



JORNADAS DE SALICÁCEAS 2011

16|17|18
MARZO 2011

3º Congreso Internacional
de Salicáceas en Argentina

Neuquén Capital - Patagonia - Argentina

“Los álamos y los sauces junto al paisaje y
el desarrollo productivo de la Patagonia”



Últimos
avances

Click Aquí 

Contactos e Informes

jornadasalicaceas@gmail.com
facadec@uncoma.edu.ar
www.jornadasalicaceas.com

Teléfono: +54-299-4980124
Fax: +54-299-4980005 (int.15)

Organizan



Consejo Nacional del Álamo



Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Córdoba



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES



senasa



Cortinas cortaviento en Patagonia Sur: Revisión del conocimiento actual.

PERI, P.L.¹

¹ Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) - INTA- CONICET, EEA Santa Cruz, CC 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, email: pperi@correo.inta.gov.ar.

En Patagonia, donde el viento es un factor climático que limita el desarrollo de determinadas producciones agrícolas, las cortinas cortaviento son plantadas para proteger los cultivos, la ganadería y los suelos. En el presente trabajo se presenta la información generada en Patagonia sur sobre cortinas cortavientos de salicáceas, principalmente en lo que respecta a (i) área e intensidad de protección a nivel potrero (1 ha) y a nivel chacras (20 hs) a través del uso de un modelo de reducción de viento espacial; (ii) modelos biométricos (volumen, índice de sitio, crecimiento diametral y dinámica de copa) para *P. nigra cv italica* en diferentes sitios, condiciones de copa y distanciamientos en cortinas cortavientos de Santa Cruz; (iii) efectos sobre cultivos (cereza, alfalfa, bulbos de tulipán, ajo y frutilla) y (iv) protección de suelo. Además se presenta información orientativa a tener en cuenta en el diseño de cortinas cortaviento como ser el distanciamiento óptimo entre cortinas teniendo en cuenta los modelos biométricos y la *velocidad crítica de cultivos* definida como la velocidad a la que comienzan los daños en la planta o cuando la producción del cultivo es reducida en un 10% con respecto a su potencial en un sitio determinado. Por último, se presentan algunos antecedentes relacionados al uso de la madera de salicáceas provenientes de cortinas cortaviento tratadas con sustancias y tratamientos preservadores con el fin de incrementar la vida útil de su madera en servicio.

Palabras clave: modelos crecimiento; erosión eólica, cultivos, diseño cortinas cortaviento; Patagonia Sur.

INTRODUCCION

La Patagonia con casi 197 millones de hectáreas presenta una gran diversidad de climas y ambientes, destacándose la estepa (representando ~93% de la superficie total), el ecotono (~3,7%), los valles (~1,5%) y bosques nativos (~1,8%). En los valles irrigados de Patagonia Sur (desde los 42° a los 56° Latitud Sur) existen aproximadamente 1500 Km lineales plantados como cortinas cortaviento principalmente con álamo negro o criollo (*Populus nigra* 'Italica') y *Salix* spp., lo cual representa 3600 ha protegidas (Peri y Bloomberg, 2002).

El viento es un factor climático, que puede, en muchos casos, llegar a ser limitante para el desarrollo de determinadas producciones agrícolas. Las cortinas cortaviento están conformadas por varios tipos de estructuras que reducen la velocidad del viento, las cuales son plantadas en Santa Cruz para permitir el establecimiento de árboles frutales, pasturas, y para proteger de los fuertes vientos al ganado y casas rurales (Peri, 1996). La magnitud de la respuesta varía según el tipo de cultivo (sensibilidad diferencial de las distintas especies a la velocidad del viento), la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y el diseño de las cortinas (Kort, 1988). Asimismo, las cortinas cortaviento pueden modificar variables microclimáticas como la temperatura, evapotranspiración y humedad del suelo, con su consecuente efecto sobre los cultivos.

En Patagonia, desde el punto de vista de la protección del suelo es importante considerar el rol de las cortinas cortaviento en reducir la erosión eólica, especialmente en zonas de charcas donde se laboreo el suelo en la época de primavera-verano donde ocurren frecuentes tormentas de vientos con ráfagas de más de 130 km/h. En Santa Cruz, uno de los mayores problemas ambientales ha sido la degradación de suelos con más de 6,5 millones de hectáreas en la zona central debido principalmente por un sobrepastoreo seguido por la erosión eólica durante los veranos secos.

Por otro lado, la definición de modelos dendrométricos relacionados con la productividad nos permite definir el potencial de un sitio determinado (Cao, 1993) y el esquema productivo del sistema agrosilvícola. Poder predecir el crecimiento en altura de las cortinas cortaviento permite cuantificar la evolución en el tiempo del área de cultivo protegida (Peri, 1996). Mientras que al predecir el crecimiento y su dinámica, se puede establecer la rentabilidad maderera de las cortinas cortaviento doble propósito. La predicción del crecimiento está definida por la edad, la calidad de sitio, el grado de competencia y las condiciones de plantación (espaciamiento y labores culturales previas) (Sanhueza Silva, 1996).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue presentar la información generada en Patagonia sur sobre cortinas cortavientos de salicáceas, principalmente en lo que respecta a área e intensidad de protección, modelos de crecimiento, efectos sobre cultivos, protección de suelo y diseños de cortinas cortaviento.

REDUCCION DEL VIENTO

Los principales factores que inciden en la reducción de la velocidad del viento son la porosidad de la cortina (Φ), la distancia desde la cortina, generalmente expresada como múltiplos de la altura total (Ht) de los árboles que conforman la cortina cortaviento, la orientación y longitud de la cortina. La porosidad, esencialmente la fracción de espacios abiertos en la cortina cortaviento, es importante ya que determina la extensión y grado en que la cortina obstruye el flujo de aire o reduce la energía cinética de viento. Un valor de $\Phi = 0,1$ representa un valor bajo de porosidad siendo cortinas impermeables. La reducción del viento en las áreas protegidas es usualmente expresada en forma relativa.

Peri (1998) evaluó la relación entre la velocidad del viento al descampado y la reducción de la velocidad del viento para diferentes tipos de cortinas y distintas distancias a sotavento en Santa Cruz. Para esto, se seleccionaron cortinas cortaviento que representaran un amplio rango de porosidades, determinadas por diferentes distanciamientos (entre hileras y entre plantas) y composiciones (especies), midiéndose solo cortinas con la misma orientación y similar longitud (100 m) (Tabla 1). La determinación de la porosidad se efectuó por medio de fotografías tomada a una distancia de 5 veces la altura de la cortina (Ht) ± 1 m. Consistió en una clasificación de cortinas cortaviento basada en la porosidad óptica (relación entre la superficie correspondiente a espacios libres y la superficie total frontal) (Zhang *et al.*, 1995). Las velocidades del viento fueron medidas simultáneamente con anemómetros (marca Sims, modelo R-77C) a 1,50 m de altura, y colocados a distancias de 0,5, 1, 2, 4, 5, 7, 10, 15 y 18 Ht, y en un sitio sin protección como testigo (u_0). Las mediciones fueron efectuadas cuando el viento era perpendicular a la cortina, con una desviación de $\pm 10^\circ$.

Tabla 1. Cortinas evaluadas en diferentes sitios de la provincia de Santa Cruz (Peri, 1998).

TIPO DE CORTINA	CLASIFICACION	POROSIDAD
Densa	D1, D2, D3, D4	menor a 15 %
Semipermeable	S1, S2, S3	de 15 a 45 %
Permeable o porosa	P1, P2, P3	mayor a 45 %

D1: Cortina doble. Distanciamiento entre hileras de 1 m y 0,8 m entre plantas. Primera hilera de *Salix fragilis* Ht= 6 m y la segunda de *Populus nigra cv itálica* Ht= 17 m.

D2: Cortina triple. Distanciamiento entre hileras de 1,2 m y 0,6 m entre plantas. Primera hilera de *Salix humboldtiana* Ht= 5,5 m y las dos restantes de *Populus nigra cv itálica* Ht= 19 m.

D3: Cortina doble de *Salix fragilis* Ht= 7 m. Distanciamiento de 1,5 m entre hileras y 1 m entre plantas.

D4: Cortina doble. Distanciamiento entre hileras de 1,5 m y 1 m entre plantas. Primera hilera de *Salix fragilis* Ht= 6,5 m

y la segunda de *Populus nigra cv itálica* Ht= 20 m, plantadas a Tresbolillo.

S1: Cortina doble de *Populus nigra cv itálica* Ht= 21 m. Distanciamiento 2 m entre hileras y 1,6 m entre plantas.

S2: Cortina doble. Primera hilera de *Salix humboldtiana* Ht= 8 m, distanciadas a 3 m y la segunda hilera de *Populus nigra cv itálica* Ht= 16 m, distanciadas a 1,5 m. Distanciamiento 2,2 m entre hileras

S3: Cortina simple de *Populus nigra cv itálica* Ht= 18 m, distanciada a 1,2 m.

P1: Cortina simple de *Populus deltoides ssp. angulata cv 'carolinensis'* Ht= 17,5m, distanciadas a 2 m entre plantas.

P2: Cortina simple de *Populus nigra cv itálica* Ht= 19,5 m, distanciadas a 2,5 m entre plantas.

P3: Cortina simple de *Salix fragilis* Ht= 9 m, distanciada a 3 m entre plantas.

La reducción relativa de la velocidad del viento y la longitud de la zona que protegen estuvieron en función de la porosidad y la distancia desde la cortina cortaviento (Fig. 1). Comparando los tres rangos de porosidad, se deduce que la mayor intensidad de protección se encuentra en las cortinas tipo densas (reducción del 85%) a una distancia de 1Ht. La máxima protección en cortinas semipermeables se ubicó a 4 Ht con una reducción del 75%. Para cortinas permeables la máxima reducción se ubicó a 2 Ht (reducción del 45%). Para una cortina de densa, la reducción de la velocidad del viento es mayor a una distancia inmediatamente detrás de la cortina y menor a medida que la distancia aumenta. Cuando la porosidad se incrementa, la ubicación de la máxima reducción del viento se encuentra más alejada de la cortina.

La porosidad y la altura que alcanzan las cortinas cortaviento determinaron la extensión teórica del área de protección. Para determinar la longitud de la zona protegida en la provincia de Santa Cruz, se ha considerado que el efecto cortaviento desaparece cuando alcanza el 70% del viento testigo a una altura de 1,5 m desde el suelo, ya que a estos niveles la mayoría de los cultivos decrecen considerablemente su producción. En el Valle del Ebro, España, se determinó que el efecto de las cortinas cortaviento cesaba, cuando a una altura de la mitad de la altura del cortaviento, se llega a tener el 80 % del viento testigo (Guyot y Elejabeitia, 1970). Esta diferencia de criterios se debe principalmente a las condiciones de intensidad y frecuencia de los vientos predominantes, que son de mayor envergadura en los valles de Santa Cruz. Las cortinas densas presentaron la menor longitud de área protegida, a una distancia de 10 Ht; las semipermeables mostraron una longitud de protección hasta 15 Ht y las permeables 18 Ht (Fig. 1). Cuando una corriente de aire encuentra un cortaviento impermeable, se desvía hacia arriba; la masa de aire correspondiente se comprime contra las capas superiores, aumentando su velocidad y produciendo consecuentemente una zona de remolino que determina una extensión de protección relativamente pequeña (Guyot y Elejabeitia, 1970). Cortinas cortaviento con alta porosidad (permeables) tendieron a ofrecer una gran distancia de protección, pero generalmente una baja reducción relativa de la velocidad del viento (Carbon, 1957). La acción protectora de las cortinas cortaviento semipermeables alcanza hasta una distancia equivalente a 20 veces su altura; en cambio en las impermeables la longitud de la zona protegida es sólo de unas 11 veces.

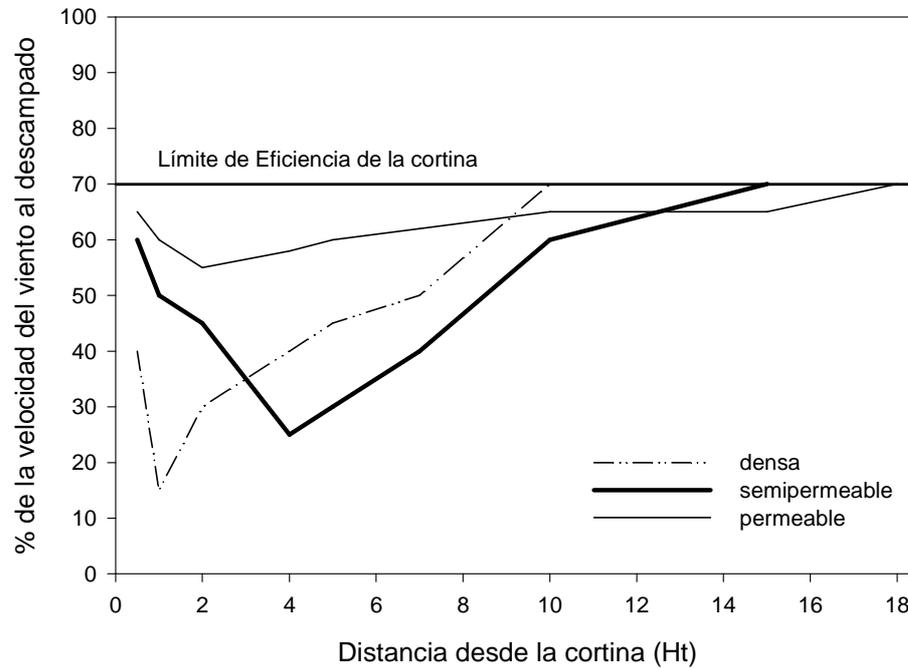


Figura 1. Valores medios de velocidad del viento relativa % para diferentes porosidades de cortinas cortaviento, referidos a distancias desde la cortina expresada como múltiplos de la altura total de los árboles. El valor 100 corresponde a la velocidad horizontal del viento medido en la zona testigo (al descampado). Fuente: Peri (1998).

Recientemente De Sy (2009) desarrolló un modelo de reducción de viento espacial a nivel de chacras en el valle de Sarmiento (Chubut). El modelo utilizado se basó en la subrutina "cortinas cortaviento" del Wind Erosion Prediction System (WEPS), el cual computa diariamente el flujo de masa de suelo y utiliza como variable la velocidad de fricción del viento u^* (m/s) a diferentes distancias de la cortina cortaviento (desde 5 Ht a barlovento hasta 35 Ht a sotavento). El modelo se incorpora a un GIS el cual contiene la información de campo de las chacras (tipo de cortinas, porosidad, altura, rugosidad, cultivos, etc) y las velocidades y direcciones de los vientos de la zona.

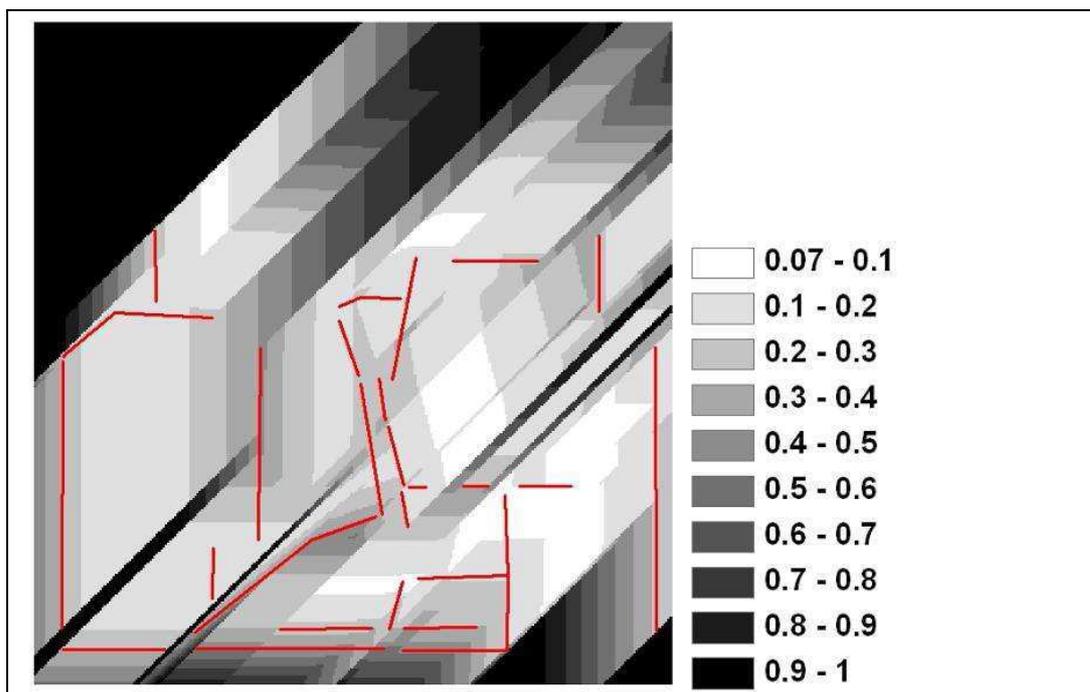


Figura 2. Rangos de reducción de la velocidad de fricción del viento (m/s) para los vientos predominantes del sudoeste en diferentes chacras (20 ha) ubicadas en Colonia Ideal, valle de Sarmiento, Chubut. Fuente: De Sy (2009)

La máxima reducción de la velocidad de fricción del viento a nivel chacras (20 ha) fue de 0,07 y en promedio la reducción del viento fue del 50% (Fig. 2). Cuando se realizó la estimación de la reducción del viento a nivel de chacras con este modelo se detectó valores levemente mayores a los informados por Peri (1998) a nivel potrero (1 ha) para cortinas cortaviento semipermeables especialmente para porosidades de 17% y similares para cortinas permeables (porosidad 57 a 85%). La bondad de estimar la reducción de la velocidad del viento a nivel chacras con el modelo de definición espacial es detectar las áreas menos protegidas para ajustar el diseño de cortinas cortaviento en el valle. Además, con dicho modelo se pudo detectar que los cultivos de cerezas también ejercen un efecto de reducción del viento. Sin embargo, dicho modelo necesita ser validado

MODELOS DE CRECIMIENTO

La definición de modelos dendrométricos relacionados con la productividad nos permite definir el potencial de un sitio determinado (Cao, 1993) y el esquema productivo del sistema agrosilvícola. Poder predecir el crecimiento en altura permite cuantificar el área de cultivo protegida (Peri, 1996). Mientras que al predecir el crecimiento y su dinámica, se puede establecer la rentabilidad maderera de las cortinas. La predicción del crecimiento está definida por la edad, la calidad de sitio, el status de competición y las condiciones de plantación (espaciamiento y labores culturales previas) (Nicholas y Zedaker, 1992; Sanhueza Silva, 1996). Salvo algunos antecedentes sobre crecimiento (Nolting, 1989; Peri, 1993; Menoyo *et al.*, 1993), no existían modelos dendrométricos de salicáceas en Patagonia Sur. Por lo tanto, Peri y Martínez Pastur (1998) elaboraron modelos biométricos (volumen, índice de sitio, crecimiento diametral y dinámica de copa) para *P. nigra cv italica* en diferentes sitios, condiciones de copa y distanciamientos en cortinas cortavientos de Santa Cruz. Para el ajuste del crecimiento diametral y en altura se utilizó la función de Chapman-Richard. Para el índice de sitio se consideró una edad base de 40 años, quedando definido (IS_{40}) como la altura media de los 10 árboles mas altos cada 100 metros de cortina a la edad base. Mientras que en la ecuación de volumen se empleó la función de Schumacher-Hall, y usando técnicas de regresión múltiple se definieron los modelos de dinámica de copas.

1. Ecuaciones de volumen total

Los parámetros y estadísticos obtenidos se presentan en la Tabla 2. El modelo obtenido posee una buena significancia biológica, ya que los exponentes de las variables independientes son similares en magnitud a las variables teóricas ($b=2$, $c=1$), representando el parámetro a , la forma de los árboles.

Tabla 2. Parámetros y estadísticos ajustados para el modelo de volumen de Scumacher-Hall para árboles individuales de *P. nigra cv italica* creciendo en cortinas cortavientos en Santa Cruz (Peri y Martínez Pastur, 1998).

$$VT = 0,000046508713 * DAP^{1,925011} * H^{1,006459}$$

$$R^2 = 0,97;$$

$$DER = 0,174247$$

$$\text{Relación} = 1455,54$$

$$IDW = 0,760829$$

VT= volumen total con corteza (m³); DAP= diámetro a la altura del pecho (cm); H= altura total (m).

2. Índice de sitio

A través del modelo de Chapman-Richards (Ecuación 1) se pudieron explicar los múltiples factores que inciden en el crecimiento ($R^2 = 0,98$), no solo las condiciones de suelo y clima, sino también la exposición de la cortina respecto de los vientos predominantes. Esta ecuación tiene un rango de $IS_{40} = 10-22$ m y puede ser usada en un rango de edad de hasta 60 años. El máximo crecimiento fue a los 17 y los 3 años para un $IS_{40} = 10$ m y $IS_{40} = 22$ m, respectivamente, siendo el crecimiento máximo de 0,27 m/año para un $IS_{40} = 10$ y 0,95 m/año para un $IS_{40} = 22$ m. En los primeros años de crecimiento de una plantación de *P. nigra* clon F-Blanc de Garonne Sehuil en Patagonia norte se obtuvieron incrementos máximos de altura de 1,22 m/año (Davel *et al.*, 1993). Esta ecuación puede ser usada para estimar altura a partir de la edad de la cortina y del IS_{40} e inversamente, puede ser usada para estimar el índice de sitio a partir de la altura dominante y la edad.

$$H = 3.51 S^{0.72} (1 - e^{(-0.026E)})^{(7.41 S^{-0.68})} \quad (1)$$

H representa la altura total de los árboles (m); **S** es el índice de sitio (m) con edad base a los 40 años; **E** es la edad (años); **e** es la base del logaritmo natural.

Basado en el rango de IS_{40} obtenido, se propuso una clasificación de calidad de sitio (Figura 3). Esta clasificación tiene cuatro clases (de **A** a **D**), que fue definida mediante criterios forestales prácticos. Al noroeste de Santa Cruz, en los Antiguos las cortinas son principalmente de calidad **A** y en Perito Moreno de calidad **B**. En la zona centro, en Gregores la calidad predominante es **A** y **B**. En el suroeste, en Calafate se encontraron calidades **A**, **B** y **C**, y en el Río Bote solo calidades **A**. Finalmente en la zona sureste, en el Río Coyle las cortinas mensuradas fueron de calidad **C** y **D**, mientras que en Río Gallegos fueron de calidad **D** (Fig. 3).

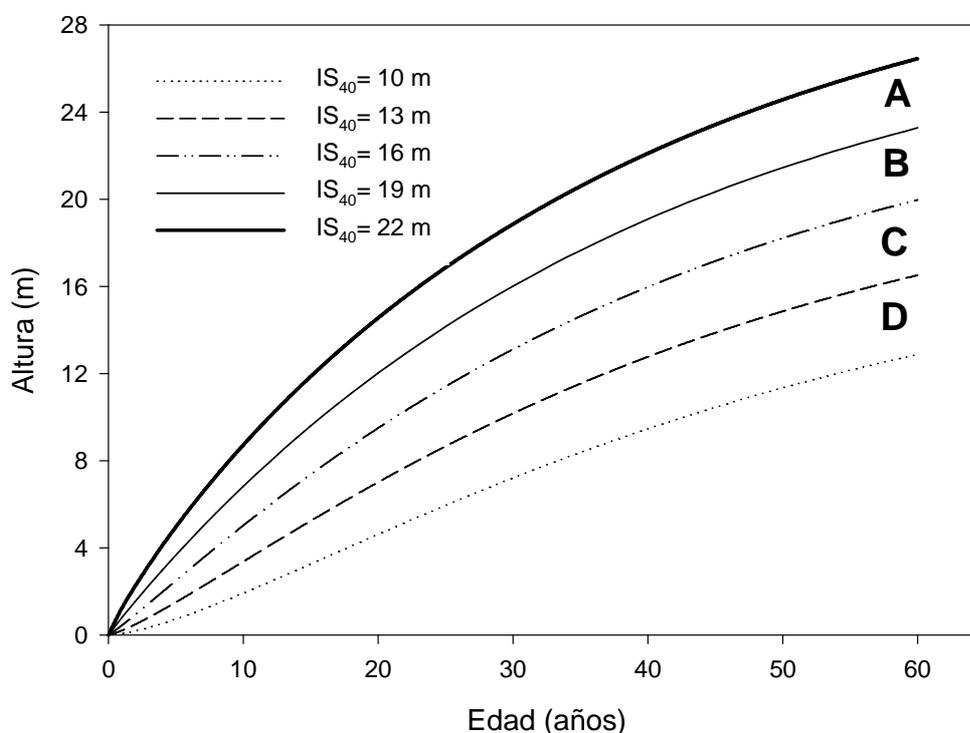


Figura 3. Curvas de índice de sitio y clasificación de calidad de sitio para árboles individuales de *P. nigra cv italica* creciendo en cortinas cortavientos en Santa Cruz (Peri y Martínez Pastur, 1998).

3. Modelos de crecimiento diamétrico

Los modelos generados (Ecuación 2) para estimar el crecimiento diametral presentaron un buen ajuste (Tabla 3) al realizar una discriminación en base a los distanciamientos, clases de copa y sitio.

$$DAP = a S^b (1 - e^{(-cE)})^{(dS^f)} \quad (2)$$

donde **DAP** es el diámetro a la altura del pecho, 1,30 m (cm); **S** es Índice de Sitio (m) con edad base a los 40 años; **E** es la edad (años); **e** es la base del logaritmo natural; y **a**, **b**, **c**, **d**, **f** son los parámetros estimados (Tabla 3).

Para distanciamientos < 1 m se obtuvieron incrementos máximos de 0,71-1,08 cm/año (SI₄₀ 11,5-21 m) alcanzando un DAP de 26,1-40,7 cm a los 40 años en árboles dominantes; e incrementos máximos de 0,68-0,71 cm/año (SI₄₀ 11,5-21 m) alcanzando un DAP de 19,8-28,1 cm a los 40 años en árboles intermedios. Los puntos de culminación de crecimiento se alcanzaron primero en sitios de calidad baja que en sitios de calidad alta y en árboles intermedios que en dominantes. En plantaciones lineares de salicáceas en países del Cercano Oriente con distanciamientos de 0,6 m se obtuvieron crecimientos medios de 0,955 cm/año (DAP de 19,1 cm a los 20 años) (FAO, 1980). En distanciamientos > 1 m se obtuvieron incrementos máximos de 1,20-1,60 cm/año (SI₄₀ 13,5-21,5 m) alcanzando un DAP de 40,2-54,1 cm a los 40 años en árboles dominantes; e incrementos máximos de 0,66-0,72 cm/año (SI₄₀ 13,5-21,5 m) alcanzando DAP de 21,8-28,4 cm en árboles intermedios. En plantaciones lineares de salicáceas en países del Cercano Oriente con distanciamientos de 2 m se obtuvieron crecimientos medios de 1,43 cm/año (DAP de 28,6 cm a los 20 años) (FAO, 1980). En los primeros años de crecimiento de una plantación de *P. nigra* clon F-Blanc de Garonne Sehuil en Patagonia norte se obtuvieron incrementos máximos de 1,99 cm/año

(Davel *et al.*, 1993), mientras que en *Populus x euroamericana* del alto valle de río Negro los valores medios alcanzaron los 2,5 cm/año (Nolting, 1989). En plantaciones lineales de buenos sitios en la llanura del Po (Italia) de *Populus x euroamericana* 'I-214' y *P. deltoides* se obtuvieron crecimientos de hasta 4,46 cm/año y 2,86 cm/año, respectivamente (FAO, 1980).

Tabla 3. Modelos de crecimiento diamétrico y estadísticos para diferentes distanciamientos y clases de copa de árboles individuales de *P. nigra cv italica* creciendo en cortinas cortavientos en Santa Cruz (Peri y Martínez Pastur, 1998).

Clase Copa	distancia	a	b	c	d	f
dominantes	> 1m	12,999	0,6508	0,0252	1,1465	0,0299
intermedios	> 1m	35,405	0,1439	0,0251	0,8516	0,1247
dominantes	< 1m	14,644	0,7959	0,0078	0,9330	0,044
intermedios	< 1m	12,051	1,0722	0,0027	0,5449	0,2172

Clase Copas	distancia	r ²	Cuadrado Medio	Residuales medios	RSD
dominantes	> 1m	0,87	189039,8	0,027829	6,80988
intermedios	> 1m	0,89	69663,9	-0,098674	4,16640
dominantes	< 1m	0,93	80067,6	-0,028528	3,93582
intermedios	< 1m	0,91	30015,6	-0,021735	3,21975

4. Modelos de dinámica de copa

Los modelos desarrollados para determinar la dinámica de copas (variación del porcentaje de árboles dominantes e intermedios en el tiempo) se presentan en la Tabla 4, los cuales tuvieron muy buenos estadísticos. Estas ecuaciones tienen un rango de edad que va desde 7 a 60 años. A medida que aumenta la edad o el sitio la proporción de individuos dominantes es menor, siendo mayor la proporción de suprimidos en distanciamientos menores a 1 m. A mayor edad, mejor sitio o distanciamientos menores la competencia entre individuos es más agresiva.

Tabla 4. Modelos de dinámica de copa y estadísticos para diferentes distanciamientos entre árboles de *P. nigra cv italica* creciendo en cortinas cortavientos en Santa Cruz (Peri y Martínez Pastur, 1998).

Distanciamiento > 1m

$$\%DOM = e^{(4.699121 - 0.004135 * S - 0.006829 * E)}$$

$$r^2 = 0,972$$

$$ta = 324,4921$$

$$tb = -5,7648$$

$$tc = -36,8689$$

$$F = 700,344$$

$$ESE = 0,018$$

Distanciamiento < 1m

$$\%DOM = e^{(4.570933 - 0.011036 * S - 0.012932 * E)}$$

$$r^2 = 0,970$$

$$ta = 179,2649$$

$$tb = -33,8394$$

$$tc = -10,2404$$

$$F = 631,457$$

$$ESE = 0,031$$

e es la base del logaritmo natural; S es el índice de sitio (m) a 40 años; E es la edad (años).

5. Uso de los modelos en cortinas simples

A modo de ejemplo, en la Figura 4 se presenta la evolución del volumen bruto a partir de los modelos ajustados para 100 m lineares de cortinas simples de *P. nigra cv italica* creciendo en una calidad de sitio SI_{40} 18 m para dos distanciamientos entre árboles: de 0,6 m que representa una cortina de tipo densa (porosidad <15%) y de 1,5 m correspondiente a una cortina de tipo semipermeable (porosidad entre 15-45%) (Peri y Martínez Pastur, 1997). El volumen acumulado a los 40 años fue de 107 m³/100 m (crecimiento volumétrico medio de 2,7 m³/año/100 m) para las cortinas densas y de 254 m³/100 m (crecimiento volumétrico medio de 6,3 m³/año/100 m) para las cortinas semipermeables.

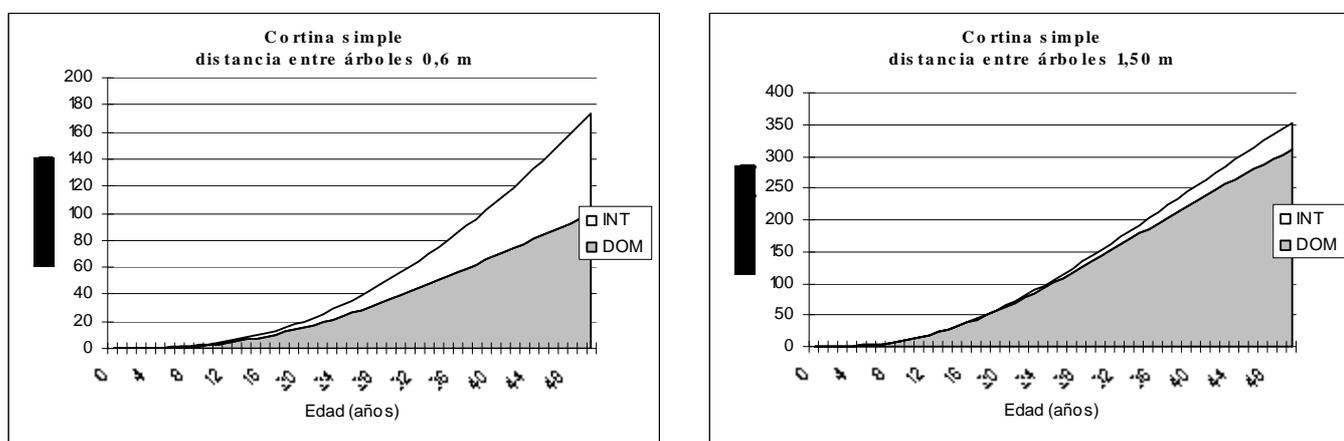


Figura 4. Evolución del volumen bruto para 100 m lineares de cortinas simples de *P. nigra cv italica* creciendo en una calidad de sitio SI_{40} 18 m para dos distanciamientos entre árboles y condiciones de copa (Dom= dominantes; Int= intermedios) en Santa Cruz (Peri y Martínez Pastur, 1997).

Peri *et al.* (1998b) aplicaron en forma práctica los modelos biométricos (volumen, índice de sitio, crecimiento diametral y dinámica de copa) para *P. nigra cv italica* en diferentes calidades de sitios relacionados a los tipos de suelos, condiciones de copa y distanciamientos en cortinas cortavientos del Valle inferior del río Chubut, afectando dichos modelos al relevamiento de las cortinas cortaviento del valle. El valle inferior del Río Chubut es un valle aluvial que posee unas 40.000 hectáreas, de las cuales se riegan 24.380 (Elissalde, 1994). El 41% de las cortinas cortavientos se desarrollan en la *Clase de Suelo 2* (suelos para papa, alfalfa de corte de altos rendimientos y cultivos hortícolas en general), el 16% en la *Clase de Suelo 3* (buenos suelos para pasturas consociadas, alfalfa de corte de medianos rendimientos, alfalfa para semilla y algunos cultivos hortícola tolerantes) y el 20% en la *Clase de Suelo 4* (suelos para pasturas, medianos a bajos rendimientos con limitaciones provocadas por salinidad, sodicidad y capacidad de drenaje). Cada clase de suelo presentó un rango de crecimiento en altura, lo que demostró que la clasificación edáfica posee un cierto grado de heterogeneidad en las características físico-químicas del suelo, lo que incide en el crecimiento en altura de los árboles. Es decir, cortinas cortaviento creciendo en suelos de *Clase 3*, alcanza a los 40 años de edad entre 19 y 16 m de altura, con un valor medio de 17,5 m. La altura máxima media predecible alcanzada a los 60 años en un suelo *Clase 4* fue de 15 m (rango de 13 a 17 m), en la *Clase 3* de 21,5 m (20-23 m) y 25 m (24-26 m) para *Clase 2*. El crecimiento máximo encontrado en el valle inferior del río Chubut fue de 1,12 m/año para un IS_{40} = 22 m y de 0,452 m/año para IS_{40} = 12 m. Según la clasificación de calidad de sitio de cuatro clases (de A a D) presentada por Peri y Martínez Pastur (1998), que fue definida mediante criterios

forestales prácticos, en el valle inferior del río Chubut las cortinas de la clase de suelo 2 son principalmente de calidad A, para la clase de suelo 3 de calidad B y para las cortinas muestreadas en la clase de suelo 4 fueron de calidad C y D. La aplicación de los modelos a partir de su protección para los cultivos y su evolución del volumen, para 100 metros lineales de cortina en las tres clases de suelos determinó que para la *Clase de Suelo 4*, una distancia de protección de 100 metros se alcanza a los 33 y 21 años, para cortinas de densas y semipermeables, respectivamente; y el crecimiento volumétrico medio a los 40 años fue de 1,04 y 2,59 m³/año, para los mismos distanciamientos. Las cortinas implantadas en la *Clase de Suelo 3*, se alcanza una distancia de protección de 100 metros a los 18 años (2,52 m³/año) y 12 años (5,96 m³/año), para distanciamientos entre árboles de 0,6 y 1,5 m, respectivamente. Los 100 metros de distancia de protección para cortinas creciendo en la *Clase de Suelo 2* fue de 14 y 8 años para cortinas densas y semipermeables con crecimientos volumétricos medios a los 40 años de 3,79 y 8,83 m³/año, para los mismos distanciamientos.

Otro ejemplo del uso de los modelos biométricos fue presentado por Davel *et al.* (2010) en el marco de un plan de desarrollo forestal en Gobernador Gregores (zona centro de la provincia de Santa Cruz), a partir de la instalación de cortinas de salicáceas asociadas a las actuales actividades productivas. En el área de estudio de 4.822 ha, se determinó una superficie forestal potencial de 2.387 ha, que se clasificó en dos clases de aptitud para el cultivo de salicáceas: apta (36%) y medianamente apta (64%) según las características físico-químicas del suelo. Se estimó que los valores promedio de crecimiento en DAP fluctúan entre 0,9-1,0 cm/año, en altura entre 0,4-0,5 m/año y en volumen los 2,5-4,9 m³/año cada 100 m de cortina.

En síntesis, los modelos brindan herramientas sencillas para el manejo agrosilvícola de las chacras. Por un lado permite predecir el área de protección al viento y por otro, permite planificar y optimizar el manejo y aprovechamiento forestal de la cortina cortaviento.

EFFECTO SOBRE CULTIVOS

1. Cereza

Monelos y Peri (1998) analizaron la variación cuali-cuantitativa de la producción de cerezas a diferentes distancias de cortinas cortavientos de dos porosidades (densas y semipermeables) en la localidad de Los Antiguos. Ambas cortinas simples eran comparables en altura (24 ±1 m) y edad (55 ±5 años), lo que implica que se encontraban creciendo en calidades de sitio similares. Los distanciamientos entre plantas determinaron la diferencia en el DAP y en la porosidad. Para referenciar los resultados cuali-cuantitativos de la producción, se emplearon los valores de protección y de la extensión del área protegida de las cortinas cortaviento presentado en la Figura 1. El distanciamiento de la plantación de cerezos era de 5 x 5 m con hileras de 20 frutales (400 plantas/ha). Ambos montes se encontraban en una etapa de producción estabilizada (15 años de edad). Se midió la producción total de cerezas en hileras paralelas a la cortina cortaviento que se encontraban a distancias de 0.4 Ht, 1 Ht, 1.7 Ht, 2.1 Ht, 2.5 Ht, 2.9 Ht, 3.3 Ht, 5.4 Ht, 6.5 Ht, 7.6 Ht y 8 Ht.

La forma de la curva de producción total (Figura 5) determinó que en ambos tipos de cortina la producción es baja cerca de la misma por efecto del sombreado, luego se observa un pico máximo de producción para después decaer hasta un nivel mínimo. En el cuadro protegido por la cortina densa se obtuvo la mayor producción, 31,5 kg/planta, a una distancia de 2,0 Ht, mientras que en las semipermeables la mayor producción fue de 27,2 kg/planta a una distancia de 1,7 Ht. A partir de una distancia de 2 Ht la producción comenzó a decaer, llegando a valores de entre 10 y 15 kg/planta a 2,5 Ht, y luego se mantuvo con algunas oscilaciones. La diferencia en la producción podría deberse tanto a una menor polinización por las abejas en la zona alejada de la cortina, como a daños y caída de flores y frutos (Duncan, 1950). En el caso de las cortinas semipermeables la producción aumentó a una distancia de 6,7 Ht, debido posiblemente al efecto protector que se obtiene delante de las barreras a sotavento (Guyot y Elejabeitia, 1970). En ambos cuadros, los bajos valores de producción ubicados a una distancia de 0,4 Ht (10 kg/planta), se debieron a la competencia radicular y por luz que ejercen las cortinas cortaviento. Similarmente, en un trabajo

realizado previamente en Los Antiguos sobre el efecto de las cortinas en la producción de cerezas variedad 'Bing', se observó un aumento del número de frutos y el peso de los mismos a una distancia de 3 Ht de una cortina densa de álamo criollo con un posterior descenso de los tamaños de frutos a mayores distancias (Monelos y Peri, 1997). Los resultados obtenidos resaltan la sensibilidad del cerezo al efecto del viento.

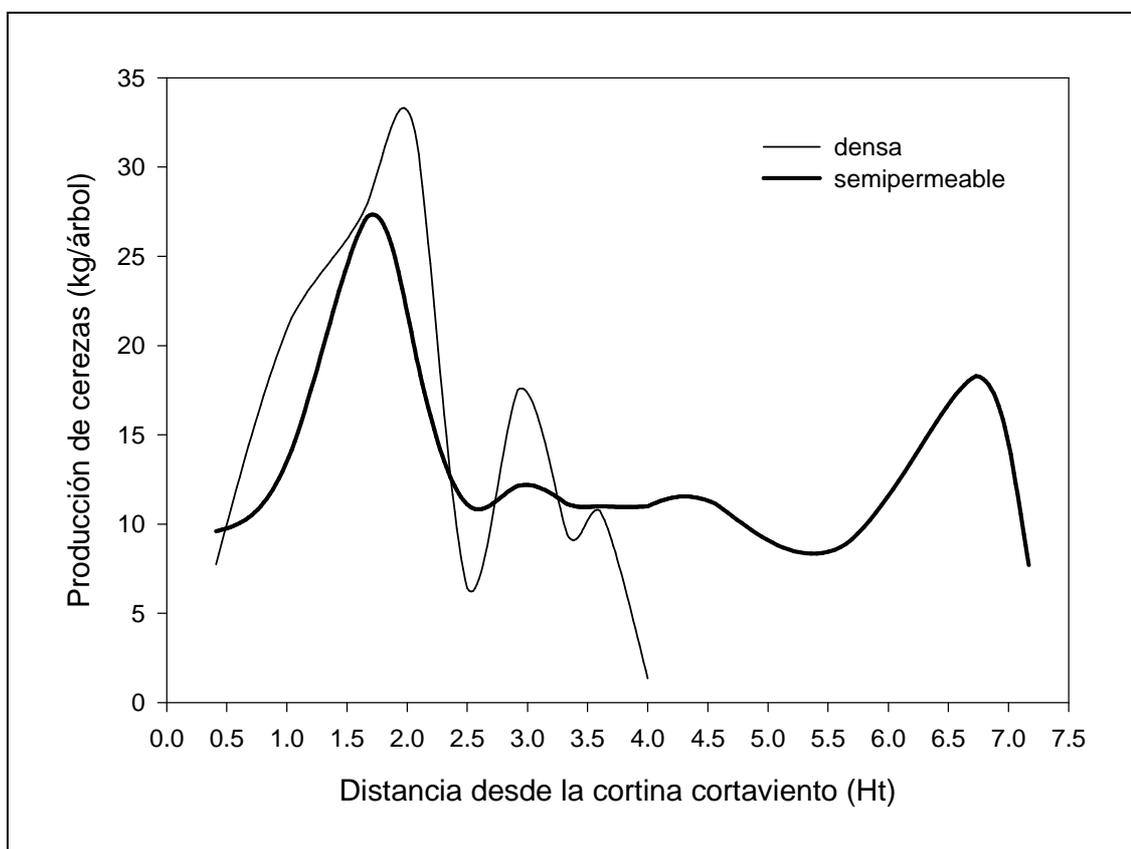


Figura 5. Variación de la producción total de cerezas a distintas distancias de las cortinas cortaviento (densa y semipermeable) expresada en múltiplos de su altura total (Ht), Los Antiguos, Santa Cruz. Fuente: Monelos y Peri (1997).

Para evaluar calidad, de las mismas plantaciones de cerezos se extrajeron al azar muestras de 200 frutos por hilera y se midió el diámetro ecuatorial (calibre), clasificándolos en las siguientes categorías: (i) más de 28 mm, (ii) entre 26 y 28 mm, (iii) entre 24 y 26 mm, y (iv) menos de 24 mm. De cada muestra, se cuantificó la proporción de los frutos marcados, es decir, aquellos lastimados en su cutícula por el roce que se produce entre frutos cuando son "hamacados" por el viento. También se contabilizaron los que presentaban defecto de cuajado (desarrollo parcial e incompleto del mesocarpo que resulta en frutas asimétricas con una mitad desarrollada) debido a heladas o efecto del viento. Los frutos con estos defectos fueron descartados en el empaque por no poseer valor comercial como fruta fresca.

En la producción, discriminada por clases de calidad comercial basadas en el calibre, se observó que la mayor proporción de fruta grande (más de 28 mm) coincidió con la ubicación de la mayor producción total a una distancia cercana a 2 Ht. Esto cobra importancia en años en que las condiciones de mercado permiten premiar la fruta más grande con mejor precio. La fruta más pequeña predomina al final de los cuadros de cerezo, donde la protección del viento es menor. En los cerezos protegidos por la cortina densa, a una distancia de 4 Ht no se registraron calibres mayores a 28 mm y se encuentra la máxima proporción de frutos con calibre menor a 24 mm (32,1%). A una distancia de 2.08 Ht se ubica la mayor proporción de calibre entre 26 y 28 mm (52.7 %) (Figura 6). Para cortinas densas de álamo criollo de la localidad de Los Antiguos, se determinó

que el efecto del viento redujo la producción de frutos de calibres mayores a 28 mm, ya que en las zonas menos protegidas la proporción de calibres entre 24 y 28 mm se incrementó (Monelos y Peri, 1997).

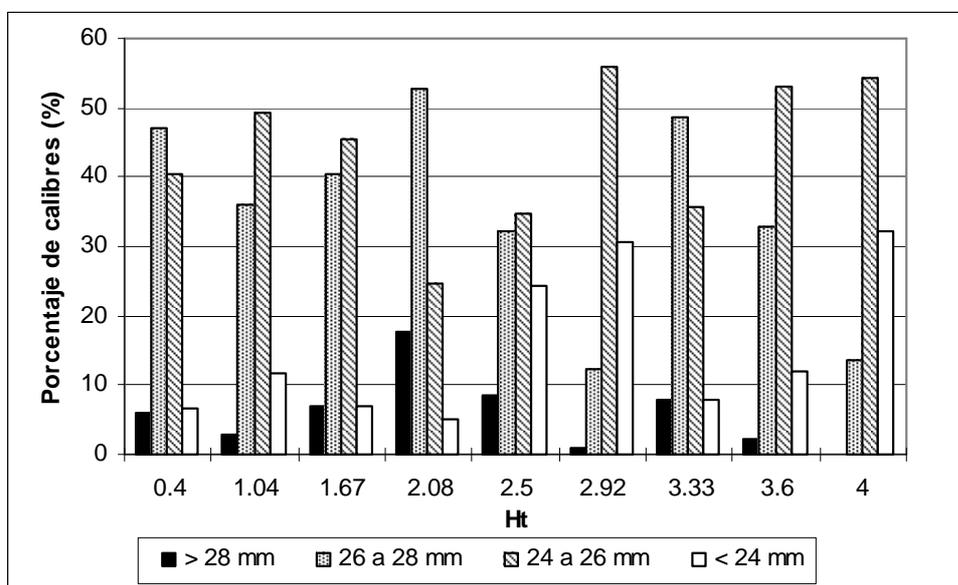


Figura 6. Distribución de calibres de frutos de cereza a diferentes distancias de la cortina cortaviento densa expresada en múltiplos de su altura total (Ht), Los Antiguos, Santa Cruz. Fuente: Monelos y Peri (1997).

En los montes de cerezos protegidos por la cortina semipermeable, no se registraron calibres mayores a 28 mm a una distancia de 6,7 Ht y a la misma distancia se encontró la mayor proporción de calibres entre 24 y 26 mm (61%) (Figura 7). Si bien son similares los porcentajes de calibres entre 26 y 28 mm hasta una distancia de 3,3 Ht, el valor máximo se ubica a los 2,5 Ht, con un 43%.

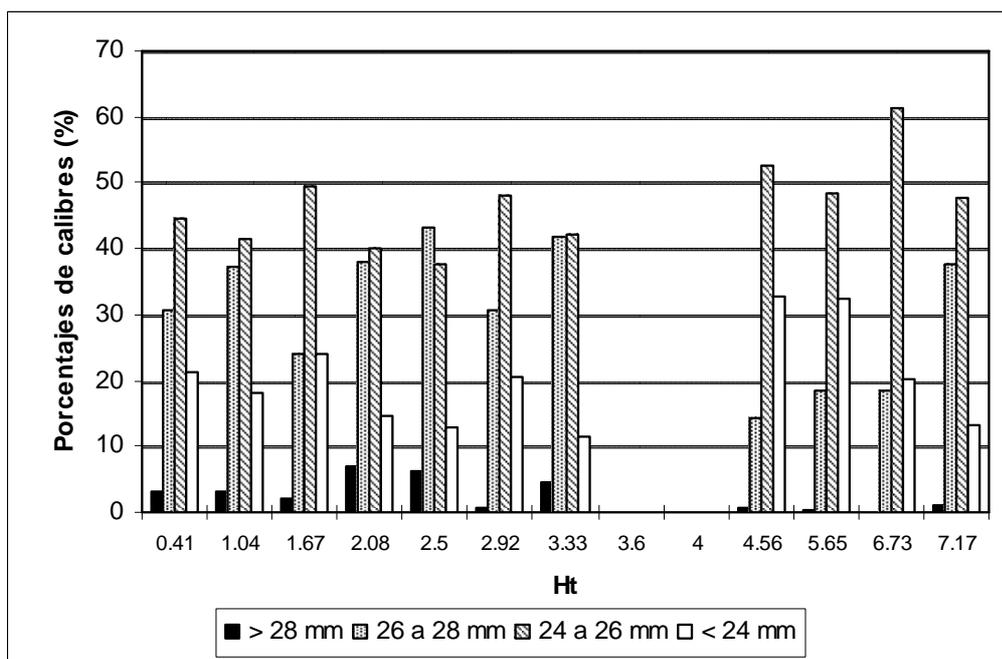


Figura 7. Distribución de calibres de frutos de cereza a diferentes distancias de la cortina cortaviento semipermeable expresada en múltiplos de su altura total (Ht), Los Antiguos, Santa Cruz.

Fuente: Monelos y Peri (1997).

Además del calibre demasiado chico, el principal defecto correspondió a la fruta marcada, la cual aumentó en función de la distancia a la cortina (menor protección) lo que resalta la importancia que adquieren las cortinas cortaviento en estas producciones. El porcentaje de frutas marcadas fue sensiblemente mayor en el cuadro de cerezos protegidos por la cortina densa, alcanzando un 33% a una distancia de 4 Ht, mientras que hasta una distancia de 2,6 Ht se observó que la proporción de frutas marcadas fue inferior al 5%. En los cuadros protegidos por la cortina semipermeable, el porcentaje de fruta marcada aumentó progresivamente hasta llegar a un máximo de 30,8 % a una distancia de 5,6 Ht. Además, la presencia de fruta marcada fue inversamente proporcional al tamaño del fruto, es decir que los calibres menores a 24 mm fueron los más afectados.

El otro defecto en importancia lo representan los frutos mal cuajados (entre el 1 y el 7%), defecto que se atribuye a las heladas y que podría estar relacionado, entre otros factores, con las cortinas, por cuanto éstas influyen a su vez en el flujo de aire frío (Guyot y Elejabeitia, 1970). Este defecto se presenta casi exclusivamente en los frutos pequeños (calibre menor a 26 mm), quedando excluido el calibre mayor a 28 mm. El promedio de frutos mal cuajados en los cuadros con cortinas densas fue de 3,5 % y en las semipermeables de 2,2 %, lo que demuestra la baja influencia de la porosidad de las cortinas cortaviento sobre la incidencia de este defecto. Los cerezos protegidos por la cortina densa presentaron el mayor porcentaje de frutos mal cuajados (6,6 %) a una distancia de 4 Ht, mientras que en el cuadro con cortina semipermeable el mayor porcentaje (5,5 %) se ubicó a una distancia de 6,7 Ht.

2. Alfalfa

En los valles de Santa Cruz, la siembra del cultivo de alfalfa es una actividad agrícola difundida que permite la producción de heno para suplemento alimenticio invernal principalmente del ganado ovino-bovino. En la actualidad, hay una demanda forrajera actual insatisfecha, lo cual implica que los productores deban mejorar sus rendimientos productivos y ampliar la superficie destinada a este cultivo. Sin embargo, en Patagonia Sur el viento es un factor climático que limita la producción forrajera.

Peri y Utrilla (1997) determinaron los efectos de protección de las cortinas cortaviento de salicáceas en la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) en Gregores (48° 45' LS; 70° 15' LO) en situaciones de protección al viento ubicado a una distancia de 1 vez la altura de la cortina cortaviento (1 Ht) y al descampado (sin protección). Se caracterizó la cortina cortaviento densa de *Populus nigra cv italica* (cortina doble, distanciamiento entre hileras de 1,2 m, primera hilera con distanciamiento de 1 m entre plantas, DAP medio de 27,7 cm, altura de los árboles dominantes de 18,8 m, segunda hilera con distanciamiento de 0,5 m entre plantas, DAP medio de 10,5 cm y altura: 6 m) y se determinó el efecto protector de la misma. La información climática del sitio corresponde a una temperatura media máxima anual de 14,0 °C, temperatura media mínima anual de 3,3°C, temperatura media del mes más calido (Diciembre) de 21,1 °C, temperatura media del mes más frío (Junio) de -3,5 °C, viento medio anual de 15 Km/h, precipitación media anual de 170 mm, y humedad relativa media anual de 54%. Los suelos poseen una textura Franco-Arcillo-Arenosa, de pH cerca de la neutralidad (6,7-7,2), sin problemas de salinidad y alcalinidad, y un tenor medio de materia orgánica. En el ensayo se utilizó la variedad *Dawson*, grado 3 de reposo invernal. La siembra se efectuó en octubre en parcelas de 5 m² (10 surcos de 3,7 m de largo, separados a 0,12 m) con una densidad de 20 kg/ha.

En el segundo ciclo, para la situación bajo protección, la alfalfa presentó una altura promedio de 74 cm (1er corte) y 81 cm (2do corte), y para la situación al descampado una altura promedio de 34 cm (1er corte) y 43 cm (2do corte). La producción total (tres cortes) de materia seca (MS) de alfalfa bajo condiciones de protección fue de 12286 kg MS/ha y de 7392 kg MS/ha para la situación al descampado. Para el primer corte se observó un adelanto de la floración para el cultivo de alfalfa que se encontraba en la situación al descampado.

Recientemente, Utrilla y Peri (2010) evaluaron el efecto del distanciamiento de protección de la

cortina cortaviento en la producción de forraje de cinco cultivares nuevos de alfalfa en la zona correspondiente a los grupos de reposo invernal: Con Reposo (grado de reposo 5: Key y Vector) y Reposo Intermedio (grado de reposo 6: Venus y Catriel, y grado de reposo 7: S711) en la misma localidad de Gobernador Gregores. La cortina forestal fue doble de álamo criollo (*Populus nigra cv. itálica*) y álamo euroamericano (*Populus x euroamericana*) de porosidad densa (<15% porosidad óptica) y de una altura media de 20 m. El suelo es de textura Arcillosa, pH cercano a la neutralidad (6,9), contenido medio de materia orgánica (3%), valores medios de nitrógeno (0,211%) y altos de fósforo (106 ppm), y sin problemas de salinidad. Los cultivares se sembraron en parcelas de 1,8 m² (7 hileras de 1,8 m de largo separadas a 0,17 m) ubicadas a 20 (**D1**), 70 (**D2**) y 130 m (**D3**) de distancia de la cortina forestal. El período de evaluación fue de tres años (2007-2009). La cosecha de forraje se realizó con motosegadora en tres cortes por ciclo de crecimiento distribuidos en los meses de diciembre, febrero y abril. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 2 repeticiones en un arreglo factorial de tres factores (distancia, cultivar y año). El análisis detectó efectos significativos de los tres factores y solamente de la interacción distancia x variedad (Tabla 6). En la distancia mas cercana a la cortina (**D1**) y menor efecto del viento, las variedades Vector y Venus se destacaron ($p<0,05$) sobre Key y Catriel. Para **D2**, Key superó ($p<0,05$) a Venus y Catriel. Finalmente, para la distancia mas alejada a la cortina (**D3**) y con mayor efecto del viento, Key se destacó sobre Venus. Estos resultados permiten afirmar que existe una respuesta productiva diferencial de los cultivares según la distancia de siembra a la cortina forestal, obteniéndose la mejor producción a distancias intermedias.

Tabla 5. Producción de materia seca (kg MS/ha) de alfalfa variedad Dawson bajo protección a 1 vez la altura de la cortina cortaviento y al descampado, Gobernador Gregores, Santa Cruz (Peri y Utrilla, 1997).

	1er Corte	2do Corte	3er Corte	TOTAL
Sin protección	2287 a	3973 a	1132 a	7392 a
Con protección	6146 b	4942 a	1198 a	12286 b

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas (Tukey, $p<0,05$).

Tabla 6. Producción promedio de forraje (kg MS/ha) de cultivares de alfalfa de tres años de evaluación (2007-2009) para tres distancias de siembra desde la cortina cortaviento en la localidad de Gobernador Gregores, Santa Cruz (Utrilla y Peri, 2010).

Distancia (D)	Cultivares y Grado de Reposo (G)	Producción de Forraje (Kg MS/ha)
D1 (a 20 m)	Vector (G5)	4.702 a
	Venus (G6)	4.696 a
	S711 (G7)	3.265 ab
	Key (G5)	1.530 bc
	Catriel (G6)	545 c
D2 (a 70 m)	Key (G5)	10.700 a
	Vector (G5)	10.007 ab
	S711 (G7)	8.245 abc
	Venus (G6)	7.711 bc
	Catriel (G6)	6.363 c
	Key (G5)	9.391 a

D3 (a 130 m)	Catriel (G6)	8.109 ab
	Vector (G5)	7.120 ab
	S711 (G7)	7.054 ab
	Venus (G6)	6.685 b
Significancia de los efectos		
Distancia (D)		*
Cultivar (C)		*
Año (A)		*
D x C		*
D x A		NS
C x A		NS
D x C x A		NS

Para cada distancia, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cultivares

*: $p < 0,05$; NS: No Significativo.

Los resultados demuestran que la implantación de una cortina cortaviento, promueve un aumento de la producción de forraje de la superficie protegida, determinado por la disminución de la velocidad del viento.

3. Bulbos de tulipán

La producción de bulbos de tulipanes es una alternativa para los productores en Santa Cruz. Peri *et al.* (2000) cuantificaron la incidencia de las cortinas cortaviento (50% de porosidad) sobre la producción y calidad de tulipanes. Diferentes distancias desde la cortina cortaviento expresadas como múltiplos de su altura (Ht) y dos tamaños de bulbo madres de la variedad *Annie Schilder* de origen holandés (calibres de 5,9 y 7,7 cm) fueron evaluados. La siembra se efectuó a un distanciamiento de 5 cm entre bulbos y 70 cm entre surcos. Se escogió una baja densidad de siembra (20 bulbos/m, 286.000 bulbos/ha) con el objetivo de cuantificar la producción individual de cada bulbo. El riego por surcos se efectuó con una frecuencia de una semana, en noviembre se procedió al corte de las flores y la cosecha de bulbos se realizó en enero.

El peso y calibre (perímetro) de los bulbos cosechados de tulipanes fueron influenciados por el tamaño de los bulbos plantados. Los bulbos madres de tamaño grande produjeron un promedio de bulbos hijos de mayores dimensiones (6,2 gr/bulbo y calibre 6,8 cm) que los obtenidos a partir de bulbos madres de tamaño chico (5,5 gr/bulbo, calibre 6,2 cm) (Tabla 7). Debido a que durante las primeras etapas de desarrollo los puntos de crecimiento son alimentados a partir de asimilados del bulbo, los bulbos madres de mayor tamaño podrían incrementar y acelerar el desarrollo de nuevos bulbos y por ende arribar a una mayor producción en la cosecha. El tamaño y peso de los bulbos fueron superiores en el área protegida (2 Ht) y menores a una distancia de 17 Ht. El tamaño de bulbo plantado influyó en los valores de tasa de multiplicación y conversión. El promedio de la tasa de multiplicación obtenido a partir de bulbos madres chico y grande fueron 2,5 y 3,8, respectivamente y los valores promedios de la tasa de conversión fueron 3,9 y 3,2 para bulbos plantados de tamaño chico y grande, respectivamente (Tabla 7). Por lo tanto, los bulbos plantados de mayores dimensiones generarían una mayor cantidad de bulbos, por lo que sugiere que una mayor cantidad de reservas aumentaría la inducción de nuevos bulbos. El efecto protector de la cortina cortaviento aumentó un 27% la tasa de conversión sólo en el caso de bulbos madres chicos a una distancia de 2 Ht respecto a la distancia de 17 Ht (Tabla 7). El estrés que ejerció el viento sobre las plantas de tulipán no afectó la inducción de nuevos bulbos. La tasa de multiplicación fue prácticamente independiente del efecto protector de la cortina cortaviento (Tabla 7).

Tabla 7. Peso, calibre, tasas de conversión y multiplicación promedio de bulbos de *Tulipa* spp. variedad *Annie Schilder* cosechados a diferentes distancias desde la cortina cortaviento (Ht) y para dos tamaños de bulbos plantados (bulbos 'madre'), Gobernador Gregores, Santa Cruz (Peri *et al.*, 2000).

Distancias desde la cortina	Peso (gr./bulbo)	Calibre (cm)	Tasa de conversión	Tasa de multiplicación
Bulbo chico				
2 Ht (4,30 m)	6,24 a	6,8 a	5,1	2,8
5 Ht (9,70 m)	5,51 a	6,5 a	3,8	2,4
10 Ht (20,90 m)	5,53 a	6,5 a	3,0	1,9
17 Ht (34,50 m)	4,61 a	6,0 a	3,7	2,8
<i>Error estándar</i>	0,36	2,15	0,7	0,4
Bulbo grande				
2 Ht (4,30 m)	6,82 a	7,1 a	3,3	3,5
5 Ht (9,70 m)	6,08 a	6,7 a	3,4	4,0
10 Ht (20,90 m)	6,53 a	6,9 a	2,3	2,5
17 Ht (34,50 m)	5,17 a	6,2 a	3,7	5,1
<i>Error estándar</i>	0,35	2,13	0,5	0,9

Nota: Letras iguales no difieren significativamente (Tukey, $p < 0,05$).

En Santa Cruz, bulbos cosechados con calibres de 5 cm (o menores) son considerados de descarte dado que carecen de utilidad. Calibres entre 6 y 10 cm están destinados principalmente al autoabastecimiento (resiembra), aunque los de calibre 10 pueden comercializarse junto con los de 11 cm en el mercado interno. Bulbos mayores a 11 cm son aptos para su comercialización de exportación.

El tamaño de los bulbos plantados (bulbo madre) influyó en la proporción de calibres de los bulbos cosechados (Tabla 8). A pesar que el porcentaje de bulbos de desecho (<5 cm) fue prácticamente igual (53 y 54%), bulbos madres grandes (7,7 cm) produjeron un promedio de bulbos mayores a 11 cm de 9 % y bulbos madres chicos (5,9 cm) solo produjeron un promedio de 3 %. La protección de la cortina cortaviento tuvo un efecto positivo en la proporción de bulbos de exportación (> 11 cm). La cantidad de bulbos exportables a partir de bulbos madres chicos se redujo desde 7 % a una distancia de 2 Ht a 1 % a distancias de 10 y 17 Ht (Tabla 2). Similar tendencia se manifestó en la proporción de bulbos mayores a 11 cm para los tratamientos con bulbos madres grandes, la cual disminuyó del 11,5 al 5 % a distancias de 2 Ht y 17 Ht, respectivamente. Por otro lado la cantidad de bulbos de desecho no presentó grandes diferencias a diferentes distancias de la cortina cortaviento.

Tabla 8. Distribución del calibre de bulbos cosechados de acuerdo al tamaño del bulbo plantado (bulbo 'madre') y a diferentes distancias desde la cortina cortaviento, Gobernador Gregores, Santa Cruz (Peri *et al.*, 2000).

Bulbo chico	Porcentaje de bulbos cosechados (%) por clases de calibre				
	≤ 5 cm	5,1 – 7 cm	7,1 – 9 cm	9,1 – 11 cm	> 11 cm
2 Ht	57	12	10	14	7
5 Ht	47	22	15	14	2
10 Ht	53	16	18	12	1
17 Ht	59	14	15	11	1
<i>Promedio</i>	54	16	14,5	13	3
Bulbo grande					
2 Ht	45	28	5	10	12
5 Ht	55	17	12	8	8
10 Ht	57	13	8	11	11
17 Ht	56	20	11	8	5
<i>Promedio</i>	53	19,5	9	9	9

Los resultados muestran que, si bien se evidenció una diferencia promedio del 6% en la cantidad de bulbos exportables en el área protegida respecto del área lejana de la cortina cortaviento, la

producción de bulbos de tulipanes manifestó cierto grado de resistencia a los efectos negativos del viento sobre la producción. Es decir que la producción de tulipanes podría ser viable en sitios con velocidades del viento promedio y máximas de 20 y 40 km/día, las cuales corresponden a valores medios durante el periodo de crecimiento en los meses de primavera-verano. Esta resistencia al viento puede deberse a la morfología de las hojas (3 a 5 hojas con disposición arrosetada) y al desarrollo subterráneo del producto final.

4. Ajo

Peri *et al.* (1997a) cuantificaron la producción de ajo variedad noble *Violeta Santacruceño* en situaciones de protección al viento ubicada a diferentes distancias de la cortina cortaviento en la localidad de Gobernador Gregores (Santa Cruz). El suelo en el que se ubicó el ensayo posee una textura franco-arcillosa, pH cercano a la neutralidad (6,8), sin problemas de salinidad y alcalinidad, y un tenor medio de materia orgánica (2,79 %). La cortina era doble de *Populus nigra cv italica* tipo densa (porosidad menor al 15%) con distanciamientos de 1 m entre plantas y 1 m entre hileras (DAP medio: 36.5 cm, altura de los árboles dominantes: 22,5 m, edad: 48 años). La plantación se realizó con una densidad de aproximadamente 170.000 dientes/ha en hileras simples a 60 cm entre sí, y con ajo semilla de calibre 5 y 6 (diámetro medio de bulbo en cm). Se evaluaron cinco tratamientos en la situación bajo protección a distancias de 0,6 Ht (13,6 m), 1,1 Ht (25 m), 2,2 Ht (50 m), 4,4 Ht (100 m) y 8,8 Ht (200 m y a 18 m a barlovento de la próxima cortina densa). En cada tratamiento se instalaron cinco parcelas (repeticiones) al azar.

La producción de ajo bajo condiciones de protección a diferentes distancias de la cortina cortaviento se muestra en la Tabla 9, no observándose diferencias significativas. Los resultados obtenidos demuestran la rusticidad del ajo al efecto del viento. Aunque no se encontraron diferencias significativas, a una distancia de 1,1 Ht, se observó un leve aumento de la producción de ajo coincidiendo con el la máxima protección ofrecida por la cortina cortaviento.

El mayor peso promedio de bulbos fue obtenido a una distancia de 8,8 Ht (200 m), lo que se podría explicar por el efecto protector que la cortina próxima ejerce a barlovento

Tabla 9. Peso medio y calibres de bulbos, creciendo en condiciones de protección por cortinas cortaviento de *Populus nigra cv. Italica* en Gobernador Gregores (Santa Cruz) (Peri *et al.*, 1997a).

Distancias desde la cortina	Media (Grs/cabeza)	ESE	Calibre*(cm)
0,6 Ht (13,6 m)	45,42 a	6,64	5,2
1,1 Ht (25 m)	53,48 a	5,01	5,5
2,2 Ht (50 m)	48,02 a	7,07	5,3
4,4 Ht (100 m)	48,32 a	3,04	5,3
8,8 Ht (200 m)	60,08 a	6,10	5,7

ESE: Error estándar en grs/cabeza. Letras iguales no difieren significativamente (Tukey, $p < 0,05$).

5. Frutilla

El cultivo de frutilla se encuentra diseminado por casi todo el mundo, gracias a la creación de variedades (cultivares) con distintas adaptaciones ecológicas y los modernos sistemas de manejo del cultivo, lo cual hace posible su producción desde regiones frías hasta las regiones subtropicales o tropicales de altura. En Santa Cruz, la producción de frutilla se venía desarrollando en los valles de Los Antiguos y Perito Moreno, con la variedad *Selva*, mientras que en Gobernador Gregores y Río Gallegos se plantaba bajo invernáculo o en túnel de polietileno. En Gobernador Gregores El determinó los efectos de protección de la cortina cortaviento sobre la producción de frutilla var. *Fern*, a diferentes distancias de la misma (Peri *et al.*, 1998a). La cortina cortaviento simple de *Populus nigra cv itálica* que protegía al cultivo de frutilla (edad de 6 años, distanciamiento plantas de 26,5 cm, DAP medio de 4,45 cm, altura media 3,2 m) correspondía al tipo densa con una porosidad menor al 15 %. La densidad de plantación fue de 44.440 plantas/ha en hileras simples sobre mulching de polietileno negro. Se evaluaron cinco tratamientos en la situación bajo protección a distancias de 1,27 Ht (4 m), 1,9 Ht (6 m), 3,17 Ht (10 m), 5,71 Ht (18 m) y 8,88 Ht (28 m). En cada

tratamiento se instalaron cinco parcelas (repeticiones) al azar. La mayor producción promedio por planta (14,85 gr) y el mayor rendimiento total (3.512,20 Kg/ha) fueron obtenidos a una distancia de 1,27 Ht (4 m), lo que se podría explicar por el mayor efecto protector que la cortina densa ejerce a 1 Ht (Fig. 8). La producción media de frutos por planta en la distancia de 1,27 Ht (14,85 gr/planta) difirió significativamente de la producción ubicada a 8,88 Ht (1,75 gr/planta). El mayor índice de mortandad se observó a una distancia desde la cortina de 5,71 y 8,88 Ht con valores promedios de 22.220 plantas/ha; mientras que a una distancia de 1,9 Ht se cuantificó la menor mortandad promedio con 2.222 plantas/ha. La implantación de una cortina cortaviento, promueve un aumento determinante en la producción de frutilla en la superficie protegida, correspondiéndose con los niveles de protección. Por tratarse de un cultivo típicamente intensivo de alta rentabilidad por unidad de superficie es necesario ejercer y planificar una adecuada protección a los vientos.

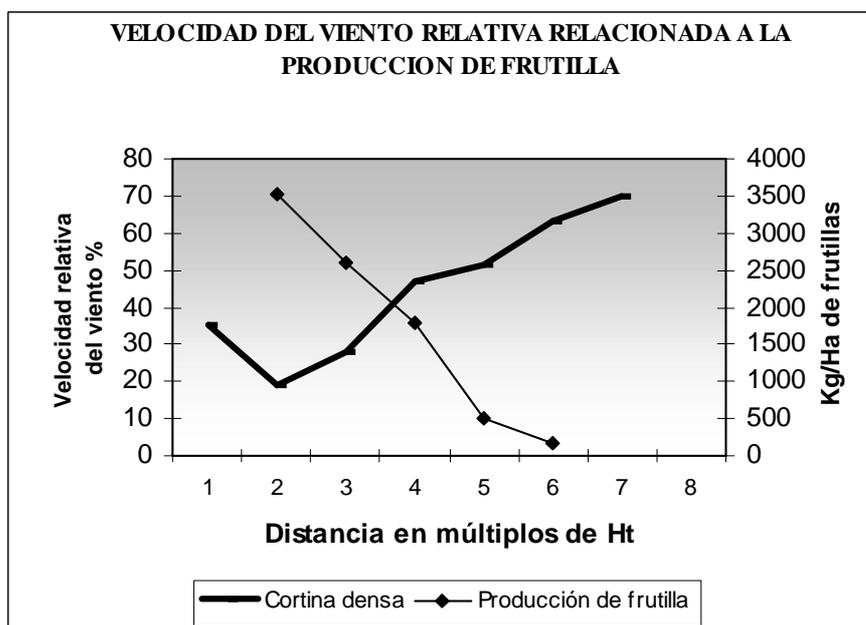


Figura 8. Reducción del viento relativa (%) para una cortina densa relacionado con la producción de frutilla var *Fern* (Kg/Ha), Gobernador Gregores, Santa Cruz. Fuente: Peri *et al.* (1998a).

Analizando las curvas simultáneamente, se comprueba la existencia de una correlación entre la protección ejercida por la cortina cortaviento y la producción de frutillas, es decir, a medida que nos alejamos de la cortina aumenta la velocidad relativa del viento (menor protección) y disminuye la producción de frutos por hectárea. La polinización juega un papel fundamental en la fructificación de las plantas de frutilla, la que normalmente se produce a través de insectos (abejas, himenópteros silvestres o moscas de la familia de los Sírifos) o por el viento como agente polinizador facilitado por el pequeño tamaño del polen (16 x 25 micrones). (Folquer, 1986). Las cosechas más grandes y frutas de mejor tamaño se obtienen cuando existe un adecuado número de insectos polinizantes en el cultivo de frutilla (Sangiaco, 1980), los cuales ven dificultada o impedida su actividad polinizadora con fuertes vientos. La protección de la cortina impide también daños físicos de diferentes grados, ocasionados por el viento y la arena transportada por éste, y que van de rotura de plantas a leves laceraciones en las hojas. La planta de frutilla, debido a la fragilidad de sus fruto y hojas, y al tamaño y forma de éstas, sufre daños graves por el viento.

En las principales zonas productoras de frutilla, el cultivo es anual o bianual, pero en la provincia de Santa Cruz, debido a los menores rendimientos y excelente sanidad, la duración de la planta es mayor. Por otro lado, es necesario realizar una rotación de cultivos ya que las enfermedades que producen podredumbres de raíces aumentan en el suelo (Sangiaco, 1980), lo cual justifica la instalación de la cortina cortaviento para la protección de otros cultivos.

PROTECCION DEL SUELO

La erosión del suelo en tierras agrícolas y/o pastorales es un problema a nivel mundial. Cada tipo de suelo posee diferente grado de susceptibilidad de erosión. En Patagonia sur, la protección de suelos a través de cortinas cortaviento es mas evidente en zonas con suelos poco estructurados y de alto contenido de fracciones finas (arcillas y limo) en zonas de chacras donde el suelo es expuesto con laboreo especialmente en primavera-verano donde frecuentes tormentas de viento superan los 120 km/h (Peri y Bloomberg, 2002). La degradación de suelo por erosión eólica y sobrepastoreo superan en Santa Cruz las 6,5 millones de hectáreas. Además, en el largo plazo, la pérdida de nutrientes a través de la pérdida de pequeñas partículas de suelo puede degradar la fertilidad del suelo. A pesar de ser uno de los principales procesos de degradación del suelo en la Patagonia Sur, las condiciones y la intensidad de la erosión eólica en esta región no han sido estudiadas en profundidad. Parigiani (2009) presentó la primera cuantificación del transporte de sedimento debido al viento en Patagonia (valle de Sarmiento, Chubut) a través del ajuste de un modelo propuesto por Kawamura (1964) que expresa el transporte de masa en función de dos constantes empíricas: el límite de la velocidad de fricción (0,713 m/seg) y el coeficiente *C* que puede ser interpretado como la erodabilidad del suelo. Para esto, los flujos de masa transportada por el viento fueron medidos usando dos saltifonos y 24 trampas de sedimentos Wilson and Cooke (MWAC) instaladas a lo largo de tres transectas de 100 x 20 m: (1) una zona de control de suelo desnudo, en la cual la vegetación natural fue eliminada para medir el máximo potencial de erosión eólica; (2) una transecta similar, en un área sin vegetación, pero protegida por una cortina cortavientos artificial con 50% de porosidad óptica y 5 m de altura; y (3) una transecta en un monte de cerezos (2222 árboles/ha) también protegida protegido por una combinación de cortinas artificial (50% de porosidad óptica y 5 m de altura) y doble de álamo *Populus nigra cv italica* (53% de porosidad óptica y 3,7 m de altura). La velocidad del viento fue medida con cinco anemómetros y la dirección con una veleta. Del estudio se estimó valores de pérdida de suelo de hasta 158 ton/ha especialmente con eventos de tormentas de viento de hasta 20 m/s y en condiciones sin cobertura vegetal. En promedio, con el uso de cortinas cortaviento artificial se redujo un 63,7% el transporte de sedimentos en condiciones de suelo sin cobertura vegetal, y no se detectó erosión eólica en un cuadro con cultivo de cerezas. Estos resultados son concluyentes en lo que respecta al rol de las cortinas cortaviento en la protección de suelo en Patagonia.

DISEÑOS DE CORTINAS CORTAVIENTO

El concepto de eficiencia de protección específica propuesto por Zhang *et al.* (1995) y utilizado para cultivos de la Patagonia por Peri y Bloomberg (2002), está basado en la *velocidad crítica* del objeto a proteger, definida como la velocidad a la que comienzan los daños en la planta o cuando la producción del cultivo es reducida en un 10% con respecto a su potencial en un sitio determinado. Por lo tanto, la misma cortina cortaviento no provee el mismo grado de protección para diferentes tipos de cultivo. Es necesario incorporar este concepto en la planificación e implementación de cortinas cortaviento para proteger los cultivos, conjuntamente con información respecto a la velocidad del viento media mensual, las velocidades máximas y la frecuencia de la dirección preponderante del viento, que en Patagonia Sur, proviene en un 85% del SO.

Los primeros pobladores eligieron acertadamente al álamo criollo de porte piramidal y lo plantaron con distanciamientos de 0.5 m, formando cuadros de una hectárea, como es tradicional en otras áreas productoras de frutales. Esta disposición no es siempre la mejor, ya que debe haber un distanciamiento y disposición adecuados para cada objetivo productivo. El empleo de cortavientos tipo denso, que efectúan una reducción del viento mucho mayor, podría utilizarse para proteger plantaciones de frutales con el fin de asegurar una eficiente polinización y evitar daños mecánicos en frutos y flores, pero deben situarse más próximos entre sí.

Se debe considerar, sin embargo, que diferentes estructuras de cortinas pueden tener similar

porosidad y consecuentemente similar reducción al viento. Orientativamente, se recomiendan los siguientes tipos de cortinas principales para proteger cultivos sensibles al viento como las cerezas o frutillas:

- Cortina doble con distanciamientos entre hileras de 1.8 - 2 m. Primera hilera de *Salix* 524/43 a 2 m de distancia entre plantas y segunda hilera de *Populus nigra cv italica* a 1 m entre plantas, plantadas a tresbolillo.
- Cortina doble de *Salix* 524/43 con distanciamiento de 2 m entre hileras y 1.5 m entre plantas, plantadas a tresbolillo.

Para el caso de cortinas secundarias, se recomiendan cortinas cortaviento simples de una hilera de *Salix* 524/43 con plantas distanciadas a 1.5 m.

La recomendación del uso de este clon de sauce se basa en que luego de 9 años de mediciones en ensayos de introducción de clones de salicáceas realizados en la Patagonia Sur (Peri *et al.*, 1997b; Peri y Monelos, 1998; Peri *et al.*, 2009) ha mostrado los mayores crecimientos entre todos los clones probados en diferentes condiciones de suelo y clima. Por ejemplo, en la localidad de Gobernador Gregores este clon presentó un crecimiento máximo en altura de 190 cm/año superando al testigo (álamo criollo) que creció 140 cm/año. Estos mayores crecimientos también han sido comprobados en el Valle Inferior del Río Chubut, donde actualmente se ha incrementado su plantación. Los mayores crecimientos en altura del clon *Salix* 524/43 tienen impacto sobre la respuesta de las cortinas cortavientos, ya sea logrando un área de protección determinada en menor tiempo o una mayor extensión de protección a una determinada edad desde su plantación. Por ejemplo, para proteger 100 m de una chacra de buenos suelos del valle del Río Chico se necesitarían 7 años usando una cortina densa del clon y 10 años si se usara una cortina de la misma porosidad de álamo criollo. Otra ventaja es la forma globosa de la copa del *Salix* 524/43, lo cual permitiría mayores distanciamientos entre árboles dentro de una misma hilera de una cortina cortaviento para obtener una porosidad determinada. Esto reduciría los costos de implantación de cortinas cortaviento en zonas de chacras. Además ha sido relevado que el clon presenta un buen grado de resistencia al ataque de los pulgones, lo cual evita el debilitamiento de los árboles, la clorosis (amarillamiento de las hojas) y la deformación de brotes.

Si bien se utilizan también cortinas densas de ciprés (*Cupressus macrocarpa*), que presentan buena adaptación a diferentes suelos y rápido crecimiento, la característica de ser cortinas perennes aumenta los efectos perjudiciales que pueda ocasionar sobre la producción de cerezas el riesgo de heladas tardías o tempranas, ya que no permitiría la remoción del aire frío (lo que no ocurre con el uso de álamos o sauces que son especies caducifolias). Esto intensificaría la frecuencia e intensidad en el uso del equipo de control contra heladas. Por lo tanto, para el caso de las cortinas de ciprés se debería tener en cuenta la realización de podas hasta una altura de 2 m para reducir los efectos negativos de las heladas.

Para el establecimiento de cortinas cortaviento, idealmente se utilizan barbados de 1 o 2 años de álamos y sauces (50 a 80 cm de alto y 40 a 50 cm de longitud del sistema radicular), pero también se puede forestar con estacas de 30 a 40 cm de longitud. La preparación del suelo para la plantación se inicia a fines de invierno o principios de primavera. Se realizan dos aradas cruzadas con las correspondientes rastreadas. A veces es necesario pasar un rotocultivador para lograr una roturación fina de la tierra. La plantación se realiza en primavera, luego del período de heladas, pero antes de que broten las yemas. En el caso de las estacas, éstas deben ser enterradas 2/3 de su longitud, lo suficiente para dejar afuera 2 a 4 yemas.

Conviene realizar la plantación de los barbados o estacas sobre un plástico negro que se coloca una vez finalizadas las tareas de preparación del suelo. El uso del plástico negro (mulching) tiene tres ventajas significativas: evita el desarrollo de malezas, se hace más eficiente el riego al disminuir la evapotranspiración y genera mayores crecimientos del barbado debido a un aumento de la temperatura del suelo por la mayor captación de radiación solar (superficie negra). En caso de suelos pobres, se recomienda una fertilización con NPK (15-15-15) en una dosis de 150 g/planta.

¿A qué distancia se debería plantar la próxima cortina cortaviento? ¿Qué diseño es el más apropiado?

El distanciamiento óptimo entre cortinas estará determinado por la combinación de la altura que alcanzará la cortina cortaviento, la velocidad media del viento durante el período de floración y desarrollo de los frutos, y la sensibilidad del cultivo al viento.

La altura que alcanza una cortina cortaviento está determinada principalmente por la especie y por la calidad de sitio, es decir por la interacción de factores ambientales (exposición, suelo y clima) que afectan los ritmos de crecimiento de una especie. Para esto se puede utilizar las curvas de crecimiento en altura presentadas previamente (Peri y Martínez Pastur, 1998). Una vez conocida la altura que alcanzará una cortina cortaviento para un sitio determinado, es necesario conocer la sensibilidad del cultivo de cerezo al viento para determinar la longitud de la zona protegida. Como se indicó previamente, el límite de eficiencia de una cortina cortaviento se tendría que basar en la *velocidad crítica* del cultivo. En la Tabla 10 se presenta la *velocidad crítica* para diferentes tipos de cultivo en la Patagonia Sur. Comparativamente, el cerezo y frutilla corresponde a una categoría muy sensible.

Tabla 10. Velocidad crítica del viento para cinco cultivos de Patagonia Sur y las cortinas cortaviento requeridas por el cultivo expresado en su porosidad óptica (Φ) (Peri y Bloomberg, 2002).

Cultivo	Velocidad crítica del viento (m/s)*	Categoría	Cortina cortaviento requerida
Ajo	11.1	Resistente	Permeable ($\Phi = 60-70\%$)
Tulipanes	10.5	Semi-resistente	Permeable ($\Phi = 50-60\%$)
Alfalfa	2.8	Sensible	Semipermeable ($\Phi = 30-45\%$)
Cerezas	1.6	Muy sensible	Densa o semipermeable ($\Phi = 15-30\%$)
Frutillas	1.2	Muy sensible	Densa ($\Phi = 10-15\%$)

*La *velocidad crítica* del viento es definida como la velocidad con la cual la producción del cultivo es reducida un 10% con respecto a su potencial, en un sitio determinado.

En la Tabla 11 se presentan ejemplos de distanciamiento óptimo entre cortinas densas basados en la altura de cortinas cortaviento que se desarrollan en diferentes calidades de sitio (Figura 3), localidades con diferentes velocidades media del viento durante el período de floración y desarrollo de los frutos, y la sensibilidad del cultivo de cerezas (Tabla 10) al viento (Peri, 2006).

Tabla 11. Distanciamiento óptimo entre cortinas densas basado en la altura de cortinas cortaviento para diferentes calidades de sitio, velocidad media del viento durante el período de floración y desarrollo del fruto, y considerando la sensibilidad del cultivo de cerezas al viento (Peri, 2006).

Clase de Sitio	Altura de la cortina (m)	Velocidad media mensual del viento (m/s)	Distanciamiento óptimo entre cortinas (m)
A	26	2.5	260
		5	105
		10	40
D	15	2.5	150
		5	60
		10	24

Nota: Es probable que en el caso del la Clase de Sitio D y con velocidades medias del viento de 10 m/s un distanciamiento óptimo entre cortinas de 24 m no sea apto para el cultivo de cerezas.

Para sostener una producción de cerezas al 90% de su producción potencial para un sitio determinado, la distancia óptima entre cortinas cortaviento variará desde 260 m (para una Clase de Sitio A y 2.5 m/s de velocidad media del viento) a 24 m en las peores calidades de sitio y localidades muy ventosas (Tabla 11) (Peri, 2006). Estas diferencias en el distanciamiento óptimo indican la importancia de una buena planificación en el diseño de cortinas cortaviento.

Otro aspecto a tener en cuenta en el diseño de cortinas cortaviento, es el efecto de competencia que ejercen los árboles sobre el cultivo a proteger por luz, agua y nutrientes, especialmente en el área adyacente al cuadro de 1-2 Ht (Peri y Bloomberg, 2002). Este efecto es importante principalmente en cortinas cortaviento de álamos y/o sauces por su sistema radicular superficial. Para disminuir la competencia radicular con el cultivo se recomienda en edades tempranas de la plantación efectuar una poda de raíces del lado del cuadro cultivado con cincel, y un buen sistema de riego y fertilización entre las hileras de cortinas (Peri, 1996), lo cual puede aumentar la producción de alfalfa por ejemplo en un 25% en el área de 1-2 Ht.

El efecto del sombreado dentro del cuadro bajo cultivo depende de la altura de la cortina, la latitud, la estación de crecimiento y hora del día. En el sur de Patagonia ($48^{\circ} 45' \text{ LS} - 70^{\circ} 15' \text{ LO}$), el área de proyección de sombra ocasionada por una cortina de *Populus nigra cv italica* orientada normal al azimut solar (dirección este-oeste) es mayor en la mañana y en la tarde que al mediodía, lo cual ocurrió en las tres estaciones de crecimiento (verano/invierno/otoño) (Fig. 9). El área de proyección de sombra varió desde 0,2 Ht al mediodía de verano hasta 3,2 Ht a la mañana (9:30 hs) de pleno invierno (Fig. 9). La competencia por luz puede ser limitada por la elección de la orientación de la cortina, las especies, y el manejo de los árboles (podas y raleos).

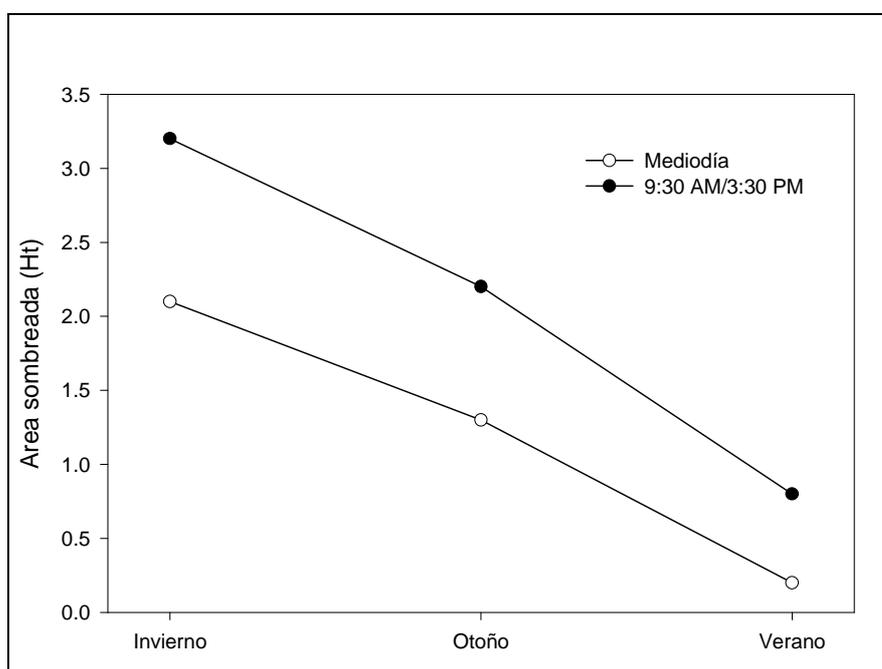


Figura 9. Proyección del área sombreada por una cortina de *Populus nigra cv italica* orientada normal al azimut solar y en función de diferentes estaciones en Santa Cruz. La longitud del área sombreada es expresada en múltiplos de la altura de la cortina cortaviento (Ht). Fuente: Peri y Bloomberg, 2002.

USO DE LA MADERA DE ALAMO PROVENIENTES DE CORTINAS CORTAVIENTO

El álamo criollo (*Populus nigra cv italica*) es uno de los clones más cultivados en la Patagonia con el fin principal de proteger cultivos frutihortícolas, pasturas, ganado y construcciones rurales. Históricamente se ha utilizado su madera en la región como poste corto y leña. Sin embargo, nunca ha existido un aprovechamiento intensivo de ella debido a su baja durabilidad natural. La aplicación

de sustancias y tratamientos preservadores permitiría incrementar la vida útil de su madera en servicio. Existen antecedentes en que se evaluaron los niveles de absorción de solución de creosota en distintas concentraciones y la retención de CCA, aplicados mediante los tratamientos de célula llena, célula vacía y baño en caliente y frío (Luna *et al.*, 2000; Monelos *et al.*, 2000; Otaño *et al.*, 2001; Keil *et al.*, 2001; Díaz *et al.*, 2002,2003). Se utilizaron probetas de álamo criollo de reducidas dimensiones, procedente de dos zonas de cultivo en la provincia de Santa Cruz: *Los Antiguos* y *Gobernador Gregores*. En estos estudios se corroboró que la procedencia de cultivo y los parámetros silviculturales influyeron sobre la densidad, la tasa de crecimiento y las variables anatómicas seleccionadas (diámetro de vasos, densidad de vasos en los leños temprano y tardío, porosidad y representatividad porcentual del espacio poroso en el plano transversal del leño) en *Populus nigra cv. italica*. La madera procedente de *Los Antiguos* alcanzó en todos los tratamientos planteados, los mejores niveles de retención de CCA y absorción de creosota, respecto a la procedencia *Gobernador Gregores*. Estos resultados coincidieron con una menor densidad y mayor tasa de crecimiento, procedente de un sitio con mejores condiciones de cultivo. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, las diferencias en los niveles de retención de CCA entre procedencias resultaron despreciables. Los valores alcanzados se ubicaron entre los obtenidos por otros autores ensayando la madera de otras especies de los géneros *Populus* y *Salix* en similares condiciones (Otaño *et al.*, 1996).

Los resultados obtenidos deben asumirse como preliminares y orientativos dada la experimentación sobre material de reducidas dimensiones y las modificaciones planteadas en los tratamientos preservadores respecto de las prácticas habituales a escala comercial. No obstante, estos resultados son muy importantes dado que aportan antecedentes válidos sobre la tratabilidad de la madera del álamo criollo, especie ampliamente cultivada en cortinas cortaviento en la provincia de Santa Cruz. Para su recomendación final se necesita aún, de una fase de comprobación a campo y con material de dimensiones comerciales.

BIBLIOGRAFIA

- Cao Q. (1993) Estimating coefficients of base-age-invariant site index equations. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 2343-2347.
- Carbon J.M. (1957) Shelterbelts and microclimate. *For Comm Bull N°29*, Edinburg, 135 pp.
- Davel M., Menoyo H., Mombelli O. (1993) Resultados preliminares de ensayos de cultivares de *Populus nigra* en cortinas protectoras de la zona de Esquel, Provincia del Chubut. *Actas Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, 10 pp. Comisión VI Bosques de Cultivo. Paraná, Entre Ríos.
- Davel M.M., Fernández M.V., Gabriel J.C., Nuñez H.R., Peri P.L., Alonso M.V. (2010) Bases para el desarrollo de un proyecto forestal con plantaciones de álamos en el valle irrigado de Gobernador Gregores, Argentina. *Actas I Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*, 15 pp. Coyhaique, Chile, 27 al 29 de Octubre de 2010.
- De Sy V. (2009) Spatial modeling of windbreak effects on wind erosion in South Patagonia, Argentina. Tesis Master of Science in Soil Science at Wageningen University, the Netherlands, 60 pp.
- Díaz B., Luna M.L., Keil G.D., Otaño M.E., Peri P.L. (2002) Comportamiento de la madera de *Populus nigra cv. itálica* ante la preservación con creosota y CCA. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 11 (2): 325-338.
- Díaz B., Murace M., Peri P.L., Keil G., Luna L., Otaño M. (2003) Natural and preservative-treated durability of *Populus nigra cv. italica* timber grown in Santa Cruz province, Argentina. *International Biodeterioration and Biodegradation (Elservier)* 52(1): 43-47.
- Duncan D.P. (1950) Tree Windbreaks for the Orchard. En: Van Eimern J. *Windbreaks and Shelterbelts*. World Meteorological Organization, Génova, 1964.
- FAO (1980) Los Álamos y los Sauces. Colección FAO: Montes N° 10.
- Folquer F. (1986) La frutilla o Fresa. Estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio Sur. 150 p

- Guyot G., Elejabeitia P. (1970) Los cortavientos en Agricultura. Cuaderno N^o4. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro, Zaragoza, España, 64 pp.
- Kawamura R. (1964) Study of Sand Movement by Wind. Hydraulic Eng. Lab. Rep. Number HEL-2-8, Berkeley. University of California, pp. 99-108.
- Keil G., Díaz B., Otaño M., Murace M., Peri P.L. (2001) Durability of preservative-treated *Populus nigra* cv. *italica* timber cultivated in Santa Cruz, Argentina. Proceedings Fourth Latin American Biodeterioration and Biodegradation Symposium. Buenos Aires, 16-20 abril 2001. Trabajo completo (5 pp.) publicado en CD. Resumen en Abstract Book pp. 127.
- Kort J. (1988) Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22/23: 165-190.
- Luna M.L., Díaz B., Keil G.D., Otaño M.E., Peri P.L. (2000) Relación entre las características anatómicas y la absorción de CCA en madera de *Populus nigra* cv *italica* cultivado en la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Gayana Botánica* 57: 62. (Comunicación).
- Menoyo H., Mombelli O., Jones N. (1993) Estudio de las masas naturales del género *Salix* en dos zonas de la provincia del Chubut. Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Paraná, Entre Ríos, Argentina. 11 pp.
- Monelos L., Peri P.L. (1997) Efecto de las cortinas cortaviento sobre la producción de cerzas en Los Antiguos, Provincia de Santa Cruz. Informe Técnico. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Convenio INTA-UNPA-CAP. Río Gallegos, 1997. 10 pp.
- Monelos L., Peri P.L. (1998) Incidencia del efecto protector de las cortinas cortaviento en la producción de cerezas (*Prunus avium* var Bing) en Patagonia Sur. Proceeding Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Tema 2 (10): Sistemas Integrados de Producción y Desarrollo Rural. Valdivia, Chile. 22-28 de Noviembre de 1998.
- Monelos L., Díaz B., Keil G., Otaño M., Peri P.L., Carranza M., Baetti C. (2000) Preservación y durabilidad de la madera de *Populus nigra* cv *italica* (álamo criollo) para uso de postes en la provincia de Santa Cruz. Actas Congreso la Inserción de la Universidad en el Medio Rural. Facultad de Cs. Agrs. y Ftiles, UNLP, La Plata, 26 y 27 de Octubre 2000.
- Nicholas N., Zedaker S. (1992) Expected stand behavior: site quality estimation for southern Appalachian red spruce. *Forest Ecology and Management* 47: 39-50.
- Nolting J. (1989) Rendimiento de madera de montes comerciales de Álamos en el Alto Valle de Río Negro. Informe Técnico INTA. EEA Alto Valle de Río Negro.
- Otaño M., Keil G., Marlats R., Luna L. (1996) Comportamiento de la madera de distintos clones del género *Populus* L sometida al tratamiento de vacío-presión con sales hidrosolubles. Proceedings of the 20th International Poplar Commission, Vol. I, pp. 65-72.
- Otaño M., Díaz B., Keil G., Luna L., Murace M., Peri P.L. (2001) Natural durability of untreated *Populus nigra* cv. *italica* timber grown in Santa Cruz, Argentina. Proceedings Fourth Latin American Biodeterioration and Biodegradation Symposium. Buenos Aires, 16-20 abril 2001. Trabajo completo (5 pp.) publicado en CD. Resumen en Abstract Book pp. 128.
- Parigiani J. (2009) Modelling wind-blown sediment transport in the agricultural valleys of southern patagonia. Tesis Master of Science in Soil Science at Wageningen University, the Netherlands, 55 pp.
- Peri P.L. (1993) Inventario Forestal de Cortinas Cortaviento en Ea La Julia, Santa Cruz. Dirección de Bosques del CAP. 54 pp.
- Peri P.L. (1996) Cortinas forestales protectoras: Características e influencia en los cultivos. *Revista Tiempo Ecológico ECOPASUR* 1 (2): 7-8.
- Peri P.L., Utrilla V. (1997) Efectos de cortinas cortaviento sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* cv. Dawson) en la provincia de Santa Cruz, Argentina. In: Proceedings II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, pp 59-65. Misiones, Argentina, 13-15 August 1997.
- Peri P.L., Martínez Pastur G. (1997) Growth and production models of *Populus nigra* cv *italica* in Argentine Patagonia windbreaks. Proceedings of the XI World Forestry Congress. Vol. 2-C. (Protective and Environmental Functions of the Forests). Antalya (Turquía), 13-22 de octubre de 1997.
- Peri P.L., Cittadini E., Romano G. (1997a) Efecto de cortinas cortaviento sobre la producción de ajo violeta en la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Revista Espacios Unidad Académica Río*

- Gallegos - UNPA 10: 6-10.
- Peri P.L., Monelos L., Heinz E. (1997b) Ensayos de Introducción de clones de Salicáceas en la provincia de Santa Cruz. Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo Bosque Cultivado. Posadas, Misiones.
- Peri P.L. (1998) Eficiencia de cortinas protectoras: Efectos de parámetros estructurales en la reducción del viento, provincia de Santa Cruz, Argentina. Quebracho 6: 19-26.
- Peri P.L., Martínez Pastur G. (1998) Crecimiento en cortinas cortaviento de *Populus nigra cv. italica* en Patagonia, Argentina. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 7: 73-83.
- Peri P.L., Monelos L. (1998) Ensayos de introducción de clones de salicáceas en Patagonia Sur. In: Proceedings Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Tema 2 (14): Sistemas Integrados de Producción y Desarrollo Rural. Valdivia, Chile, 22-28 November 1998.
- Peri P.L., Cittadini E., Espina H., Romano G. (1998a) Incidencia del efecto protector de cortinas forestales en la producción de frutilla variedad Fern en Santa Cruz, Argentina. In: Proceedings Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Tema 2 (13): Sistemas Integrados de Producción y Desarrollo Rural. Valdivia, Chile, 22-28 November 1998.
- Peri P.L., Battro P., Sendín M. (1998b) Uso de modelos de crecimiento en cortinas cortaviento de *Populus nigra cv italica*, relacionado a las características de suelos y al inventario de existencias, en el valle inferior del río Chubut. Publicación Técnica Forestal N° 10 Convenio UNPA-INTA-CAP. 18 pp.
- Peri P.L., Cittadini E., Romano G., Fernández Clark M.E. (2000) Efecto de cortinas cortaviento sobre la producción de bulbos de tulipanes en Santa Cruz, Argentina. Technical Forestry Report N° 30 Convenio INTA-UNPA-CAP. 10 pp.
- Peri P.L., Bloomberg M. (2002) Windbreaks in South Patagonia- Growth models, windspeed reduction and effects of shelter on crops. *Agroforestry Systems* 56: 129-144.
- Peri P.L. (2006) Protección del viento y su efecto sobre la producción de fruta. En: El Cultivo de Cerezos en Patagonia Sur: Tecnología de manejo, empaque y comercialización (Eds. Cittadini E.D. y San Martino L.), pp. 45-58. Editorial Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires. ISBN 13: 978-987-521-220-6.
- Peri P.L., Monelos H.L., Sepulveda E., Arriola H.D. (2009) Resultados Finales de Ensayo de Introducción de Clones de Salicáceas en el Noroeste de la Provincia de Santa Cruz. Actas Jornadas de Salicáceas, 7 pp., Comisión Nacional del Álamo - Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, 15-17 Abril 2009.
- Sanhueza Silva F. (1996) Indicaciones para el cultivo del Álamo. Documento técnico NE 98. Chile Forestal.
- Sangiacomo M.A. (1980) La Frutilla. INTA Estación Experimental Regional Agropecuaria San Carlos de Bariloche. 62 p.
- Utrilla V., Peri P.L. (2010) Efecto de la protección forestal en la producción de cultivares de alfalfa en Patagonia Sur. *Revista Argentina de Producción Animal* 30: 417-418
- Zhang H., Brandle J.R., Meyer G.E., Hodges L. (1995) A model to evaluate windbreak protection efficiency. *Agroforestry Systems* 29: 191-200.