

Capítulo 9

CORTINAS CORTAVIENTOS, Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE LA REGIÓN DE AYSÉN

Oswaldo Teuber¹, Alvaro Sotomayor²,
Iván Moya³, Jaime Salinas³

RESUMEN

En el presente capítulo se dan a conocer resultados de un estudio realizado en el sector del Valle Simpson, comuna de Coyhaique, en la Zona Intermedia de la región de Aysén, en el cual se evaluaron distintos cultivos forrajeros perennes y anuales, ubicados a sotavento y a barlovento de una cortina cortaviento forestal adulta. El efecto de la cortina sobre la producción y crecimiento de cultivos forrajeros se evaluó desde el 2003 al 2006. La cortina forestal cortaviento utilizada en el estudio, ubicada al interior del predio Los Ñires, estaba compuesta por especie adultas de *Pinus ponderosa*, *Pinus silvestrys* y *Pinus contorta*. Previo al establecimiento de los cultivos forrajeros, se le realizó un manejo forestal, consistente en poda lateral de ramas y raíces, para evitar la competencia con los cultivos a estudiar.

De acuerdo a los resultados de este estudio, se puede señalar que las cortinas cortavientos forestales, dependiendo de las condiciones climáticas imperantes, pueden otorgar importantes beneficios a los sistemas productivos de la región de Aysén. Las cortinas cortavientos, logran una reducción de la velocidad del viento, lo que se traduce en una mejora de las condiciones microclimáticas en la zona de protección, lo que es aprovechado por varios de los cultivos forrajeros ensayados.

Además, se exponen en este capítulo aspectos teóricos del funcionamiento y el establecimiento de cortinas cortavientos forestales, con el objetivo de maximizar los beneficios que una cortina bien establecida puede entregar a los productores de la Patagonia chilena.

Palabras clave: Cortinas cortaviento, Cultivos Forrajeros, Velocidad del Viento, Condiciones Microclimáticas.

SUMMARY

This chapter provides results from a study developed in the Simpson Valley, Coyhaique county, Aysén region's intermediate zone, where different evergreen and annual fodder cultures, located leeward and windward of a mature forest windbreak, were evaluated. The windbreak effect over the cultures growth and production was evaluated from 2003 to 2006. The forest windbreak is located at the Los Ñires farm and composed by *Pinus ponderosa*, *Pinus silvestrys* and *Pinus*

1 Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA-Tamel Aike, Coyhaique, Chile. o.teuber@inia.cl

2 Instituto Forestal (INFOR), Sede Bio Bio, Concepción, Chile. asotomay@infor.cl

3 Instituto Forestal (INFOR), Sede Patagonia, Coyhaique, Chile. imoya@infor.cl, jsalinas@infor.cl

contorta mature trees. Previous to the fodder cultures establishment a forest management was realized, including lateral branches and roots pruning, to avoid competition between trees and cultures.

The study results indicate that the forest windbreaks, depending on the prevailing local climate conditions, can offer important benefits to the regional productive systems, reducing the wind speed and improving this way the microclimate conditions over their protection area favouring several of the studied fodder cultures.

The chapter provides as well theoretical aspects on the functioning and the establishment of forests windbreaks in order to maximize the benefits that a properly established windbreak can offer to the farmers at the Chilean Patagonia.

Key words: Forest windbreaks, Fodder cultures, Wind speed, Microclimate conditions.

INTRODUCCIÓN

Son muchos los motivos por los cuales los productores de la Patagonia desean establecer cortinas cortavientos en sus predios, entre los más relevantes están, la reducción de la erosión eólica, la protección de las plantas de cultivos agrícolas, el mejoramiento del manejo de la nieve, la protección de las infraestructuras y construcciones del campo, la protección del ganado, el aumento del hábitat para la vida silvestre, el mejoramiento de la eficiencia del riego, la captura de carbono atmosférico, la disminución de olores provenientes de explotaciones ganaderas y la disminución del polvo en suspensión proveniente de labores de labranza. Adicionalmente, por corresponder a una práctica forestal, las cortinas cortavientos generan también beneficios directos como la generación de productos madereros obtenidos directamente de la explotación de la cortina en edad adulta (madera aserrable, postes, polines, pulpa, otros) y la de subproductos de los árboles como, frutos, flores, hongos micorrízicos, piezas ornamentales, entre otros. Estos beneficios serían imposibles de concretar si la cortina no se establece o construye desde el inicio de forma adecuada.

El conocer cómo las cortinas cortaviento trabajan para reducir la velocidad del viento ha despertado el entusiasmo de muchos científicos y la realización de muchas investigaciones alrededor del mundo. Todos los resultados han podido corroborar que las hileras de árboles y arbustos establecidos correctamente en el campo, proveen una real protección a las plantas y/o animales, contra la fuerza y turbulencia del viento (Horvath, 2002).

El éxito en la tarea de obtener una cortina cortaviento funcional, no siempre está asegurado, va a depender de las características de su establecimiento inicial y del cuidado dado en sus primeros años. En este sentido, aspectos como la preparación del terreno, el control de malezas, la calidad de las plantas, la especie a utilizar, los distanciamientos entre las plantas y entre las hileras que conforman la cortina, el riego, la reposición de plantas, la protección contra animales (mayores y menores) y la fertilización, entre otros, son de gran importancia y deben ser considerados para asegurar el éxito en el establecimiento de una cortina cortaviento sana y operativa.

Antes de establecer una cortina forestal cortaviento o de protección, es importante considerar los aspectos técnicos más relevantes al momento de diseñarla, dentro de los aspectos

más relevantes están la altura de la cortina, la densidad o número de hileras, la orientación, la disposición y diseño, y las especies a utilizar.

La altura de la cortina (H) es el factor más importante y es el que determina la distancia total del efecto protector, que a su vez determina la magnitud del área a proteger por la cortina. La altura va a depender de la o las especies a utilizar, los distanciamientos entre las plantas, la calidad del sitio y la edad de la cortina. En cortinas cortavientos con múltiples hileras la protección la dará siempre la hilera con la especie más alta de la cortina.

De acuerdo a estudios realizados por (Brandle y Finch, 1991), la disminución en la velocidad del viento puede alcanzar hasta la distancia de $10H$ (10 veces la altura de la cortina) en el sector de barlovento (lugar desde donde viene el viento) y hasta $30H$ (30 veces la altura de la cortina), en el sector de sotavento (lugar hacia dónde va el viento) (Figura N°1). Esta reducción en la velocidad del viento provoca cambios en el microclima dentro de la zona protegida, los que finalmente pueden afectar positiva o negativamente a las plantas y/o animales que se desarrollan y crecen en estos sectores. Dentro de los cambios más importantes que se pueden observar se encuentra la modificación de la temperatura y humedad (aire y suelo), cuyos niveles generalmente aumentan en el área protegida, decreciendo la evaporación y la pérdida de agua por parte de las plantas y el suelo (Brandle y Finch, 1991).

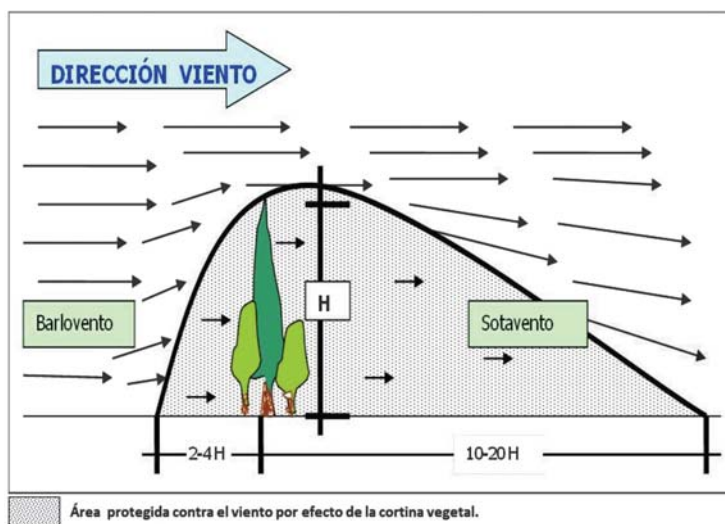


Figura N° 1
EFECTO PROTECTOR DE UNA CORTINA CORTAVIENTO, ANTES Y DESPUÉS DE ELLA

La densidad de una cortina cortaviento determina el grado de movimiento de la masa de aire a través de la cortina y como consecuencia del tipo de densidad dependerá la protección que la cortina otorgará a la superficie adyacente. Se calcula como el cociente entre la porción sólida de la cortina (sumatoria de hojas, ramas y fuste) y el área total de la misma. Si la estructura presenta una baja densidad, el paso del viento a través de los espacios de la cortina no encontrará mayor resistencia; en tanto si la densidad de una cortina forestal es muy alta, la protección será deficiente, ya que en el lado de sotavento (detrás de la cortina) se forma una zona de baja presión que mueve el aire que pasa por sobre la cortina hacia abajo generando turbulencias

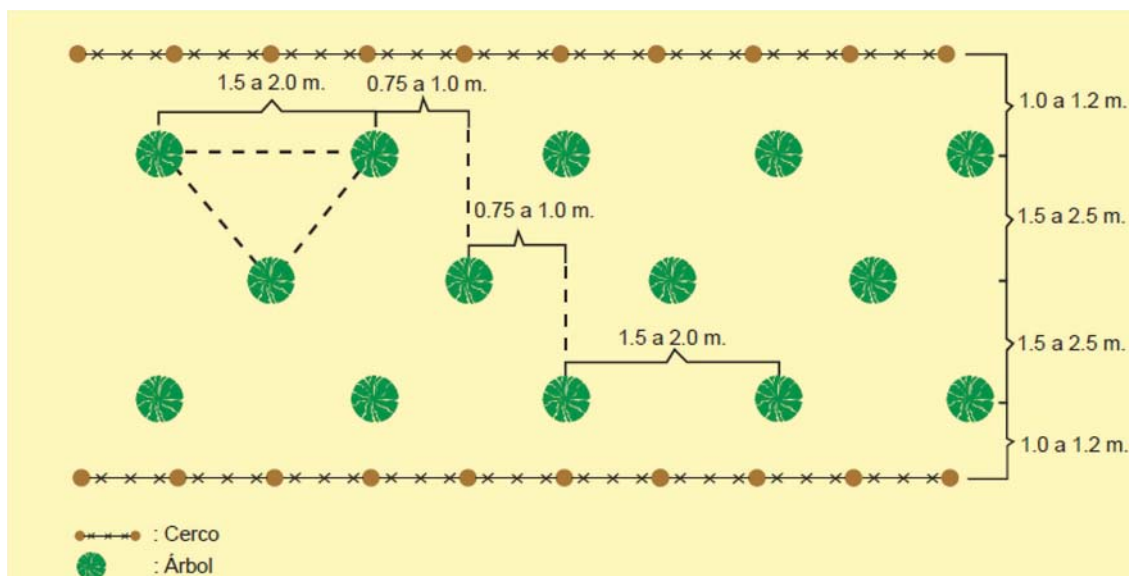
que reducen la protección. Se considera que una cortina con una densidad intermedia, con una porosidad de 35-45%, es ideal para disminuir la turbulencia y aumentar el área de protección. La densidad es el factor más importante para determinar la magnitud de la reducción de la velocidad del viento (Brandle y Finch, 1991).

Dentro de una cortina forestal cortaviento los factores que determinan la densidad de la misma son el número de hileras, la distancia entre los árboles y la composición de especies. La interacción entre la altura, la densidad y la longitud de la cortina, determinan el grado de reducción de la velocidad del viento como también el área a proteger detrás de ella.

Las cortinas cortavientos pueden considerar 1 o más números de hileras, siendo lo más común de 2 a 3 hileras, lo cual es importante de considerar en el diseño dado que influirá en la protección que otorgará en la zona que se desea proteger de los efectos negativos del viento. El tema de los distanciamientos tanto de los árboles sobre la hilera como la distancia entre las hileras que conforman la cortina es un tema que no puede ser definido con precisión, pues depende de varios factores, como especies a utilizar (arbustos, árboles), relieve del lugar, número de hileras y condición de sitio (Brandle y Finch, 1991).

Sin embargo, recopilando la información de distintas investigaciones realizadas, se puede indicar que la distancia de plantación entre las hileras será de un mínimo de 1,5 m y de un máximo de 5 m; el distanciamiento de los árboles y/o arbustos sobre la hilera será de 1 m como mínimo y de 3,5 m como máximo.

En el caso de una plantación de 3 hileras se recomienda establecer las plantas en tres bolillo (Figura N° 2), quedando una planta de la otra, haciendo una proyección horizontal entre las hileras, entre 0,75 y 1,0 m.



(Fuente: Sotomayor *et. al*, 2011)

Figura N° 2

EJEMPLO DE ESQUEMA CON DISTANCIAMIENTOS ADECUADOS PARA ESTABLECER UNA CORTINA CORTAVIENTOS DE TRES HILERAS CON PLANTACIÓN EN TRES BOLILLO

Otros aspectos importantes para el funcionamiento de una cortina forestal cortaviento son la orientación, la disposición y su diseño. Una cortina cortaviento será más eficaz en la reducción de los efectos negativos 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 la orientación perpendicular a los vientos predominantes y que provocan mayores daños a los cultivos, animales o edificaciones (Brandle y Finch, 1991). Si localmente hubiere más de una dirección predominante, se debería diseñar cortinas con forma de “L” en T o perimetrales en todo el contorno del potrero o área a proteger (Figura N°3), lo cual incide en el tamaño de la zona de protección.

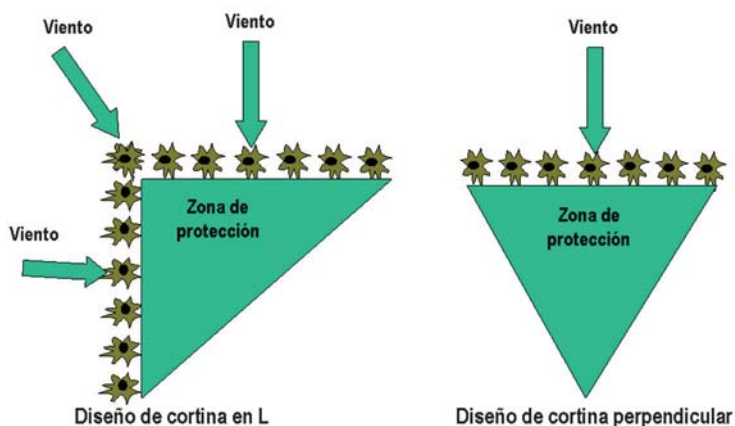


Figura N° 3

FORMA Y ORIENTACIÓN DE CORTINAS CORTAVIENTOS DEPENDIENDO DE DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Es muy importante antes de plantar identificar el área que se desea proteger y la disposición y la longitud que tendrá la cortina cortaviento en aquella superficie. Se debe tener presente las especies a utilizar, la densidad adecuada y considerar aspectos como la ubicación de edificaciones, caminos, cercos, pendientes, silos, y otros. Si se desea dar protección a un sector de unos 100 m de ancho, la cortina por lo menos debe tener un largo de 150 m, esto es 25 m más larga en ambos lados que la distancia que se quiere proteger.

La longitud de una cortina determina la superficie total que recibe la protección. Para obtener una máxima eficiencia de la cortina, se requiere que la longitud ininterrumpida de esta exceda su altura en una relación de 10 a 1, con ello se minimiza la turbulencia generada hacia los bordes laterales de la cortina (Brandle y Finch, 1991). La continuidad está muy ligada a la longitud, ya que las aberturas que se generan en una cortina forman un embudo que concentra el flujo del aire, creando áreas en sotavento donde la velocidad del viento frecuentemente excede la velocidad del viento a campo abierto (Brandle y Finch, 1991).

Las especies a utilizar en una futura cortina forestal cortaviento deben estar adaptadas a las condiciones de clima y suelo de donde crecerán, es muy importante para el éxito de la futura cortina, comprar plantas de muy buena calidad y, si es posible, adquirir plantas con mayor desarrollo que las destinadas a plantaciones forestales tradicionales.

Algunas de las especies adaptadas a la zona patagónica son, entre otras pino oregón (*Pseudotsuga menziessi*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), pino contorta (*Pinus contorta*), álamos (*Populus spp.*) y algunas especies nativas como coigüe (*Nothofagus dombeyi*), coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), lenga (*Nothofagus pumilio*) y ñirre (*Nothofagus antarctica*). También se pueden considerar especies arbustivas como calafate (*Berberis sp.*), grosella (*Ribes sp.*), salicáceas (*Salix sp.*), y otras. Dada la alta población de liebre europea presente en gran parte de la Patagonia, se debe considerar la protección contra el daño que provocan a través de la colocación de protectores individuales a las plantas o algún sistema de cerco tradicional con malla “conejera”.

Existen muchos estudios a nivel mundial, donde se ha evaluado el impacto de las cortinas sobre la producción. Si bien estos aumentos en la productividad pueden variar de año en año, de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes, se tiene la certeza que pueden fluctuar entre un 5% y 45%, sobre el promedio de productividad del mismo cultivo sin esta protección (Brandle y Hodges, 2000). Quam *et al.* (1994), analizando los rendimientos de heno de pradera mixta (leguminosas/gramíneas) durante 14 años, determinaron aumentos de producción de 20% en los sitios protegidos, en comparación con los no protegidos. En la región de Aysén, trabajando con alfalfa y avena con cortinas artificiales, se determinaron aumentos de rendimientos entre 9,8 y 56,6% en el cultivo de alfalfa y entre 24,8 y 29,6% en el cultivo de avena (Alarcón, 2002).

Los animales también se ven fuertemente beneficiados por una cortina cortaviento forestal. En primer término obtienen un beneficio directo, dado por la reducción de la velocidad del viento invernal y, por ende, la reducción de la temperatura fría crítica, lo que les permite pasar el invierno en condiciones más adecuadas. Adicionalmente, les entrega sombra y brisa fresca durante el verano, evitando el estrés por calor. En segundo término hay un beneficio indirecto, ya que al aumentar el rendimiento de la pradera, hay una mayor disponibilidad de forraje para la alimentación y en consecuencia una mayor producción secundaria, expresada en ganancia de peso y aumento en la producción de leche y lana, por parte de los animales alimentados en estos sistemas (Quam *et al.*, 1994).

Apesar de la información internacional disponible, en Chile no existen muchas experiencias ni trabajos al respecto. Las casi 37.000 ha de cortinas cortaviento forestales existentes en el país son en su mayoría de regular a mal diseño y con un escaso o nulo manejo, por lo que un importante porcentaje del total generaría más daños que beneficios (Alarcón, 2002).

Comparando la realidad mundial y nacional con la de la región de Aysén, se puede observar aún un menor desarrollo y mayor desconocimiento local sobre esta técnica agroforestal. Algunos sectores de la región cuentan con una alta utilización de cortinas cortaviento forestales, especialmente para la protección de cultivos de chacarería, hortalizas y frutales (Zona de Microclima). Sin embargo, el establecimiento y utilización de estas estructuras sobre otro tipo de cultivos y en otras zonas, es mucho más escasa o nula.

La existencia de fuertes vientos durante una buena parte del año, que generan erosión de suelos, así como también efectos negativos sobre los cultivos agrícolas y animales, hacen necesario generar información local sobre cortinas cortaviento forestales que permitan aumentar su establecimiento y masificación a nivel regional. Debido a lo anterior, desde finales de los años 90 se han desarrollado algunas iniciativas de investigación y desarrollo en la región de Aysén, en la cual han participado el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con la finalidad de generar conocimiento sobre cortinas cortaviento forestales, que sean

validados localmente y que permitan entregar conocimiento a los productores locales sobre el beneficio de estas estructuras, así como sus normas de manejo más adecuadas.

Parte de estos estudios y resultados de investigación efectuados en la región, son los que se presentan en el presente capítulo. Estos han buscado determinar el efecto que tiene una cortina cortaviento forestal sobre el crecimiento y desarrollo de cultivos de especies forrajeras anuales y perennes de amplio uso en los sistemas ganaderos tradicionales de la región de Aysén.

OBJETIVOS

El objetivo general fue incrementar la productividad de los predios de la región de Aysén, mediante la introducción y evaluación de las cortinas cortavientos forestales.

El objetivo específico fue evaluar el efecto de una cortina cortaviento forestal sobre la producción y el crecimiento de cultivos forrajeros perennes, como el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), y una mezcla forrajera de ballica (*Lolium perenne*), festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), además de cultivos forrajeros anuales, como maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), lupino (*Lupinus angustifolius*), nabo forrajero (*Brassica rapa*) y col forrajera (*Brassica oleracea*).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló entre septiembre de 2003 y junio de 2006, en el sector de Valle Simpson, de la comuna de Coyhaique, Zona Intermedia de la región de Aysén. Para este fin se seleccionó una cortina cortaviento forestal constituida por tres hileras de pinos, siendo estos *Pinus sylvestris* (enfrentando al viento o barlovento), *Pinus ponderosa* (hilera central) y *Pinus contorta* (hilera protegida del viento o sotavento), de 14 m de altura y aproximadamente 35 años de edad. La cortina fue manejada para adecuar su porosidad a un 50-60%, realizándose podas laterales, hasta la altura de 6 m. Debido a la ausencia de ramas en la parte basal, se instaló una cortina artificial de malla Raschel de 65% de porosidad y de 3 m de altura, para homogeneizar la porosidad en todo el alto de la cortina. Finalmente, se procedió a realizar una poda de raíces, a una distancia de 5 m de la última hilera de árboles y a una profundidad de 60-80 cm, utilizando para ello un arado subsolador.

En torno a la cortina se seleccionó un terreno plano, constituido por una pradera permanente polifítica. Se seleccionó y cercó una superficie de 55 m de ancho por 80 m de largo en el sector de barlovento y de 55 m de ancho por 215 m de largo en el sector de sotavento. La pradera fue eliminada en forma química usando un herbicida sistémico de acción total (6 L ha⁻¹ de glifosato, en 300 L de agua). La preparación del terreno se realizó a través de labranza tradicional (rastra de discos, arado cincel, *rotovator* y rodillo compactador), lo que permitió contar con un terreno preparado para la siembra.

La siembra de las especies forrajeras perennes se realizó con máquina cerealera (Semeato®), con separación de discos de 18 cm, mientras que los cultivos forrajeros anuales se sembraron con una regeneradora (Connor Shea®), con separación de discos de 15 cm. Las hileras de siembra se efectuaron perpendiculares a la cortina y paralelas a la dirección del viento

predominante. Las especies perennes establecidas fueron el pasto ovillo (cv. Potomac), como siembra pura y la mezcla forrajera de ballica perenne, festuca y trébol blanco (cv. Jumbo, Maximize y Huia, respectivamente), con dosis de siembra de 12; 20; 10 y 6 kg ha⁻¹, respectivamente. Los cultivos forrajeros anuales fueron maíz, avena, lupino, nabo forrajero y col forrajera (hibrido precoz Pioneer y cv. Nehuen, Wonga, Rival y Soberana, respectivamente).

La fertilización aplicada a la siembra fue similar para todas las especies, siendo de 100 - 200 - 160 - 50 kg ha⁻¹ (N-P-K-S, respectivamente), mientras que en la primavera de la segunda temporada se aplicaron 100 - 100 - 80 - 30 kg ha⁻¹ (N-P-K-S, respectivamente), en cobertera. Las fuentes de nutrientes fueron urea (nitrógeno), súper fosfato triple (fósforo), muriato de potasio (potasio) y azufre ventilado (azufre). La excepción la representó el lupino, ya que por ser leguminosa no fue fertilizada con nitrógeno.

Para evaluar el desarrollo y rendimiento de todas estas forrajeras, se procedió a dividir cada faja de cultivo, en sectores o tramos de avance de 14 m (14 m = H, que era la altura de la cortina). Por lo tanto 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 (Figura N° 4).

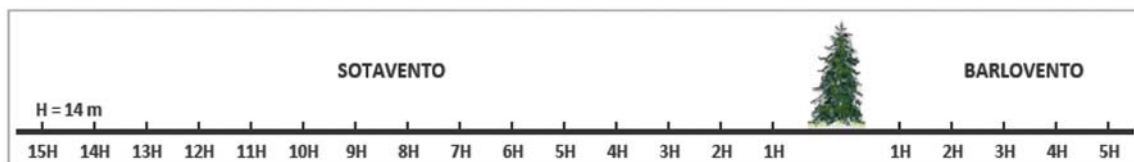


Figura N° 4
DISTRIBUCIÓN DE LAS DISTANCIAS A LAS CUALES FUERON EVALUADOS LOS CULTIVOS FORRAJEROS

En cada una de estas alturas o tramos (20 alturas en total) se procedió a evaluar el crecimiento de las plantas (altura disturbada medida como largo de hojas y largo de panojas o espigas, según fuera el caso), para posteriormente realizar tres cortes (toma de tres muestras), dentro de cada una de las alturas y por cada una de las repeticiones. Cada una de estas muestras fue pesada, para determinar la producción de materia verde y, posteriormente, una sub-muestra fue extraída para realizar los análisis de laboratorio (determinación de materia seca y composición botánica). Con el detalle de la producción y la superficie muestreada y el porcentaje de materia seca determinado en el laboratorio, se procedió a determinar la producción de materia seca por superficie de muestreo, la que posteriormente fue extrapolada a producción de materia seca por hectárea (Mg ha⁻¹ MS).

El diseño experimental seleccionado para el experimento con pasto ovillo y mezcla forrajera, correspondió a bloques completos al azar, con tres repeticiones. Los resultados productivos fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza para comparar los promedios y se usó la prueba de hipótesis específica LSD (*Least Significant Difference*), para determinar el nivel de significancia, al 0,05 %. En tanto que los cultivos forrajeros anuales fueron evaluados solo como jardines de variedades, con comparación de sus medias.

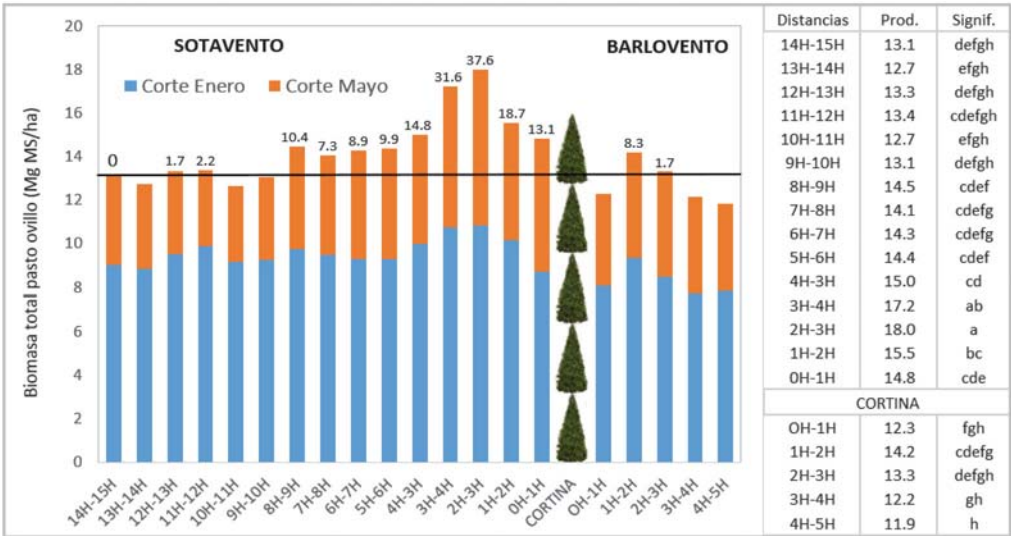
RESULTADOS Y DISCUSION

Desarrollo y Rendimiento del Pasto Ovillo

Esta especie es la principal gramínea forrajera perenne de las praderas naturalizadas y sembradas de la Zona Intermedia de Aysén, producto de su buena adaptación al déficit hídrico y a su buen comportamiento bajo sistemas de pastoreo.

Este ensayo fue evaluado en dos cortes (31 de enero y 30 de mayo de 2006) y en ambos las plantas alcanzaron un mayor desarrollo en el sector de sotavento, comparado con barlovento. La altura de plantas (largos de hojas) en el primer corte fluctuó entre 110 a 127 cm, entre 0H y 6H. A partir de 7H en adelante la altura fue disminuyendo, para llegar a mínimos de 96 cm. En barlovento la altura aún fue más baja, fluctuando entre 75 a 96 cm. La altura de las panojas presento una tendencia similar, con medias de 136 a 152 cm (0H a 8H) en sotavento y solo 108 a 130 cm de altura en barlovento. Durante el segundo corte, si bien el desarrollo de las plantas fue menor, la tendencia fue similar. La altura de plantas alcanzó medias entre 62 a 73 cm en sotavento (0H a 4H) y solo de 43 a 52 cm en barlovento. En el segundo corte no hubo desarrollo de panojas, por lo que no fue evaluado.

En cuanto a la producción de biomasa, en la primera cosecha se observó una tendencia a producir más en los sectores más protegidos de sotavento (Figura N° 5). Entre 1H y 5H se alcanzaron producciones de 8,7 a 10,8 Mg ha⁻¹ MS, valores que fueron levemente superiores a los alcanzados desde los 6H hasta los 15H en sotavento (8,8 y 9,9 Mg ha⁻¹ MS). En tanto en barlovento las producciones fueron aun menores con rendimientos entre 7,7 y 9,3 Mg ha⁻¹ MS.



Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa con prueba LSD ($p<0.05$).

Figura N° 5
PRODUCCIÓN POR CORTE Y ACUMULADA DE PASTO OVILLO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006 Y PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H (VALORES SOBRE LAS BARRAS)

En la segunda cosecha realizada en mayo de 2006, la producción fue inferior a la obtenida en el mes de enero. En la zona de mayor protección de sotavento (0H a 6H) el rendimiento fluctuó entre 5,0 y 7,2 Mg ha⁻¹ MS, mientras que desde 6H hasta 15H la producción fue inferior (3,5 a 5,0 Mg ha⁻¹ MS). La producción en barlovento alcanzó rendimientos intermedios, con valores entre 4,0 a 4,8 Mg ha⁻¹ MS.

La producción acumulada de ambas cosechas fue alta comparada con los rendimientos regionales habituales, alcanzando valores de hasta 18 Mg ha⁻¹ MS. En la zona de mayor protección de sotavento (0H a 5H) los rendimientos fluctuaron entre 14,8 y 18,0 Mg ha⁻¹ MS. Posterior a los 5H los rendimientos descendieron visiblemente, para ubicarse entre 12,7 y 14,4 Mg ha⁻¹ MS. En tanto en barlovento la producción fue aún más baja, con rendimientos que fluctuaron entre 11,9 y 14,2 Mg ha⁻¹ MS. Estos rendimientos son superiores a los alcanzados por Teuber y Almonacid (2006), al evaluar 9 genotipos distintos de pasto ovillo en un sistema sin cortinas cortavientos. Los rendimientos del cultivar Potomac durante cuatro temporadas (marzo 2002 hasta junio 2006) fueron de 4,7, 12,5, 10,3 y 11,7 Mg ha⁻¹ MS, respectivamente, que son solo comparables, aunque incluso inferiores, a la producción obtenida en el sector más desprotegido de sotavento (13,1 Mg ha⁻¹ MS).

Adicionalmente, si se considera que para este experimento la altura de 15H en sotavento y la altura de 5H en barlovento son las más desprotegidas, se puede observar que hubo un sustantivo incremento del rendimiento por efecto de la cortina cortaviento. Entre 0H y 9H en sotavento el rendimiento de pasto ovillo aumentó entre un 7,3% y 37,6%, comparado con el rendimiento a 15H. En tanto en barlovento solo entre 2H y 3H se observó un aumento en la producción, fluctuando este entre 1,7% y 8,3%. Esto concuerda con lo planteado por Brandle y Hodges (2000), quienes reportan aumentos de rendimientos entre 5% y 45% como promedio en diferentes cultivos, al usar cortinas cortavientos.

Desarrollo y Rendimiento de una Mezcla Forrajera

El establecimiento de mezclas forrajeras es una de las formas más habituales de establecimiento de praderas en la región de Aysén. Con estas mezclas se puede aprovechar el potencial y características productivas y de calidad de todas las especies de la mezcla. La mezcla forrajera para este experimento estuvo compuesta por ballica perenne, festuca y trébol blanco, siendo evaluada durante la temporada 2005-2006, en dos fechas de cosecha (31 enero 2006 y 30 de mayo 2006).

En el primer corte la altura de las plantas de ballica (largo de hojas) fluctuaron entre 100 a 112 cm, entre 0H y 3H en sotavento. A partir de los 4H hasta los 15H la altura fue disminuyendo levemente, hasta llegar a valores de 80 cm (12H). En tanto en barlovento las alturas fueron inferiores a las alcanzadas en sotavento, ya que estas fluctuaron entre 75 a 95 cm. Adicionalmente, al analizar la altura de las espigas de las ballicas la tendencia fue parecida al largo de hojas. Las mayores alturas se alcanzaron en sotavento entre 0H y 3H, con promedios de 132 y 141 cm. A partir de los 4H la altura comenzó a disminuir para hacerse mínima a los 12H, con solo 108 cm. En tanto en barlovento las Alturas fueron inferiores comparadas con sotavento, ya que los valores fluctuaron entre 103 y 124 cm.

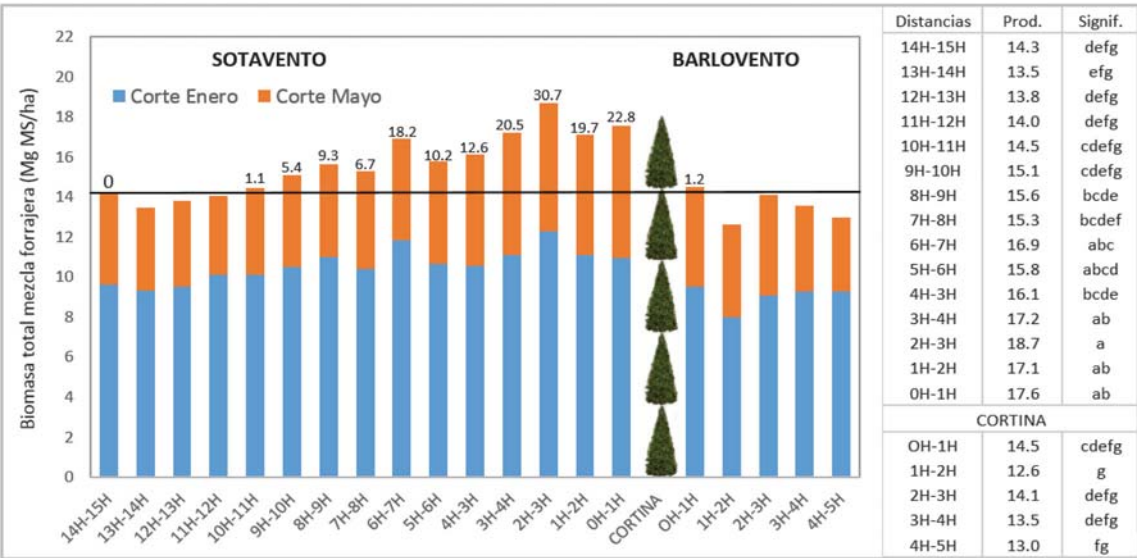
En cuanto a la producción de biomasa de la primera cosecha, se pudo observar una tendencia a producir más en los sectores más protegidos de sotavento (Figura N° 6). Entre 1H

y 9H el rendimiento fluctuó entre 10,4 y 12,3 Mg ha⁻¹ MS, valores levemente superiores a los alcanzados entre los 10H y 15H (9,3 a 10,4 Mg ha⁻¹ MS). En tanto en barlovento las producciones fueron aun menores con rendimientos entre 7,7 y 9,3 Mg ha⁻¹ MS.

En la segunda cosecha la producción fue inferior a la obtenida en el mes de enero, pero de igual forma se observó la tendencia de mayor producción en los sectores más protegidos de sotavento. Entre 0H y 5H los rendimientos promedios fueron de 5,5 a 6,6 Mg ha⁻¹ MS. A partir de 6H y hasta 15H la producción comenzó a descender, fluctuando entre 3,9 y 5,1 Mg ha⁻¹ MS. La producción en barlovento alcanzo rendimientos parecidos a los obtenidos en los sectores menos protegidos de sotavento, con valores entre 3,7 a 5,0 Mg ha⁻¹ MS.

La producción acumulada de ambas cosechas podría ser considerada como alta, ya que esta alcanzo máximos de 18,7 Mg MS ha⁻¹. En la zona de mayor protección de sotavento (0H a 8H) los rendimientos fluctuaron entre 15,2 y 18,7 Mg ha⁻¹ MS. Posterior a los 8H los rendimientos fueron visiblemente menores, con producciones entre 13,5 y 15,6 Mg ha⁻¹ MS. En tanto en barlovento la producción fue aún más baja, con rendimientos que fluctuaron entre 12,6 y 14,5 Mg ha⁻¹ MS.

Estos rendimientos son considerablemente altos y muy superiores a los cerca de 7 Mg ha⁻¹ MS alcanzados en praderas polifíticas naturalizadas y mejoradas (fertilizadas) de la Zona Intermedia de la región de Aysén (Hepp, 1996). De igual manera, son superiores a los rendimientos alcanzados con ballicas, los cuales alcanzaron máximos de 12 Mg ha⁻¹ MS al segundo año de establecimiento (Elizalde *et al.*, 1998).



Letras distintas en la misma columna, señalan diferencia estadísticamente significativa con prueba LSD ($p < 0.05$).

Figura N° 6

PRODUCCIÓN POR CORTE Y ACUMULADA DE LA MEZCLA FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006 Y PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H (VALORES SOBRE LAS BARRAS)

Considerando nuevamente la altura de 15H en sotavento y la altura de 5H en barlovento como las zonas más desprotegidas, se puede observar que hubo un aumento importante del rendimiento por efecto de la cortina cortaviento. Entre 0H y 9H en sotavento los rendimientos de la mezcla aumentaron entre un 6,7% y 30,7%, comparado con el rendimiento a 15H.

En tanto en barlovento no se observó aumento de producción a excepción del leve aumento a la altura de 1H. Estos valores nuevamente concuerdan con los valores de 5% a 45% mencionados por Brandle y Hodges (2000) y levemente superiores al 20% de incremento que determinaron Quam *et al.* (1994), trabajando con praderas mixtas de gramíneas y leguminosas para heno.

Evaluación de Cultivos Forrajeros Anuales

Adicional a la evaluación de las fuentes forrajeras perennes (pasto ovillo y mezcla forrajera), se evaluó un jardín de variedades con forrajeras anuales. Las especies seleccionadas fueron maíz forrajero, avena, lupino, nabo forrajero y col forrajera.

- Desarrollo y Rendimiento de Maíz Forrajero

Se utilizó un híbrido precoz (Pioneer), estableciéndolo a una densidad de 102.775 plantas/ha. Durante la temporada 2004/2005 el cultivo de maíz pudo desarrollarse entre inicios de noviembre y 30 de marzo, momento en que una helada detuvo completamente su crecimiento. Durante este período las plantas mostraron una tendencia a crecer más en altura y a producir más biomasa en los sectores más protegidos de sotavento.

Entre las distancias de 0H a 5H, las plantas alcanzaron alturas entre 1,5 y 2,1 m, producciones de mazorcas entre 0,45 y 2,5 Mg ha⁻¹ MS y rendimiento total de biomasa entre 3,4 y 9,1 Mg ha⁻¹ MS (Figura N° 7). Desde los 6H hasta los 15H todos los parámetros decrecieron fuertemente, las alturas de las plantas fluctuaron entre 1,3 y 1,6 m, la producción de mazorcas entre 0,4 y 1,2 Mg MS ha⁻¹ y la producción total entre 2,5 y 4,4 Mg ha⁻¹ MS. En tanto en barlovento, los parámetros antes analizados fueron inferiores a los valores obtenidos en los sectores más desprotegidos de sotavento. Las Alturas de plantas fluctuaron entre 0,9 y 1,2 m, la producción de mazorcas fue menor a 0,2 Mg ha⁻¹ MS y la producción total fluctuó entre 1,4 y 3,3 Mg ha⁻¹ MS.

Al comparar el rendimiento alcanzado a 15H en sotavento con los rendimientos en las demás distancias, se pudo observar un fuerte impacto de la cortina cortaviento. Entre las distancias de 0H y 9H el rendimiento aumento entre un 10,1% y un 203%, con la mayor concentración de incremento a las distancias de 2H y 4H.

Durante la temporada 2005/2006 nuevamente se estableció un jardín de maíz forrajero, con las mismas características y manejo de la temporada anterior. En esta temporada las plantas ubicadas entre 11H y 15H en sotavento y todas las plantas de barlovento, fueron prácticamente aniquiladas por dos heladas (21/01 y 8/02), por lo que solo las plantas ubicadas entre 0H y 10H en sotavento lograron crecer y alcanzar algo de producción. Esto permitió determinar que las cortinas cortaviento también son capaces de proteger a los cultivos de las heladas de advección (movimiento de masas de aire frío). Estas plantas sobrevivientes alcanzaron alturas de 1 a 2.4 m, con rendimientos que fluctuaron entre 1,1 y 7,6 Mg ha⁻¹ MS, con la mayor producción concentrada entre las distancias de 2H y 4H (Figura N° 8).

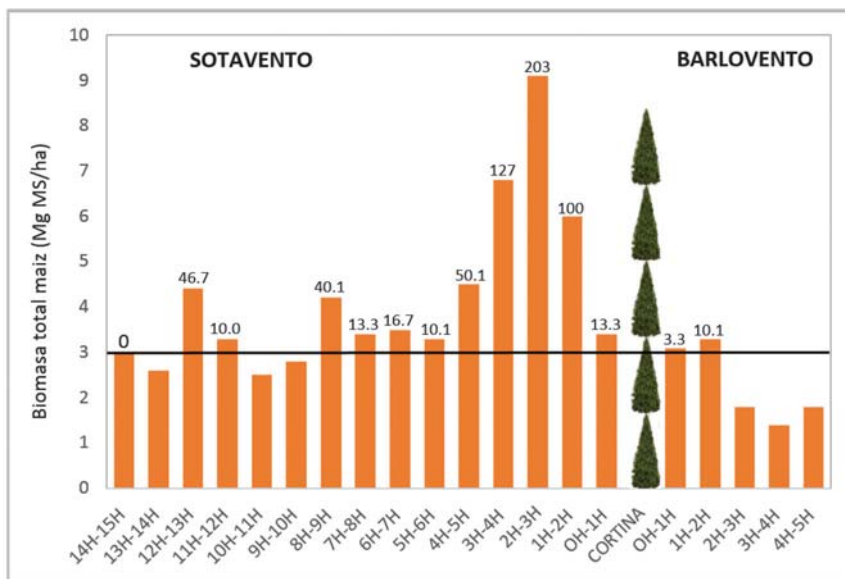


Figura N° 7

PRODUCCIÓN TOTAL DE MAÍZ A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2004-2005. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H.

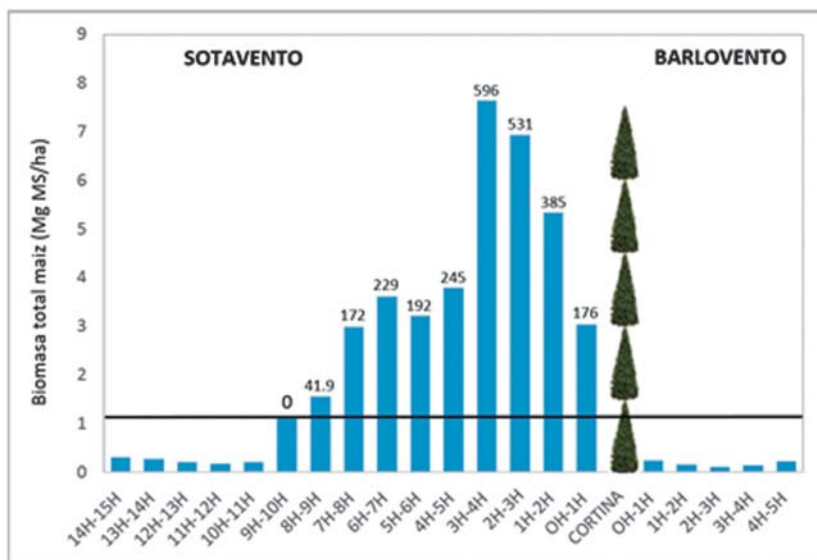


Figura N° 8

PRODUCCIÓN TOTAL DE MAÍZ A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 10H.

En esta segunda temporada se observa aún un mayor efecto de la cortina cortaviento, ya que su efecto protector se vio maximizado debido a las condiciones climáticas más adversas de esa temporada. Al comparar el rendimiento alcanzado a 10H en sotavento, con los rendimientos en las demás distancias, se pudo observar que entre 0H y 9H el incremento del rendimiento fluctuó entre 41,9% y 596%. Nuevamente entre las distancias de 2H y 4H es donde se concentró el mayor incremento del rendimiento de biomasa.

Estos resultados son muy superiores a los incrementos de 10 a 15% reportados por Brandle y Hodges (2000). Igualmente, son superiores a los incrementos de 12% reportados por Kort (1988), que recopiló los resultados de 209 experimentos realizados con maíz y cortinas cortaviento, en diferentes lugares del mundo. Esta gran diferencia entre los resultados obtenidos en Aysén y los reportados por estos autores, hacen reafirmar que la región de Aysén tiene un limitado potencial para producción de maíz. Adicionalmente, se puede afirmar que la protección entregada por las cortinas cortaviento se verá incrementada cuando esta esté protegiendo a cultivos más sensibles a las adversas condiciones climáticas, como viento excesivo, baja temperatura, sequía, heladas.

- **Desarrollo y Rendimiento de Avena Forrajera**

Este cereal corresponde al de más amplio uso en la Zona Intermedia de Aysén, debido principalmente a su alto rendimiento, adecuada calidad como alimento animal y uso estratégico en los sistemas productivos locales (cabecera de rotación y cultivo asociado).

En la temporada 2005/2006 se estableció este cultivo para evaluar su desarrollo, producción de biomasa y rendimiento de grano. En todos estos parámetros evaluados se pudo observar un efecto positivo de la cortina cortaviento, principalmente en los sectores más protegidos de sotavento. Entre 0H y 8H la altura de las plantas superó los 110 cm, mientras que entre 9H y 15H esta fluctuó entre 102 y 104 cm. En tanto en barlovento la altura promedio se ubicó entre 102 y 106 cm, muy similar a la alcanzada en los sectores desprotegidos de sotavento.

La producción total de biomasa igualmente se vio mejorada por la protección de la cortina cortaviento, con una tendencia similar a lo observado para las alturas de plantas. Entre 0H y 9H los rendimientos fluctuaron entre 12,8 y 15,3 Mg ha⁻¹ MS (Figura N° 9), mientras que entre 10H y 15H esta producción se redujo, alcanzando promedios de 11,6 y 12,2 Mg ha⁻¹ MS. En tanto en barlovento la producción fue similar a la alcanzada en los sectores más desprotegidos de sotavento, con rendimientos entre 11,5 y 12,4 Mg ha⁻¹ MS. Estos valores fueron ligeramente superiores a los alcanzados por Teuber (2003), quien evaluando cuatro distintos cultivares de avena, en sistemas sin cortina cortaviento, alcanzó rendimientos de 10,4 a 13,1 Mg ha⁻¹ MS. Además, son muy superiores a los resultados obtenidos por Elizalde *et al.* (1998), quien obtuvo rendimientos de 9 Mg ha⁻¹ MS con el cultivar Llaofen.

La producción de granos igualmente se benefició de la protección de la cortina cortaviento, los sectores más protegidos alcanzaron mayores rendimientos (Figura N° 9). Entre 0H y 8H se alcanzó una producción entre 34 y 44 qqm ha⁻¹, mientras que entre 9H y 15H la producción fue inferior, con rendimientos promedios entre 31 y 35 qqm ha⁻¹. En tanto en barlovento la producción fue similar a la alcanzada entre 9H y 15 H de sotavento, con valores que fluctuaron entre 30 y 33 qqm ha⁻¹. Estos valores fueron comparables a los 39 qqm ha⁻¹ reportados por Elizalde *et al.* (1998).

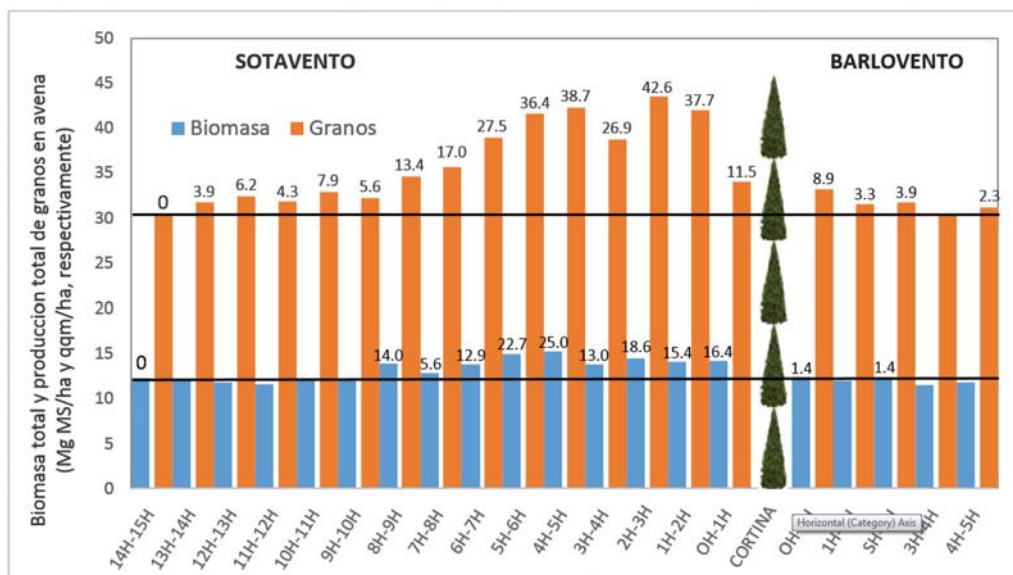


Figura N° 9

PRODUCCIÓN TOTAL DE BIOMASA Y GRANOS DE AVENA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H.

Finalmente, si se compara la producción de biomasa total obtenida a las distintas distancias con la obtenida a 15H, se puede observar que esta aumentó entre un 5,6% y un 25%, concentrando este aumento entre las distancias de 0H y 9H en el sector de sotavento. En barlovento el aumento fue mínimo. Adicionalmente, al comparar la producción de granos, esta mostro aún un mayor incremento con respecto a la producción a 15H. En sotavento se observaron aumento desde un 3,9% hasta un 42,6%, sin embargo los mayores aumentos se registraron en los sectores más protegidos de la cortina (0H a 8H), donde el aumento fue superior al 11,5%, con un máximo de 42,6% a la distancia de 3H. En tanto en barlovento el aumento no supero el 8,9%. Estos valores fueron superiores a los 5% a 7% reportados por Brandle y Hodges (2000) y al 6% de incremento reportado por Kort (1988).

- Desarrollo y Rendimiento de Lupino

Esta especie no ha sido explotada hasta ahora con fines comerciales en la región de Aysén. Sin embargo, tiene un alto potencial como productora de granos con alto contenido proteico (concentrados animales), productora de biomasa para consumo animal (consumo directo o conservado) y como mejoradora de la fertilidad del suelo (fijación de nitrógeno y liberación de fosforo adsorbido). Debido a ello fue seleccionada para ser evaluada dentro del sistema con cortinas cortaviento.

En la temporada 2005/2006 se evaluó el desarrollo de las plantas de lupino, a través de la altura de plantas, observándose un afecto positivo de la cortina cortaviento sobre este parámetro. Entre 0H y 6H en sotavento se alcanzaron alturas de 63 a 71 cm. A partir de los 7H y hasta los 15H la altura comenzó a disminuir, alcanzando valores de 44 a 59 cm. En tanto en barlovento la altura alcanzo un rango intermedio, con valores entre 54 y 59 cm. Las alturas alcanzadas en los sectores más desprotegidos de sotavento (7H a 15H) estuvieron relacionadas

con las alturas reportadas por Teuber (2006), que analizando el comportamiento del cultivar Wonga, dentro de un experimento con dos especies de lupinos (*L. luteus* y *L. angustifolius*) y cinco cultivares, establecidos en tres fechas de siembra, reportó alturas entre 40,6 y 53,9 cm.

La producción de biomasa mostro un comportamiento más errático, ya que en barlovento se alcanzaron rendimientos más altos que en sotavento (Figura N° 10). En la distancia de 0H a 6H en sotavento la producción total fluctuó entre 6,5 y 10,2 Mg ha⁻¹ MS, mientras que a partir de 7H y hasta 15H esta producción se movió entre 6 y 8,5 Mg ha⁻¹ MS, lo que avalaría una mayor producción en los sectores más protegidos de sotavento. Sin embargo, en barlovento los rendimientos fueron más homogéneos y en la mayoría de los casos más altos que la mayoría de los rendimientos obtenidos en sotavento. En promedio se alcanzaron rendimientos entre 7,1 y 10,7 Mg ha⁻¹ MS.

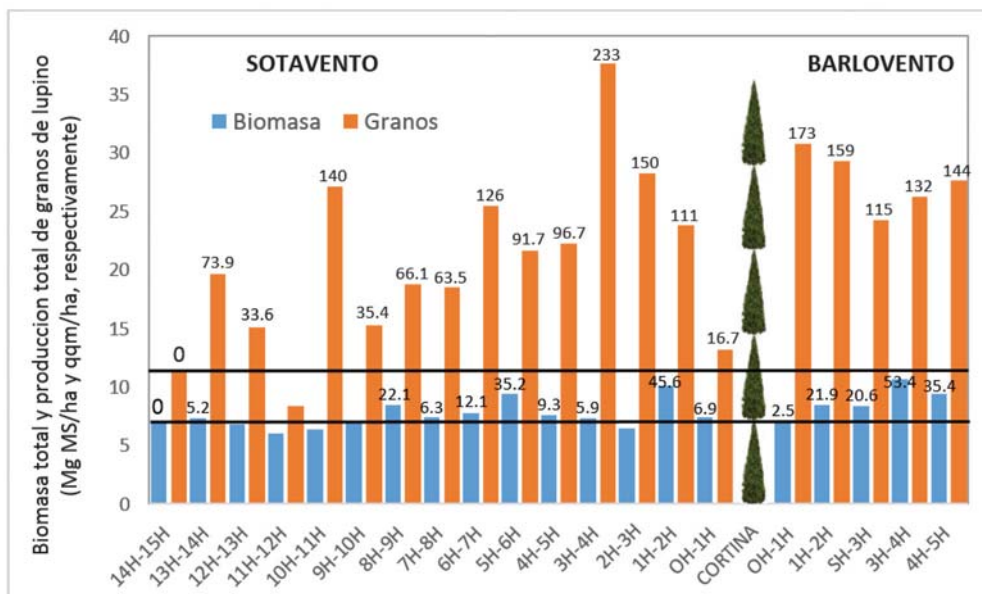


Figura N° 10
PRODUCCIÓN TOTAL DE BIOMASA Y GRANOS DE LUPINO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H.

Por su parte, la producción de semillas mostro una tendencia similar a la observada en la producción de biomasa. Entre los 0H y 6H en sotavento la producción fluctuó entre 13,2 y 37,6 qqm ha⁻¹, mientras que desde 7H y hasta 15H los rendimientos fueron algo inferiores, con mínimos de 8,4 y máximos de 27,2 qqm ha⁻¹.

En tanto en sotavento nuevamente se observaron las producciones más altas, con rendimientos que fluctuaron entre 24,2 y 30,8 qqm ha⁻¹. Todos estos valores fueron inferiores a los obtenidos por Teuber (2006a), quien utilizando el cultivar Wonga alcanzo producciones entre 50,2 y 51,2 qqm ha⁻¹, lo que representó entre 10 a 20 qqm ha⁻¹ más, comparado con las producciones más altas obtenidas en el sistema de cortinas.

Si bien es cierto que tanto la producción de biomasa como la producción de semilla de lupino presentaron rendimientos heterogéneos y un tanto erráticos, no es menos cierto que se observó la misma tendencia que en las especies anteriores a una mayor producción en los sectores más protegidos, comparado con los sectores más desprotegidos.

Considerando que a la distancia de 15H la producción total de biomasa fue 7 Mg ha⁻¹ MS, el sector más protegido de sotavento (0H a 6H) obtuvo producciones con aumentos netos de 5,9% a 45,6 %. Entre las distancias de 7H a 14H, los aumentos netos de producción fluctuaron entre 5,2% y 22,1%, aunque también se observaron algunos sectores con pérdidas netas.

En tanto en barlovento los incrementos fueron entre 2,5% y 53,4%. Por otra parte, al ver lo sucedido en la producción de semillas, se observaron ganancias netas muy elevadas, ya que entre 0H y 6H estas fluctuaron entre 16,7% y 233%, mientras que entre 7H y 14H estas fluctuaron entre 33,6% y 140%. Sin embargo, las ganancias netas más claras y homogéneas se observaron en barlovento, con aumentos entre 115% y 173%.

- **Desarrollo y Rendimiento de Nabo Forrajero**

Esta especie es relativamente nueva en la historia de los sistemas agrícolas de la región de Aysén, pero con un interesante futuro debido a su buena adaptación al clima y suelos de la región, a su alta producción y calidad y a su uso estratégico dentro de los sistemas ganaderos regionales. Debido a ello se decidió incorporarla y evaluarla en los ensayos asociados a cortinas cortaviento forestales.

Durante la temporada 2005/2006 se evaluó el rendimiento de biomasa de hojas y raíces, observándose un efecto positivo de la cortina cortaviento (Figura N° 11). Entre las distancias de 0H y 6H en sotavento la producción de raíces fluctuó entre 7,3 y 12,8 Mg ha⁻¹ MS, mientras que desde 7H en adelante esta fue inferior, alcanzando rendimientos de 4,7 a 7,9 Mg ha⁻¹ MS.

En barlovento la producción fue aún inferior, con rendimientos entre 3,0 y 5,0 Mg ha⁻¹ MS. Adicionalmente, se observó que la producción de hojas fue más homogénea a las distintas distancias desde la cortina cortaviento. Desde 0H a 7H en sotavento los rendimientos fluctuaron entre 1,9 y 5,0 Mg ha⁻¹ MS, en tanto que entre 8H y 15H estos rendimientos se movieron entre 3,3 y 5,1 Mg ha⁻¹ MS. En tanto que en barlovento los rendimientos fueron inferiores, con promedios entre 2,5 y 4,9 Mg ha⁻¹ MS.

El rendimiento total (raíces + hojas) mostro una tendencia a ser mayor en los sectores más protegidos de sotavento. Entre las distancias de 0H y 6H la producción total fluctuó entre 10,2 y 16,4 Mg ha⁻¹ MS, mientras que a partir de 7H y hasta 15H, los rendimientos fluctuaron entre 8,6 y 13 Mg ha⁻¹ MS.

En tanto en barlovento la producción fue inferior, con rendimientos entre 5,5 y 9,9 Mg ha⁻¹ MS. Los valores más altos alcanzados en sotavento son comparables con las 15 a 16 Mg ha⁻¹ MS reportadas por Teuber (2006b) y a las 8 a 16 Mg ha⁻¹ MS reportadas por Salvo y Teuber (2011) y superiores a las 11,4 Mg ha⁻¹ MS obtenidos por el cultivar Rival en la Zona Intermedia de Aysén (Teuber *et al.*, 2009).

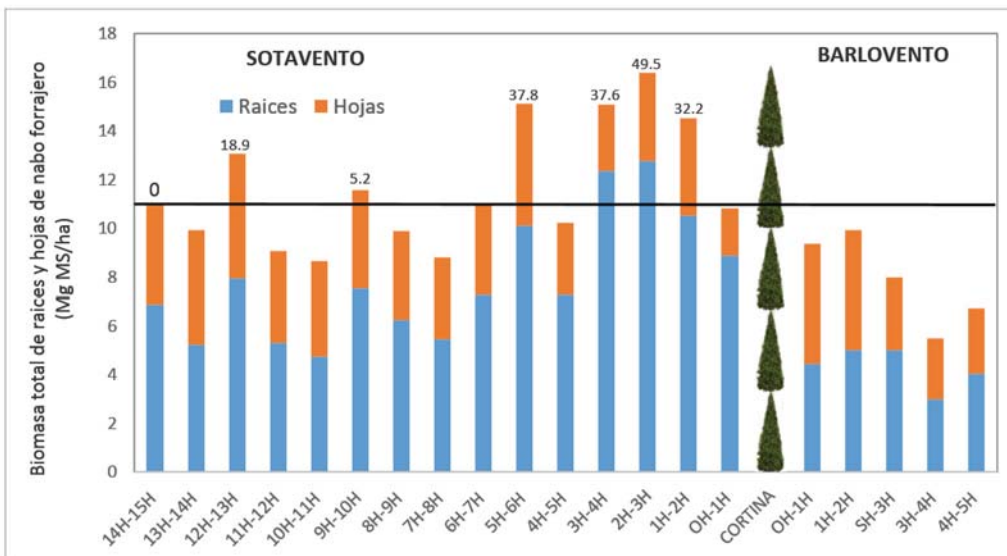


Figura N° 11

PRODUCCIÓN TOTAL DE BIOMASA (RAÍCES Y HOJAS) DE NABO FORRAJERO A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H.

Al comparar este aumento neto de biomasa total (raíces + hojas), se pudo ver que en los sectores más protegidos de sotavento (0H a 6H) se obtuvieron las mayores ganancias, con aumentos que fluctuaron entre 32,2% y 49,5%, mientras que en casi todas las demás distancias en sotavento y barlovento, no se observaron ganancias netas de rendimiento total, e incluso en algunos casos existieron pérdidas netas, comparada con la producción obtenida a los 15H.

- Desarrollo y Rendimiento de Col Forrajera

Esta especie es muy utilizada en los sistemas ganaderos de la zona sur de Chile, pero prácticamente no es utilizada en los sistemas ganaderos de Aysén, pese a su adecuada adaptación a las condiciones agroecológicas de esta región, y a su alta producción, con elevados niveles de calidad nutricional.

Durante la temporada 2005/2006 se evaluó el rendimiento de biomasa en la col forrajera, determinándose que esta especie fue afectada positivamente por la protección de la cortina cortaviento (Figura N° 12). Entre las distancias de 0H y 7H en sotavento los rendimientos fluctuaron entre 15,3 y 22 Mg ha⁻¹ MS, mientras que desde 8H hasta 15H, estos rendimientos fueron inferiores, con valores que se movieron entre 13,1 y 15,7 Mg ha⁻¹ MS.

En tanto en barlovento los rendimientos fueron aún inferiores a los obtenidos en los sectores más desprotegidos de sotavento, ya que en esta zona los valores fluctuaron entre 12,1 y 14,6 Mg ha⁻¹ MS. Todos estos rendimientos fueron superiores a los alcanzados en situaciones sin cortinas cortaviento, ya que Teuber *et al.* (2009) y Salvo y Teuber (2013) reportaron que en la Zona Intermedia los rendimientos con col forrajera alcanzaron entre 5 y 6 Mg ha⁻¹ MS. Apparently this species has a better adaptation to humid conditions, as

en la Zona Húmeda de Aysén los rendimientos potenciales son de 12 a 14 Mg ha⁻¹ MS (Salvo y Teuber, 2013).

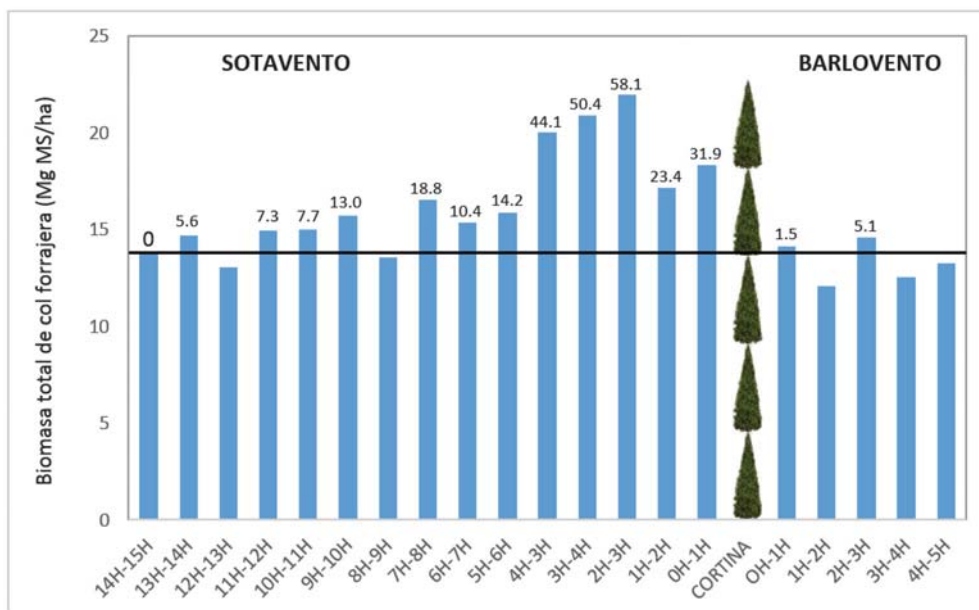


Figura N° 12

PRODUCCIÓN TOTAL DE BIOMASA DE COL FORRAJERA A DIFERENTES DISTANCIAS DE LA CORTINA, DURANTE LA TEMPORADA 2005-2006. NÚMEROS SOBRE LAS BARRAS REPRESENTAN EL PORCENTAJE DE AUMENTO CON RESPECTO A LO PRODUCIDO A 15H.

La producción total de biomasa fue positivamente incrementada por la acción protectora de la cortina cortaviento, ya que entre 0H y 8H en sotavento, los incrementos netos fluctuaron entre 10,4% y 58,1%, con máximos entre los 0H y 5H (incrementos netos sobre 23,4%). En tanto en el sector de barlovento prácticamente no hubo incremento en la producción de biomasa total.

CONCLUSIONES

Las cortinas cortaviento forestales son estructuras que pueden otorgar importantes beneficios a los sistemas productivos de la región de Aysén. La reducción de la velocidad del viento y los cambios microclimáticos generados en la zona de protección se traducen en mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Dentro de las especies perennes y anuales evaluadas, se pudo observar el efecto protector de la cortina cortaviento, manifestándose en aumentos de crecimiento (altura) y producción total (biomasa y granos), al comparar los sectores protegidos con los desprotegidos. Sin embargo, esta mayor o menor respuesta productiva observada en el sistema de cortinas, esta directamente ligada a las condiciones climáticas imperantes en la temporada y a la especie vegetal utilizada.

El pasto ovillo y la mezcla forrajera aumentaron sus rendimientos hasta en un 38% y 31%, respectivamente, cuando se desarrollaron en los sectores más protegidos de la cortina cortaviento, comparado con los sectores de menor protección.

Las especies forrajeras anuales (maíz, avena, lupino, nabo forrajero y col forrajera) presentaron distintos porcentajes de aumento en sus rendimientos al ser cultivados en un sistema de cortinas cortavientos, pero en todas ellas se observe una tendencia a producir más en los sectores más protegidos por la cortina, comparado con los sectores de menor protección.

RECONOCIMIENTOS

A la Corporación de Fomento a la Producción e Innova Chile, por el financiamiento recibido en el Proyecto “Innovación Tecnológica para Sistemas de Manejo Integrado de Producción Forestal-Ganadera en la Región de Aysén”, bajo cuya ejecución se desarrollaron los experimentos presentados en este capítulo.

A la Estancia Rio Cisnes, por facilitar el terreno en el predio Los Ñires (Valle Simpson, región de Aysén), donde se instaló el módulo de cortinas cortaviento forestales y se desarrollaron los experimentos descritos en este capítulo.

REFERENCIAS

Alarcón, C., 2002. Importancia agroforestal de las cortinas forestales en Chile. *In: Seminario Cortinas Forestales: Una alternativa de optimización productiva.* Valdivia (Chile).

Brandle, J. y Finch, S., 1991. How Windbreaks Work. University of Nebraska Extension. Recuperado el 14 de mayo del 2002 de World Wide Web: www.ianr.unl.edu/pubs/Forestry/ec1763.htm.

Brandle, J. y Hodges, L., 2000. Field Windbreaks. University of Nebraska Extension. Recuperado el 14 de mayo del 2002 de World Wide Web. www.ianr.unl.edu/pubs/Forestry/ec1778.htm.

Elizalde, F.; Valencia, V.; Mejías, J. y Hepp, C., 1998. Conservación de Forraje y su Uso en la Alimentación del Ganado en la XI Región. *In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). INIA Tamei Aike. Informe Final.* 108 p.

Hepp, C., 1996. Praderas en la Zona Austral: XI Región (Aysén). *In: (Ruiz, I. Ed.) Praderas Para Chile.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago (Chile). Pág. 623 – 638.

Horvath, G., 2002. What is a Field windbreak?. Windbreak research at Iowa State University. Recuperado el 15 de mayo del 2002 de World Wide Web: www.forestry.iastate.edu/res/Shelterbelt.html.

Kort, J., 1988. Benefits of Windbreaks to Field and Forage Crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 22/23: 165-190.

Quam, V.; Johnson, L.; Wight, B. y Brandle, J., 1994. Winbreaks for Livestock Operations. University of Nebraska Cooperative Extension. Recuperado el 14 de mayo del 2002 de World Wide Web. www.ianr.unl.edu/pubs/Forestry/ec1766.htm.

Salvo, R. y Teuber, O., 2011. Establecimiento y Manejo de Brassicas Forrajeras en Aysen. *In: (Hepp, C. ed.): Cultivo y Utilización de Brassicas Forrajeras en la Patagonia Húmeda (Aysén). Boletín INIA N° 228.* 116 p.

Sotomayor, A.; Teuber, O. y Moya, I., 2011. Manual de Diseño, Establecimiento y Manejo de Cortinas Cortavientos

Vegetales. Boletín N° 43, Instituto Forestal, Santiago, Chile. 48 p.

Teuber, O., 2003. Comportamiento Productivo de Diferentes Cultivares de Trigo, Triticale, Avena y Cebada, en la Zona Intermedia de Aysén, Chile. *In:* XXVIII Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Talca (Chile), 15-17 de octubre de 2003.

Teuber, O., 2006a. Comportamiento Productivo de Diferentes Especies y Cultivares de Lupinos (*Lupinus angustifolius* y *Lupinus luteus*), bajo Tres Fechas de Establecimiento, en la Zona Intermedia de Aysén. INIA Tamei Aike. Informe Final. Coyhaique (Chile). 46 pág.

Teuber, O., 2006b. Recursos Forrajeros Introducidos a Ambientes de la Patagonia Húmeda. *In:* (Hepp, C. ed.) Taller Grupo de Estudio Pastizales Patagónicos-FAO, "Degradación de Ecosistemas Pastoriles en la Patagonia". Coyhaique (Chile), 4-6 de abril del 2006. Pág. 113-121.

Teuber, O. y Almonacid, P., 2006. Comportamiento Productivo de Ocho Cultivares Comerciales y un Ecotipo Local de Pasto Ovillo (*Dactylis glomerata*), en la Zona Intermedia de Aysén, Patagonia (Chile). *In:* XXXI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Chillan (Chile), 18-20 de octubre de 2006. Pág. 45-46.

Teuber, O.; Almonacid, P.; Monsalve, M. y Monsalve, E., 2009. Producción y Calidad Nutricional de Cinco Especies de Brassicas Forrajeras (*Brassica spp.*), en la Zona Intermedia de Aysén, Patagonia (CHILE). *In:* XXXIV Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. Temuco (Chile), octubre de 2009. Pag. 79-80.

