Manual N° 43

DISEÑO, ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CORTINAS CORTAVIENTOS

INTITUTO FORESTAL
2020

Manual N° 43

DISEÑO, ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE CORTINAS CORTAVIENTOS

Alvaro Sotomayor G.[1]; Ivan Moya V.[2]; Osvaldo Teuber W.[3] Alejandro Lucero I.[4]; Arnoldo Villarroel M.[4]; Enrique Villalobos V.[5] y Luis Barrales M.[5]

[1] Ingeniero Forestal, MSc, Dr. Ciencias Forestales, INFOR Sede Bio Bio, alvaro.sotomayor@infor.cl
[2] INFOR Sede Patagonia: ivan.moya@infor.cl
[3] INIA Tamel Aike: oteuber@inia.cl
[4] INFOR Sede Bio Bio: alejandro.lucero@infor.cl; arnoldo.villarroel@infor.cl
[5] INFOR Sede Los Rios: enrique.villalobos@infor.cl; luis.barrales@infor.cl

Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa, Santiago
Chile
Fono 56 223669115
www.infor.cl

Registro de Propiedad Intelectual N° 2020-A-10656
ISBN: N° 978-956-318-051-0

La información contenida en este documento, es la Reimpresión Revisada del Manual N° 43 de 2011, con resultados de los proyectos INNOVA CHILE-INFOR, "*Centro de Agroforestería Patagónico: Una Alternativa de Desarrollo Sustentable para la Patagonia"*, INNOVA CHILE-INIA-INFOR, "*Innovación Tecnológica para Sistemas de Manejo Integrado de Producción Forestal-Ganadera en la Región de Aysén", y FNDR Los Lagos, "Programa de Fomento al Establecimiento y Manejo de Sistemas Agroforestales de la Provincia de Palena".*

Editores: Alvaro Sotomayor G. y Santiago Barros A.

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

Sotomayor, G., Alvaro; Moya V., Ivan; Teuber, W., Osvaldo; Lucero I., Alejandro; Villarroel M., Arnoldo; Villalobos V., Enrique y Barrales, M., Luis, 2020. Diseño, Establecimiento y Manejo de Cortinas Cortavientos. Instituto Forestal, Chile. Manual N° 43. Reimpresión Revisada. P. 37.

INDICE

		Pagina
1.	INTRODUCCION	5
2.	ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA CORTINA	7
2.1	Altura	7
2.2	Densidad o Porosidad	9
2.3	Orientación y Diseño	12
2.4	Especies a Utilizar	13
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	25
4.1	Manejo de la Copa o Follaje	25
4.2	Poda de Raíces	27
5.	RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRATENSE CON CORTINAS CORTAVIENTOS	28
5.1	Productividad Pratense	28
5.2	Otros Beneficios de las Cortinas Vegetales en la Producción Predial	30
5.3	Resultados de Ensayos de Establecimiento con Protección y Control de Malezas	31
6.	FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMINETO	34
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
8.	REFERENCIAS	36
	ANEXO 1. TIPOS DE HERBICIDAS	37

1. INTRODUCCIÓN

Las Cortinas Cortavientos Forestales o de protección son una más de las alternativas agroforestales para ser utilizadas por los agricultores con fines productivos, de protección ambiental y/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.

Las cortinas también pueden ser establecidas en deslindes de potreros, con uso de especies forestales con fines de producción florística para la producción de miel, como también de frutos

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

Otras funciones de estas barreras vegetales son otorgar protección al suelo, disminuyendo la erosión eólica, y a los cursos de agua (Teuber *et al*., 2009).

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

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

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 la reimpresión revisada de 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, reduciendo la velocidad del viento y evitando la pérdida de suelo y de su fertilidad.*

- *Otorgar protección a cultivos y/o praderas, mejorando consecuentemente la productividad 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 perdidas de peso y enfermedades, además de entregar abrigo a los sectores de parición.*

- *Otorgar protección a cursos de agua y/o áreas de acumulación, como tranques, disminuyendo la sedimentación y mejorando la calidad del agua.*

- *Contribuir a un aumento de la vida silvestre en el área de impacto, sirviendo además como conexión entre diferentes áreas que contribuyen al movimiento de la vida silvestre.*

- *Proteger galpones, corrales, casas y otras infraestructuras prediales.*

- *Disminuir los requerimientos energéticos de los hogares protegidos por cortinas, abaratando los costos de calefacción.*

- *Generar productos forestales, como madera, postes, leña y productos forestales no madereros (PFNM).*

2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA CORTINA

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

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.

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

Figura N° 1
CORTINA CORTAVIENTO DE CONÍFERAS DE 14 M DE ALTURA, PROTEGIENDO ENSAYO CON CULTIVOS AGRÍCOLAS Y ESPECIES FORRAJERAS, SECTOR VALLE SIMPSON, REGIÓN DE AYSÉN (IZQ) Y PRADERA CON PRODUCCIÓN DE ROLLOS DE PASTO BAJO PROTECCIÓN DE CORTINAS FORESTALES, COYHAIQUE (DER)

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 N° 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).

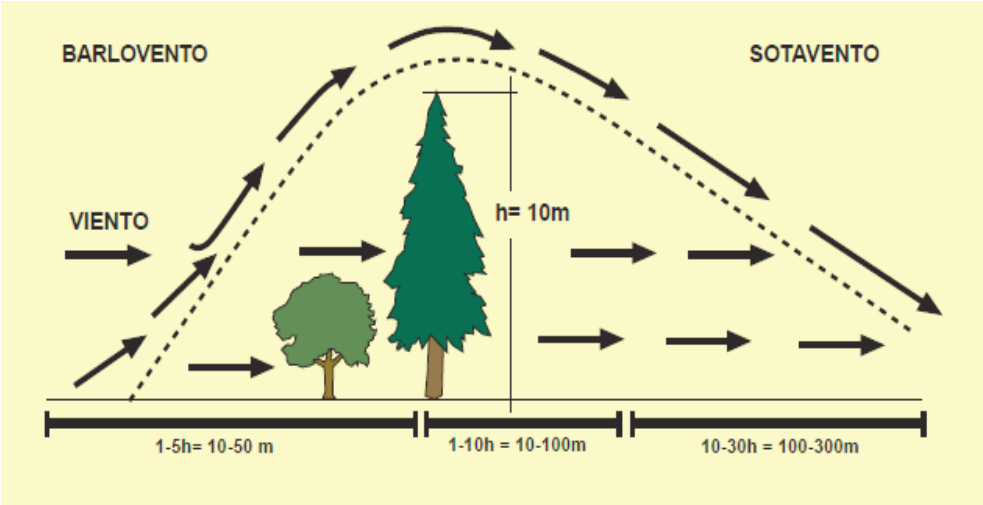


Figura N° 2
MUESTRA GRÁFICA DEL EFECTO PROTECTOR DE UNA CORTINA CORTAVIENTO DE 10 M DE ALTURA

En el lado de sotavento, área de mayor protección, una cortina puede ser efectiva hasta una distancia de 30 veces la altura de la cortina (30H) (Figura N° 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.

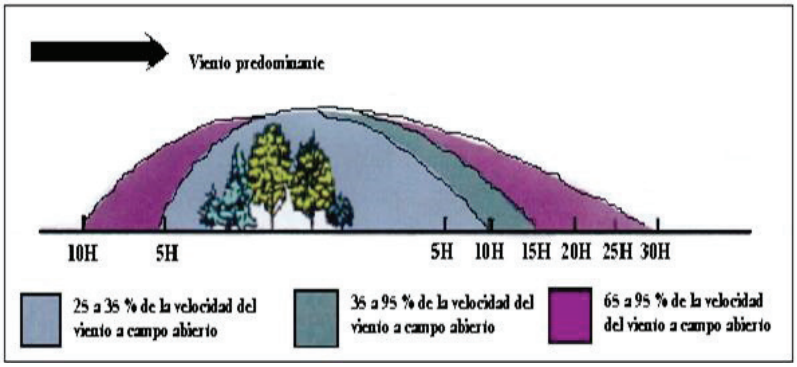


Figura N° 3
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN UNA CORTINA CUYA ALTURA ES H

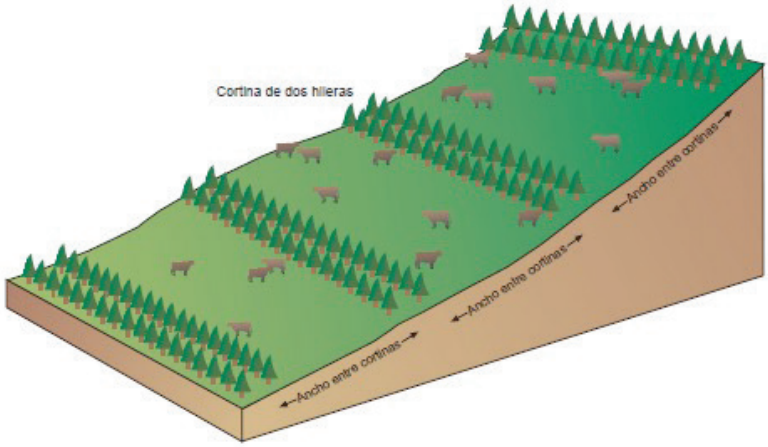


Figura N° 4
ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS DE DOS HILERAS EN FORMA SECUENCIAL EN EL TERRENO

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 cortina
Bs: Biomasa solida (incluye hojas, ramas, fustes, conos, etc.)
At: Área total de la cortina, incluyendo Bs y espacios sin cobertura

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

En contraste, si la densidad de una cortina forestal es muy alta (> 90%), la protección será excesiva, el viento no podrá pasar a través del follaje de la cortina, elevándose y pasando por su extremo superior, lo que generará una zona de turbulencia en barlovento y al bajar en el sotavento, debido a una baja presión de aire en los sectores de barlovento y sotavento más cercanos a la

cortina. Estas turbulencias reducen la zona de protección, producen erosión en el suelo e incluso pueden provocar descalces de raíces y daños a los cultivos (Figura N° 5).

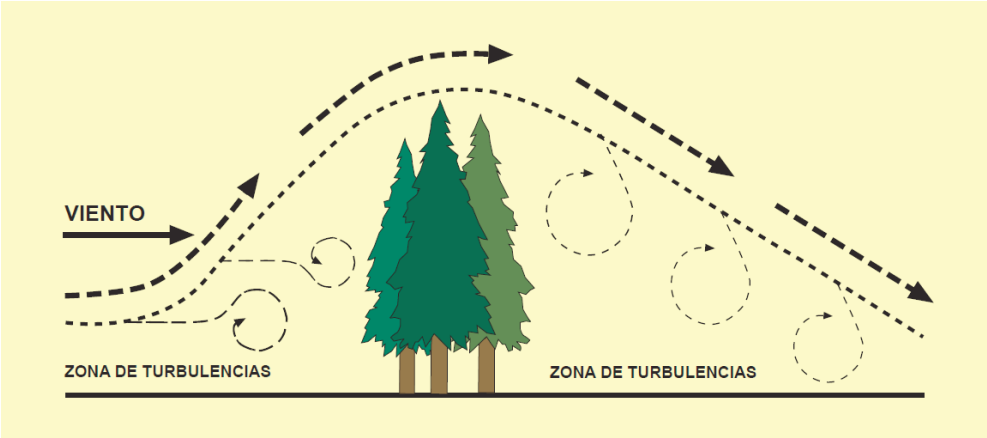


Figura N° 5
MUESTRA DE TURBULENCIA EN UNA CORTINA MUY DENSA A AMBOS LADOS DE LA CORTINA

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.

Cortina con un 60% de porosidad o baja densidad (izq). Cortina con una porosidad del 10% o alta densidad (der).

Figura N° 6
EJEMPLO DE CORTINAS CON DISTINTAS DENSIDADES O POROSIDADES.

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

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

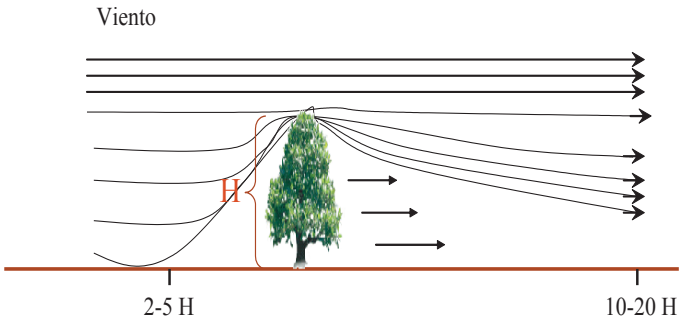


Figura N° 7
MOVIMIENTO DEL AIRE A TRAVÉS DE LA CORTINA Y SOBRE ESTA

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 para obtener una densidad protectora en forma rápida y hacer raleos posteriores para evitar una excesiva competencia entre los árboles. Los productores de la comuna de Chile Chico, región de Aysén, realizan este diseño, donde utilizan cortinas cortavientos de álamo, 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 bolillos (formando un triángulo entre plantas de hileras continuas) (Figura N° 8)

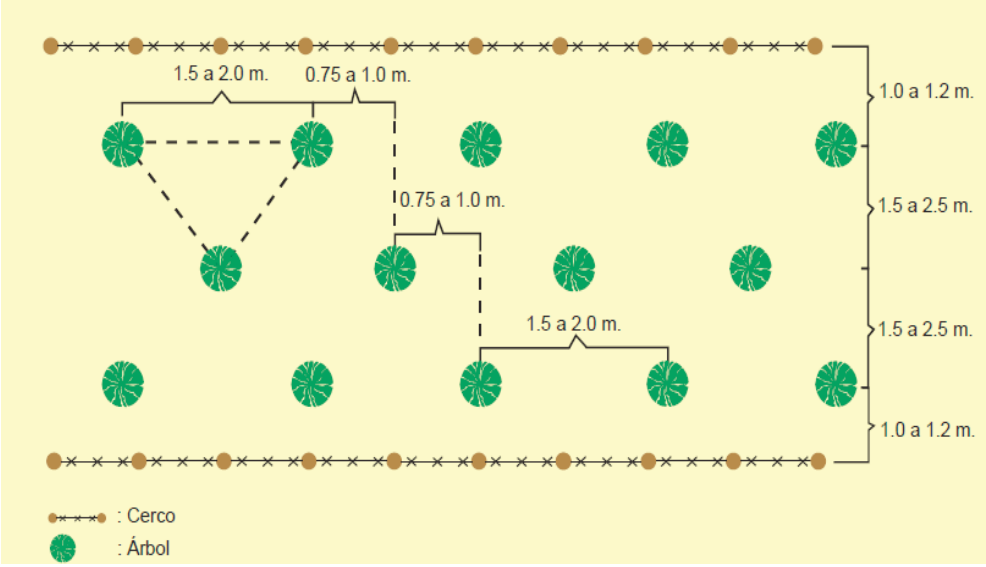


Figura N° 8
EJEMPLO DE MARCO DE PLANTACIÓN DE UNA CORTINA CORTAVIENTO CON DISTANCIAMIENTOS ADECUADOS PARA ESTABLECER UNA CORTINA DE TRES HILERAS CON PLANTACIÓN EN TRES BOLILLO

2.3. Orientación y Diseño

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

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

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

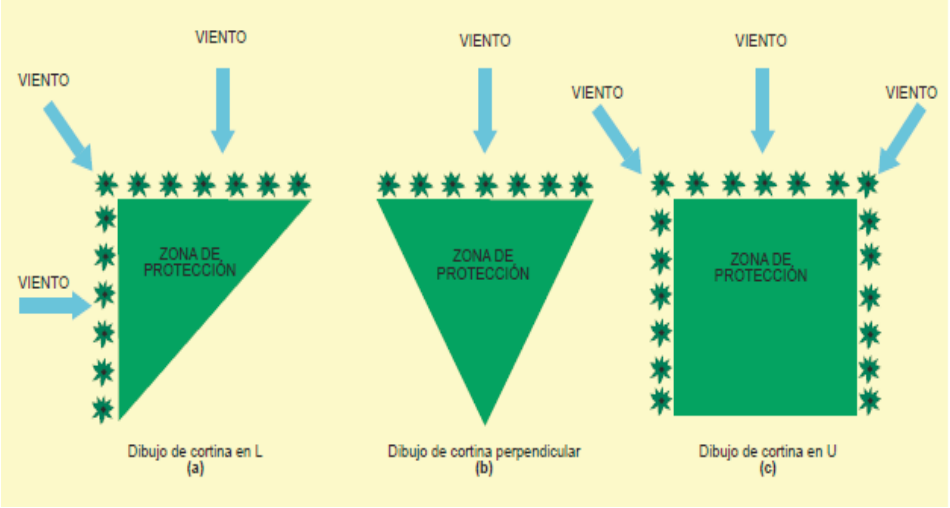


Figura N° 9
DISEÑO Y ORIENTACIÓN DE CORTINAS SEGÚN DIRECCIÓN DEL VIENTO.

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, por la acción envolvente descrita.

2.4. Especies a Utilizar

Algunas de las especies adaptadas a la zona centro-sur y patagónica de Chile, y de uso potencial en cortinas cortavientos son, entre otras, pino radiata (*Pinus radiata),* aromo australiano (*Acacia melanoxylum*), eucalipto *(Eucalyptus nitens),* pino oregon (*Pseudotsuga memziesii*), 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 dombeyi*), lenga (*Nothofagus pumulio*) y ñirre (*Nothofagus antárctica*). También se pueden considerar algunas especies arbustivas como calafate (*Berberis microphylla*), grosellas (Ribes *sp*.), maqui (*Aristotelia chilensis*), retamo (*Cytisus scoparius* (Linn.)) y otras (Cuadro N° 1)

Cuadro N° 1
ESPECIES FORESTALES PARA USO EN CORTINAS CORTAVIENTOS

Especies	Área de Desarrollo Potencial	Características y Usos Principales
Pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*)	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 - 2500 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 (*Pinus ponderosa*)	La Araucanía a Aysén (Sectores de precordillera y cordillera, suelos delgados a profundos)	Especie de crecimiento lento, crece en áreas cordilleranas, soportando temperaturas mínimas de -30 °C y máximas cercanas a los 40°C, con precipitaciones entre 250 - 760 mm y con aporte de nieve. El principal uso de su madera, es en madera aserrada, cajas, embalajes, puertas y ventanas, y molduras.
Pino contorta (*Pinus contorta*)	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, y 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 (*Cupressus macrocarpa*)	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 1200 mm. La temperatura mínima del mes más frío entre 0 y 11 ºC; temperatura máxima entre 20 y 32 ºC. 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 *(Larix decidua)*	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 ºC, y precipitaciones entre 800 a 1600 mm. Requiere suelos bien drenados, levemente ácidos a neutros. Uso ornamental y en cortinas cortavientos. Su madera es de buena calidad.
Alamo negro o Chileno (Populus nigra)	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 balsamico *(Populus trichocarpa)*	Aysén a Magallanes	Crece en una variedad de climas, creciendo mejor en suelos húmedos costeros. Se desarrolla en áreas desde 250 a 3000 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. (*Salix viminalis, S.babilonica*).	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 *(Eucalyptus nitens)*	Bio Bio 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.
Pino radiata (*Pinus radiata*)	VI a X Región	Especie de rápido crecimiento, se adapta a diferentes condiciones de suelos y clima Crece en áreas con precipitaciones entre 380 - 2000 mm, y temperaturas mínimas de –2 C° y máxima media entre 17-30 C°. De gran utilización en la industria de pulpa y papel, y también para madera estructural, aserrada, polines y postes, cajones y embalajes, y astillas.

Las especies siempreverdes, como coníferas (pinos, ciprés y otras) o latífoliadas de hoja perenne (eucalipto, aromo, coigue), entregan protección durante todo el año, mientras que las latífoliadas de

hoja caduca (álamo, lenga, ñirre, roble), al perder la hoja no entregan protección efectiva durante el otoño e invierno. Por ello, es conveniente en este último caso considerar una mezcla de especies con coníferas y/o latífoliadas 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, maqui 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 o predominante, que usualmente es el de primavera; si existe más de una dirección predominante, se puede establecer cortinas en forma de L o U.***
- ***Una cortina adecuada debe ser planificada para obtener entre un 60-70% de densidad, o 30-40% de porosidad.***

3. PREPARACIÓN DEL SUELO PARA ESTABLECIMIENTO DE CORTINAS CORTAVIENTOS

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, preparación de suelos-cercado, 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 se 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 éstas para un mejor sostén de la planta y permita un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el suelo.

Además, una adecuada preparación de suelos 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 N° 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 (Garcia *et al.,* 2000; Sotomayor *et al.,* 2001).

Las dimensiones de las casillas dependerán del tipo de planta a utilizar y de las características del suelo.

Figura N° 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 N° 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, haciendo varias pasadas para conseguir un adecuado mullimiento del suelo y profundidad. Posteriormente, sobre el camellón, se preparan las casillas para establecer las plantas.

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.

(Fuente: Adaptado de Boehner and Brandel, 2000)

Figura N° 11
PREPARACIÓN DE SUELO MECANIZADA CON FORMACIÓN DE CAMELLÓN PARA CORTINA DE DOS HILERAS

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, y que serían competencia para las plantas durante sus primeros estados de desarrollo. Garcia *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, lo que les favorece en su crecimiento en condiciones de temperatura y agua adecuada por sobre las plantas establecidas, 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 (arboles 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 mecanizado. Además, se puede usar desbrozadoras mecanizas como los *mulcher* y ranas.

- **Control Manual**

Se realiza utilizando mano de obra con herramientas manuales o maquinaria manual. Solo 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 en Chile. 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 4 - 6 años zona centro-sur; 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 N° 12), de 5 a 6 hebras de alambre liso con varillas entre postes, y alambre de púa en la parte superior.

Figura N° 12
CERCO TIPO PATAGÓN CON ALAMBRE LISO, VARILLAS ENTRE POSTES 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, Provincia de Palena y en zonas donde la presencia de estos animales ha aumentado y es un problema permanente. 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 estos 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.

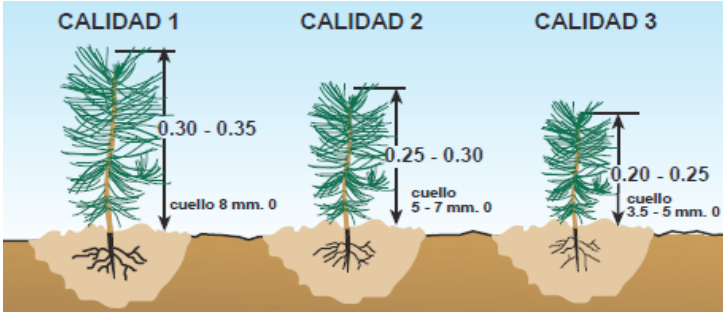
Otra alternativa es la utilización de protectores individuales en cada planta, los que rodean a la planta impidiendo el corte o ramoneo por lagomorfos y otros animales. Este método es bastante efectivo, aunque el costo inicial es más alto que el uso de repelentes, pero con un efecto más duradero. Para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

Botellas plásticas desechables (izq), malla raschell (centro) y shelter de policarbonato (der).

Figura N° 13
PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE PLANTAS

3.4. Plantación

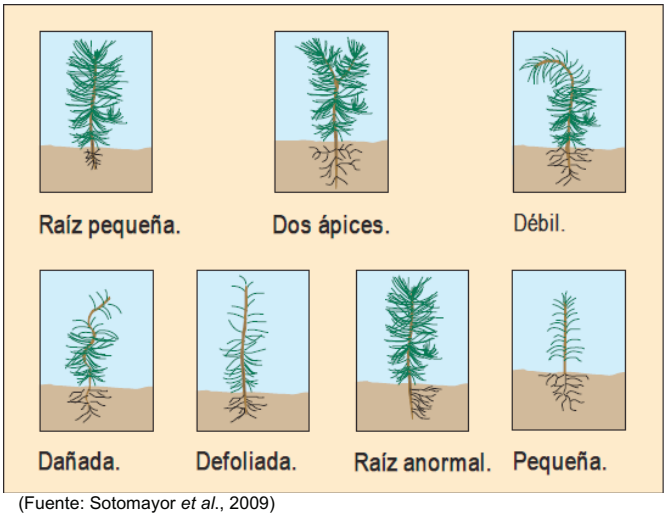
Luego de preparar el terreno donde se establecerá una cortina cortaviento y realizado el control de malezas pre-plantación, se procede a la etapa de plantación. Esta crucial etapa debe cuidar diversos factores, como usar plantas de buena calidad, efectuar un buen manejo de las mismas, sobre todo durante 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 el vivero plantas sanas, de buena forma, vigorosas, con un sistema radicular desarrollado, diámetro del cuello en torno a 6 - 8 mm, y altura de al menos 25-30 cm. En la Figura N° 14 se observan calidades de plantas para establecimiento de cortinas, recomendándose el uso de calidades 1 y 2.



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

Figura N° 14
CALIDAD DE PLANTAS A RAÍZ DESNUDA PARA PLANTACIÓN DE PINO PONDEROSA, PINO OREGON, PINO RADIATA ENTRE OTRAS

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



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

Figura N° 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 N° 2
CLASIFICACIÓN DE PLANTAS DE VIVERO A RAÍZ DESNUDA
DE PINO OREGÓN, PINO PONDEROSA, PINO RADIATA Y PINO CONTORTA

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

(Fuente: INFOR, s/f)

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 al terreno de plantación; de no ser posible, se deben plantar antes 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 en el suelo, y humedecerlo. 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, estas 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 refrigeren 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, o en zonas frías y altas de la cordillera, como en comunas de Lonquimay, Futaleufu, Palena y otras, la época 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 estas 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 (Garcia *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 estas 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 N° 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).

Plástico (izq); Aserrín (centro); Chips de madera (der)

Figura N° 16
USO DE *MULCH* PARA CONTROL DE MALEZAS

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 este 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 L 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 cortaviento vegetal, 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. Si es necesario, por presencia agresiva de malezas que afectan el desarrollo de las plantas, se recomienda control de malezas post-plantación.***
- ***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 de INFOR en sus distintas sedes del país, o en el Centro Agroforestal Patagónico en Coyhaique.***

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 en el potrero.

Dado que los árboles en una primera etapa tienen suficiente espacio para desarrollarse y poca competencia intra e ínter específica, estos 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, follaje o área foliar de los árboles de la cortina, debe manejarse con el objetivo de generar un área de protección contra el viento, pero también para reducir su expansión y generación de sombra proyectada hacia áreas de cultivos o praderas. Por ello, se recomienda podar las ramas que se desarrollan en dirección a las áreas agrícolas y mantener las ramas que se desarrollan entre los árboles y arbustos.

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

Cortina de *Pino radiata* de 18 m de altura, podada hasta los 8 m (izq) y cortina de especie latifoliada podada a 10 m de altura con *topping apical para evitar su crecimiento en altura* (der).

Figura N° 17
PODA DE CORTINAS FORESTALES ADULTAS

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

Figura N° 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 N° 19) con fines de producción de madera libre de nudos o defectos, hasta 6 a 8 m de altura, y mantener el árbol siguiente sin podar, para generar la protección en los espacios podados.

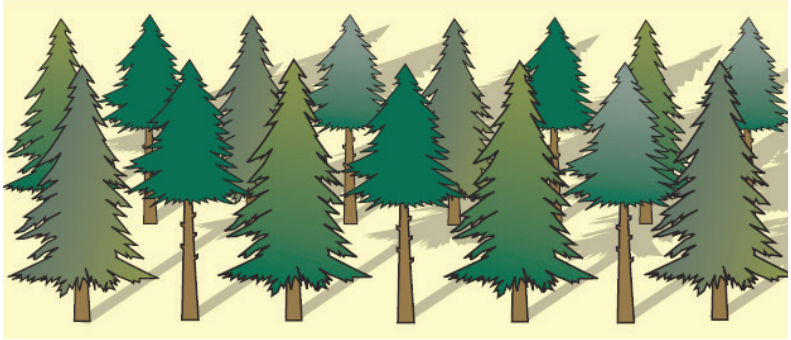


Figura N° 19
PODA DE CORTINA CORTAVIENTO CON FINES DE PROTECCIÓN Y DE PRODUCCIÓN DE MADERA

Junto con realizar la poda con fines de producción de madera sin nudos, al podar árbol por medio, se debe podar las ramas de los arboles remanentes que están creciendo hacia las áreas de cultivos o praderas, para evitar que originen sombra sobre estos y material vegetal como hojas, acículas, ramillas y conos, que caen sobre el suelo y suprimen el crecimiento de pastos y otros vegetales productivos. Para ello, se poda el resto de los árboles solo en el área de crecimiento de las ramas hacia la pradera o cultivo, cortándolas a ras de fuste, y manteniendo las ramas entre los árboles sin podar en la hilera, con fines de protección o intercepción del viento (Figura N° 20).

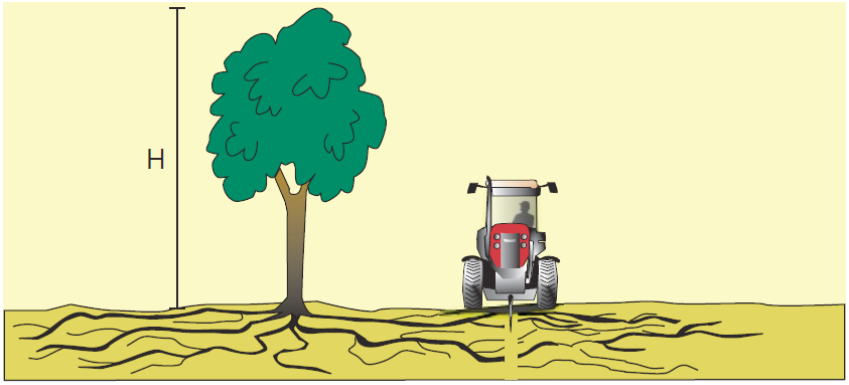
Figura N° 20
PODA DE RAMAS CON PROYECCIÓN HACIA CULTIVOS DE LOS ARBOLES DE LA CORTINA SIN PODAR, CON FINES MADEREROS, PARA EVITAR COMPETENCIA CON CULTIVOS Y PRADERAS

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 N° 21
PODA DE RAÍCES EN CORTINAS CORTAVIENTOS

5. RESULTADOS DE PRODUCTIVIDAD PRATENSE CON CORTINAS CORTAVIENTOS

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 diversos 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 (*Dactilys 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 Coihaique, donde se estableció un jardín de especies forrajeras y agrícolas, en fajas de 6 m de ancho y 210 m de largo.

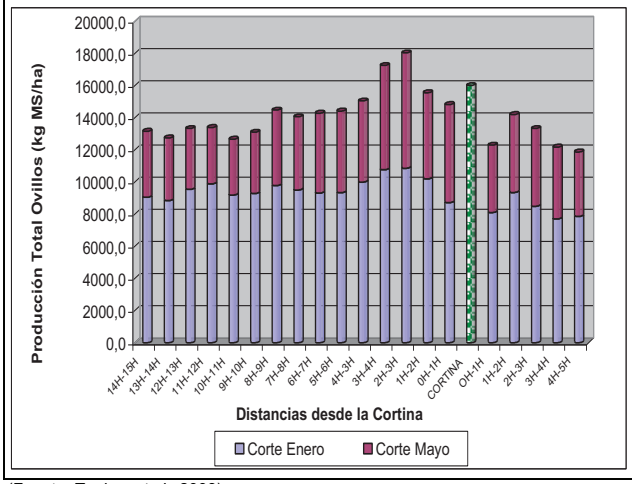
Se procedió a dividir y evaluar cada faja de cultivo, estableciéndose puntos de muestreo cada 14 m (14 m = 1 H), simulando la altura (H) de la cortina. El sector de barlovento se dividió en cinco tramos, desde 1H hasta 5H y el sector de sotavento se dividió en quince tramos, desde 1H hasta 15H.

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 N° 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 hasta 18 t MS/ha. A partir de la distancia de 7H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 12,7 hasta 14,4 t MS/ha. En tanto, en barlovento la producción acumulada fluctuó entre 11,9 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.



Distancias	Producción	Significancia
14H-15H	13149,1	defgh
13H-14H	12736,8	efgh
12H-13H	13326,3	defgh
11H-12H	13384,2	cdefgh
10H-11H	12656,6	efgh
9H-10H	13087,1	defgh
8H-9H	14461,5	cdef
7H-8H	14052,7	cdefg
6H-7H	14271,4	cdefg
5H-6H	14401,2	cdef
4H-3H	15033,8	cd
3H-4H	17237,6	ab
2H-3H	18019,2	a
1H-2H	15547,1	bc
0H-1H	14811,9	cde
OH-1H	12284,4	fgh
1H-2H	14189,3	cdefg
2H-3H	13319,3	defgh
3H-4H	12161,5	gh
4H-5H	11859,2	h

(Fuente: Teuber *et al*., 2008).
(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0.05$)

Figura N° 22
PRODUCCIÓN ACUMULADA DE PASTO OVILLO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA TEMPORADA 2005-2006

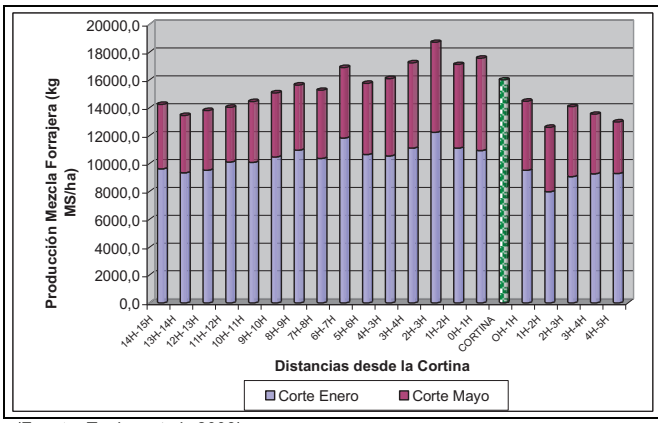
– **Mezcla Forrajera, compuesta por ballica perenne (*Lolium perenne*), festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol blanco (*Trifolium repens*)**

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

Se aprecia nuevamente 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 hasta 18,7 t MS/ha.

A partir de la distancia de 8H hasta 15H, la producción promedio fluctuó entre 13,5 hasta 15,6 t MS/ha. En tanto que, en barlovento, la producción acumulada fluctuó entre 12,6 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.



Distancias	Producción	Significancia
14H-15H	14251,0	defg
13H-14H	13451,4	efg
12H-13H	13804,3	defg
11H-12H	14035,9	defg
10H-11H	14451,3	cdefg
9H-10H	15070,9	cdefg
8H-9H	15634,2	bcde
7H-8H	15262,0	bcdef
6H-7H	16895,6	abc
5H-6H	15753,4	abcd
4H-3H	16099,9	bcde
3H-4H	17227,4	ab
2H-3H	18696,5	a
1H-2H	17111,3	ab
0H-1H	17563,0	ab
OH-1H	14471,5	cdefg
1H-2H	12599,8	g
2H-3H	14084,4	defg
3H-4H	13538,3	defg
4H-5H	12985,6	fg

(Fuente: Teuber *et al*., 2008).
(Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa, $p \leq 0.05$)

Figura N° 23
PRODUCCIÓN ACUMULADA DE LA MEZCLA FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA TEMPORADA 2005-2006

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 caso extremos debilitarse a tal extremo 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 N° 24
VACUNOS PASTANDO BAJO ABRIGO DE CORTINAS DE PINO CONTORTA (IZQ) Y 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/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 N° 25 y N° 26.

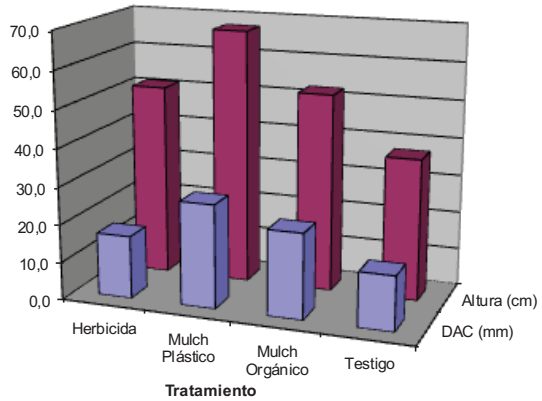


Figura N° 25
CRECIMIENTO EN ALTURA Y EN DIÁMETRO DE CUELLO (DAC) DE PLANTAS DE PINO PONDEROSA, DE TRES AÑOS DE EDAD, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE CONTROL DE MALEZAS, REALIZADO EN UN TERRENO CON PREPARACIÓN DE SUELO MECANIZADO Y CON FERTILIZACIÓN

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.

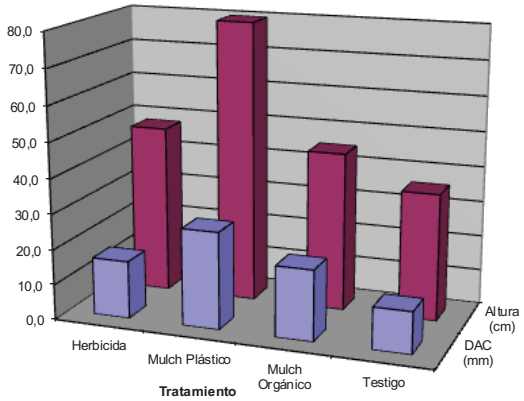


Figura N° 26
CRECIMIENTO EN ALTURA Y EN DIÁMETRO DE CUELLO (DAC) DE PLANTAS DE PINO PONDEROSA, DE TRES AÑOS DE EDAD, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE CONTROL DE MALEZAS, EN UN TERRENO SIN PREPARACIÓN DE SUELO Y SIN FERTILIZACIÓN

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.

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 ½" 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 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.

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 control de liebres, sobre pino ponderosa, el resultado de los tratamientos fue el siguiente:

Cuadro N°3
EFECTO DE LA PROTECCIÓN DE PLANTAS CONTRA DAÑO POR LIEBRES EN PLANTAS DE PINO PONDEROSA Y EN SU CRECIMIENTO EN ALTURA

Tratamiento	Daños por liebres (%)	Altura (cm)	
		Inicial	Final
Testigo	23	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 N° 2, 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 químico en una situación intermedia.

En este ensayo se observó también 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, provincia de Palena y otras zonas de la Patagonia Chilena.

6. FOMENTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para la implementación de cortinas cortavientos en Chile, solamente existe en la actualidad un instrumento de fomento del Estado, el cual bonifica un porcentaje del costo de establecimiento de cortinas cortavientos. Este es el 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) y 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 un mayor desarrollo productividad de los cultivos, praderas y 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.

Garcia, E.; Sotomayor, A.; Silva, S. y Valdebenito, G., 2000. Establecimiento de Plantaciones Forestales: *Pinus radiata, Pinus ponderosa, Psudotsuga menziessi.* Documento de Divulgación Nº 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. pp. 57-83.

Mooter, D.; Harrell, M. O. and 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 Nº 30. INFOR. 41.

Sotomayor, A.; Helmke, E. y García, E., 2002. Manejo y Mantención de Plantaciones Forestales: *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. Documento de Divulgación Nº 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. Ciencia e Investigación Forestal Vol 17 N° 1 abril 2011. Instituto Forestal.

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. Instituto Forestal.

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

ANEXO 1
TIPOS DE HERBICIDAS

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

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

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

- **Herbicidas aplicados al 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 a raíces, tallos y follaje.

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

G*lifosato*, *Tryclopir* y *Metaulfuronmetil*;

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

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

Entre los herbicidas sistémicos selectivos aplicados al follaje destacan:

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

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

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

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

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

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

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

www.infor.cl
www.agroforestería.cl