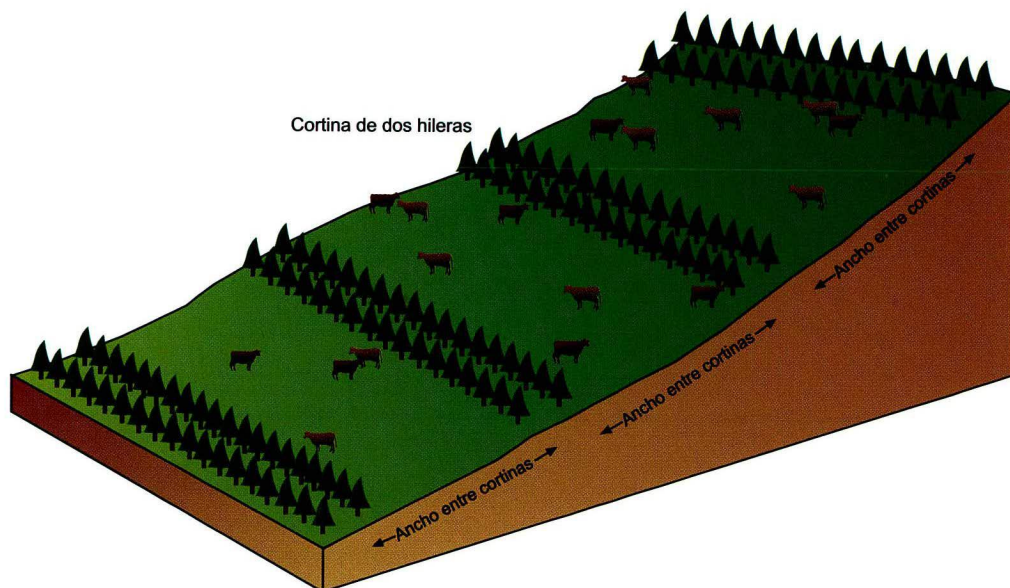


Figura 4. Establecimiento de cortinas secuenciales

2.2 Densidad o Porosidad

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

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

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

Donde:

Dc: Densidad de cortina

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

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

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

En contraste, si la densidad de una cortina forestal es muy alta (>80%), la protección será excesiva, el viento no podrá pasar a través de la cortina, elevándose y pasando por su extremo

superior, lo que generará una zona de turbulencia, debido a una baja presión de aire en los sectores de barlovento y sotavento más cercanos a la cortina. Estas turbulencias reducen la zona de protección, producen erosión en el suelo e incluso pueden provocar descalces de raíces y daños a los cultivos (Figura 5).

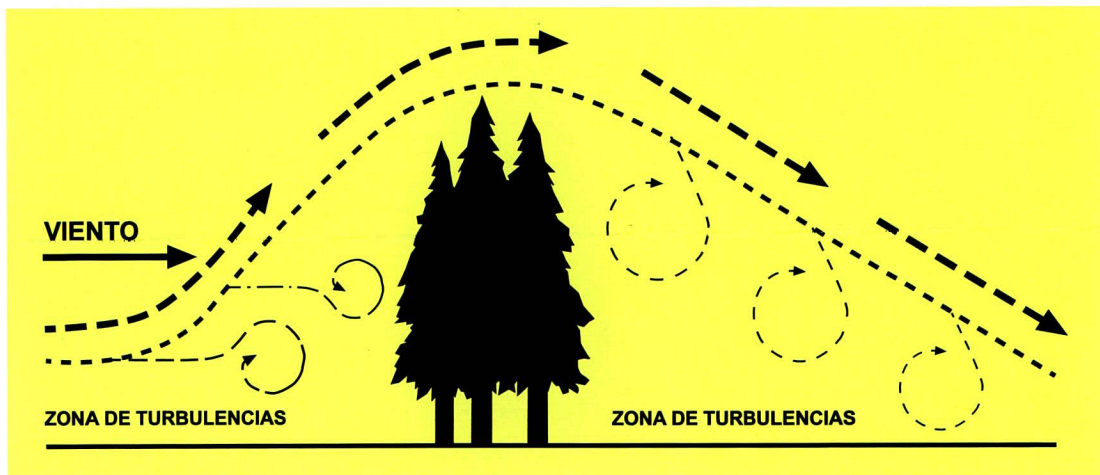


Figura 5. Muestra de turbulencia generada por una cortina muy densa, a ambos lados de la cortina

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



Figura 6. Ejemplo de cortinas con distintas densidades o porosidades
Cortina con un 60% de porosidad o baja densidad (izq) Cortina con una porosidad del 10% o alta densidad (der)

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

La interacción entre la altura, la densidad y la longitud de la cortina, determinan el grado de reducción de la velocidad del viento, su paso a través de la cortina, como también el área de protección.

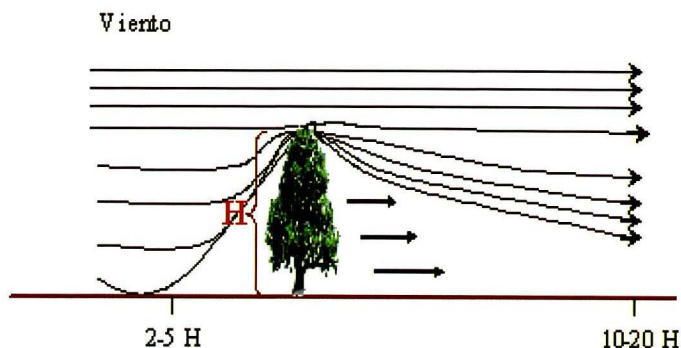


Figura 7. Movimiento del aire a través de la cortina y sobre ésta

Las cortinas cortavientos, de acuerdo a la necesidad del productor, el área a proteger y la disponibilidad de superficie, pueden considerar una o más hileras, siendo lo más común de una a tres hileras.

Lo anterior es importante de considerar en su diseño, dado que el número de hileras influirá en los parámetros de altura y densidad y, en consecuencia, en la protección que otorgará a la zona que se desea proteger de los efectos negativos del viento.

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

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

- La distancia de plantación entre hileras debiera ser de un mínimo de 1,0 m y de un máximo de 3,0 m.
- El distanciamiento de los árboles y/o arbustos sobre la hilera será de 1,0 m como mínimo y de un máximo de 3,0 m.

- En algunos casos calificados, cuando el viento es muy fuerte, > a 70 km/h en época de primavera, y se desea cubrir rápidamente con cortinas algún potrero productivo, se puede establecer un diseño de mayor densidad, por ejemplo un marco de plantación de 0,5 m por 0,5 m y hacer raleos posteriores para evitar una excesiva competencia entre los árboles, como es el caso de Chile Chico, Región de Aysén, para producción de cerezas.

Ejemplo de Cortina Cortaviento con fines de Protección de Praderas y Cultivos:

Nº de hileras:	3
Distanciamiento entre hileras:	1,5 a 2,5 m
Distanciamiento en la hilera:	1,5 a 2,0 m
Distanciamiento entre la hilera y el cerco:	1,0 a 1,2 m
Plantación:	Tres bolillo (formando un triángulo entre plantas de hileras continuas).

En una plantación de 3 hileras se recomienda establecer las plantas en tres bolillo (Figura 8), quedando una planta de la otra, haciendo una proyección horizontal entre las hileras de plantación, entre 0,75 a 1,0 m.

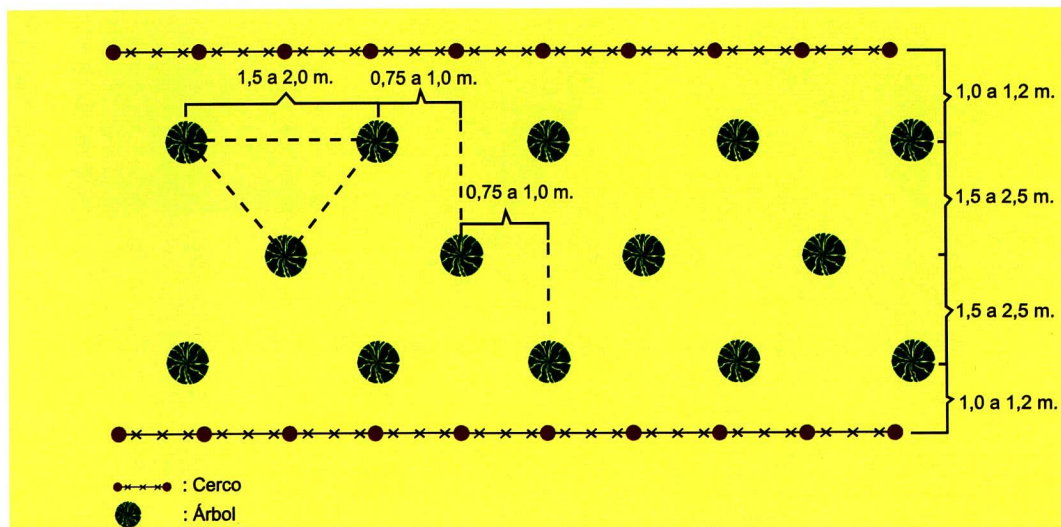


Figura 8. Ejemplo de marco de plantación de una cortina cortaviento, con distanciamientos adecuados para establecer una cortina de tres hileras, con plantación en tres bolillo

2.3. Orientación y Diseño

Una cortina cortaviento será más eficaz en la reducción de la velocidad del viento mientras más perpendicular a la dirección del viento se establezca. Generalmente la dirección de los vientos varía dependiendo de la estación del año; sin embargo, al diseñar la cortina se

debe considerar su establecimiento en forma perpendicular a los vientos predominantes, que provocan mayores daños a los cultivos en primavera y afectan a los animales y las edificaciones.

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

Lo anterior se puede observar en la Figura 9, con diferentes opciones de diseño y áreas de influencia. Se debe considerar que en una cortina perpendicular al viento, el área protegida no se calcula con la proyección lineal a partir del borde de esta, dado que se produce un efecto envolvente del viento, que hace que éste vuelva al interior del terreno protegido, disminuyendo la zona de efectividad de la cortina.

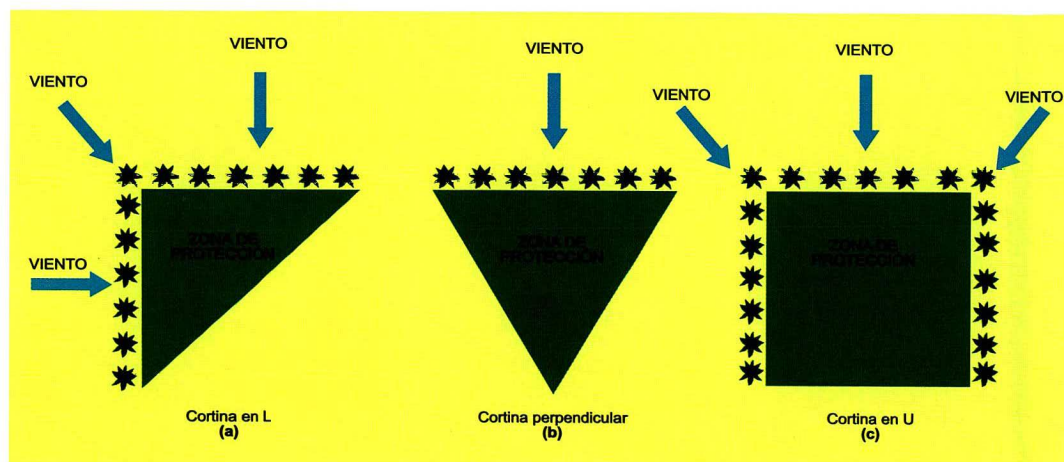


Figura 9. Diseño y orientación de cortinas según dirección del viento

Es importante, antes de plantar, identificar el área que se desea proteger, para así diseñar la disposición y la longitud que tendrá la cortina cortaviento en aquella superficie. Se debe considerar, además de lo indicado anteriormente, aspectos como la ubicación de edificaciones, caminos, cercos, pendientes, plantaciones, y otros. Si se desea dar protección con una cortina con diseño perpendicular al viento, sobre un potrero de 100 m de ancho, la cortina debiera tener un largo de 150 m, considerando que sea 25 m más larga en ambos costados de la zona a proteger.

2.4. Especies a Utilizar

Algunas de las especies adaptadas a la zona patagónica de Chile (Cuadro 1), desde la Provincia de Palena a la Región de Magallanes y de uso potencial en cortinas cortavientos son, entre otras, pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), pino contorta (*Pinus contorta*), ciprés macrocarpa (*Cupressus macrocarpa*), álamos (*Populus spp*), sauces (*Salix spp*), larix (*Larix spp*), y especies nativas como coigue (*Nothofagus dombeii*),

lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñirre (*Nothofagus antártica*). También se pueden considerar algunas especies arbustivas como calafate (*Berberis microphylla*), grosellas (*Ribes* sp.), maqui (*Aristotelia chilensis*), retamo (*Cytisus scoparius*) y otras.

Cuadro 1. Especies forestales para uso en cortinas cortaviento

Especies	Área de Desarrollo Potencial	Características y Usos Principales
Pino oregón (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	La Araucanía a Aysén (Sectores Valle central, precordillera andina y zona costera)	Especie de crecimiento lento, se adapta bien a zonas húmedas y de bajas temperaturas, requiere de suelos de mejor calidad. Crece en áreas con precipitaciones de 920 - 2.500 mm, y temperaturas mínimas de -34 °C y máximas sobre los 35 °C. Presenta restricciones a bajas temperaturas de -4 °C durante periodo vegetativo, en primavera. El principal uso de su madera es la producción de madera aserrada, estructural, revestimientos, mueblería, puertas y ventanas.
Pino ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i>)	La Araucanía a Aysén (Sectores de precordillera y cordillera, suelos delgados a profundos)	Especie de crecimiento lento, crece en área cordilleranas, soportando temperaturas mínimas de - 30 °C y máximas cercanas a los 40 °C con precipitaciones entre 250 - 760 mm y con aporte de nieve. El principal uso de su madera es en madera aserrada, cajas, embalajes, puertas y ventanas, y molduras.
Pino contorta (<i>Pinus contorta</i>)	Aysén a Magallanes (Sectores de precordillera y cordillera, suelos delgados a profundos)	Especie de crecimiento lento, crece en áreas cordilleranas, soportando temperaturas mínimas de - 57 °C en el hemisferio norte y máximas cercanas a los 27 °C, resistente a las heladas; con precipitaciones entre 250 - 750 mm y con aporte de nieve. El principal uso de su madera, es en madera aserrada, cajas, embalajes, puertas y ventanas, y molduras. Se debe tener cuidado con la dispersión de las semillas, por su alto poder germinativo que puede invadir terrenos productivos.
Ciprés (<i>Cupressus macrocarpa</i>)	Coquimbo a Magallanes (Sectores planos a lomaje suave; suelos delgados a profundos)	Especie de lento crecimiento. En Chile crece con buenos resultados con precipitaciones entre los 200 a 1.200 mm. La temperatura mínima del mes más frío entre 0 y 11 °C; temperatura máxima entre 20 y 32 °C. Suelos con textura liviana a pesada. Se usa con fines ornamentales y para cortinas cortavientos. Su madera se usa en ventanas, construcción de embarcaciones y herramientas como palas. Resistente a la humedad y pudrición.

Larix (<i>Larix decidua</i>)	Aysén a Magallanes (Sectores planos a cordillera)	Es una conífera de hoja caduca. En su área de origen crece en situaciones de bajas temperaturas, con temperaturas mínimas de -30 °C, y precipitaciones entre 800 a 1.600 mm. Requiere suelos bien drenados, levemente ácidos a neutros. Uso ornamental y en cortinas cortavientos. Su madera es de buena calidad.
Álamo negro o Chileno (<i>Populus nigra</i>)	Coquimbo a Magallanes	Árbol adaptado a diversos climas, con el solo requerimiento de crecer en suelos con buena disponibilidad de agua. Madera blanca, usada en carpintería, construcción, madera aserrada, cajas y paletas.
Álamo blanco o balsámico (<i>Populus trichocarpa</i>)	Aysén a Magallanes	Crece en una variedad de climas, creciendo mejor en suelos húmedos costeros. Se desarrolla en áreas desde 250 - 3.000 mm, con temperaturas máximas entre 16 a 40 °C y mínimas entre 0 a -47 °C. Su madera es usada en madera aserrada, tableros, muebles, pulpa, pallets, cajas y leña.
Sauce y Sauce mimbre (<i>Salix viminalis</i> , <i>S. babylonica</i>)	Coquimbo a Magallanes (En zonas planas y húmedas)	Se ubica en sectores bajos húmedos, y en cursos de agua. Requiere abastecimiento de agua constante. Estas especies son de rápido crecimiento, y su uso va desde ornamental, estabilización y recuperación de suelos, en muebles y cestería, producción de energía, protección de riberas y cortinas cortavientos y deslindes.
Eucalipto nitens (<i>Eucalyptus nitens</i>)	Biobío a Los Lagos (Palena) (Zona costera, suelos ñadis y precordillera andina hasta los 1.000 msnm)	Especie de rápido crecimiento, se adapta bien a zonas de bajas temperaturas y heladas, con precipitaciones entre 750 - 1.350 mm, hasta los 2.500 mm, y temperaturas mínimas de -10 °C y media anual entre 10 - 15 °C. Se utiliza en cortinas, como también en la fabricación de pulpa y papeles de alta calidad, astillas, madera aserrada, muebles y chapas.

Las especies siempreverdes, como coníferas (pinos, ciprés y otras) o latifoliadas de hoja perenne (eucalipto, coigüe), entregan protección durante todo el año, mientras que las latifoliadas de hoja caduca (álamos, lengas, ñirres), al perder la hoja no entregan protección efectiva durante el otoño e invierno. Por ello, es conveniente en este último caso considerar una mezcla de especies con coníferas y/o latifoliadas de hoja perenne. Dado que las especies forestales tienden a perder en forma natural las ramas bajas, para entregar una mejor protección contra el viento en los primeros metros de una cortina, se puede considerar el usar arbustos perennes en la primera hilera que enfrenta el viento, como calafate, retamo u otros

Al diseñar y establecer la cortina, las especies y plantas a utilizar deben estar adaptadas a las condiciones de clima y suelo en donde crecerán. Para el éxito de la futura cortina, se recomienda comprar plantas de buena calidad, y si es posible adquirir plantas con buen desarrollo en diámetro, altura y sistema radicular, para asegurar su establecimiento y obtener un rápido desarrollo inicial.

Sr. Productor o Profesional asesor:

Para un buen funcionamiento de la cortina se debe considerar:

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

3. PREPARACIÓN DEL SUELO PARA ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS CORTAVIENTO

La preparación adecuada del terreno donde se establecerá la cortina cortaviento es fundamental para su éxito. Una buena preparación de suelo es necesaria para mejorar el establecimiento inicial y así asegurar la supervivencia de los árboles y arbustos establecidos, y su desarrollo posterior.

Esta actividad comienza antes de establecer las plantas que formarán la cortina y las actividades a realizar dependerán de las condiciones del sitio.

En la planificación de las actividades para la preparación de suelos se debe considerar el tipo de suelo y clima, la vegetación existente, la topografía del lugar y los posibles riesgos de erosión.

Los objetivos de la preparación de suelos son facilitar la plantación, reducir la competencia de las plantas con las malezas existentes o futuras, ayudar a conservar la humedad del suelo y mullir el suelo, lo que permitirá un buen desarrollo radicular inicial de las plantas.

Larraín (1993) señala que el objetivo de la preparación del sitio es dejar el suelo en condiciones tales que permita una mayor retención de agua, que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad, que promueva el desarrollo de un mejor sostén de la planta y permita un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el suelo. Además, es fundamental para permitir la penetración del agua y del aire a mayor profundidad, junto con un mejor control de malezas.

Se recomienda realizar esta actividad en los períodos secos o cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos de compactación del suelo o destrucción de su estructura.

3.1. Preparación del Suelo

Dependiendo de las condiciones del lugar, de los recursos disponibles y de la longitud de la cortina, la preparación del suelo puede realizarse en forma manual o con maquinaria, ya sea de tracción animal o mecánica.

Confección de Casillas de Plantación

Una casilla de plantación corresponde al espacio físico a remover en el suelo, en forma manual o mecánica, para el establecimiento de la planta (Figura 10).

Las casillas deberán construirse evitando que las paredes queden compactadas, lo que suele ocurrir cuando los hoyos son hechos en suelos no preparados adecuadamente o por efecto del corte con la pala en suelos pesados y algo húmedos. En tal caso se debe romper las paredes con la pala para favorecer la penetración de las raíces.

Las dimensiones de la casilla, para que otorgue un beneficio similar a un subsolado, debe ser de al menos 30 x 30 x 30 cm y, en forma ideal, de 50 x 50 x 50 cm (García *et al.*, 2000; Sotomayor *et al.* 2001). Estas dimensiones dependerán del tipo de planta a utilizar y las características del suelo.

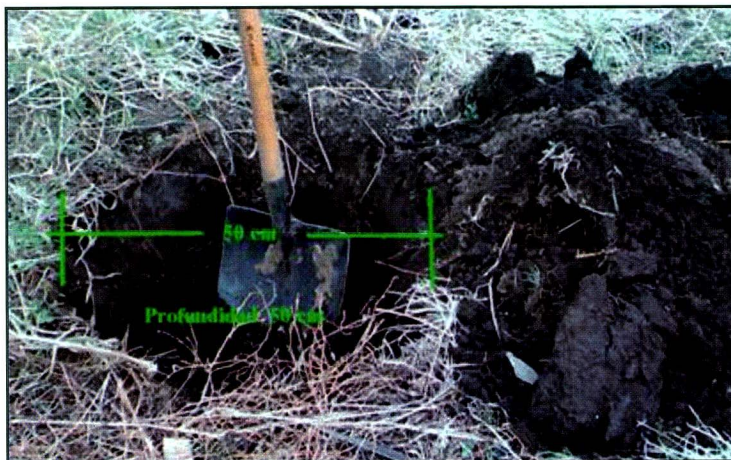
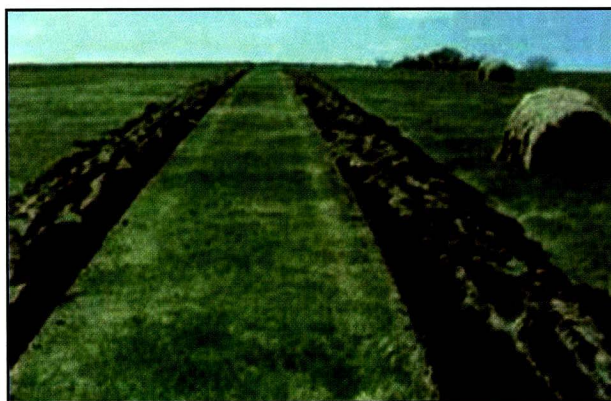


Figura 10. Casilla de plantación con una dimensión de 50 x 50 x 50 cm

Preparación de Suelo Mecanizada

Como se ha indicado, la preparación del sitio para el establecimiento de una cortina cortaviento es fundamental para el desarrollo de las plantas, por ello una buena opción es preparar el suelo en forma mecanizada, usando subsolado cuando se trata de suelos muy compactados, y formando un camellón donde se establecerá la planta (Figura 11). Esto puede realizarse con rastra Savannah, con arado de vuelta y vuelta, o con arado de discos. También se puede realizar con animales, caballos o bueyes, con arado de tiro o algún otro implemento de tiro animal. Posteriormente, sobre el camellón se preparan las casillas para establecer las plantas.



(Fuente: Boehner and Brandel, 2000)

Figura 11. Preparación de suelo mecanizada con formación de camellón para cortina de dos hileras

Esta actividad debe realizarse en períodos secos, con el suelo friable, cuando existe un bajo contenido de humedad, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva.

3.2. Control de Malezas Pre-Plantación

Este tratamiento es de suma importancia, ya que permite eliminar o controlar las malezas existentes en el lugar donde se establecerá la cortina cortaviento, que serían competencia para las plantas durante sus primeros estados de desarrollo. *García et al., (2000)* indican que en ensayos realizados en Nueva Zelanda, en zonas con precipitaciones de 1.560 mm/año, las plantaciones donde se realizó un control de malezas adecuado, alcanzaron un 50% más de volumen a los 11 años de edad que en aquellas zonas donde no se efectuó el control de malezas. Por otro lado, en zonas con 800 mm/año de precipitación, se determinó que el crecimiento en volumen era tres veces superior en las plantaciones donde se realizó control de malezas. A menor volumen de precipitación mayor importancia en el crecimiento de los árboles tiene el control de las malezas.

El control de las malezas es un manejo absolutamente esencial para el éxito en el establecimiento de las plantas, ya que la mayoría de las malezas se encuentran establecidas al momento de la plantación de la cortina, o están como semillas en el banco de semillas del suelo. Las malezas ya establecidas tienen un sistema radicular más vigoroso que el de las plantas juveniles, por lo que utilizan eficientemente la humedad y los nutrientes del suelo, lo cual perjudica el desarrollo de las nuevas plantas de la cortina (árboles y/o arbustos).

Dependiendo del tipo de malezas existentes en el sitio a establecer la cortina, los controles serán diferentes. Es diferente controlar la vegetación de una pradera natural o la de un matorral perenne. El control de malezas puede realizarse en forma mecánica, manual o química.

Control Mecanizado

Este se puede realizar con subsolador, arado cincel y/o rastra, ya sea de tiro animal o mecanizada; además, se puede usar desbrozadoras mecanizadas como los mulcher y ranas.

Control Manual

Se realiza utilizando mano de obra con herramientas manuales o maquinaria manual. Sólo tiene un efecto directo en las malezas ya instaladas y visibles, por lo tanto no impide la recuperación de estas y la germinación de nuevas malezas al cabo de cierto tiempo. Puede ser efectiva en pequeñas superficies, cuando se realiza en forma periódica.

Control Químico

Es el método más usado; generalmente se utilizan equipos de uso agrícola y dependiendo del terreno, bombas de espalda en superficies reducidas.

La época de aplicación dependerá de la fecha de plantación y de la germinación y aparición de las malezas. Sin embargo, se debe considerar la aplicación de herbicidas, al menos dos o tres semanas antes de la plantación.

El tipo de herbicida a utilizar dependerá del tipo de maleza que se desea controlar, pero se deben preferir aquellos de sello verde, con baja persistencia y movilidad en el suelo.

Herbicidas no selectivos, como el glifosato y sulfosato, se pueden aplicar para controlar una amplia variedad de malezas herbáceas, mono y dicotiledóneas anuales, perennes, como también especies arbustivas leñosas, en combinación con otros herbicidas específicos para leñosas. Para la selección del producto adecuado, se debe identificar previamente las malezas presentes y consultar a un especialista. Algunos productos de mayor uso se presentan en Anexo N° 1.

3.3. Cercado Perimetral y Protección Individual de Plantas

El objetivo principal del cercado es asegurar la exclusión de ganado o animales mayores de cualquier tipo, durante la etapa de establecimiento, prendimiento de las plantas y crecimiento inicial (aproximadamente 5 - 8 años en la Patagonia). En esta medida de protección para el establecimiento de una cortina cortaviento no se debe ahorrar, especialmente en predios ganaderos donde es constante la presencia de animales.

Para el cercado perimetral de la cortina se deben utilizar postes de 2,2 m de largo con un diámetro mínimo de 4 a 5 pulgadas, con una separación entre postes de 2,5 a 3 m, con un mínimo de 5 hebras de alambre. Si existen animales menores es posible utilizar malla Ursus o bizcocho. En Aysén y Magallanes se utiliza normalmente el cerco patagón (Figura 12), de 5 a 6 hebras de alambre liso con varillas entre postes, y alambre de púa en la parte superior.



Figura 12. Cerco tipo patagón con alambre liso, varillas y alambre de púas en la parte superior

Para el control de lagomorfos (conejos, liebres) no se deben escatimar esfuerzos, especialmente en las regiones de Aysén y Magallanes, donde el daño causado por la liebre europea es de gran importancia y en muchas ocasiones el causante de la pérdida total de plantas establecidas, especialmente cuando se utilizan especies nativas.

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

Otra alternativa es la utilización de protectores individuales en cada planta, los que rodean a la planta impidiendo el corte o ramoneo por lagomorfos y otros animales. Este método es bastante efectivo, aunque el costo inicial es más alto que el uso de repelentes, pero con un efecto más duradero. Para el caso de establecimiento de cortinas forestales cortaviento, especialmente en pequeñas dimensiones o superficies, es factible su aplicación (Figura 13).

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

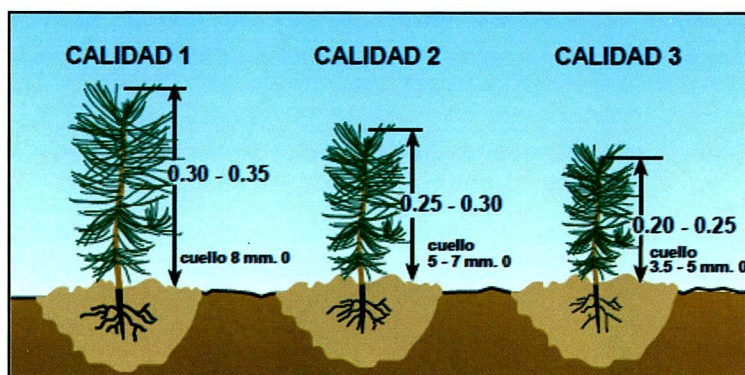


Figura 13. Protección individual de plantas realizada con botellas plásticas desechables (izq), malla raschell (centro) y shelter de policarbonato (der)

3.4. Plantación

Luego de preparar el terreno donde se establecerá una cortina cortaviento y realizado el control de malezas pre-plantación, se procede a la etapa de plantación. Esta crucial etapa debe cuidar diversos factores, como usar plantas de buena calidad, efectuar un buen manejo de las mismas, sobre todo durante la extracción del vivero y su transporte al predio, y por último aplicar técnicas correctas de plantación.

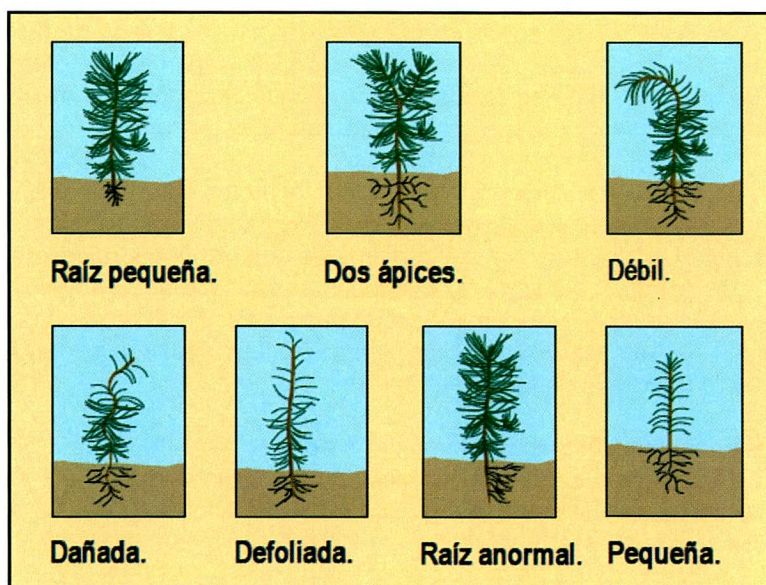
Independiente de la especie a utilizar en el establecimiento de la cortina cortaviento, se debe seleccionar en vivero plantas sanas, de buena forma, vigorosas, con un sistema radicular desarrollado, diámetro alrededor del cuello en torno a 6 - 8 mm, y altura de al menos 25-30 cm. En la Figura 14 se observan calidades de plantas para establecimiento de cortinas, recomendándose el uso de calidades 1 y 2.



(Fuente: Sotomayor et al., 2009)

Figura 14. Grados de calidad de plantas a raíz desnuda para plantación de Pinus ponderosa

Se deben rechazar plantas dañadas, dobladas, bifurcadas, con un sistema radicular poco desarrollado, muy pequeñas, con tallos muy delgados, como se indica en Figura 15.



(Fuente: Sotomayor et al., 2009)

Figura 15. Tipos de defectos usuales en plantas de vivero

A continuación se muestra una clasificación de plantas producidas en vivero, con las especies de uso más frecuente en las regiones de la Patagonia Chilena. Esta información sirve de guía para adquirir plantas de calidad para el establecimiento de una cortina forestal cortaviento.

Cuadro 2. Clasificación de plantas de vivero a raíz desnuda de las especies pino oregón, pino ponderosa y pino contorta

Especie	Pino Oregón		Pino Ponderosa		Pino Contorta	
	Altura (cm)	Diámetro cuello (mm)	Altura (cm)	Diámetro cuello (mm)	Altura (cm)	Diámetro cuello (mm)
Extra	40-50	>8	30-40	>8	-	-
Primera	30-40	6-8	25-30	6-8	20-25	6-7
Segunda	20-30	4-6	20-25	4-6	15-20	4-6
Tercera	10-20	4-3	15-20	4-3	12-15	<4
	<10	<3	<15	<3	-	-

(Fuente: INFOR sf.)

Una vez seleccionadas las plantas en vivero para establecer la cortina, es importante un buen manejo de las mismas, evitando exponer las plantas a temperaturas elevadas y a los efectos secantes del viento, en especial sobre el sistema radicular. Idealmente se debe planificar para que las plantas se establezcan el mismo día que llegaron del vivero; de no ser posible, se deben plantar no después de 24 h desde la extracción y transporte, manteniéndolas en cajas de almacenamiento, en un lugar protegido del sol y viento, y cuidando el nivel de humedad al interior de las cajas y de ser necesario se deben humedecer las raíces.

Si la plantación no puede realizarse durante los dos primeros días, y no existe la posibilidad de mantener las cajas a bajas temperaturas y humedad adecuada, se deberá establecer un barbecho. Esto consiste en abrir una zanja donde se enterrarán las raíces de las plantas en tierra húmeda, con riego y bajo sombra. Luego, a medida que se van necesitando plantas, éstas se extraen del barbecho y se llevan al lugar de plantación. Este almacenamiento no es conveniente hacerlo por más de 2 días. Si las plantas se deben guardar por varias semanas, es necesario que se refrigieren a una temperatura de 1 a 5 °C y a una humedad de 80 a 100 %.

El realizar el barbecho significa un trabajo extra y aun siguiendo las instrucciones indicadas, un porcentaje de las plantas se puede ver afectado en forma negativa por este manejo; no se deben plantar aquellas que se observen en malas condiciones. Lo ideal, como se indicó anteriormente, es programarse con tiempo y establecer un sistema de despacho que asegure su establecimiento dentro de las 24 h desde que las plantas fueron extraídas del vivero.

En la Patagonia chilena, las épocas más adecuada para efectuar la plantación es otoño (abril y mayo), previo a la caída de nieve, aunque también se puede plantar a fines de Invierno o comienzo de primavera (agosto-septiembre y primeros días de octubre), antes que los brotes y yemas nuevas comiencen a desarrollarse. Idealmente se debe plantar en días nublados y sin vientos secantes, y es importante mantener las raíces húmedas en forma permanente. Esto último se logra transportando las plantas en cajas plásticas o de cartón cerradas y protegiendo las raíces con gel o turba.

La plantación debe ser realizada con cuidado y considerando lo descrito anteriormente, de lo contrario los objetivos perseguidos al establecer una cortina cortaviento pueden no ser cumplidos a causa de múltiples factores como densidad de plantación inadecuada, temporada de plantación muy tardía, humedad del suelo insuficiente para los requerimientos de la planta, método inadecuado de plantación para las condiciones de sitio existentes (raíz doblada, planta establecida muy superficial o inclinada), entre otros.

3.5. Fertilización

La fertilización ayuda tanto al establecimiento inicial de las plantas, en el prendimiento y desarrollo, como en al aumento de la productividad. Es preciso tener presente que no siempre se debe fertilizar, lo cual depende de la condición de fertilidad de los suelos, por lo que previo al establecimiento de la plantación y su fertilización se debe contar con un adecuado diagnóstico, respaldado por un análisis químico del suelo.

Posteriormente, y durante el desarrollo de la cortina, el análisis de suelo indicará la necesidad de fertilizar nuevamente y las dosis a utilizar. Este diagnóstico debe ser realizado sobre la base de procedimientos estándares y analizados en laboratorios especializados. También se ha mencionado en otros estudios que cuando la plantación es fertilizada sin realizar control de malezas previamente, la competencia de éstas normalmente aumenta dado que las malezas utilizan agresivamente el fertilizante y antes que las plantas nuevas establecidas, pudiendo provocar mortalidad en las nuevas plantas, por lo que no es recomendable fertilizar sin haber asegurado un adecuado control de malezas, especialmente de herbáceas perennes (García *et al.*, 2000; Sotomayor *et al.*, 2001; Sotomayor *et al.*, 2002).

La fertilización correctiva puede ser necesaria si se detectan síntomas de deficiencias nutricionales, como del boro, cobre o nitrógeno, que se manifiestan de diversas maneras (coloraciones anormales del follaje, secamiento de partes de hojas y/o ápices, crecimiento bajo o anormal y otros síntomas). En este caso es conveniente ser asesorado por un profesional que diagnostique apropiadamente el problema y actuar de acuerdo a sus recomendaciones (Sotomayor *et al.*, 2002).

La época de aplicación del fertilizante coincide con el momento de la plantación. En ocasiones la fertilización se puede realizar 2 o 3 semanas después de haber plantado, principalmente por razones operativas. Las plantaciones realizadas en otoño o invierno son fertilizadas en primavera para que el fertilizante esté disponible en el período máximo de crecimiento de la planta. En el caso de plantaciones de primavera, se debiera plantar y fertilizar al mismo tiempo, o lo más cercano posible (Sotomayor *et al.*, 2002).

3.6. Cuidados Post-Plantación

El establecimiento de una cortina cortaviento no termina cuando se han establecido las plantas; en los primeros años éstas son susceptibles a la competencia de las malezas, los animales, el estrés hídrico, insectos y algunas enfermedades.

Por lo tanto, en los primeros años se las debe mantener libres de la competencia de malezas, por lo menos en un radio de 0,5 a 1,0 m de la planta. Este control se puede hacer en forma manual, con herbicidas o utilizando mulch de acuerdo al tamaño de la cortina.

Los sistemas mulch son una buena alternativa al uso de herbicidas y al control mecánico de las malezas, y consisten en la colocación en el suelo alrededor de la planta de material orgánico (paja, chips de madera, aserrín, corteza, otros) o inorgánico (plástico) (Figura 16). El mulch evita la germinación de semillas no deseadas, disminuyendo la competencia por agua y nutrientes del suelo, y genera una mayor temperatura en el suelo, con lo cual mejora el crecimiento y la supervivencia de las plantas de la cortina. Además, protege al sistema radicular de las temperaturas extremas y de la sequedad del suelo (Mooter *et al.*, 2002).

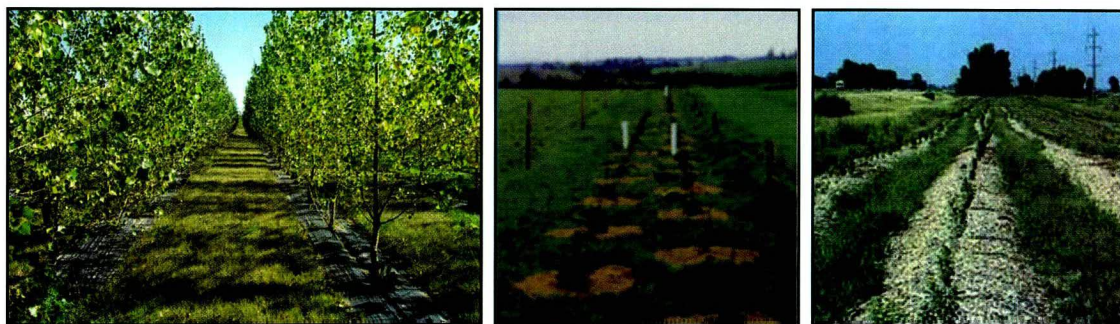


Figura 16. Uso de mulch para control de malezas. Plástico (izq). Aserrín (centro). Astillas de madera (der)

El mulch orgánico tiene la ventaja de incorporarse al suelo a medida que se descompone, aportando nutrientes a este. Su vida útil dependerá del tipo de material elegido, pero puede fluctuar entre los 3 y 4 años. El espesor de la capa debe ser de unos 5 cm y en un radio de unos 50 cm en torno a la planta. El inconveniente de este tipo de material es que demora un par de meses en agruparse y estabilizarse en el lugar, por lo que se recomienda incorporarlo húmedo.

Dependiendo del efecto del viento, es necesario reponer el material removido por este. Si el mulch es de chips de madera, se recomienda que éste no esté fresco al ponerlo alrededor de las plantas, pues aporta sustancias que limitan el crecimiento de estas; en ese caso debe colocarse después de unos tres meses de elaborado (PFRA, 2002).

El mulch plástico es una buena alternativa, ya que es más duradero y disminuye considerablemente la aparición de malezas. Tiene inconvenientes para su postura, ya que en Chile se establece en forma manual, aun cuando existe maquinaria especializada para ello, y se demora mucho tiempo en su descomposición.

3.7. Recomendaciones Generales

El cerco de protección contra animales es necesario instalarlo antes de la plantación de la cortina, y debe ser constantemente inspeccionado, reparando inmediatamente los defectos que pudiera tener, para que no se introduzcan animales y dañen las plantas.

Otro aspecto de gran importancia para la efectividad de la cortina en el mediano y largo plazo, es el replante de las plantas arbóreas y/o arbustivas que conforman las cortinas y que por distintas circunstancias han muerto o su crecimiento es nulo o bajo. Si esto no se realiza, se forman espacios en la cortina por donde la masa de aire pasa con una mayor velocidad de la que traía inicialmente, perjudicando a los cultivos, pradera y animales en la zona que debiera ser de protección.

Si después de la plantación, se produce un periodo sin lluvias por más de 20 o 30 días, durante los meses de primavera - principios de verano (periodo de mayor actividad fisiológica), las plantas deben ser regadas con 3-5 litros de agua por planta, cada 30 días si es necesario.

Sr. Productor o Profesional asesor:

Para asegurar un buen establecimiento, supervivencia y desarrollo de una cortina, se debe:

- *Preparar adecuadamente el terreno: Mullir bien el suelo, ya sea haciendo subsolado, laboreo manual o mecanizado.*
- *Realizar control de malezas antes de la plantación, en forma manual, con herbicidas, o con mulch orgánico o plástico, para evitar competencia.*
- *Seleccionar plantas de buena calidad y sin defectos o daños.*
- *Dar protección a las plantas establecidas en la cortina, ya sea en forma individual o grupal, y con un cerco permanente de buena calidad.*
- *Si no sabe o tiene dudas sobre la forma de establecer una cortina, o cómo se planta un árbol, no dude en consultar a profesionales del Centro Agroforestal Patagónico en Coyhaique o de INFOR en sus distintas sedes del país.*

4. MANEJO DE UNA CORTINA CORTAVIENTO

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

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

4.1. Manejo de la Copa o Follaje

La copa o área foliar debe manejarse con el objetivo de generar un área de protección contra el viento, pero también para reducir su expansión y generación de sombra proyectada hacia áreas de cultivos o praderas. Por ello, se recomienda podar las ramas que se desarrollan en dirección a las áreas agrícolas y mantener las ramas que se desarrollan entre los árboles y arbustos.

También puede hacerse un topping (poda apical) (Figura 17), manejando la cortina hasta una altura deseada, con lo cual se controla el área de impacto que pudiera afectar zonas de producción.

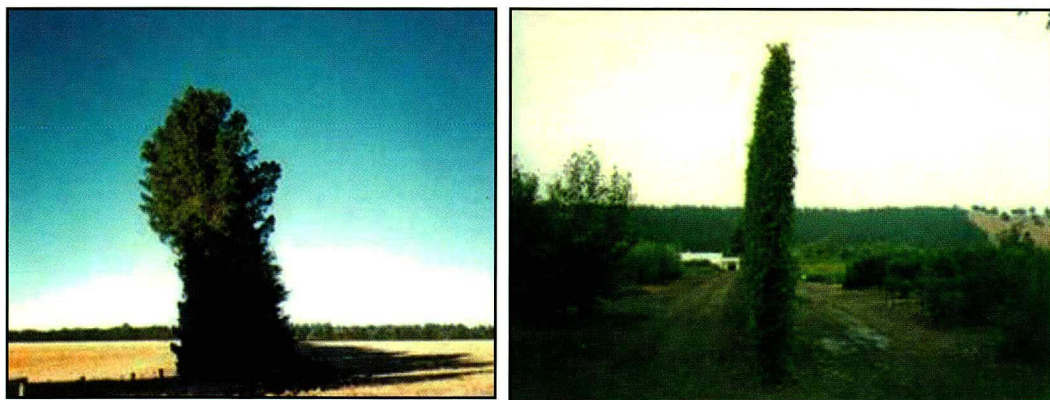


Figura 17. Poda de cortinas forestales adultas. Cortina de Pino radiata podada a 8 m de altura (izq). Cortina de especie latifoliada podada a 10 m de altura con topping (der)

La poda puede realizarse con elementos de poda manual (tijerón, serrucho cola de zorro) o herramientas mecánicas (Figura 18) y se debe tomar todos los resguardos para no dañar el fuste o áreas de crecimiento vegetativo.



Figura 18. Poda lateral de una cortina adulta con podador de altura

Otra opción, cuando existe interés de producción de madera de una cortina, junto con el de protección, es establecer un régimen de poda que sirva tanto para mantener su labor protectora como para objetivos madereros. Para estos efectos, se puede podar árbol por medio en la hilera (Figura 19) con fines de producción de madera libre de nudos o defectos, hasta 6 a 8 m de altura.



Figura 19. Poda de cortinas con fines de protección y de producción de madera

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

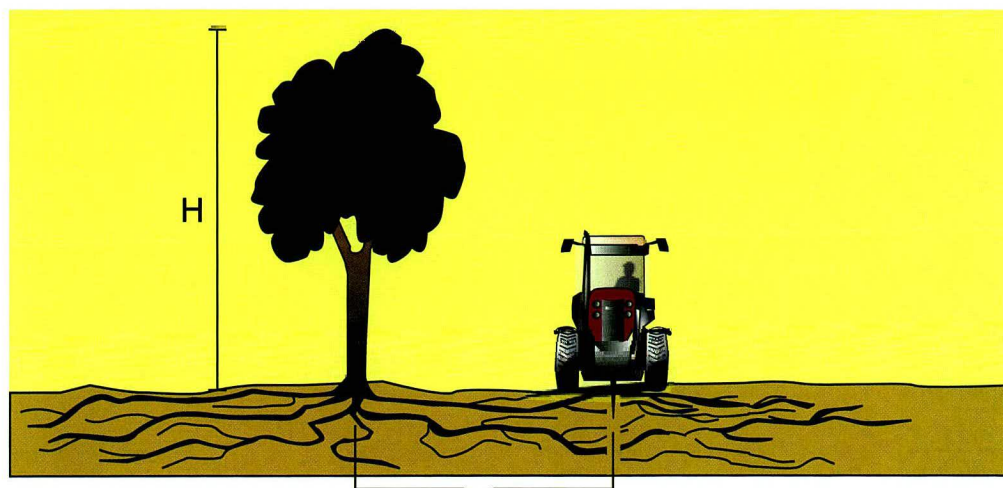


Figura 20. Poda de ramas con proyección hacia cultivos de los árboles de la cortina sin podar, con fines madereros, para evitar competencia con cultivos y praderas

4.2. Poda de Raíces

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

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



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

Figura 21. Poda de raíces en cortinas cortavientos

5. RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRATENSE CON CORTINAS CORTAVIENTOS Y DE ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS CON PROTECCIÓN

A continuación se presentan diversos resultados obtenidos en estudios realizados por INFOR en conjunto con INIA, en relación a productividad de especies pratenses bajo protección de cortinas cortavientos y de establecimiento de cortinas con diferentes técnicas de establecimiento.

5.1. Productividad Pratense

Como se ha indicado anteriormente, las cortinas cortavientos ejercen diversos beneficios, tanto ambientales como productivos.

Para determinar el beneficio de las cortinas sobre algunos aspectos productivos agropecuarios, INIA e INFOR realizaron estudios entre las temporadas 2003/04 y 2005/06 con especies forrajeras, en el Valle Simpson, Comuna de Coyhaique, Región de Aysén.

Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto que ejerce una cortina cortaviento forestal sobre el rendimiento de especies pratenses forrajeras, además de la relación entre este rendimiento y los cambios microclimáticos generados por el efecto protector de esta estructura vegetal.

Se presentan a continuación resultados sobre el efecto de una cortina adulta sobre la producción de pasto ovillo y una mezcla forrajera compuesta por ballica perenne, trébol blanco y festuca.

– Pasto ovillo (*Dactylis glomerata*)

Para la evaluación del efecto de una cortina cortaviento sobre el desarrollo y rendimiento del pasto ovillo y la mezcla forrajera, se estableció un ensayo en la localidad de Valle Simpson, Comuna de Coyhaique, donde se estableció un jardín de especies forrajeras y agrícolas, en fajas de 6 m de ancho y 210 m de largo.

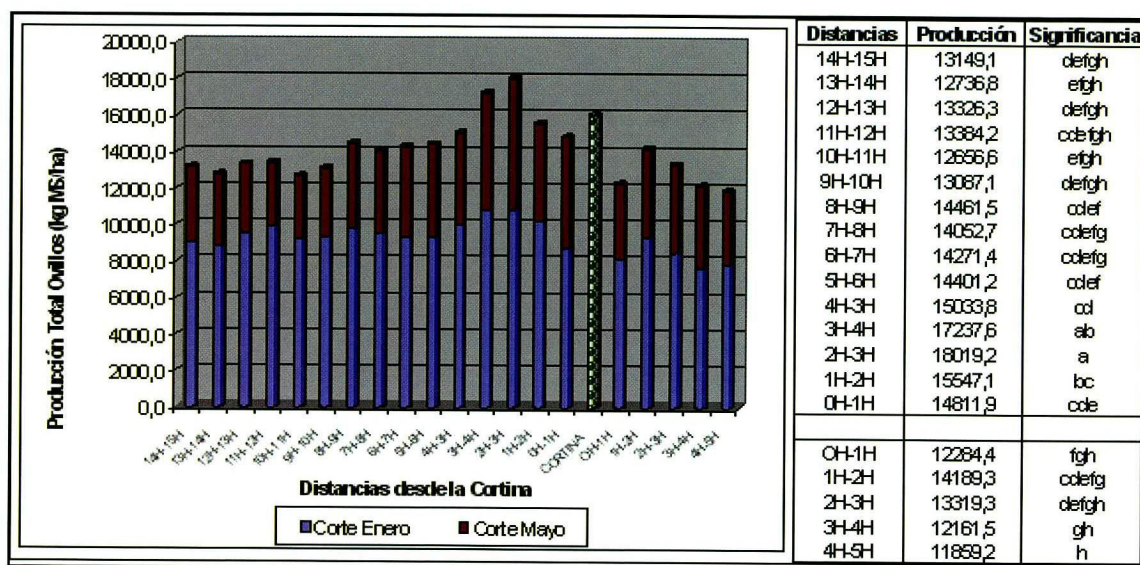
Se procedió a dividir y evaluar cada faja de cultivo, estableciéndose puntos de muestreo cada 14 m (14 m = 1 H), simulando la altura de la cortina. El sector de barlovento se dividió en cinco tramos, desde 1 H hasta 5 H y el sector de sotavento se dividió en quince tramos, desde 1 H hasta 15 H.

Se midió la producción en dos cortes en la temporada. La preparación del suelo se realizó mediante labranza tradicional (barbecho químico, rastra, arado de vertedera y rotovator), con siembra mecanizada, y fertilización con N-P-K igual para todos los tratamientos.

El diseño experimental seleccionado correspondió a bloques completos al azar, con tres repeticiones, donde los resultados productivos fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza para comparar los promedios y la prueba de hipótesis específica LSD (*Least Significant Difference*), para determinar el nivel de significancia, al 0,05 % (Teuber *et al.*, 2008).

La producción acumulada (Figura 22), demuestra que la mayor producción se alcanzó en los sectores más protegidos de sotavento, entre las distancias de 0H y 6H, con producciones acumuladas de 14,4 t MS/ha hasta 18 t MS/ha. A partir de la distancia de 7H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 12,7 t MS/ha hasta 14,4 t MS/ha. En tanto, en barlovento la producción acumulada fluctuó entre 11,9 t MS/ha y 14,2 t MS/ha.

La producción acumulada promedio en sotavento entre 0H y 6 H, el área de mayor producción, fue de 16,5 t MS/ha, lo cual representa un 25,5% de mayor producción en relación al área testigo considerada, 15 H, la cual produjo 13,1 t MS/ha.



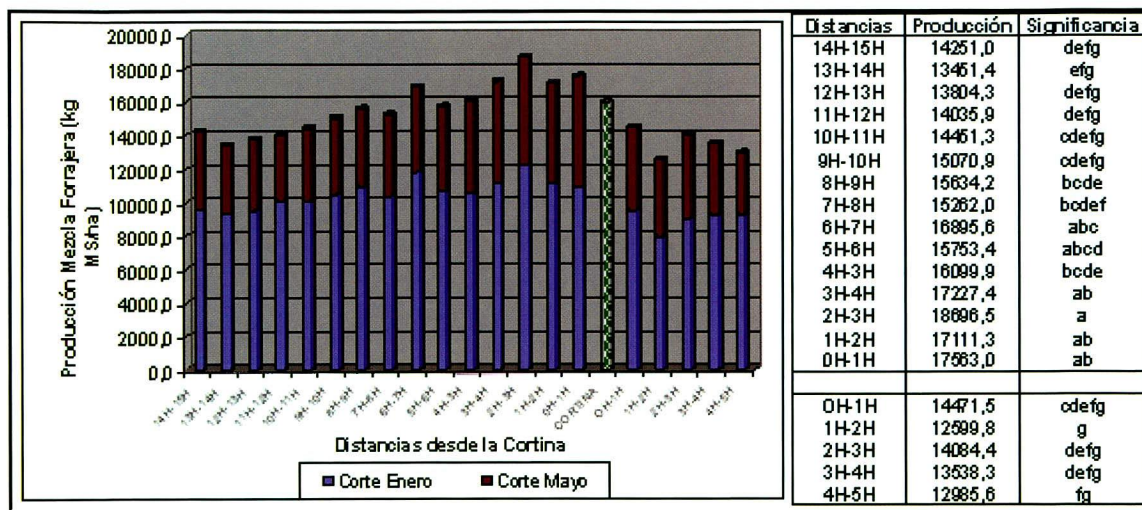
(Fuente: Teuber et al., 2008).

(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p < 0,05$)

Figura 22. Producción acumulada de pasto ovillo a diferentes distancias de la cortina, durante la temporada 2005-2006 (kg MS/ha)

– Mezcla forrajera, compuesta por ballica perenne (*Lolium perenne*), festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol blanco (*Trifolium repens*)

Para la evaluación de la mezcla forrajera, se utilizó el mismo método descrito para pasto ovillo y los resultados se presentan en Figura 23.



(Fuente: Teuber et al., 2008).

(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p < 0,05$)

Figura 23. Producción acumulada de la mezcla forrajera a diferentes distancias de la cortina, durante la temporada 2005-2006 (kg MS/ha)

Se aprecia nuevamente (Figura 23) que la mayor producción se alcanzó en los sectores más protegidos de sotavento, entre las distancias de 0H y 7H, con producciones acumuladas de 15,7 t MS/ha hasta 18,7 t MS/ha. A partir de la distancia de 8H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 13,5 t MS/ha hasta 15,6 t MS/ha. En tanto que en barlovento, la producción acumulada fluctuó entre 12,6 t MS/ha y 14,5 t MS/ha.

Al comparar el promedio de producción obtenido entre 0H y 7H en sotavento, que alcanzó los 17,0 t MS/ha, con la producción obtenida a los 15H (considerado como testigo), que fue de 14,2 t MS/ha, se puede apreciar que el sector más protegido produjo un 20% más de materia seca, que el sector considerado como testigo.

5.2. Otros Beneficios de las Cortinas Vegetales en la Productividad Predial

Otro aspecto que puede ser considerado al planificar una cortina, es el beneficio que entregan las cortinas a los animales en situación de campo abierto. Un animal, vacuno, ovino, equino u otros, requiere mantener su temperatura corporal constante para mejorar su productividad.

En situaciones de bajas o altas temperaturas, los animales dejan de alimentarse y suelen perder peso, llegando en casos extremos a debilitarse a tal grado que pueden morir. Una cortina bien diseñada puede significar la salvación de los animales en invierno, especialmente cuando ocurren temperaturas extremas bajas, de -10°C o menores, y al mismo tiempo ocurren nevadas y/o vientos fuertes.



Figura 24. Vacunos pastando bajo abrigo de cortinas de pino contorta (izq) Animales bajo protección de arbustos en situación de campo abierto (der)

5.3. Resultados de Ensayos de Establecimiento con Protección y Control de Malezas

INFOR sede Patagonia e INIA Tamel Aike realizaron diversos ensayos de establecimiento de cortinas cortavientos en el sector de Valle Simpson, Comuna de Coyhaique, Chile, con el fin de determinar cuáles son los principales factores que inciden en el establecimiento y desarrollo de las plantas establecidas en forma de cortinas en la Región de Aysén.

Se probaron diferentes tratamientos para control de malezas y protección de lagomorfos (liebres), como se expone a continuación:

Control de Malezas

– Control de malezas con herbicidas:

Para este tratamiento se utilizó el herbicida no selectivo de acción total glifosato (Round-up®), el que fue aplicado al terreno previo a la plantación y post plantación, con la finalidad de controlar las malezas durante las primeras etapas de desarrollo de los árboles. El glifosato se utilizó con dosis de 6 L/ha de producto comercial y 300 L de agua/ha, aplicándose con bomba de espalda, sobre bandas de terreno de 60 cm de ancho.

– Control de malezas con mulch:

Para este sistema de control se evaluaron dos tratamientos; el primero fue con mulch de plástico negro, el que es utilizado ampliamente en la agricultura para controlar el desarrollo de las malezas; este tipo de mulch se estableció con un ancho de aproximadamente 60 cm sobre la hilera de plantación. El segundo tratamiento consistió en evaluar un mulch orgánico, compuesto por aserrín y corteza de lenga; su dimensión fue de 60 cm de ancho, y con un espesor de aproximadamente 10 cm. Estos tratamientos fueron comparados con un testigo, sin control de malezas.

Los tratamientos descritos fueron establecidos con y sin preparación del suelo, y con y sin fertilización, y los resultados se exponen en Figuras 25 y 26.

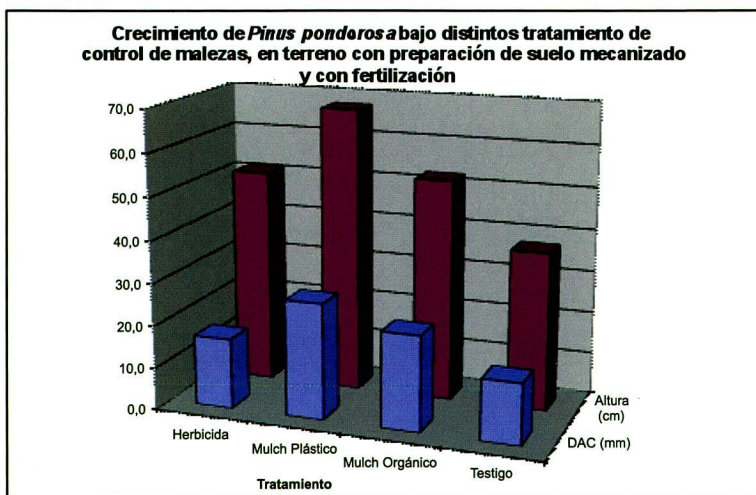


Figura 25. Crecimiento en altura (cm) y en diámetro de cuello (DAC mm) de plantas de pino ponderosa, de tres años de edad, bajo diferentes tratamientos de control de malezas, realizado en un terreno con preparación de suelo mecanizado y con fertilización

Como se observa en Figura 25, los mejores resultados de crecimiento se obtuvieron en los tratamientos con control de malezas versus el testigo sin control, siendo superiores los dos sistemas con mulch y luego con herbicida.

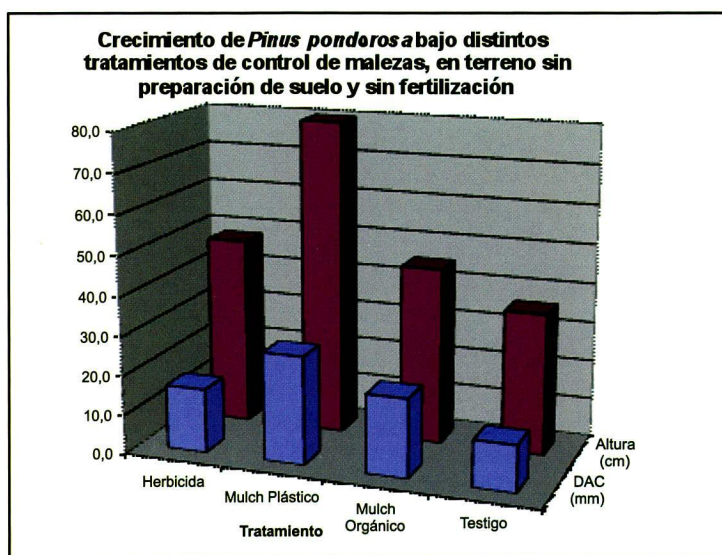


Figura 26. Crecimiento en altura y en diámetro de plantas de pino ponderosa, de tres años de edad, bajo diferentes tratamientos de control de malezas, en un terreno sin preparación de suelo y sin fertilización

Cuando el estudio se realizó en un terreno sin preparación de suelo y sin fertilización, el tratamiento con mulch plástico continuó siendo el mejor, e incluso superior al tratamiento con preparación de suelo y fertilización.

En el caso de los otros dos tratamientos de control de malezas, herbicidas y mulch orgánico, la altura y diámetro disminuyó, pero siguió siendo superior al testigo.

Control de Daño por Liebres

En este caso se probaron 5 tratamientos; repelente químico, malla raschell, protección plástica, cerco eléctrico y malla conejera, comparándose con un testigo sin protección.

– Repelente químico:

Se seleccionó el producto llamado comercialmente Mister Cartel, el cual tiene los siguientes ingredientes: Denatonium benzoato: 0,4%; Timol: 0,2%; Adherentes: 0,2%; Inertes: 99,2%.

– Protecciones individuales:

Se consideraron dos tipos de protecciones individuales.

Malla raschell: Malla sujeta con tres coligues, con una altura de 45 cm (Figura 12b).

Protección plástica: Consistió en el uso de dos botellas desechables de plástico, de una capacidad de 3 L, donde a cada botella se le cortaron ambos extremos, dejando así un cilindro que se une al otro cilindro mediante la simple introducción de uno sobre el otro, con tres agujeros cerca de la base (agujeros de aproximadamente $\frac{1}{2}$ " de diámetro), para circulación de aire. Este cilindro de plástico se fija al suelo mediante un coligue de unos 80 cm de largo, al que es amarrado con alambre y que es enterrado unos 40 cm. Los otros 40 cm quedan en la parte aérea, siendo esta la altura aproximada a la que son protegidos las plantas (Figura 12a).

– Protecciones para grupo de plantas:

Se establecieron dos tratamientos grupales.

Cerco eléctrico: Se instalaron seis postes (tablas de 1" x 2" x 50 cm), sobre los cuales se pusieron aisladores y cable eléctrico, ubicando el primero a los 7 cm del suelo y los tres siguientes a 10 cm cada uno, es decir, quedaron a los 7 cm, 17 cm, 27 cm y 37 cm, respectivamente. Con este sistema de cerco eléctrico, fue posible cercar y aislar de las liebres un total de 10 plantas, que correspondían a una repetición del tratamiento.

Protección malla conejera: Compuesto por la instalación de un cerco fijo, provisto de malla conejera, a una altura de 50 cm.

– Testigo:

Todos los tratamientos anteriores fueron comparados con un testigo absoluto, que correspondió a plantas sin ningún tipo de protección.

Luego de tres temporadas de instalado el ensayo de control de liebres sobre pino ponderosa el resultado de los tratamientos fue el siguiente:

Cuadro 3: Efecto de la protección de plantas contra daño por liebres, sobre el porcentaje de daño en las plantas de pino ponderosa y en su crecimiento en altura

Tratamiento	Daños por Liebres (%)	Altura (cm)	
		Inicial	Final
Testigo	23,3 %	20,0	38,0
Repelente	10%	19,5	37,0
Protección Plástica	0%	24,0	68,0
Malla Raschell	0%	20,0	46,0
Cerco Eléctrico	0%	19,8	37,0
Malla Conejera	0%	20,0	43,0

Como se observa en el Cuadro 3, los sistemas con protección individual y grupal dieron una efectiva protección contra liebres, siendo el tratamiento testigo el que presentó un mayor daño, con el 23,3% de las plantas dañadas, y el repelente en una situación intermedia.

Mediante este ensayo se observó que los tratamientos utilizados para controlar el daño provocado por las liebres, también tuvieron un efecto sobre el desarrollo de las plantas, ya que estos elementos modifican algunos parámetros microclimáticos cercanos a la planta como son el viento, humedad, radiación y temperatura, estimulando el crecimiento de las plantas (Sotomayor y Teuber, 2011).

El tratamiento que mejor contribuyó a aumentar el crecimiento de las plantas, fue el de protección con botellas plásticas, donde las plantas alcanzaron 68 cm de altura a los tres años, en relación al testigo con solo 38 cm.

En base a los resultados expuestos, se concluye la importancia de usar buenas técnicas de establecimiento, resaltándose el control de malezas y la protección contra lagomorfos, los cuales ocasionan importantes daños en la Región de Aysén y otras zonas de la Patagonia Chilena.

6. FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para la implementación de cortinas cortavientos en las regiones australes del país existen dos instrumentos de fomento del Estado, los cuales bonifican un porcentaje del costo de establecimiento de cortinas cortavientos.

6.1. Ley de Fomento Forestal DL 701

Esta ley, hasta el año 2012, bonifica acciones de forestación y recuperación de suelos degradados, a partir del año 1996. Considera, dentro de los incentivos establecidos, bonificar densidades de plantación forestales y silvopastorales, considerando además bonificación de la primera poda y el raleo, y el establecimiento de cortinas cortavientos vegetales.

Lo anterior es de suma importancia para los pequeños agricultores en cualquier tipo de suelos, y para todo tipo de propietarios en suelos degradados. Para su postulación se debe presentar calificación de suelos, un plan de manejo con las prescripciones técnicas, y cumplir con todos los requisitos establecidos en la ley. Para mayor información concurrir a oficinas de CONAF, al Centro Agroforestal Patagónico (CAP) en Coyhaique, o a INFOR en sus diferentes Sedes en el país. También se pueden obtener mayores antecedentes en las páginas web www.conaf.cl y www.agroforesteria.cl.

6.2. Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S)

Esta ley bonifica acciones de recuperación de suelos agrícolas, para todo tipo de propietarios de predios agropecuarios, cuyos objetivos son la recuperación del potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y la mantención de los niveles de mejoramiento alcanzados.

Para el establecimiento de cortinas cortavientos, se consideran incentivos tanto para cortinas vegetales como para artificiales de malla. Los incentivos para establecimiento de cortinas cortavientos de arboles, considera el establecimiento de 2 y 3 hileras de arboles. Para mayor información concurrir a oficinas de INDAP o SAG, al Centro Agroforestal Patagónico en Coyhaique (CAP) o a las Sedes de INFOR en el país. También se pueden obtener mayores antecedentes en las páginas web www.indap.cl, www.sag.cl y www.agroforesteria.cl.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las cortinas cortaviento vegetales son estructuras que pueden otorgar importantes beneficios productivos a los sistemas silvoagropecuarios de la región Patagónica de Chile, además de una serie de otros beneficios ambientales. Estos beneficios se explican por los cambios microclimáticos que se originan al abrigo de estas barreras vegetales, como la reducción de la velocidad del viento (Sotomayor y Teuber, 2011), provocando importantes cambios en el ambiente en los sectores cercanos a ella, un aumento en la temperatura y humedad, tanto en el suelo como en el ambiente, y una disminución del daño y desecación de los cultivos y praderas por efecto del viento, lo que se traduce en mejores condiciones para el crecimiento y consecuentemente en mayor desarrollo y productividad de los cultivos y praderas, y de la producción ganadera.

Para que esto ocurra se debe planificar adecuadamente el establecimiento y manejo de las cortinas vegetales. En el establecimiento, se debe considerar el uso de plantas de buena calidad, generar un ambiente propicio para su establecimiento, como una buena preparación del suelo, control de malezas y protección a las plantas.

Una vez establecidas las cortinas se deben manejar adecuadamente, realizando podas aéreas y de raíces, y protegiéndolas adecuadamente con cercos permanentes.

Sr. Productor o Profesional Asesor:

Siguiendo las recomendaciones indicadas en este Manual, Ud. podrá establecer una adecuada cortina cortaviento o de protección de acuerdo a sus objetivos y prioridades, la cual le proporcionará una mejora en la producción de su pradera, cultivo o ganado, otorgando además protección a sus suelos, aguadas y animales, y una mejora ambiental de su predio.

Para mayor información, concurra a las oficinas del Centro Agroforestal Patagónico (CAP) en Coyhaique, Chile, o a oficinas de INFOR en el país, y/o visite la página WEB, <http://www.agroforesteria.cl>

8. REFERENCIAS

- Boehner, P. and Brandel, J., 2000. Windbreak Establishment. University of Nebraska Extension, EC91-1764-B.
- García, E., Sotomayor, A., SILVA, S. y Valdebenito, G., 2000. Establecimiento de Plantaciones Forestales: *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziessi*. Documento de Divulgación N° 17. INFOR. 33P.
- INFOR s.f. Manual de Forestación. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en Aysén. INFOR, Sede Coyhaique. 21 p.
- Larraín, O., 1993. Establecimiento de plantaciones de eucaliptos en Forestal Angol Ltda. En: Actas Simposio "Los Eucalyptus en el desarrollo forestal de Chile", Pucón. INFOR. Pp: 157-166.
- Moya, I., Teuber, O. y Sotomayor, A., 2009. Resultados y experiencias en establecimiento y manejo inicial de cortinas cortaviento forestales en la Región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la Región de Aysén: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. Osvaldo Teuber, Ed. INIA-INFOR, Coyhaique, Chile. pag. 57-83.
- Mooter, D., Harrell, M. O. y Stepanek, L. J., 2002. Care and planting of trees. NebGuide, no. G94-1195. Lincoln, Neb, Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/forestry/g1195.htm>.
- PFRA, 2002. Non chemical weed control methods for tree planting. Indian Head, Sask: PFRA Shelterbelt Centre, Agriculture & Agri-Food Canada.
- Quam, V., Johnson, L., Wight, B., and Brandel, J., 1994. Windbreaks for livestock operations. University of Nebraska Cooperative Extension EC 94-1766-X.
- Sotomayor, A., García, E. y Valdebenito, G., 2001. Manual de Plantaciones Forestales para Pequeñas Propiedades. Manual N° 30. INFOR. 41.
- Sotomayor, A., Helmke, E. y García, E., 2002. Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestales: *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. Documento de Divulgación N° 23. INFOR/FDI. 51p.
- Sotomayor, A., Moya, I., y Teuber, O., 2009. Manual N° 41: Manual de establecimiento y manejo de sistemas silvopastorales en zonas Patagónicas de Chile. Instituto Forestal, Coyhaique, Chile. 46 p.
- 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. Vol 17 N° 1 CIFOR abril 2011.



- Teuber, O., Moya, I. y Sotomayor, A., 2008. Efecto de una cortina cortaviento sobre la producción de cultivos forrajeros en Aysén, Patagonia de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, Vol 14, N° 1 abril 2008. pp.77-90.
- Teuber, O., Moya, I. y Sotomayor A., 2009. Resultados y experiencias en producción de cultivos forrajeros con cortinas adultas en la Región de Aysén. En: Sistemas Agroforestales para la Región de Asen: Cortinas Cortaviento y Silvopastoreo. Osvaldo Teuber, Ed. INIA-INFOR, Coyhaique, Chile. pag. 85-133.

ANEXO 1

TIPOS DE HERBICIDAS

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

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

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

Herbicidas aplicados al follaje ⁽¹⁾

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

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

Glifosato, Tryclopír y Metaulfuronmetil;

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

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

Entre los herbicidas sistémicos selectivos aplicados al follaje destacan:

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

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

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

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

**CENTRO AGROFORESTAL PATAGONICO
INSTITUTO FORESTAL, SEDE PATAGONIA**

Camino a Coyhaique Alto, km. 5,0, Parque Tecnológico
Coyhaique, Chile
Teléfono: (56-67) 233585

**www.infor.cl
www.agroforesteria.cl**