

Volumen 23 N° 1
Abril 2017

ISSN 0718 - 4530 Versión impresa
ISSN 0718 - 4646 Versión en línea

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR

VOLUMEN 23 N° 1

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

Abril 2017

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una revista científica, arbitrada, periódica y seriada del Instituto Forestal, Chile, que es publicada en abril, agosto y diciembre de cada año.

Director	Fernando Rosselot Téllez	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez Caro	INFOR	Chile
	Juan Carlos Pinilla Suárez	INFOR - IUFRO	Chile
Comité Editor	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	Mónica Gabay	SAYDS	Argentina
	Heinrich Schmutzhenhofer	IUFRO	Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	Sebastiao Machado	UFPR	Brasil
	Antonio Vita	UCH	Chile
	Juan Gastó	UC	Chile
	Miguel Espinosa	UDEC	Chile
	Sergio Donoso	UCH	Chile
	Vicente Pérez	USACH	Chile
	Camilo Aldana	CONIF	Colombia
	Glenn Galloway	CATIE	Costa Rica
	José Joaquín Campos	CATIE	Costa Rica
	Ynocente Betancourt	UPR	Cuba
	Carla Cárdenas	MINAMBIENTE - IUFRO	Ecuador
	Alejandro López de Roma	INIA	España
	Isabel Cañelas	INIA - IUFRO	España
	Gerardo Mery	METLA - IUFRO	Finlandia
	Markku Kanninen	CIFOR	Indonesia
	José Antonio Prado	MINAGRI	Chile
	Concepción Lujan	UACH	México
	Oscar Aguirre	UANL	México
	Margarida Tomé	UTL - IUFRO	Portugal
	Zohra Bennadji	INIA - IUFRO	Uruguay
	Florencia Montagnini	U. Yale - IUFRO	USA
	John Parrotta	USDA FS - IUFRO	USA
	Oswaldo Encinas	ULA	Venezuela
	Ignacio Díaz-Maroto	USC	España

Dirección



Instituto Forestal
Sucre 2397 - Casilla 3085 - Santiago, Chile
Fono 56 2 3667115 Fax 56 2 2747264
Correo electrónico sbarros@infor.gob.cl

La Revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal, INFOR, Chile.

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE PEUMO (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser) DE DISTINTAS LOCALIDADES DE LA REGIÓN DEL BIO BIO

Chung, Patricio¹; Gutiérrez, Braulio¹; Benedetti, Susana²

RESUMEN

Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser) es una especie endémica de Chile, perteneciente a la familia *Lauraceae*. Esta familia agrupa a numerosas especies distribuidas principalmente en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. En el país peumo se distribuye entre las provincias del Limarí, región de Coquimbo, y Cautín, región de La Araucanía, desde la cordillera de la costa hasta la cordillera de Los Andes donde puede alcanzar altitudes de hasta 1500 msnm.

Su uso es amplio, se la emplea como planta medicinal para una serie de enfermedades; sus frutos son comestibles; su madera es utilizada como combustible en forma de leña o carbón, para la elaboración de parqué, utensilios para la agricultura, hormas para zapatos y tacos, y también se la usa como especie ornamental por su follaje y vistosos frutos rojos.

Se presenta una síntesis de un estudio de caracterización morfológica de frutos de peumo colectados en 10 localidades de la región del Biobío. Se entregan antecedentes de la variabilidad entre localidades para variables de tamaño, forma y peso de frutos completos de peumo, de sus semillas y de la pulpa de los mismos.

Se concluye que las variables están relacionadas entre sí, que existen diferencias estadísticamente significativas entre localidades, y que en general los frutos de mayor tamaño, peso contenido de pulpa y peso de sus semillas son los correspondientes a la zona de Quillón.

Las implicancias de estos resultados pueden resultar de interés, como cuantificación inicial de la variabilidad de los frutos de peumo, para generar programas de selección y mejoramiento orientados a mejorar características particulares de los mismos, como es el grosor de la pulpa, el calibre de los frutos u otros relacionados, que tengan incidencia en la productividad y rendimiento de compuestos extraíbles de los frutos o en otros usos de los mismos.

Palabras clave: Peumo, *Cryptocarya alba*, variabilidad de frutos, región del Bio Bio.

¹ Instituto Forestal, sede Bio Bio. pchung@infor.cl; bgutierr@infor.cl

² Instituto Forestal, sede Metropolitana. sbenedet@infor.cl

SUMMARY

Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser) is a Chilean endemic tree of the *Lauraceae* family which includes a number of species over the world tropical and subtropical areas. Its natural distribution covers areas between the Limarí province, Coquimbo region, to the Cautín province, Araucanía region, from the coastal zones to the Andes ranges where the species can reach up to 1,500 masl.

The species has a wide range of uses; medicinal plant, edible fruits, fuelwood and charcoal; wood for parquet, agricultural tools and shoe moulds, and ornamental uses due to its foliage and attractive red fruits.

Results of a morphological study on the Peumo fruits at de Bio Bio region are presented. Fruits were collected from ten provenances in the region and information on fruits, pulp and seeds variability in size, form and weight is analysed.

It is concluded that those variables are related between them, significant differences between provenances are found and the higher values on fruits size, weight and pulp contents, as well as on its seeds weight, correspond to the Quillón provenances.

The found variability on the fruits could be of interests as a first approach to generate selection and improvement programmes oriented to better particular characteristics, such as pulp thickness, fruit size or others, which can improve the yield and productivity of removable compounds from the fruits or other uses of them.

Key Words: Peumo, *Cryptocarya alba*, Fruits variability, Bio Bio Region

INTRODUCCIÓN

Los bosques naturales de la región del Bio Bio presentan un alto potencial para desarrollo económico, social y ambiental. Entre los productos asociados a estos bosques resaltan los frutos silvestres, los cuales poseen múltiples aplicaciones y usos. Entre tales frutos destacan particularmente los de peumo, respecto de los cuales se registran diversos usos y conocimientos tradicionales que no están suficientemente difundidos ni aprovechados, valorándose a la especie fundamentalmente por su uso como fuente de leña y carbón.

Peumo es una especie que tiene distintos usos en el ámbito rural, uno de ellos es el consumo de sus frutos. Los frutos de esta especie son aromáticos, comestibles y presentan principios antioxidantes. Los frutos también se han utilizado en gastronomía para la fabricación de postres (Boragó, 2011). Por su parte, las hojas se utilizan como infusión en enfermedades hepáticas (Montes, 1987), en hemorragias y reumatismos (Vogel *et al.*, 2008). Con las semillas molidas se preparan pomadas para el tratamiento de afecciones ginecológicas y para dolencias abdominales derivadas de enfriamientos (Ibaca, 2001), atribuyéndoseles también propiedades para aliviar los dolores articulares y musculares cuando se aplican en forma de compresas (Barreau y Salas, 2009). Las propiedades medicinales de esta planta se pueden explicar por la presencia del tanino, que posee cualidades astringentes, y por el aceite esencial que contienen

En tal contexto, existe el interés y el desafío por desarrollar técnicas adecuadas y amigables con el medio ambiente que permitan producir y aprovechar sustentablemente los frutos de peumo, generando productos diversificados, de buena calidad y con un *stock* permanente, que los lleve a obtener mayor valor agregado y asegure su permanencia en los mercados nacionales e internacionales. Para tal efecto, así como para iniciar el mejoramiento genético de los atributos de interés de los frutos de peumo, se requiere conocer información respecto de su variabilidad. Por lo mismo, en este documento se realiza una caracterización y evaluación de la variabilidad morfológica exhibida por los frutos de esta especie, en diferentes procedencias de su distribución natural en la región del Bio Bio.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una búsqueda de especímenes adultos de peumo, en etapa de fructificación, con el propósito de extraer manualmente muestras de frutos para los análisis respectivos en laboratorio. Una vez seleccionado los árboles y colectados los frutos, se registro información dasométrica del árbol (altura, diámetro) y características del punto de muestreo (coordenadas, altitud, exposición tipo de suelo, posición fisiográfica) (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
CARACTERIZACIÓN DE SITIOS PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE FRUTOS

Origen	Sector	Coordenadas		Altitud (msnm)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Tipo de Suelo	Exposición	Ubicación
		Latitud	Longitud						
1	Colico Km 7,5	37° 21' 00" S	72° 50' 58" O	105	16	29	Arcilloso	SE	Fondo Ladera Camino
2	Nacimiento-Los Patos 1	37° 27' 42" S	72° 55' 41" O	340	13	45	Limo arcilloso	SE	Deslinde Parcela
3	Nacimiento-Los Patos 2	37° 27' 42" S	72° 55' 41" O	340	15	26,8	Limo arcilloso	SE	Deslinde Parcela
4	Quilleco	37° 28' 14" S	77° 58' 49" O	335	8	18	Trumao	Plano	Plaza Ciudad
5	Quillón-1	36° 44' 32" S	72° 28' 04" O	60	14	38,4	Limo arcilloso	Plano	Plazoleta Ciudad
6	Quillón-2	36° 44' 32" S	72° 28' 04" O	60	8	21,6	Limo arcilloso	Plano	Plazoleta Ciudad
7	Parque Cuyamahuída	36° 49' 32" S	72° 43' 52" O	228	10	14	Arcilloso	SE	Fondo de Ladera
8	Collico Km 50-1	36° 49' 20" S	72° 44' 31" O	190	13	15	Limo arcilloso	NE	Media Ladera Camino
9	Collico Km 50-2	36° 49' 20" S	72° 44' 31" O	177	12	20	Limo arcilloso	SE	Ladera Camino
10	Los Patos-Cipriano	37° 27' 42" S	72° 55' 41" O	320	7	15	Arcilloso	Plano	Deslinde Parcela

Para efectos de transporte, cada muestra se envasó en bolsas de papel para evitar la condensación y posterior proceso de pudrición de los frutos. Cada bolsa fue identificada con el código de registro tomado en terreno, para posteriormente colocarlas en un contenedor sellado a una temperatura de 3-5°C y finalmente transportarlas a laboratorio para su almacenamiento, procesamiento y evaluación.

A cada una de las muestras se le calcularon los siguientes parámetros: Peso húmedo y peso seco del fruto, la semilla y la pulpa; largo y ancho del fruto; y espesor de la pulpa (Figuras N° 1, 2 y 3).



Figura N° 1
MEDICIÓN DEL ANCHO DEL FRUTO



Figura N° 2
ASPECTO DE LA SEMILLA Y PULPA



Figura N° 3
VARIABILIDAD DE FRUTOS EN TAMAÑO Y FORMA DE LAS SEMILLAS Y GROSOR DE LA PULPA

Para la medición del largo y ancho de los frutos, así como para el espesor de pulpa se utilizó un pie de metro digital, realizándose varias mediciones bajo distintos ejes, para luego obtener una medición promedio, evitando o minimizando así errores por algunas deformaciones particulares del fruto.

En relación al secado de las muestras, se utilizó una estufa automática, dejando las muestras envueltas en papel de aluminio a una temperatura de 80°C por 48 horas, para luego ser pesadas en una balanza de precisión.

Con las variables indicadas se construyeron índices que explican la variabilidad observada en mejor forma que las variables individuales por si solas. Los índices construidos fueron: Índice de forma (Largo del fruto/ancho del fruto), índice de humedad del fruto (peso húmedo/peso seco del fruto), índice de humedad de la semilla (peso húmedo/peso seco de la semilla), índice de humedad de la pulpa (peso húmedo/peso seco de la pulpa).

Las mediciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Micología del Instituto Forestal, Sede Biobío.

Los datos obtenidos de las variables e índices se analizaron estadísticamente utilizando para ello el software estadístico INFOSTAT ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Forma del Fruto

El índice de forma es un indicador de la relación entre el largo y ancho de los frutos, donde valores más altos indican frutos de forma más alargada, en tanto que valores más bajos son indicativos de frutos más cortos o redondeados.

En el Cuadro N° 2 se muestra la diferenciación estadística entre los orígenes evaluados, observándose la formación de 5 grupos con diferencias significativas entre ellos. Lo anterior indica una importante variación entre procedencias, en términos de tamaño (largo y ancho de frutos) y forma de los mismos (índice de forma).

Destacan con el mayor tamaño y forma más alargada los frutos del origen Quillón 2. En la Figura N° 4 se muestra fotografía que ilustra la variación en tamaño y forma de los frutos.

En términos de tamaño, los frutos más grandes en largo y ancho son los de las procedencias Quillón-1 y Quillón-2, los que también resultan ser los de mayor peso (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 2
LARGO, ANCHO E ÍNDICE DE FORMA DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Procedencia	n	(a) Largo (mm)	(b) Ancho (mm)	Índice de Forma (a/b)
Nacimiento-Los Patos 1	30	16,61 b	12,32 f	1,35 a
Collico Km 50-2	30	13,50 a	9,89 b	1,37 a
Los Patos-Cipriano	30	16,72 b	12,08 f	1,39 a
Colico Km 7,5	30	14,04 a	9,52 a	1,48 b
Collico Km 50-1	30	17,69 c	11,91 f	1,49 b
Nacimiento-Los Patos 2	30	17,41 c	10,72 c	1,63 c
Parque Cuyanmahuida	30	18,24 d	11,13 d	1,64 c
Quilleco	30	19,18 e	11,60 e	1,66 c
Quillón-1	30	22,48 f	12,09 f	1,86 d
Quillón-2	30	24,45 g	12,08 f	2,03 e

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (Scott y Knott, $p <= 0,05$)



Figura N° 4
ASPECTO GENERAL DE LA VARIACIÓN EN TAMAÑO Y FORMA
DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Índice de Humedad del Fruto

El índice de humedad de los frutos presenta una variación significativa entre las procedencias evaluadas (Cuadro N° 3). Valores altos en este índice indican mayor contenido de humedad en los frutos antes de su secado, mientras que valores cercanos a uno indican que los frutos poseen un contenido de humedad muy bajo.

En términos de porcentaje de contenido de humedad los frutos de peumo varían entre 40 y 51%, pero para efectos de diferenciación estadística se utilizó el índice de humedad en vez del contenido de humedad en porcentaje. En cuanto a peso seco y peso húmedo, los mayores valores corresponden a los frutos de las procedencias Quillón-1 y Quillón-2.

El peso húmedo de los frutos es muy importante al influir en la producción de plantas en vivero, por estar directamente relacionado con el número de semillas por kilogramo. Este dato permite la planificación en vivero, al conocerse la cantidad por procedencia para la producción programada. Si se toma el peso húmedo de las semillas, los orígenes que presenta menos semillas por kilogramo son los obtenidos desde la localidad de Quillón (Quillón-2 y Quillón-1), por cuanto sus frutos son más grandes y pesados; mientras que la que posee la mayor cantidad de semillas por kilogramo es la originaria de la localidad de Colico (Colico km 7,5), con frutos más pequeños y livianos.

Este índice de humedad podría ayudar en futuros trabajos que tengan relación con la extracción de elementos nutricionales y/o medicinales desde los frutos de peumo. Estudios tendientes a determinar la relación entre el grado de madurez de los frutos y la magnitud del índice calculado, podrían tener una relación significativa con las magnitudes en las concentraciones de ciertos elementos de importancia que pudieran contener los frutos, como son las concentraciones de vitaminas o ácidos grasos, entre otros, para un origen o individuo determinado.

Cuadro N° 3
PESOS HÚMEDO, PESO SECO E ÍNDICE DE HUMEDAD DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Sector	n	(a) Peso Húmedo (g)	(b) Peso Seco (g)	Índice de humedad (a/b)	Frutos (N°/kg)	Contenido de Humedad (%)
Collico Km 50-1	30	1,64 d	0,97 d	1,69 a	610	40,9
Collico Km 50-2	30	0,90 a	0,53 a	1,72 a	1111	41,6
Parque Cuyanmahuida	30	1,46 c	0,85 c	1,73 a	685	41,7
Los Patos-Cipriano	30	1,54 c	0,90 d	1,73 a	649	41,8
Colico Km 7,5	30	0,85 a	0,49 a	1,74 a	1176	42,4
Quilleco	30	1,74 d	0,96 d	1,82 b	575	44,5
Nacimiento-Los Patos 1	30	1,52 c	0,80 c	1,90 c	658	47,2
Quillón-2	30	2,33 f	1,19 f	1,96 c	429	48,9
Quillón-1	30	2,11 e	1,03 e	2,06 d	474	51,0
Nacimiento-Los Patos 2	30	1,35 b	0,66 b	2,06 d	741	51,2

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (Scott y Knott, $p \leq 0,05$)

Índice de humedad de la Semilla

El análisis estadístico del índice de humedad de la semilla permite segregar dos grupos de procedencias con diferencias estadísticamente significativas (Cuadro N° 4).

En términos de peso seco, los mayores valores corresponden a las semillas de las procedencias Quillón-2, Collico-1, Los Patos y Parque Cuyanmahuida.

Cuadro N° 4
PESO HÚMEDO, PESO SECO E ÍNDICE DE HUMEDAD DE SEMILLAS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Origen	n	(a) Peso Húmedo (g)	(b) Peso Seco (g)	Índice de Humedad (a/b)	Semillas (N°/kg)	Contenido de Humedad (%)
Los Patos-Cipriano	30	1,17 c	0,74 d	1,59 a	855	36,9
Parque Cuyanmahuida	30	1,29 c	0,80 d	1,61 a	775	38,0
Colico Km 7,5	30	0,68 a	0,42 a	1,63 a	1471	36,9
Quilleco	30	1,08 b	0,67 c	1,63 a	926	37,3
Collico Km 50-1	30	1,25 c	0,75 d	1,67 a	800	40,0
Collico Km 50-2	30	0,60 a	0,36 a	1,70 b	1667	40,9
Nacimiento-Los Patos 2	30	1,10 b	0,64 c	1,73 b	909	42,1
Quillón-2	30	1,35 c	0,77 d	1,75 b	741	42,6
Quillón-1	30	1,22 c	0,69 c	1,77 b	820	43,2
Nacimiento-Los Patos 1	30	0,98 b	0,55 b	1,79 b	1020	44,1

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (Scott y Knott, $p <= 0,05$)

Índice de humedad de la Pulpa

Los análisis de peso de la pulpa indican que los orígenes Quillón-1, Quillón-2 y Quilleco, son las que presentan el mayor peso seco en pulpa, lo que indica una condición que podría ser beneficiosa para el uso de los frutos como elemento de trabajo en el área nutricional y de su uso como alimento (Cuadro N° 5). Estas mismas procedencias presentan también el mayor peso húmedo

Cuadro N° 5
PESO HÚMEDO, PESO SECO E ÍNDICE DE HUMEDAD DE LA PULPA DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Origen	n	(a) Peso Húmedo (g)	(b) Peso Seco (g)	Índice de humedad (a/b)	Contenido de Humedad (%)
Quillón-2	30	0,91 d	0,57 e	1,61 a	37,38
Los Patos-Cipriano	30	0,26 a	0,17 b	1,70 a	32,65
Nacimiento-Los Patos 2	30	0,22 a	0,14 b	1,71 a	39,24
Collico Km 50-2	30	0,23 a	0,14 b	1,74 a	39,76
Collico Km 50-1	30	0,30 a	0,16 b	1,94 a	48,15
Quilleco	30	0,79 c	0,39 d	2,04 a	50,59
Colico Km 7,5	30	0,18 a	0,08 a	2,17 a	53,23
Nacimiento-Los Patos 1	30	0,61 b	0,28 c	2,22 a	54,92
Quillón-1	30	0,99 d	0,37 d	2,66 b	62,22
Parque Cuyanmahuida	30	0,22 a	0,07 a	3,57 c	67,61

Medias con letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (Scott y Knott, $p <= 0,05$)

Espesor de la Pulpa

El análisis del espesor de pulpa arroja tres orígenes principales, en relación a la cantidad de pulpa que contienen los frutos, estos son en orden descendente Quillón-2, Quillón-1 y Quilleco (Cuadro N° 6). Estas tres difieren en forma significativa frente a los otros orígenes, pudiendo a través de estas iniciarse un proceso de selección y mejoramiento en relación a aumentar el contenido de pulpa en frutos de peumo.

Además, lo anterior deberá ser complementado con las características nutricionales y/o medicinales que se quiera mejorar o aumentar, pudiendo incluir a algunas otras procedencias que posean una mayor presencia de la características que se desea mejorar y con ello poder combinar a través de un programa de hibridación para la especie.

Cuadro N° 6
ESPESOR DE PULPA DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Origen	n	Medias (mm)
Collico Km 50-1	30	0,35 a
Colico Km 7,5	30	0,36 a
Parque Cuyanmahuida	30	0,42 a
Collico Km 50-2	30	0,45 a
Los Patos-Cipriano	30	0,59 b
Nacimiento-Los Patos 1	30	0,92 c
Nacimiento-Los Patos 2	30	0,96 c
Quilleco	30	1,15 d
Quillón-1	30	1,18 d
Quillón-2	30	1,25 d

Medias con letra común en la misma columna no son significativamente diferentes (Scott y Knott, $p \leq 0,05$)

Comparación Simultánea de las Principales Variables Evaluadas

Aun cuando no se determinaron coeficientes de correlación, resulta evidente que las variables evaluadas están altamente correlacionadas entre sí, resultando natural que los frutos más grandes sean su vez los más pesados, y que los frutos de mayor envergadura posean mayor cantidad de pulpa tanto en peso como en espesor, así como semillas de mayor peso que las de los frutos más pequeños.

En la Figura N° 5 se resume la variación expresada por los frutos de los diez orígenes considerados en la evaluación, destacándose a los procedentes de la zona de Quillón como los de mayor tamaño, peso y contenido de pulpa.

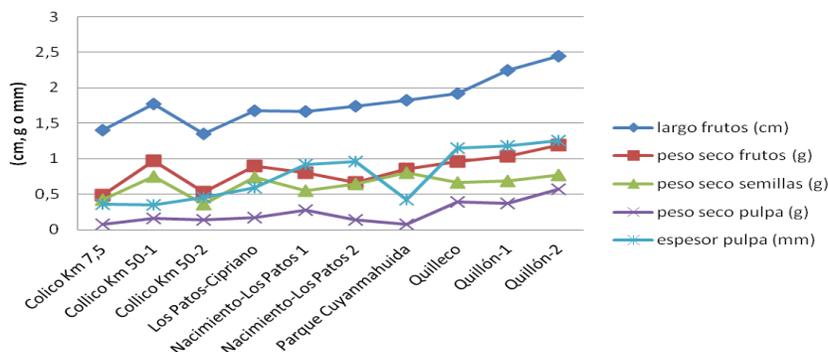


Figura N° 5
VARIACIÓN DE FRUTOS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

CONCLUSIONES

Se confirma una gran variabilidad de los frutos de distintos orígenes respecto a forma, espesor de pulpa, tamaño del fruto, además de la relación peso húmedo/peso seco en relación al fruto, semilla y pulpa.

Los orígenes que más destacan tanto desde el punto de vista del tamaño como del de la cantidad de pulpa del fruto son Quillón-2, Quillón-1 y Quilleco. Este material podría ser el inicio, junto con una mayor selección de otros individuos, para un programa de mejoramiento genético que busque propiciar el aumento de una o varias características particulares que se quieran mejorar en plantas de peumo, pudiendo buscar objetivos como su uso como alimento, medicinal o la producción de sustancia químicas para usos diversos.

De los estudios realizados, resalta la necesidad de realizar otros estudios que consideren los aspectos nutricionales y químicos en relación al tipo de fruto y origen de estos. Por otro lado, la potencialidad de peumo como una especie fruto forestal deberá ser analizada, con el propósito de establecer futuros programas de mejoramiento, que implique el desarrollo del fruto como producto alimenticio y la posible extracción y elaboración de productos de tipo medicinal.

Las variaciones que se presentaron entre los orígenes de los frutos, para una pequeña muestra dentro de la extensa distribución de esta especie, lleva a pensar que existiría una gran variabilidad en torno a las poblaciones existentes en el país. La diversidad de situaciones de suelo y clima refleja una alta diversidad poblacional y posiblemente de individuos, que bajo trabajos de selección y mejoramiento pudieran presentar ciertas ventajas comparativas entre individuos para objetivos específicos de uso de la especie.

REFERENCIAS

Barreau, A. y Salas, V., 2009. Plantas que Curan, Compartiendo Vivencias y Saberes. Medicina Campesina de la Región del Bio Bio. TAC- Forestal Mininco. 73 p.

Boragò Restaurant, 2011. Endémica. <http://www.borago.cl/blog/category/chile> (obtenido el 23 de agosto de 2012).

Ibaca, R., 2001. Monografía de Árboles y Arbustos Chilenos con Propiedades Medicinales Aromáticas. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. 246 p.

Montes, M., 1987. Aspectos de la Medicación Popular en la Región del Bio Bio, Chile. Acta Farm. Bonaerense. 6(2): 115-24.

Vogel, H.; Razmilic, I.; San Martín, J.; Doll, U. y González, B., 2008. Plantas Medicinales Chilenas. Experiencia de Domesticación y Cultivo de Boldo, Matico, Bailahuén, Canelo, Peumo y Maqui. Segunda Edición. Editorial de la Universidad de Talca. 194 p.

PODA PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA DE CALIDAD EN PLANTACIONES DE ÁLAMOS (*Populus spp.*) EN PATAGONIA NORTE DE ARGENTINA

Davel, M. M.³ y Arquero, D. E.⁴

RESUMEN

En el valle del río Negro la producción forestal está íntimamente ligada a la fruticultura, con la madera de álamo se fabrican cajones y bins donde frutas y jugos se envían al mercado local e internacional. Esto hace que la actividad forestal siga los vaivenes de la fruticultura. En los últimos tiempos, para evitar esto, se está pensando en productos alternativos como madera para mueblería y viviendas, entre otros y, para esto, es necesario producir madera de calidad.

Una alternativa incipiente y con potencial, para esta producción en la zona, son los sistemas silvopastoriles. Para producir madera de calidad, estas plantaciones deben ser manejadas desde sus primeras etapas, siendo la poda la principal actividad. En el presente trabajo se estudió el efecto de la aplicación de diferentes intensidades de poda sobre el crecimiento de los árboles y la formación de brotes epicórmicos y se determinaron los momentos oportunos de poda para lograr un diámetro del cilindro con defectos (DCD) constante a lo largo de todo el fuste podado.

Se instalaron dos ensayos de intensidad de poda, uno en la localidad de Añelo (Neuquén) (38° 31' 13,1" S y 69° 01' 56,9" O), en una plantación de *Populus x canadensis* 'I 214', y otro en Lamarque (Río Negro) (39° 30' 28,4" S y 65° 41' 59,4" O), donde la especie plantada es *Populus x canadensis* 'Conti 12', ambas tenían 3 años de edad al momento de la instalación.

Los tratamientos aplicados consistieron en las siguientes intensidades de poda: Poda fuerte (dejando un 25 % de copa verde); Poda intermedia (dejando un 50 % de copa verde); Poda suave (dejando un 75 % de copa verde) y Testigo (sin poda, 100 % de copa verde). Para evaluar diferencias entre tratamientos se realizó un análisis de varianza y para la comparación entre medias de tratamientos, el Test de Tukey.

En cuanto a la intensidad de poda, no se observaron diferencias en el crecimiento en altura en los cuatro años de evaluación. Si hubo diferencias en el crecimiento en diámetro, durante los primeros tres años, entre la poda fuerte y el testigo en 'I 214' y entre la poda fuerte y, la poda suave y el testigo, en 'Conti 12'. Estas diferencias no se observaron al cuarto año.

En cuanto al número de brotes hubo un incremento a medida que aumenta la intensidad de poda, observándose diferencias, en los dos primeros años, que desaparecen al tercer año.

Para determinar el momento oportuno de realizar cada levante, además de la información de los ensayos, se instalaron 12 parcelas permanentes cubriendo diferentes condiciones de sitio y clones presentes en el área. Con la información obtenida se ajustaron modelos que permiten estimar el diámetro en la base de la copa viva a partir de otras variables de más fácil medición como el DAP en la primera poda y el DAP y la altura de poda en los levantes siguientes. Estos modelos fueron validados mediante medidas de error (REMC) y sesgo (DIFA).

En base a los resultados obtenidos se recomienda aplicar podas entre fuertes e intermedias, es decir, dejando entre el 25 y 50 % de copa viva. Podar más suave implica: un mayor número de entradas al monte para alcanzar la misma altura de poda; un aumento importante en el DCD con los distintos levantes de poda; un incremento en el grosor de las ramas y similares crecimientos en diámetro y altura de los árboles que en las podas más fuertes. En base a los

³ MSc. Ingeniero Forestal. CIEFAP, Esquel, Argentina. mdavel@ciefap.org.ar

⁴ Ingeniero Forestal. CIEFAP, Esquel, Argentina. darquero@ciefap.org.ar

modelos ajustados, la primera poda se debe realizar cuando los árboles más grandes del rodal alcanzan los 5 cm de DAP y, los levantes siguientes, cuando el diámetro en la base de la copa viva, también de los árboles más grandes, llegue a los 8-9 cm, de esta forma se obtendría un DCD constante de entre 12 y 14 cm a lo largo de todo el fuste podado.

Palabras clave: *Populus x canadensis* 'I 214', *Populus x canadensis* 'Conti 12', Severidad de podas, Madera libre de nudos, Patagonia.

SUMMARY

In the Black River Valley the forest production is intimately linked to fruits production; Poplar wood crates for fruits and juices that are sent to the local and international market. This is the reason why forestry follows high and low fruit production. To avoid this, alternative products, as furniture and houses, among others, are analysed and for this kind of purposes clear wood has to be produced.

An alternative emerging and potential management to face that objective in the area is the use of silvopastoral systems. To produce clear wood the plantations are to be managed from its early stages, being pruning the main practice. In this work, the effect of different pruning severities application on trees growth and adventitious (epicormic) shoots formation was studied, as well as the appropriate time of pruning to obtain a constant cylinder with defects (knotty core) diameter.

To achieve the first objective two pruning severity trials were installed; one at Añelo (Neuquén) (38° 31' 13.1" S and 69° 01' 56.9" W), in a *Populus canadensis* 'I 214' plantation, and another at Lamarque (Río Negro) (39° 30' 28.4" S and 65° 41' 59.4" W), where planted species is *Populus canadensis* 'Conti 12'. Both plantations were 3 years old at the trials establishment.

Pruning severities applied were heavy (leaving 25% green crown), intermediate (leaving 50% green crown), light (leaving 75% green crown) and control trees (no pruning, 100% green crown). To evaluate differences between treatments a variance analysis was performed and to compare treatment means a Tukey test was applied.

Regarding to pruning severity, there were no differences in height growth over the four measurement years. There were differences in the diameter growth, during the first three years, between heavy pruning and control in 'I 214' and between heavy pruning, light pruning and the control, in 'Conti 12'. These differences were not observed in the fourth year. Regarding to the adventitious shoots number there was an increase when the pruning severity is stronger, with differences in the first two years, which disappear in the third year.

To determine the lifting times, information from the trials was used and also 12 permanent plots covering different conditions of sites and clones present in the area were established. Models were adjusted to allow the estimation of the diameter at the base of the green cup based on other variables of easier measurement, as the DBH in the first pruning and DBH and height of the following lifts. These models were validated using measures of error and bias.

Based on the obtained results it is recommended to apply pruning between heavy and intermediate, leaving 25% to 50% of green crown. A lower severity implies a greater number of entries to the forest to obtain the same pruning height; a significant increase in the knotty core with the different pruning lifts; and an increase in the diameter of the branches and similar growth in diameter and height. On the basis of the obtained models, the first pruning lift should be done when the largest trees in the stand have a DBH of 5 cm, and the following pruning lifts, when diameter at the base of the green cup has 8-9 cm. That way, a constant DCD between 12 and 14 cm would be obtained.

Key words: Palabras clave: *Populus x canadensis* 'I 214', *Populus x canadensis* 'Conti 12', Pruning severity, Clear wood, Patagonia.

INTRODUCCIÓN

En la Patagonia argentina las salicáceas son una de las principales productoras de madera dentro de las especies implantadas (Valor Agregado, 2005). En el valle del Río Negro es donde se concentra la mayor superficie forestada con esta especie, con alrededor de 2.800 ha en macizos y 12.150 km de cortinas forestales (Serventi, 2011).

El consumo anual de madera por parte de la industria en el Valle del Río Negro fue en las últimas décadas de 150.000 a 300.000 t/año y el complejo forestal e industrial existente ocupa unos 2.800 empleados permanentes y alrededor de 1.500 temporarios (Serventi y García 2004). En la última década, por problemas de pérdida de competitividad generada por el deterioro del tipo de cambio y la caída permanente de la calidad de la materia prima (madera rolliza), el consumo ha descendido. Otro factor a tener en cuenta, en esta zona, es que la producción forestal está íntimamente ligada a la fruticultura. Con la madera de álamo se fabrican cajones y bins para el envío de frutas y jugos al mercado local y al internacional. La madera producida actualmente se destina en un 50 % de su producción a este fin y, en mucha menor medida, para la fabricación de muebles y materiales para la construcción (García y Serventi, 2012). Esto hace que la actividad forestal siga los vaivenes de la fruticultura. En los últimos tiempos, para evitar esto, se está pensando en productos alternativos, como madera para mueblería y viviendas, entre otros y, para esto, es necesario producir madera de calidad.

Actualmente la mayor parte de la madera producida proviene de cortinas cortaviento sin ningún tipo de manejo. Una alternativa incipiente y con potencial, para la producción de madera de calidad en la zona, son los sistemas silvopastoriles. Serventi (2011) menciona que los cambios y las modificaciones que se están generando en la producción agropecuaria argentina posibilitan la incorporación de nuevas regiones a la actividad productiva. Una situación específica es el caso de la producción ganadera que se ha visto desplazada a zonas que históricamente han sido consideradas como marginales. La región patagónica norte forma parte de este tipo de zonas y tiene gran potencial para asociar la producción de madera de calidad con la ganadería en sistemas silvopastoriles. Mientras se va generando madera de calidad, con turnos que se estiman en 12 – 15 años, se va produciendo en la misma superficie forraje más carne, generando ingresos anuales que permiten mejorar la rentabilidad. La producción de 80 a 100 – 150 kg/ha/año de carne, representa un ingreso muy importante que no se puede dejar de considerar (Serventi, 2011).

Para la producción de madera de calidad, las plantaciones deben ser adecuadamente manejadas desde sus primeras etapas y una de las actividades principales, dentro del manejo, es la poda. Esta tarea, en su aplicación, abarca numerosos temas a considerar, entre los que se encuentran: oportunidad, intensidad y número de levantes y sus efectos sobre el crecimiento y sobre la principal variable indicadora de la calidad del tratamiento, como es el diámetro del cilindro con defectos (DCD).

No existen en la región estudios de poda para estas especies. Casaubon (2004), en el Delta del Paraná, indica que la poda se comienza en general cuando el fuste alcanza los 6 o 7 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP).

Shock *et al.* (2000) muestran resultados de un ensayo de poda en álamos híbridos en Oregón, USA. Los tratamientos consistieron en podas de hasta 2,7 m, 3,6 m y 4,5 m de altura y levantes posteriores de 0,9 m/año hasta los 5,5 m. Se incluyó también un testigo donde los árboles solo se podaron a 1,8 m. Estos tratamientos implicaron una severidad de poda inicial de entre 22 y 47 % de la altura total de los árboles. En ninguno de los casos se produjo una reducción en el crecimiento.

En coníferas existen muchísimos trabajos que analizan número de levantes e intensidades de poda (Sutton y Crowe, 1975; Knowles *et al.*, 1987; Meneses y Velazco, 1992; Rivera y Sobarzo, 1992; Kurtz y Ferruchi, 2000; Todoroki, 2003; Costas *et al.*, 2003; Davel, 2005). Entre los principales resultados generales para las distintas especies surgen los siguientes:

- El diámetro del cilindro con defectos (DCD) y el tamaño de las ramas decrecen al aumentar la severidad y el número de levantes.
- Un incremento pequeño en el DCD debe ser compensado por un incremento de aproximadamente el doble del DAP para producir la misma cantidad de madera libre de nudos.
- Podas más severas que la remoción del 40 – 50% de copa viva producen un efecto negativo importante sobre el crecimiento.
- El número de brotes adventicios o epicórmicos aumenta con la intensidad y frecuencia de las podas y este efecto se ve potenciado con la aplicación de raleos.
- Hay que poner énfasis en obtener un pequeño DCD y no la compensación de un DCD mayor con un turno más largo. Al ser pequeño el DCD y más grande el diámetro final de las trozas, más valiosas serán estas.
- La primera poda es determinante del resultado final. Cuanto menos se pode, más rápido se va a tener que realizar el segundo levante y, por otro lado, cuanto más se pode más se va a ver afectado el crecimiento.

La primera poda tiene importancia fundamental en la definición de la oportunidad de los levantes siguientes. En una poda bien realizada, el diámetro máximo sobre muñón (DMSM) de un determinado levante, debe ser igual al del levante anterior. Si es notoriamente mayor, la poda se convierte en una actividad superflua desde el punto de vista cualitativo y en un costo sin ninguna posibilidad de justificarse en el tiempo (Meneses y Velazco, 1992).

Por otro lado, se debe poner énfasis en obtener un pequeño cilindro con defectos y no la compensación de un cilindro defectuoso mayor con un turno más largo (Knowles *et.al.*, 1987; Todoroki, 2003). Por lo tanto, la estimación del DMSM es de importancia fundamental para determinar el momento exacto de realizar los distintos levantes de poda. Para su estimación existen distintas metodologías propuestas por diferentes autores (Knowles *et.al.*, 1987; Fassola *et al.*, 1999; Andenmatten *et al.*, 2003; Chauchard. 2005).

OBJETIVOS

Estudiar el efecto de la aplicación de diferentes intensidades de poda sobre el crecimiento y la formación de brotes epicórmicos en plantaciones de *Populus*.

Determinar el momento de realización de cada levante de poda para mantener un diámetro del cilindro con defectos constante a lo largo del fuste podado.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de Estudio

El estudio abarca parte del valle medio y alto del río Negro y parte de los valles de los ríos Neuquén y Colorado.

Intensidad de poda

Dentro de este área se realizó la instalación de dos ensayos de intensidad de poda, uno en Añelo, provincia de Neuquén, en una plantación de *Populus x canadensis* 'I 214' y otro en Lamarque, provincia de Río Negro, donde la especie plantada es *Populus x canadensis* 'Conti 12'. Ambas plantaciones corresponden a sistemas silvopastoriles, están localizadas en sitios de

productividad media y tenían 3 años de edad al momento de la instalación de los ensayos (año 2012) (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1
DESCRIPCIÓN DE LOS DOS SITIOS**

Localidad	Distanc. (m)	Especie	Latitud S	Longitud O	Altitud (msnm)	Suelo	
						Prof. (m)	Textura
Lamarque	3x8	Conti 12	39° 30' 28,4"	65° 41' 59,4"	123	1	Areno franco
Añelo	3x8	I - 214	38° 31' 13,1"	69° 01' 56,9"	438	1	Franco arenoso

Diseño Experimental

El diseño del ensayo de Añelo fue de bloques completos al azar, debido a que se observó una diferencia en los crecimientos en altura, en los diferentes bloques, por diferencias en la calidad de sitio. El ensayo de Lamarque fue completamente aleatorizado. Las podas se realizaron en agosto con tijerón y, en el caso de ramas muy gruesas, con serrucho. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento, siendo en total 12 parcelas por ensayo. Cada parcela estaba formada por una parcela de medición interior de 16 árboles y un borde de aproximadamente 8 m.

Los tratamientos aplicados consistieron en distintas intensidades de poda:

- Poda fuerte (Pf): Se podó un 75 % de la altura total de cada árbol, dejando un 25 % de copa verde.
- Poda intermedia (Pi): Se podó hasta un 50 % de la altura, dejando un 50 % de copa verde.
- Poda suave (Ps): Se podó hasta un 25 % de la altura total, dejando un 75 % de copa verde.
- Testigo (T): Sin poda (100 % de copa).

Estos ensayos fueron objeto de podas, extracción de brotes y medición todos los años desde su instalación. La primera medición se realizó al momento de instalar el ensayo, posteriormente se realizaron tres mediciones, una por año, entre mayo y fines de agosto. A cada árbol de la parcela se le midió:

DAP (cm): Diámetro medido a 1,30 m desde el suelo (con cinta diamétrica).

Altura total (HT) (m): Altura total de cada árbol (con vara graduada).

Altura de poda (HPOD) (m): Altura a la que se encuentra la primera rama verde luego de la poda (con vara graduada). Se midió luego de cada levante de poda.

Brotos epicórmicos: Se contó el número de brotes epicórmicos sobre el fuste podado, antes de extraerlos cada año.

Los levantes de poda anuales se realizaron manteniendo las intensidades de poda y hasta llegar a una altura total de poda de 6 m. Las parcelas con intensidades de poda de 50 y 75 % ya llegaron a esa altura, en cambio las podadas al 25 % se deben seguir podando.

Posteriormente, con la información obtenida de los árboles muestra, se evaluó el efecto de la intensidad de poda sobre el crecimiento en DAP y altura y sobre la cantidad de brotes epicórmicos. Para evaluar si las diferencias entre tratamientos eran significativas desde el punto de vista estadístico, se realizó un análisis de varianza y para la comparación entre medias de los distintos tratamientos, el Test de Tukey.

Oportunidad de Cada Levante de Poda

En el caso de los álamos el diámetro máximo sobre muñón (DMSM) no es notorio, por lo que se optó por utilizar como variable indicadora al diámetro en la base del fuste (DBF) para la primera poda y, para los levantes siguientes, el diámetro en la base de la copa viva (DBCV).

La metodología empleada fue la tradicional, que consiste en relacionar estas variables con otras variables independientes de fácil medición. Las variables se relacionan a través de regresiones múltiples, ajustando funciones independientes para la poda baja y para los levantes de poda posteriores.

Las variables analizadas como variables dependientes, para determinar el momento de poda, fueron para la primera poda el DBF y para los levantes posteriores el DBCV. Las variables a introducir como variables independientes fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (HT), el diámetro de la rama viva más gruesa del primer verticilo (DRV) y la altura de poda (HPOD).

La base de datos utilizada estuvo formada por los árboles de los ensayos de intensidad de poda y de una red de parcelas permanentes instaladas en el área en plantaciones podadas. Este análisis se realizó para tres cultivares de *Populus x canadensis* ('Conti 12', 'I-214' y 'Guardi') (Cuadros N° 2 y N° 3).

Cuadro N° 2
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA BASE DE DATOS EMPLEADA PARA EL AJUSTE DE LOS
MODELOS PARA ESTIMAR EL DIÁMETRO EN LA BASE DEL FUSTE (DBF), PARA LAS TRES ESPECIES
ANALIZADAS (PRIMER LEVANTE)

'Conti 12'						
n	Variable	Media	Máximo	Mínimo	Varianza	Desv. Est.
282	DBF (m)	8,4	18,3	2,7	7,7	2,8
	DAP (cm)	6,2	14,3	2,0	4,8	2,2
	DBCV (cm)	6,1	13,8	2,0	5,3	2,3
	HT (m)	6,3	10,8	3,8	2,4	1,6
	DRV (mm)	16,9	30,0	5,0	19,3	4,4
'I-214'						
178	DBF (m)	10,0	19,3	3,2	16,3	4,0
	DAP (cm)	6,7	15,4	1,7	16,0	4,0
	DBCV (cm)	7,6	14,5	2,0	9,8	3,1
	HT (m)	6,6	16,0	2,7	19,9	4,5
	DRV (mm)	26,1	62,0	7,0	86,2	9,3
'Guardi'						
124	DBF (m)	12,1	27,0	3,5	34,9	5,9
	DAP (cm)	9,2	21,1	1,6	25,1	5,0
	DBCV (cm)	5,9	11,3	2,2	5,5	2,4
	HT (m)	8,2	16,0	2,4	14,9	3,9
	DRV (mm)	—	—	—	—	—

Cuadro N° 3
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA BASE DE DATOS EMPLEADA PARA EL AJUSTE DE LOS
MODELOS PARA ESTIMAR EL DBCV PARA LAS TRES ESPECIES ANALIZADAS (LEVANTES
POSTERIORES)

'Conti 12'						
n	Variable	Media	Máximo	Mínimo	Varianza	Desv. Est.
354	DAP (cm)	11,1	19,6	3,2	12,40	3,52
	DBCV (cm)	9,8	19,1	3,0	11,48	3,39
	HPOD (m)	2,5	5,6	1,2	0,70	0,84
'I-214'						
293	DAP (cm)	12,1	19,4	4,5	9,75	3,12
	DBCV (cm)	10,7	21,0	4,0	9,25	3,04
	HPOD (m)	2,5	4,6	0,9	0,92	0,96
'Guardi'						
84	DAP (cm)	10,4	18,4	1,8	19,94	4,47
	DBCV (cm)	9,1	16,4	1,8	11,60	3,41
	HPOD (m)	2,1	2,9	1,1	0,12	0,35

Las variables explicatorias se fueron incorporando en el modelo de regresión múltiple utilizando la técnica paso a paso. La evaluación de los modelos se realizó con el Coeficiente de Determinación (R^2) ajustado por el número de parámetros del modelo. Se realizó un análisis visual del gráfico de residuos para detectar problemas de heterocedasticidad y autocorrelación. Por último, ambos modelos fueron validados mediante medidas de error (REMC) y sesgo (DIFA). Mediante la división por la media de los valores observados y su multiplicación por 100, se obtienen los valores porcentuales (REMC% y DIFA%).

La base de datos utilizada para la validación de los modelos de 'I-214' y 'Guardi', fue la misma base de datos empleada para el ajuste de los mismos, debido a la menor cantidad de datos obtenidos. Para la validación del modelo de 'Conti 12', se empleó una base de datos independiente formada por la información de 77 árboles.

Raíz del error medio cuadrático

$$REMC = \sqrt{\sum(O - E)^2 / n}$$

Diferencia Agregada

$$DIFA = \sum(O - E) / n$$

Donde: O: observado; E: estimado; n: n° de observaciones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre la Intensidad de Poda y el Crecimiento en Diámetro y Altura

En cuanto al crecimiento en diámetro transcurridos tres años se observa, en ambos ensayos, una disminución del mismo a medida que aumenta la intensidad de poda. Esto es más notorio en el 'I-214' (Figura N° 1). Sin embargo, el análisis estadístico, no muestra diferencias significativas para 'I-214' ($p=0,10$) ni para 'Conti 12' ($p=0,22$) considerando el crecimiento medio de los tres años. Durante los años anteriores las diferencias fueron significativas entre la poda fuerte y el testigo en 'I-214' ($p=0,05$) y entre la poda fuerte y la poda suave y el testigo en 'Conti 12' ($p=0,02$).

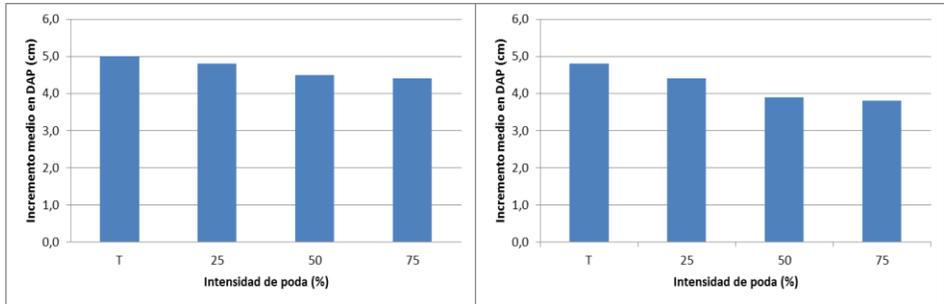


Figura N° 1

INCREMENTO MEDIO EN DAP DE *Populus x canadensis* 'CONTI 12' (IZQUIERDA) Y *Populus x canadensis* 'I-214' (DERECHA), PARA LAS TRES INTENSIDADES DE PODA Y EL TESTIGO, LUEGO DE TRANSCURRIDOS TRES AÑOS DE INSTALADOS LOS ENSAYOS

En cuanto al crecimiento en altura, luego de transcurridos tres años, no se observaron diferencias importantes por efecto de la intensidad de poda en 'I-214'.

En cambio en 'Conti 12' pareciera haber una tendencia de disminución de crecimiento en altura con la intensidad de poda, aunque las diferencias son pequeñas (Figura N° 2).

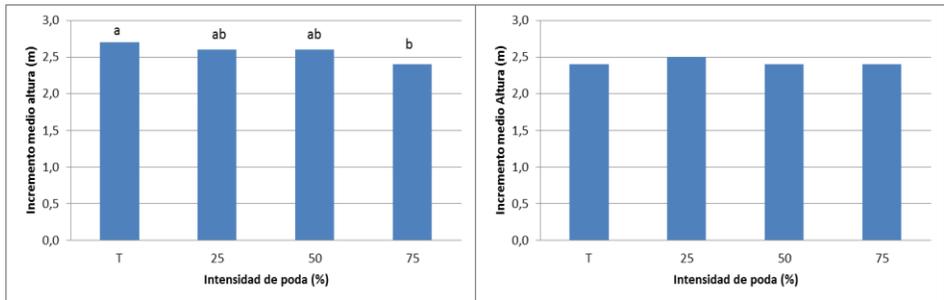


Figura N° 2

INCREMENTO MEDIO EN ALTURA DE *Populus x canadensis* 'CONTI 12' (IZQUIERDA) Y *Populus x canadensis* 'I-214' (DERECHA), PARA LAS TRES INTENSIDADES DE PODA Y EL TESTIGO, LUEGO DE TRANSCURRIDOS TRES AÑOS DE INSTALADOS LOS ENSAYOS

Realizado el análisis de varianza, las diferencias observadas no resultaron significativas para 'I-214' ($p=0,33$). En cambio para 'Conti 12', al tercer año, las diferencias son significativas entre el testigo y la poda fuerte ($p=0,059$). Esto no se había observado en los años anteriores.

Efecto de la Intensidad de Poda sobre la Frecuencia de Brotes Epicórmicos

En el Cuadro N°4 se presentan los resultados obtenidos en frecuencia de brotes epicórmicos para cada intensidad de poda, a lo largo de los años. Si bien se observa que hay un mayor número de brotes a medida que incrementa la intensidad de poda, también se observa una disminución del número de los mismos, en todos los tratamientos, a medida que pasan los años.

Cuadro N° 4
FRECUENCIA DE BROTES EPICÓRMICOS PARA CADA TRATAMIENTO DE PODA DE CADA ENSAYO Y PARA LOS TRES AÑOS EVALUADOS

Tratamiento % poda	'Conti 12' – número de brotes epicórmicos			
	2012	2013	2014	2015
25	3	3		1
50	6	10		3
75	10	15		12
Tratamiento % poda	'I-214' – número de brotes epicórmicos			
	2012	2013	2014	2015
25	4	7	1	1
50	7	12	2	3
75	34	10	1	7

(En 'Conti 12' la información faltante, en el año 2014, se debe a que hubo daños por ganado)

Efecto de la Intensidad de Poda sobre el Diámetro del Cilindro con Defectos

Cuando el objetivo de una plantación es producir madera de calidad, un aspecto fundamental es que el diámetro del cilindro con defectos se mantenga constante a lo largo de todo el fuste podado.

No se puede medir el diámetro de ese cilindro en un árbol en pie, lo que sí se puede hacer, es controlar que se mantenga constante a través del DBF y los DBCV. Es decir, que en una poda bien realizada, el DBCV al realizar el segundo levante de poda debe ser igual al DBF al momento de realizar el primer levante de poda y el DBCV al realizar el tercer levante de poda debe ser igual al DBF y al DBCV del segundo levante. Así se asegura un diámetro del cilindro con defectos (DCD) más o menos constante a lo largo del fuste podado.

Realizando un levante por año, tanto para 'Conti 12' como para 'I-214', se observó que si se realiza la primera poda cuando los árboles tienen un DBF de 8 cm y se poda con una intensidad del 25 %, el valor de estos diámetros de referencia y por lo tanto del DCD, va a aumentar en forma importante (aproximadamente entre 6 y 8 cm luego de los tres levantes).

Con esta intensidad de poda, el 100 % de los árboles incrementaba el valor de estos diámetros en los distintos levantes de poda. Es decir se perderían los beneficios de haber realizado una primera poda en el momento adecuado.

Si se poda al 50 %, las diferencias son menores, sobre todo en 'I-214', aunque también hay un incremento de entre 3 y 4 cm. Esto ocurría en aproximadamente el 60 % de los individuos. Esto se podría solucionar realizando dos levantes de poda por año, uno a fines de invierno y otro a fines de verano.

Podando al 75 % se logra, para ambas especies, mantener el valor de estos diámetros constante a lo largo del fuste podado. En promedio entre las dos especies solo un 7 % de los árboles se pasaría en el valor del DBCV aplicando esta intensidad de poda.

En la Figura N° 3 se puede observar el comportamiento de estas variables en 'I 214'.

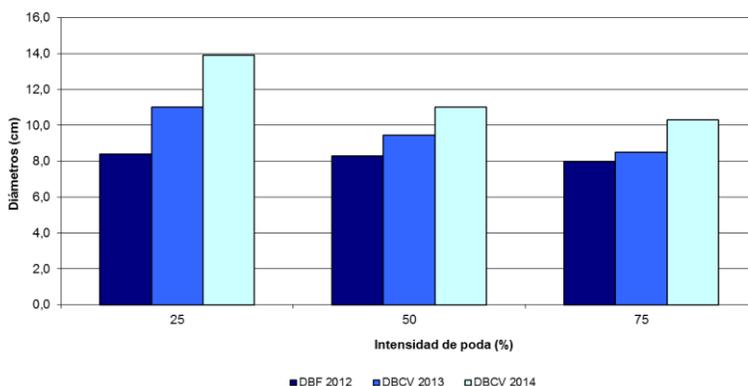


Figura N° 3
EVOLUCIÓN DE LOS DIÁMETROS (DBF Y DBCV) PARA LAS DISTINTAS INTENSIDADES DE PODA Y TENIENDO EN CUENTA LOS 3 LEVANTES EN 'I-214'.

Cantidad de Levantes de Poda para Llegar a la Altura de Poda Objetivo

Si se establece como objetivo de poda, lograr un fuste de 6 m libre de ramas y teniendo en cuenta los crecimientos obtenidos para ambas especies en los sitios de ensayo, se observa en el Cuadro N° 5 que con una poda del 75 % se llega a los 6 m en tres levantes realizados en tres años consecutivos. Con la intensidad de poda del 50 % se deberían realizar cuatro levantes y con la intensidad de poda de 25 % se deberían realizar entre 7 y 8 levantes en total. En el caso de la poda del 50 % se podría realizar más fuerte el tercer levante para llegar hasta los 6 m de fuste podado.

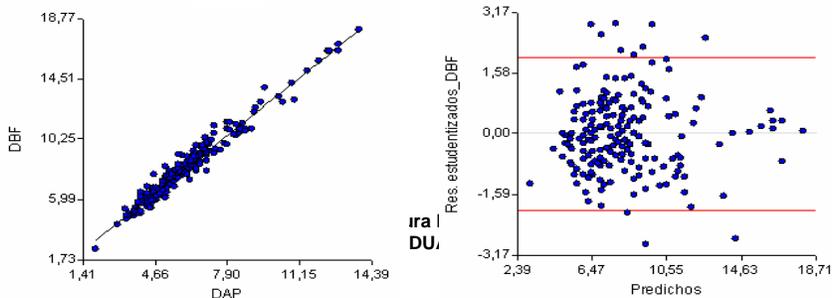
Cuadro N° 5
ALTURA DE PODA LOGRADA EN CADA LEVANTE DE PODA, PARA CADA INTENSIDAD EN 'CONTI 12' E 'I-214'

Tratamiento de Poda (%)	'Conti 12' – altura de poda		
	Primer Levante	Segundo Levante	Tercer Levante
	(m)		
25	1,5	2,0	3,9
50	2,5	3,7	5,0
75	3,3	4,8	5,8
'I-214' – altura de poda			
25	1,3	2,0	3,7
50	1,8	3,4	4,8
75	3,8	4,5	5,8

Determinación del Momento de Cada Levante de Poda

- Primer Levante

De todas las variables analizadas, el DAP fue la que mejor explicó la variación del DBF para las tres especies, presentando los valores más altos de R^2 y una buena distribución de los residuos. En la Figura N° 4 se presenta, como ejemplo, la relación entre el DAP y el DBF y los gráficos de residuales para 'Conti 12'.



El modelo obtenido para estimar el DBF a partir del DAP tiene la siguiente expresión:

$$DBF = a + b * DAP$$

Los resultados del ajuste del mismo para cada una de las especies analizadas se presentan en el Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6
COEFICIENTES OBTENIDOS EN EL AJUSTE, R² Y P-VALOR DEL MODELO PARA ESTIMAR EL DBF

Especie	a	b	R ²	p-valor
<i>P. x canadensis</i> 'Conti 12'	0,62	1,26	0,97	<0,0001
<i>P. x canadensis</i> 'I-214'	3,38	0,99	0,97	<0,0001
<i>P. x canadensis</i> 'Guardi'	1,32	1,17	0,98	<0,0001

Luego de ajustados, estos modelos fueron validados mediante medidas de error (REMC%) y sesgo (DIFA%) (Cuadro N° 7). Como se puede observar, para las tres especies, se observan muy buenos comportamientos de los modelos, con muy bajos valores de error y prácticamente insesgados en sus estimaciones. Los modelos correspondientes a 'Conti 12' y 'Guardi' producen una leve sobrestimación del DBF, mientras que en el caso del 'I-214' presenta una pequeña subestimación.

Cuadro N° 7
MEDIDAS DE ERROR (REMC%) Y SESGO (DIFA%) DE LOS MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMAR DBF

Especie	REMC (%)	DIFA (%)
<i>P. x canadensis</i> 'Conti 12'	3,57	-0,25
<i>P. x canadensis</i> 'I-214'	5,31	0,25
<i>P. x canadensis</i> 'Guardi'	6,15	-0,11

Considerando que las debobinadoras existentes trabajan hasta un diámetro de 10 cm y haciendo el supuesto de que la cicatrización implique unos 2 cm en el diámetro, para lograr un DCD de 10 cm promedio, según estos modelos, se deberían realizar las podas cuando el DBF tiene un valor de 8 cm y esto ocurre cuando el DAP de los árboles dominantes del rodal alcancen los 4 cm para 'I 214' y de 5 cm para 'Conti 12' y 'Guardi'.

Además, estos modelos están indicando que por cada centímetro de aumento en el DAP, el DBF aumenta 1,26 cm en 'Conti-12', aproximadamente 1 cm en 'I-214' y 1,17 cm en 'Guardi'. Esto permite cuantificar en cuanto se incrementa el DBF y, por lo tanto, el DCD por un atraso en el momento de realizar la primera poda y en cuanto se debe alargar el turno de corta para obtener el mismo volumen de madera libre de nudos. Por ejemplo, si se considera los crecimientos en DAP obtenidos en el ensayo de intensidad de poda de 'Conti 12' (Lamarque, Río Negro) que fueron de aproximadamente 5 cm por año, se tendría que un atraso de un año en la primera poda, significaría un incremento en el DBF de 6,3 cm.

- Levantes Posteriores

Para determinar el momento de la segunda poda se evaluó la relación del DAP, la altura total (HT) y la altura de poda (HPOD) con el diámetro en la base de la copa viva (DBCV), mediante regresión múltiple. Se observó que, de estas variables, las que explican mejor el comportamiento del DBCV para las tres especies analizadas son el DAP y la altura de poda (HPOD) del levante anterior. El modelo obtenido para estimar el DBCV a partir del DAP y la HPOD, tiene la siguiente expresión:

$$DBF = a + b * DAP + c * HPOD$$

Los resultados del ajuste del mismo para cada una de las especies analizadas se presentan en el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8
COEFICIENTES OBTENIDOS EN AJUSTE, R² Y P-VALOR DE MODELO OBTENIDO PARA ESTIMAR DBCV

Especie	a	b	c	R ²	p-valor
<i>P. x canadensis</i> 'Conti 12'	2,07	0,94	1,08	0,97	<0,0001
<i>P. x canadensis</i> 'I-214'	3,02	0,93	1,47	0,92	<0,0001
<i>P. x canadensis</i> 'Guardi'	1,90	0,77	0,39	0,96	<0,0001

Luego de ajustados, estos modelos fueron validados mediante medidas de error (REMC%) y sesgo (DIFA%) al igual que como se hizo para evaluar los modelos ajustados para el primer levante de poda (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
MEDIDAS DE ERROR (ECM%) Y SESGO (DIFA%) DE LOS MODELOS PARA ESTIMAR DBCV

Especie	N	RECM (%)	DIFA (%)
<i>P. x canadensis</i> 'I-214'	53	4,74	-0,53
<i>P. x canadensis</i> 'Conti 12'	103	3,13	0,66
<i>P. x canadensis</i> 'Guardi'	33	6,86	4,21

N indica el número de datos de la base utilizada para la validación de los modelos.

CONCLUSIONES

En contra de lo esperado, no se observaron diferencias en el crecimiento en diámetro para las distintas intensidades de poda aplicadas luego de transcurridos tres años. Tampoco se observaron diferencias en el crecimiento en altura.

En 'I- 214', hubo diferencias significativas en la cantidad de brotes epicórmicos formados luego del primer levante de poda. Los árboles podados hasta un 75 % de su altura, tuvieron una

mayor aparición de brotes que los podados hasta el 25 % y el 50 % de la altura total. Sin embargo, en los años siguientes, las diferencias son menores y terminan siendo no significativas al tercer año, donde el número de brotes disminuye en forma importante.

En 'Conti 12', se encontraron diferencias en cantidad de brotes según la intensidad de poda empleada. En cuanto a la cantidad de brotes, se pudo ver que, en los ejemplares podados al 75 % de su altura, hubo una mayor incidencia de rebrotes que en los otros dos tratamientos, coincidiendo esto con 'I-214'. Al segundo año las diferencias se dan entre la poda más suave (25 %) y las otras dos intensidades de poda (50 y 75 %).

En cuanto al comportamiento del diámetro del cilindro con defectos, realizando levantes anuales, el mejor resultado se obtiene con una poda del 75 %. Si se realizan levantes anuales del 25 % el DBCV y por lo tanto el DCD van aumentar entre 6 y 8 cm del primero al tercer levante. La poda de 50 % está en una situación intermedia y se podrían mejorar los resultados, realizando dos levantes anuales.

Si se establece como objetivo de poda lograr un fuste de 6 m libre de ramas y teniendo en cuenta los crecimientos obtenidos para ambas especies en estos sitios, se observó que con una poda del 75 %, se deben realizar tres levantes en tres años consecutivos. Con la intensidad de poda del 50 % se deberían realizar cuatro levantes, y con la intensidad de poda de 25 % se deberían realizar entre 7 y 8 levantes.

El DAP presenta una fuerte relación con el diámetro en la base del fuste (DBF), en la primera poda, para las tres especies. A partir de esta variable se puede determinar en forma precisa el momento de realizar el primer levante de poda. La relación encontrada indica que para obtener un DBF de 7 cm, se debe realizar la primera poda cuando los árboles más grandes del rodal tienen un DAP de alrededor de 5 cm para 'Conti-12' y 'Guardi' y de 4 cm para 'I-214'.

Teniendo en cuenta los crecimientos observados en las plantaciones estudiadas, esta relación indica que un atraso de un año en realizar el primer levante de poda produce aumentos importantes en el DBF y, por lo tanto, pérdidas en la producción de madera de calidad. Estos aumentos en el DBF serán de aproximadamente 6 cm/año en 'Conti 12' y 'Guardi' y de 5 cm/año en 'I-214'.

Para los levantes posteriores se encontró, que las variables que permiten determinar el momento exacto de realizarlos son el DAP y la altura de poda del levante anterior. Además las relaciones encontradas, para las tres especies, muestran que por cada centímetro que aumente el DAP, el diámetro máximo sobre muñón aumentará aproximadamente 0,8 cm en 'Guardi' y 0,94 cm en 'I-214' y 'Conti 12' y que cuanto menor sea la altura de poda más rápido se va a tener que volver a podar para mantener constante el cilindro con defectos central.

En base a los resultados obtenidos hasta el momento se recomienda podar entre el 50 % y el 75 % de la altura total de cada árbol en cada levante de poda. Podar por debajo del 50 % de la copa viva implicaría un mayor número de entradas al monte para alcanzar la misma altura de poda; un menor número de rebrotes pero, solo al primer año, luego disminuye el número de brotes chupones en las podas más fuertes; y similares crecimientos en diámetro y altura de los árboles que en las podas más fuertes. Se debe evaluar aún, en base a información ya obtenida, cómo es el efecto sobre el diámetro del cilindro con defectos (DCD).

REFERENCIAS

Andenmatten, E.; Fassola, H.; Letourneau, F.; Ferrere, P. y Crechi, E., 2003. Predicción de diámetro sobre muñones en *Pinus taeda* L. origen marion mediante curvas de perfil de fuste. INTA. RIA 31(3):103-118. Argentina.

Casaubon, E., 2004. Poda de álamos en el Delta del Paraná. Boletín Extensión nº 16. INTA E.E.A. Delta del Paraná. 4p.

Chauchard, L., 2005. Modelo de poda para pino radiata. Nota Técnica. Diputación Foral de Guipúzcoa. 39p.

Costas, R.; Mac Donagh, P.; Weber, E.; Irchick, P. y Figueredo, S., 2003. Efectos de la densidad de plantación y tratamientos de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 7 años de edad. Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Cs. Forestales – UNAM – EEA Monte Carlo – INTA. Eldorado, Misiones. 10p.

Davel, M., 2005. Poda en plantaciones de pino oregón en la Patagonia. Publicado en Actas del 3er Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes. 6-9 de septiembre de 2005.

Fassola, H.; Rodríguez, F.; Allegranza, D.; Hernández, A.; Ferrere, P.; Durán, M. y Reboratti, H., 1999. Resultados iniciales de tratamientos silvícolas directos en *Pinus taeda* origen Marion, en el NE de Corrientes. Informe Técnico N°22. INTA EEA Montecarlo, Misiones. 9 p.

García, J. y Serventi, N., 2012. Mercado de la madera industrializada en Norpatagonia. <http://patagoniavallesirrigados.blogspot.com.ar/2012/07/mercado-de-la-madera-industrializada-en.html>

Knowles, R.; West, G. y Koehler, A., 1987. Predicting "diameter over stubs" in pruned stands of Radiata Pine. Ministry of Forestry, Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand. Bulletin N° 12. 24pp.

Kurtz, V. y Ferruchi, R., 2000. La poda como parte de la estrategia para la obtención de madera de calidad. XV Jornadas Forestales de Entre Ríos. 23p.

Meneses, M. y Velazco, R., 1992. Comportamiento del diámetro del cilindro con defectos en parcelas sometidas a diversos tratamientos de poda y raleo. *Pinus radiata*, investigación en Chile. Silvicultura, Manejo y Tecnología. UACH. 109-123.

Rivera, H. y Sobarzo, M., 1992. Efecto de raleo y poda extrema en plantaciones de pino radiata. *Pinus radiata*, investigación en Chile. Silvicultura, Manejo y Tecnología. UACH. 124 -134.

Serventi, N. y García, J., 2004. Revista SAGPyA Forestal N°32: 24-27. Septiembre, 2004. Bs.As. Argentina.

Serventi, N., 2011. Las cortinas forestales en los valles irrigados de norpatagonia. Jornadas de salicáceas 2011. 3º Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. Neuquén. 16 al 18 de marzo de 2011.

Shock, C.; Feibert, E. and Eaton, J., 2000. Effect of pruning severity on the annual growth of hybrid Poplar. Malheur Experiment Station, Oregon State. University Ontario. <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2000/popprune2000.htm>

Sutton, W. and Crowe, J., 1975. Selective pruning of Radiata Pine. New Zealand Journal Forestry Science. 5(2):171-195.

Todoroki, C., 2003. Importance of maintaining defect cores. New Zealand Journal of Forestry Science 33 (1): 25 – 34.

Valor Agregado, 2005. La industria maderera en cifras. Ed: E.H. Rodrigo. Bs.As. Argentina. p 41-49.

COMPATIBILIDAD ENTRE LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL EN LA PATAGONIA NOROCCIDENTAL ARGENTINA

Dezzotti, Alejandro⁵; Sbrancia, Renato; Mortoro, Ariel y Attis Beltrán, Hernán

RESUMEN

La diversidad biológica y la productividad de un ecosistema representan indicadores clave de integridad ambiental que son afectados significativamente por la introducción de especies. Las plantaciones forestales con árboles exóticos proveen bienes y servicios imprescindibles para la humanidad, aunque disminuyen la riqueza de plantas y animales cuando conforman monocultivos coetáneos de alta densidad.

Este estudio evaluó la compatibilidad ambiental y económica de una plantación de *Pinus ponderosa* (Pinaceae), localizada en el campo forestal Litrán del noroeste de la Patagonia argentina (38° 54' S y 71° 01' O, 1.400 msnm., 1.310 ha). El análisis involucró la medición de parámetros físicos y biológicos y la producción de madera en comunidades con una variada estructura poblacional.

En el área de estudio, el invierno es frío y húmedo y el verano cálido y seco. La litología corresponde a basaltos y andesitas cubiertas por tefra Holocénica, que proporcionan el material parental volcánico de los Andisoles predominantes. La vegetación corresponde a la transición entre la estepa patagónica de pastos y arbustos y el bosque subantártico.

Los pinos se plantaron en la estepa entre 1991 y 1995 y actualmente conformaron rodales abiertos (RA, < 15 m²/ha área basal), intermedios (RI, 15 - 30 m²/ha) y cerrados (RC, > 30 m²/ha). En cada categoría se estimó la producción de madera, con el modelo regional de rendimiento para *P. ponderosa* "Piltriquirón" con un turno de corta de 36 años. En cada rodal y en el pastizal circundante de referencia se estimaron la diversidad de plantas y la cantidad de suelo desnudo a través de datos de incidencia presencia / ausencia.

Los rodales presentaron la misma calidad de sitio y una cobertura aérea de 29; 63 y 91% en RA, RI y RC, respectivamente. En RA, RI y RC, la producción total de madera se estimó en 334, 426 y 456 m³/ha, respectivamente, mientras que la productividad total en 9,3; 11,8 y 12,7 m³/ha/año, respectivamente. En RA, RI y RC, la riqueza de plantas fue 30, 16 y 16 especies, respectivamente, mientras que el índice de diversidad fue 5,2; 1,7 y 1,3, respectivamente. La riqueza y diversidad de plantas del pastizal fue 45 y 6,4, respectivamente. En RA, la producción de madera fue 32% menor, la riqueza de especies fue el doble, la diversidad fue hasta 3,5 veces mayor y la proporción de suelo desnudo fue tres veces menor a la de RI y RC.

Estudios previos en sistemas productivos equivalentes encontraron una diversidad menor a la del pastizal, que aumentó en rodales estructuralmente más complejos. La correlación negativa que existió entre la productividad y la diversidad se debe tener en cuenta para implementar escenarios de sustentabilidad en estos hábitats antropogénicos. La compatibilidad entre la conservación de especies silvestres y la producción de madera requiere esencialmente mantener rodales abiertos a lo largo del ciclo de corta. Aunque tales proyectos forestales puedan presentar una productividad de madera menor, podrán tener un valor ecosistémico y estético mayor que aumentará la posibilidad de sostenerlos económicamente por parte de la sociedad.

Palabras clave: *Pinus ponderosa*, índice de diversidad de Simpson, producción de madera.

⁵ Ph. D. Ecología Forestal, Profesor Adjunto. Universidad Nacional del Comahue, San Martín de los Andes, Argentina. dezzotti@infovia.com.ar.

SUMMARY

Biodiversity and productivity are ecosystem integrity key indicators that are significantly affected by species introduction. Forest plantations based on exotic trees provide goods and services essential to humanity, although they diminish plant and animal richness when constitute even-aged monocultures of large density.

In this study the environmental and economic sustainability of a *Pinus ponderosa* (*Pinaceae*) plantation, located in Litrán within northwestern Patagonia of Argentina (38° 54' S and 71° 01' W, 1,400 masl, 1,310 ha), was evaluated. The analysis involved physical and biological variables and wood production, measured in communities with contrasting population structures.

In the study area, winter is cold and wet and summer is warm and dry. Lithology comprised basalts and andesites covered by Holocene tephra, which provide the volcanic parent material of the predominant Andisols. Vegetation corresponded to the transition between the Patagonian semiarid steppe of grasses and shrubs and the subantarctic temperate forest.

Pines were planted between 1991 and 1995 in the steppe, and at present, they constituted open (RA, < 15 m²/ha basal area), intermediate (RI, 15 - 30 m²/ha) and closed stands (RC, > 30 m²/ha). In these structural classes, timber production was estimated with the regional production model for *P. ponderosa* "Piltriquitrón" with a rotation length of 36 years. In each stand and in the surrounding grassland as the reference community, plant diversity and bare soil were estimated through incidence presence / absence data.

Stands exhibited an equivalent site quality and canopy cover was 29; 63 and 91% for RA, RI and RC, respectively. In RA, RI and RC, final timber production was 334, 426 and 456 m³/ha, respectively, and productivity was 9.3, 11.8 and 12.7 m³/ha/yr., respectively. In RA, RI and RC, plant richness was 30, 16 and 16 species, respectively, and diversity index was 5.2, 1.7 and 1.3, respectively. Plant richness and diversity of grassland were 45 species and 6.4, respectively. In RA timber production was 32% lower, richness twice, diversity up to 3.5 times higher and bare soil proportion three times lesser in comparison to RI and RC.

Previous studies in analogous production systems found a lower diversity compared to grassland, but it increased in structurally more complex stands. The negative correlation between timber production and biological diversity should be considered for implementing sustainability scenarios within these anthropogenic habitats. The compatibility between wildlife preservation and timber production basically requires keeping open stands along the entire production cycle. Although such projects would represent a lower economic income from timber, they would have a larger ecosystem and aesthetic value that will increase the possibility of supporting them by society.

Key words: *Pinus ponderosa*, Simpson diversity index, timber production.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, el hombre modificó los ecosistemas de la manera más rápida, intensa y extendida que en ningún otro momento de la historia de la humanidad, afectando en forma dramática a los bosques naturales. En la actualidad, la pérdida anual de estos ecosistemas se estima en 13 millones de hectáreas, principalmente debido a su conversión a tierras agrícolas, ganaderas y urbanas (Lindquist *et al.*, 2012; FAO, 2014). América del Sur exhibe la mayor tasa neta de pérdida de bosques, que alcanza 3,3 millones de hectáreas por año y que equivale a aproximadamente 22,6% de la pérdida forestal global (Hansen *et al.*, 2010; Lindquist *et al.*, 2012).

A lo largo del siglo XX, la Argentina perdió 70% de sus bosques naturales (SAyDS, 2007). Al mismo tiempo que se produjo este proceso de degradación y destrucción, la demanda de bienes y servicios provenientes de estos ecosistemas forestales continuó en aumento. Por ejemplo, el consumo de madera se triplicó y el de papel se sextuplicó desde 1950, el CO₂ atmosférico alcanzó en la actualidad el nivel máximo y en muchas regiones del mundo incluida la Patagonia, la tasa de erosión superó la de formación de suelo (FAO, 2014). La pérdida de la cubierta arbórea y el cambio de uso puede afectar al clima al alterar el balance de carbono y la reflectancia de la superficie del suelo (Feddema, *et al.*, 2005; Pan *et al.*, 2011).

El desajuste entre el aumento de la demanda y la disminución de la oferta de recursos forestales explica en parte la creación de plantaciones forestales, estas constituyen “bosques que se establecen por siembra o plantación de especies nativas o exóticas, a través de programas de forestación y reforestación” (FAO, 2014). Las plantaciones son típicamente monocultivos coetáneos, silvicultural y geográficamente intensivos, que producen madera a mayor velocidad que los bosques naturales (Kanowski, 1997). Las plantaciones de coníferas de la Patagonia se localizan sobre la faldeas andinos semiáridos de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut y ocupan alrededor de 100.000 ha (MAGyP, 2014). En esta región, la actividad forestal comercial comenzó en la década del 1970 en Neuquén y las plantaciones actuales son establecidas en áreas de secano que no presentan bosques naturales. Neuquén posee el 60% de la superficie de estas plantaciones, *Pinus ponderosa* (*Pinaceae*) se extiende en el 80% de la superficie total, el resto corresponde a *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii* (*Pinaceae*) (MAGyP, 2014).

Las plantaciones se asocian al control de la desertificación, la protección del suelo (La Manna *et al.*, 2013), la restauración de áreas degradadas (Frugoni *et al.*, 2016) y el secuestro de carbono (Laclau, 2003; Noretto *et al.*, 2006). También contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Lindenmayer *et al.*, 2006; Brockerhoff *et al.*, 2008; Bremer y Farley, 2010). Las plantaciones exhiben un conjunto de riesgos ambientales asociados a la invasión de *Pinus* hacia los ambientes naturales circundantes (Price *et al.*, 1998; Sarasola *et al.*, 2006; Dezzotti *et al.*, 2009), al mayor consumo de agua (Le Maitre *et al.*, 1999; Gyenge *et al.*, 2011) y al aumento de los incendios forestales (Loguercio *et al.*, 2011). En la Argentina, el reemplazo de bosques naturales y pastizales por plantaciones de *P. ponderosa* provocó una biodiversidad menor de plantas, insectos, aves y mamíferos nativos en plantaciones densas, con una pérdida de especies raras y especialistas, en comparación con los valores de los sistemas originales y de las plantaciones ralas (Corley *et al.*, 2006; Lantschner *et al.*, 2008, 2011; Paritsis y Aisen, 2008).

La producción, el crecimiento y la forma del fuste de los árboles de una especie en un rodal dependen de la calidad de sitio y la densidad (Daniel *et al.*, 1979). En las plantaciones de la Patagonia de la Argentina, el factor clave de manejo es la densidad y existen escasas experiencias de modificación del sitio. El crecimiento diametral del tronco aumenta a medida que disminuye la densidad, y en consecuencia, para una determinada edad los rodales que se desarrollan en forma más espaciada tendrán un diámetro promedio mayor que aquellos que presentan árboles menos espaciados. Teniendo en cuenta que el crecimiento en diámetro es muy sensible a la densidad, el bosque se debe mantener bastante abierto si se desea producir árboles más gruesos. El manejo de la densidad se efectúa mediante raleos, que consisten en extraer determinados árboles para que los remanentes dispongan de mayor cantidad de recursos y el crecimiento se concentre en los mejores individuos. Esta técnica incrementa la cantidad y calidad de la materia prima comercial y el valor individual, y disminuye el turno de corta (Loguercio *et al.*, 2011).

OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto fueron:

- Evaluar el valor de indicadores de conservación de una plantación, implementada con tres niveles de intensidad de raleo, y de la estepa herbáceo-arbustiva como unidad de paisaje de referencia.
- Evaluar la producción de madera de la plantación.
- Evaluar la relación entre los indicadores de conservación y producción.
- Proponer prescripciones técnicas de conservación de la diversidad a escala de rodal.

MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio comprendió la estación forestal Litrán (38 ° 54' S y 71 ° 01' O, 1.400 msnm, 1.310 ha). El clima es húmedo y ventoso, con inviernos fríos y veranos cálidos (AIC, 2012) (Figura N° 1). La clasificación climática de Köppen-Geiger califica la zona como Csb (Peel *et al.*, 2007).

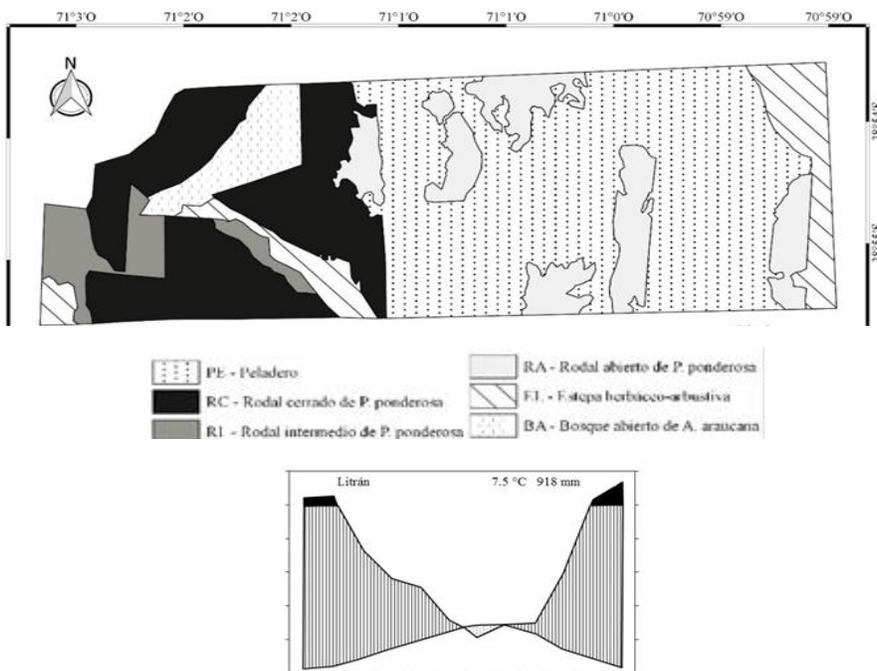


Figura N° 1
UNIDADES DE PAISAJE Y DIAGRAMA CLIMÁTICO DEL CAMPO FORESTAL LITRÁN
LOCALIZADO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE NEUQUÉN

La geología de base corresponde a basaltos, andesitas, brechas, aglomerados volcánicos y depósitos glaciales no estratificados. Estos elementos están cubiertos por una capa de tefra Holocénica, suministrada por los volcanes activos de la cordillera de Los Andes, que conforma el material parental de los suelos. La geomorfología consiste en montañas con signos de glaciación y erosión como lagos, circos, valles colgados y bloques erráticos. Los suelos dominantes corresponden a Andisoles Udivitrands y Endoaquands alofánicos (Frugoni *et al.*, 2016).

El área de estudio pertenece a la transición entre la ecorregión Patagónica Semiárida y la Subantártica Húmeda (Cabrera, 1971). El tipo de vegetación más extensa es la estepa que ocupa las zonas más bajas sobre suelos zonales. Los bosques altos puros y mixtos dominados por *Nothofagus* (*Nothofagaceae*) están presentes hacia el oeste en laderas de elevación intermedia y de diferente exposición, y los bosques abiertos de *Araucaria araucana* (*Araucariaceae*) y *Nothofagus antarctica* ocupan zonas orientales rodeados por la estepa. Las praderas xerófilas (pedreros) se desarrollan en afloramientos rocosos basálticos y andesíticos y las higrófilas (mallines) en suelos intrazonales de los sectores más bajos y mal drenados. El área es parte de una ruta histórica de la ganadería nómada de subsistencia, de cabras y ovejas, que migra desde los valles bajos en invierno a las elevaciones más altas en verano. La vegetación tiende a presentar un intenso sobrepastoreo y quema debido a esta práctica tradicional (Frugoni *et al.*, 2016).

Los árboles de Litrán fueron plantados sobre suelos volcánicos profundos y bien drenados de la estepa entre 1991 y 1995, la plantación está protegida por un alambrado perimetral contra los grandes herbívoros domésticos y silvestres y se implementó un sistema de control de incendios.

Las unidades de paisaje naturales y antropogénicas del campo forestal Litrán fueron identificados en una imagen de satélite Aster (resolución 15 m, Gauss Krüger coordenadas banda 1, elipsoide WGS 1984), utilizando la fisonomía, la composición y estructura de la vegetación y uso del suelo como criterios orientadores, y la cartografía se verificó en el campo.

Los rodales de *P. ponderosa* que ocuparon las unidades de paisaje antropogénicas se clasificaron de acuerdo a la cobertura de árboles en abierto (RA, área basal < 15 m²/ha), intermedio (RI, 15 - 30 m²/ha) y cerrado (RC, > 30 m²/ha) basado en un inventario forestal previo (CFI, 2009). En cada categoría estructural, se instaló al azar una parcela de 400 m² y se midió el diámetro a la altura del pecho (d_b , 1,3 m del suelo). En cada parcela se seleccionaron cuatro árboles con el tronco más grueso y uno con el más delgado y se les midió la longitud de los cinco entrenudos (l_s) por encima de 1,3 m del suelo (cinta métrica).

La calidad de sitio de cada rodal, que representa la máxima productividad potencial de una especie o tipo forestal en un sitio determinado (Daniel *et al.*, 1979), se determinó a partir del índice de sitio (IS), que se expresa como la altura promedio de los árboles dominantes del rodal a una edad de referencia. Para *P. ponderosa* se utilizó 20 años a la altura del pecho (IS_{20}) (Andenmatten y Letorneau, 2003) de acuerdo a:

$$IS_{20} = 4,37 + 14,86 \frac{l_s}{5}$$

En cada categoría se estimó la producción de madera con el modelo regional de rendimiento para *P. ponderosa* "Piltriqrutón" con un turno de corta de 36 años. Este simulador de crecimiento y rendimiento de madera a escala de rodal se basa en el índice de sitio, el espaciamiento (d , m), el factor de altura de los árboles (FH , m/m), el diámetro cuadrático medio (D_g , cm/ind), la densidad relativa (D_r , %) y el área basal (AB , m²/ha) (Andenmatten *et al.*, 2007), de acuerdo a:

$$d = \sqrt{\frac{10.000}{n}}$$

$$FH = \frac{\text{Altura dominante}}{d}$$

$$Dg = \sqrt{\frac{4AB}{n \cdot \pi}}$$

$$D_r = \frac{AB}{\sqrt{Dg}}$$

En cada una de las categorías estructurales de los rodales de *P. ponderosa* (RA, RI y RC) y en la estepa herbácea-arbustiva circundante (EL) se instalaron en forma sistemática y equidistante 10 sitios de muestreo ubicados dentro de los límites del campo forestal. En cada sitio de muestreo se registró la posición geográfica (GPS), altitud (altímetro), pendiente (clinómetro y cinta métrica) y exposición (brújula).

El ambiente luminoso bajo el dosel de árboles se caracterizó midiendo la radiación fotosintéticamente activa y se expresó como la intensidad relativa de luz con respecto a un área adyacente completamente abierta (receptor de luz LI-250 y el sensor cuántico LI-190SA, LI COR, Inc.).

La densidad aparente del suelo de cada unidad de paisaje se estimó mediante el método del cilindro colectando al azar durante la estación seca, tres muestras de suelo del horizonte A con cilindro de metal compuesto de tres anillos móviles con un volumen conocido y, a continuación, se pesaron en el laboratorio (balanza de precisión) (SAMPLA, 1996).

El contenido de humedad del suelo se estimó mediante la extracción de tres muestras de suelo que se almacenaron herméticamente y pesaron en el laboratorio, luego se secaron durante 24 h a 90 °C y se pesaron nuevamente (balanza de precisión, horno).

Desde el centro de cada sitio de muestreo, se establecieron cuatro transectos de 10 m a lo largo de las direcciones cardinales N, S, E y O. En cada transecto, se localizó cada 1 m un punto de muestreo para determinar la presencia de suelo desnudo y plantas vasculares, incluyendo plantas y árboles jóvenes, utilizando el método del punto de intersección (Kent, 2011). Las plantas se clasificaron de acuerdo a la especie, el ciclo de vida (perenne, anual y bianual) y el origen (nativa e introducida) según IBD (2015). La frecuencia basada en los datos de incidencia (presencia / ausencia) es una variable adecuada para medir la importancia de plantas que no están adaptados a mediciones apropiadas de densidad, biomasa, uso de energía o cobertura (Jost *et al.*, 2010). En el caso de las plantas de esta aproximación es adecuada teniendo en cuenta las limitaciones que surgen cuando se quiere establecer con claridad cuál es el límite físico de cada individuo para determinar la abundancia de las especies (Magurran y McGill, 2011). La diversidad taxonómica se estimó a través del índice de Simpson (1949), de acuerdo a:

$$D = \frac{1}{\sum_i^s p_i^2}$$

$$E = \frac{D}{s}$$

Donde: *D*: diversidad taxonómica, *S*: riqueza de especies, *E*: equitatividad y *P_i*: proporción de individuos de la especie *i*. La similitud entre unidades de paisaje se determinó a través del coeficiente de Sørensen (1948) de acuerdo a:

$$C_S = \frac{2S_{12}}{S_1 + S_2}$$

Donde *C_S*: coeficiente de similitud, *S₁* y *S₂*: cantidad total de especies en las comunidades 1 y 2 y *S₁₂*: cantidad de especies comunes. La dominancia de las especies en cada unidad de paisaje se estimó a través de coeficiente de McNaughton y Wolf (1970) de acuerdo a:

$$C_{McN} = \frac{P_1 + P_2}{\sum_{i=1}^s P_i} \times 100$$

Donde C_{McN} : valor de dominancia (%), P_1 y P_2 : abundancia de las dos especies más abundantes (%) y P_i : abundancia de la especie i . La cantidad de especies raras se determinó a partir del índice $R_{logSkew}$ (McGill, 2003), de acuerdo a:

$$R_{LogSkew} = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{(\log n_i - \mu)^3}{S}}{\left(\frac{\sum_{i=1}^S \frac{(\log n_i - \mu)^2}{S} \right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{S-1}{S}}}$$

Donde $R_{logSkew}$: índice de especies raras y μ : media log (n_i).

RESULTADOS

Las plantaciones de pino con densidad y cobertura baja (RA), intermedia (RI) y alta (RC) exhibieron diferencias de la densidad, el área basal, el diámetro y la altura media de los árboles adultos. Estas variables exhibieron los valores menores en RA, mientras que presentaron los mayores en RC. La densidad varió entre 350 y 775 ind/ha, el área basal entre 11,1 y 45,3 m²/ha y la altura media entre 7,5 y 13,2 m/ind. Aunque el índice de sitio difirió entre las categorías de rodales y fue 12,6; 13,2 y 14,6 m para RA, RI y RC, respectivamente, estos valores pertenecen a la misma clase de calidad (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
PARÁMETROS ESTRUCTURALES Y PRODUCTIVOS DE LOS RODALES DE LITRÁN.

VARIABLE	Rodal Abierto (RA)			Rodal Intermedio (RI)			Rodal Cerrado (RC)		
	INI	POS	FIN	INI	POS	FIN	INI	POS	FIN
Edad (años)	10	22	36	18	30	36	20	22	36
Densidad (ind/ha)	350	150	150	400	275	275	775	525	375
Área basal (m ² /ha)	11,1	17,5	31,7	24,6	31,7	39,0	45,3	38,0	47,2
Densidad relativa (%)	2,5	2,8	4,4	4,7	5,1	6,0	8,7	6,9	7,5
Volumen (m ³ /ha)	41,9	107,4	273,8	135,3	244,8	340,5	248,2	225,6	394,5
Diámetro cuadrático (cm/ind)	20,1	38,5	51,9	28,0	38,3	42,5	27,3	30,3	40,0
Altura media (m/ind)	7,5	14,3	20,7	12,3	18,2	20,7	13,2	14,2	20,4
Distanciamiento (m)	5,3	8,2	8,2	5,0	6,0	6,0	3,6	4,4	5,2
Factor de altura (m/m)	1,4	1,8	2,5	2,5	3,0	3,4	3,7	3,2	4,0
Índice de sitio (m)	12,6	12,6	12,6	13,2	13,3	13,3	14,6	14,6	14,6

Se indican los valores iniciales (INI), *post*-raleo (POS) y de corta final (FIN)

Los árboles en RA se localizaron en forma balanceada en las clases de tamaño 1 (10 - 19,9 cm DAP) y 2 (20 - 29 cm DAP), mientras que los de RI y RC se localizaron principalmente en la clase 2 (RI, 81,3% y RC, 77,4% del total) (Figura N° 2).

La radiación en el piso del bosque fue 42,1% (EE = 3,9) para RA, 16,3% (EE = 7,3) para RI y 2,0% (EE = 0,5) para RC; estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{2,29} F = 17,9; P < 0,0001; n = 10).

La densidad aparente del suelo en EL, RA, RI y RC se estimó en 0,78 (EE = 0,04, mínimo 0,72 g/cm³ y máximo 0,84 g/cm³), 0,77 (EE = 0,05; 0,68 y 0,85), 0,71 (EE = 0,13; 0,46 y 0,89) y 0,73 g/cm³ (EE = 0,07; 0,58 y 0,82), respectivamente; estos valores no difirieron estadísticamente entre sí (ANOVA_{3,11}, F = 0,14; P = 0,936; n = 3).

El contenido de humedad del suelo de EL, RA, RI y RC fue 18,3 (EE = 0,7; mínimo 17,1%

y máximo 19,3%), 19,9 (EE = 0,4; 19,2 y 20,7), 9,9 (EE = 1,4; 7,3 y 11,8) y 9,6% (EE = 0,9; 8,1 y 11,2); estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,11} F = 36,4; P = 0,0001; n = 3) (Figura N° 3).

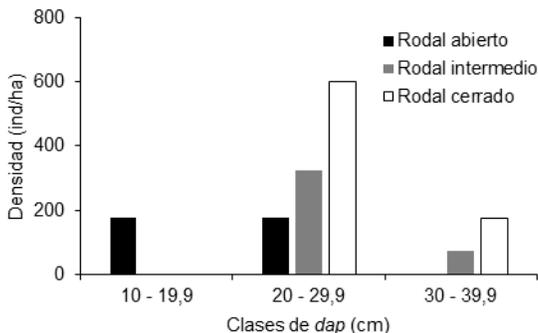
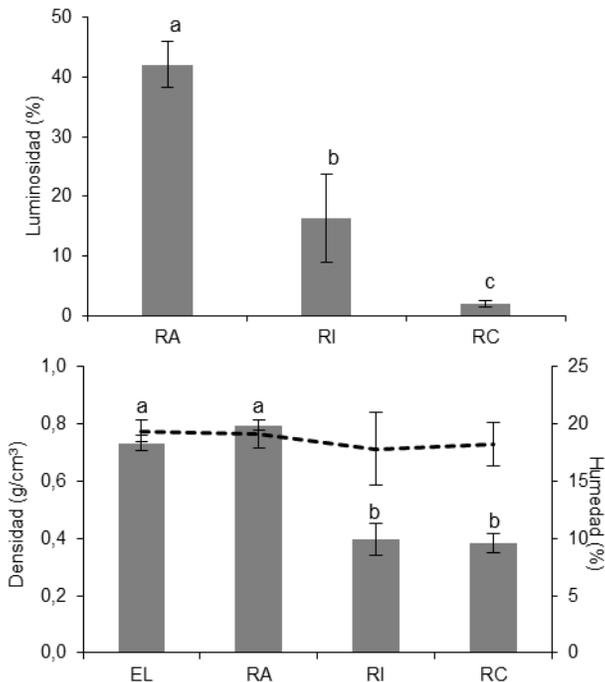


Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN DE LAS CLASES DE DIÁMETRO (DAP) DE LOS RODALES DE LITRÁN

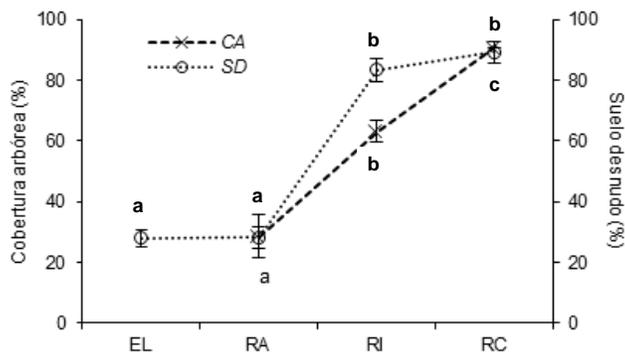


Las líneas verticales indican el error estándar de la media y las letras diferentes las diferencias significativas de las medias (prueba LSD, p < 0,05)

Figura N° 3
LUMINOSIDAD (ARRIBA) Y DENSIDAD (LÍNEA PUNTEADA) Y HUMEDAD DEL SUELO (BARRA) (ABAJO) EN LA ESTEPA-HERBÁCEO-ARBUSTIVA (EL) Y LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y CERRADO (RC)

La cobertura arbórea en los rodales varió entre 28,6% en RA y 90,9% en RC; estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 100,6; P < 0,0001; n = 10).

La cantidad de suelo desnudo fue 28,0% (EE = 2,9) para EL, 28,2% (EE = 3,7) para RA, 83,6% (EE = 3,8) para RI y 89,3% (EE = 3,6) para RC; estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 92,0; P < 0,0001; n = 10) (Figura N° 4).



Las líneas verticales indican el error estándar de la media y las letras diferentes las diferencias significativas de las medias entre unidades de paisaje (prueba LSD, p < 0,05)

Figura N° 4
COBERTURA ARBÓREA (CA) Y CANTIDAD DE SUELO DESNUDO (SD) EN LA ESTEPA-HERBÁCEO-ARBUSATIVA (EL) Y LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y CERRADO (RC)

La riqueza de especies de plantas vasculares varió entre 3,6 (RC, EE = 0,8) y 14,8 (EL, EE = 1,0) y estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 42,9; P < 0,0001; n = 10), mientras que la diversidad varió entre 1,3 (RC, EE = 0,1) y 6,1 (EL, EE = 1,0) y estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 21,6; P < 0,0001, n = 10).

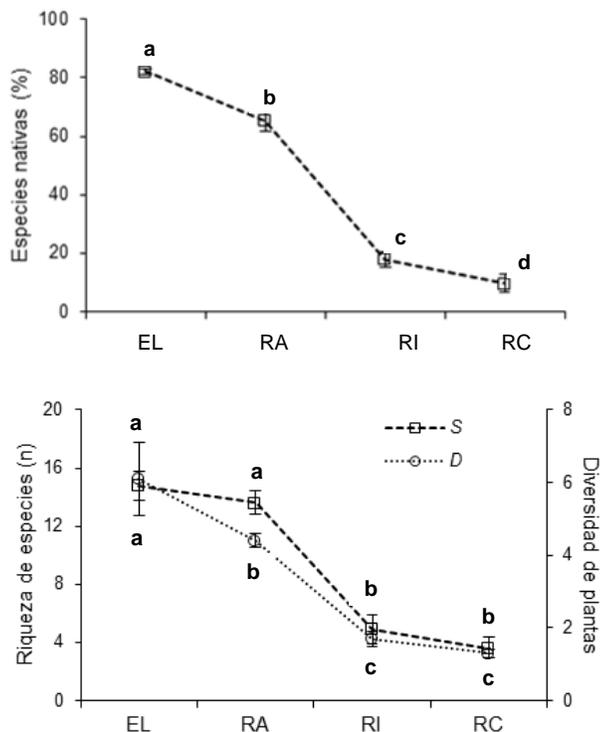
La cantidad de especies nativas en las cuatro unidades de paisaje varió entre 9,7% (RC, EE = 2,9) y 82,1% (EL, EE = 0,9) y estos valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 186,1, P < 0,0001, n = 10) (Figura N° 5).

El cociente cantidad de especies y familias (S : F) varió entre 1,1 (RC) y 2,0 (EL) y los valores difirieron estadísticamente entre sí (prueba LSD, ANOVA_{3,39} F = 15,8, P < 0,0001, n = 10).

La dominancia de especies de plantas (C_{Mcn}) para EL, RA, RI y RC fue 18,4; 28,3; 44,4 y 46,1%; respectivamente.

La cantidad de especies raras ($R_{logSkew}$) varió de 0,53 en EL y 2,29 en RC (Figura N° 6).

Los valores mayores de similitud (C_s) entre las unidades de paisaje se presentaron entre EL y RA (0,59) y entre RI y RC (0,44), mientras que los menores entre EL y RI (0,19) y EL y RC (0,22) (Figura N° 7).



Las líneas verticales indican el error estándar de la media y las letras diferentes las diferencias significativas de las medias entre unidades de paisaje (prueba LSD, $p < 0,05$)

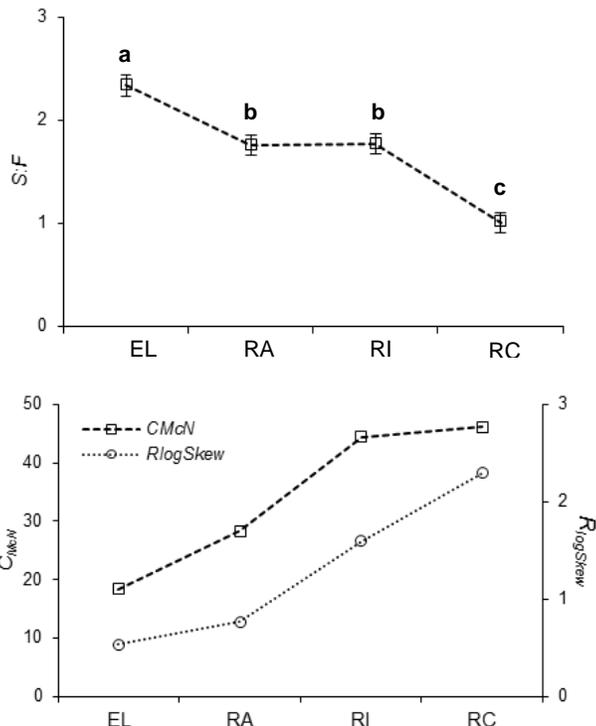
Figura N° 5
CANTIDAD DE ESPECIES NATIVAS (ARRIBA) Y RIQUEZA (S) Y DIVERSIDAD DE PLANTAS (D) (ABAJO)
EN LA ESTEPA-HERBÁCEO-ARBUSTIVA (EL) Y LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y
CERRADO (RC)

El simulador de rendimiento a escala de rodal para *P. ponderosa* estimó una producción total de madera a los 36 años, de 333,9 m³/ha para RA (294,0 m³/ha de madera gruesa, rollizos > 20 cm d_b), 426,2 m³/ha para RI (373,0 m³/ha) y 455,6 m³/ha para RC (371,0 m³/ha).

La productividad total la estimó en 9,3 m³/ha/año (8,2 m³/ha/año de madera gruesa) para RA; 11,8 m³/ha/año (10,4 m³/ha/año) para RI y 12,7 m³/ha/año (10,3 m³/ha/año).

La producción total de madera al final del ciclo productivo aumentó 27,6% en RI en comparación con RA y 36,5% en RC en comparación con RA, mientras que solo 6,9% en RC en comparación con RI.

Al tiempo que aumentó la cantidad de madera a medida que los rodales presentan una mayor densidad y cobertura, la diversidad de plantas disminuyó (Figura N° 8).



Las líneas verticales indican el error estándar de la media y las letras diferentes las diferencias significativas de las medias entre unidades de paisaje (prueba LSD, $p < 0,05$)

Figura N° 6
RELACIÓN ESPECIES Y FAMILIAS (S:F) (ARRIBA) Y DOMINANCIA DE ESPECIES (C_{MCN}) Y PRESENCIA DE ESPECIES RARAS (R_{LOGSKEW}) (ABAJO) EN LA ESTEPA-HERBÁCEO-ARBUSTIVA (EL) Y LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y CERRADO (RC)

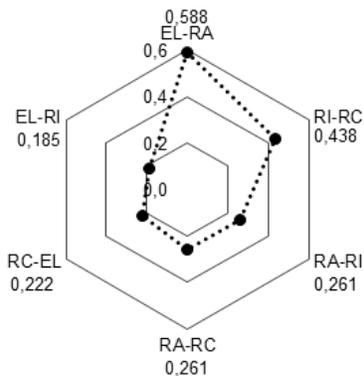


Figura N° 7
ÍNDICE DE SIMILITUD DE SØRENSEN EN LA ESTEPA-HERBÁCEO-ARBUSTIVA (EL) Y LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y CERRADO (RC)

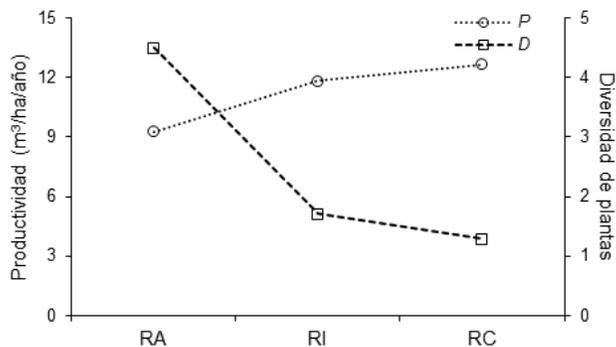


Figura N° 8
PRODUCTIVIDAD DE MADERA (P) Y DIVERSIDAD DE PLANTAS (D)
EN LOS RODALES ABIERTO (RA), INTERMEDIO (RI) Y CERRADO (RC)

DISCUSIÓN

La baja radiación que alcanzó el suelo del rodal cerrado (2%) fue probablemente debido a una alta reflexión y absorción de la luz causada por una alta cobertura del dosel (91%) (Baldocchi *et al.*, 1986, Canham *et al.*, 1990). El dosel más desarrollado también implicaría mayores tasas de interceptación, evapotranspiración y consumo de agua (Rose, 1996; Le Maitre *et al.*, 1999; Weigandt *et al.*, 2015), que explicaría la reducción del contenido hídrico del suelo medido durante la estación seca (9,6%).

Sin embargo, una estructura más densa del rodal también promovería una menor temperatura del aire dentro de este, reduciendo la evaporación y compensando parcialmente las pérdidas de agua a través de la canopia (Canham *et al.*, 1990; Geiger *et al.*, 2003).

La disminución de la cobertura de copas provocó un aumento de la luminosidad en el suelo del bosque, y probablemente afectó el contenido de agua del suelo para alcanzar niveles similares a los de la estepa. El rodal abierto presentó 29% de cobertura del dosel, el 42% de luz, y 20% de humedad del suelo, mientras que la humedad del suelo de la estepa fue 18%. En el rodal cerrado, los valores más bajos de radiación y humedad del suelo habrían promovido la mayor cantidad de suelo desnudo (89%), que disminuyó en el rodal abierto (28%) hasta alcanzar un valor equivalente al de la estepa.

El rodal cerrado presentó valores muy bajos de riqueza (3,6) y diversidad de especies de plantas (1,3), cantidad de familias (3,4) y relación especies y familias (1,0), y valores altos de dominancia de especies ($C_{McN} = 46,1$ y $R_{logSkew} = 2,3$) en comparación con los de la estepa (14,8; 6,1; 7,6; 2,3; 18,4 y 0,5, respectivamente). La menor semejanza específica entre unidades de paisaje se produjo entre la estepa y el rodal intermedio ($C_S = 0,19$) y cerrado ($C_S = 0,22$). Estos valores mejoraron a medida que la cobertura aérea disminuyó en el rodal intermedio y abierto y aumentó la similitud entre la estepa y el rodal abierto ($C_S = 0,59$).

Estos fenómenos estarían relacionados con las posibilidades restringidas de establecimiento de las plantas en el rodal cerrado debido a la escasez de recursos aéreos y subterráneos esenciales como la luz y el agua. Aunque la alta frecuencia de especies introducidas en el rodal cerrado (90%) se asoció a la especie exótica *P. ponderosa*, la cantidad de esta categoría de planta con relación al total fue muy bajo (2/16) y comparable con el de la estepa (4/38). El rodal de pino no proporcionaría un hábitat particularmente ventajoso para las hierbas y arbustos introducidos, lo que reduce la posibilidad de invasión biológica.

CONCLUSIONES

La menor producción final de madera del rodal abierto luego de un ciclo productivo de 36 años se asoció a la subocupación del sitio forestal, debido a la reducida densidad de árboles. El rendimiento aumentó a medida que el espacio de crecimiento fue ocupado por una mayor cantidad de individuos en el rodal intermedio y cerrado. Sin embargo, la mayor producción implicó un empobrecimiento de la diversidad biológica y otras variables asociadas, teniendo en cuenta la relación inversa que existió entre los indicadores de conservación ambiental y crecimiento a escala de rodal. Esta correlación negativa se debe tener en cuenta para implementar escenarios de sustentabilidad en estos hábitats antropogénicos.

El régimen silvicultural adecuado de manejo debería corresponder a una situación intermedia entre la del rodal abierto e intermedio. La técnica de la programación lineal podría encontrar el régimen de gestión sustentable que conduciría en forma simultánea a un rodal que mantenga valores adecuados de diversidad y productividad. La función objetivo debería maximizar el valor actual neto aplicando distintos escenarios de manejo y teniendo en cuenta restricciones asociadas al flujo de volumen y el mantenimiento de la diversidad (Buongiorno y Gillies, 2003; Rojas Ponce *et al.*, 2007).

Las estrategias que promueven el mantenimiento de la diversidad, estructural y composicional de especies, formas de vida, grupos ecológicos y hábitats, a escala de rodal involucran la implementación de prácticas silviculturales de selección y asociadas a espaciamientos amplios de árboles, con raleos precomerciales intensivos y rotaciones extendidas, y de una zonificación de rodales con diferentes rotaciones (Quine y Humphrey, 2005; Lindenmayer *et al.*, 2006; Brockerhoff *et al.*, 2008).

La compatibilidad entre la conservación de una mayor variedad de especies silvestres y la producción de madera requiere esencialmente mantener rodales más abiertos a lo largo del ciclo de corta. Aunque tales proyectos presenten una productividad menor, tendrán valores ecosistémico y estéticos mayores que podrán aumentar la posibilidad de sostenerlos económicamente por parte de la sociedad.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional del Comahue y la Unidad de Cambio Rural (UCAR) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Agradecemos a A. Medina, L. Chauchard, R. González Musso y A. Suárez la colaboración, durante las diferentes instancias de la investigación, y a la Corporación Forestal Neuquina por permitir coleccionar datos en el área de estudio.

REFERENCIAS

- AIC, 2012.** Temperaturas medias mensuales y precipitaciones totales mensuales. Informe técnico. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Cipolletti. 48 p.
- Andenmatten, E. y Letourneau, F., 2003.** Predicción y proyección del rendimiento de pino ponderosa en las provincias de Chubut y Río Negro, Argentina. *Quebracho* 10: 14-25.
- Andenmatten, E.; Letourneau, F. y Getar, E., 2007.** Simulador forestal para *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco y *Pinus ponderosa* (Laws) en Patagonia Argentina. En: H. Gonda, M. Davel, G. Loguercio y O. Picco (eds). I Reunión sobre forestación en la Patagonia, Esquel. p. 374-380.
- Baldocchi, D.; Hutchison, B.; Matt, D. and McMillen, R., 1986.** Seasonal variation in the statistics of photosynthetically active radiation penetration in an Oak--Hickory forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 36: 343-361.
- Bremer, L. and Farley, K., 2010.** Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A

synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity Conservation* 19: 3893-3915.

Brockerhoff, E.; Jactel, H.; Parrotta, J. A.; Quine, C. P. and Sayer, J., 2008. Plantation forests and biodiversity: Oxyomorh or opportunity? *Biodiversity Conservation* 17: 925-951.

Buongiorno, J. and Gilless, J. K., 2003. Decision methods for forest resource management. Elsevier Science. New York. 439p.

Cabrera, A., 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.

Canham, C. D.; Denslow, J. S.; Platt, W. J.; Runkle, J. R.; Spies, T.A. and White, P. S., 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* 20: 620-631.

CFI, 2009. Inventario del bosque implantado de la provincia de Neuquén. Consejo Federal de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Territorial. Neuquén. 65p.

Corley, J.; Sackmann, P.; Rusch, V.; Bettinelli, J. and Paritsis, J., 2006. Effects of Pine silviculture on the ant assemblages (*Hymenoptera: Formicidae*) of the Patagonian steppe. *Forest Ecology and Management* 222: 162-166.

Daniel, T. W.; Helms, J. A.; and Baker, F. S., 1979. Principles of silviculture. McGraw-Hill. New York. 521p.

Dezzotti, A.; Sbrancia, R.; Mortoro, A. y Monte, C., 2009. Invasión biológica de *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta*: estudio de caso de una plantación en la Patagonia noroccidental. *Investigación Agraria Serie Forestal* 18(2): 181-189.

FAO, 2014. El estado de los bosques del mundo. Food and Agriculture Organization. Roma. 132p.

Feddema, J. J.; Oleson, K. W.; Bonan, G. B.; Mearns, L. O.; Buja, L. E.; Meehl, G. A. and Washington, W. M., 2005. The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science* 310: 1674-1678.

Frugoni, M. C.; Dezzotti, A.; Medina, A.; Sbrancia, R. and Mortoro, A., 2016. Design and evaluation of an afforestation project based on geopedologic and ecological information in north-western Patagonia, Argentina. In: Zinck, A.; Metternicht, G.; Bocco, G. and del Valle, H. (eds), *Geopedology: an integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies*. Springer, Berlin, pp 480-504.

Geiger, R.; Aron, R. H. and Todhunter, P., 2003. The climate near the ground. Rowman and Littlefield Publishers. Lanham. 584p.

Gyenge, J. E.; Fernández, M. E.; Licata, J.; Weigandt, M.; Bond, B. J. y Schlichter, T., 2011. Uso del agua y productividad de los bosques nativos e implantados en el NO de la Patagonia: aproximaciones desde la ecohidrología y la ecofisiología. *Ecología Austral* 21: 271-284.

Hansen, M.; Stehman, S. and Potapov, P., 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 107(19): 8650-8655.

IBD, 2015. Flora del Conosur. Instituto de Botánica Darwinion. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - CONICET. Disponible en <http://www2.darwin.edu.ar>. Acceso 30 Nov. 2015.

Jost, L.; Chao, A. and Chazdon, R. L., 2010. Compositional similarity and β (beta) diversity. En: *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. A. E. Magurran and B. J. McGill (eds.). Oxford University Press. Oxford. p. 66-84.

Kanowski, P. J., 1997. Afforestation and plantation forestry for the 21st century. *Proceedings 11º Congreso Forestal Mundial*. Antalya.

Kent, M., 2011. Vegetation description and data analysis: a practical approach. Wiley-Blackwell, New York. 428p.

La Manna, L.; Buduba, C.; Gigli, A. y Rostagno, C. M., 2013. Efecto de las plantaciones sobre la erosión hídrica potencial en suelos degradados de la Región Andino Patagónica. *Actas II Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*. Calafate. p. 9.

Laclau, P., 2003. Biomass and carbon sequestration of Ponderosa Pine plantations and native Cypress forests in northwest Patagonia. *Forest Ecology and Management* 180: 317-333.

- Lantschner, M. V.; Rusch, V. and Peyrou, C., 2008.** Bird assemblages in Pine plantations replacing native ecosystems in NW Patagonia. *Biodiversity Conservation* 17: 969-989.
- Lantschner, M. V.; Rusch, V. and Hayes, J. P., 2011.** Influences of Pine plantations on small mammal assemblages of the Patagonian forest-steppe ecotone. *Mammalia* 75: 249-255.
- Le Maitre, D.; Scott, D. and Colvin, C., 1999.** A review of information on interaction between vegetation and groundwater. *Water* 25(2): 137-152.
- Lindenmayer, D.; Franklin, J. and Fischer, J., 2006.** General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* 131: 433-445.
- Lindquist, E.; D'Annunzio, R.; Gerrand, A.; MacDicken, K.; Achard, F.; Beuchle, R.; Brink, A.; Eva, H.; Mayaux, P.; San-Miguel-Ayanz, J. and Stibig, H., 2012.** Global forest land-use change 1990 - 2005. *Forestry Paper* 169. FAO. Roma. 53p.
- Loguercio, G.; Gonda, H. y Jovanovski, A., 2011.** Necesidades de manejo de los bosques plantados en las provincias de Neuquén, Rio Negro y Chubut. *Revista Producción Forestal* 1: 13-17.
- Magurran, A. and McGill, B., 2011.** Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press. 368p.
- MAGyP, 2014.** Argentina: Plantaciones forestales y gestión sostenible. Unidad de Cambio Rural, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Buenos Aires. 15p.
- McGill, B., 2003.** Does mother nature really prefer rare species or are log-left-skewed SAD's a sampling artefact? *Ecology Letters* 6: 766-773.
- McNaughton, S. J. and Wolf, L. L., 1970.** Dominance and the niche in ecological systems. *Science* 167: 131-139.
- Nosetto, M. D.; Jobbágy, E. G. and Paruelo, J. M., 2006.** Carbon sequestration in semiarid rangelands: comparison of *Pinus ponderosa* plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environments* 67: 142-156.
- Pan, Y.; Birdsey, R.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P.; Kurz, W.; Phillips, O.; Shvidenko, A.; Lewis, S.; Canadell, J.; Ciais, P.; Jackson, R.; Pacala, S.; McGuire, D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S. and Hayes, D., 2011.** Large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988-993.
- Paritsis, J. and Aizen, M., 2008.** Effects of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal Beetles and birds in *Nothofagus dombeyi* forests. *Forest Ecology and Management* 255: 1575-1583.
- Peel, M.C.; Finlayson, B. L. and McMahon, T. A., 2007.** Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrological Earth System Science* 11: 1633-1644
- Price, R.; Liston, A. and Strauss, S., 1998.** Phylogeny and systematics of *Pinus*. En: *Ecology and biogeography of Pinus*. D. Richardson ed. Cambridge University Press. Cambridge. p. 49-68.
- Quine, C. P. and Humphrey, J., 2010.** Plantations of exotic tree species in Britain: Irrelevant for diversity of novel habitats for native species? *Biodiversity Conservation* 19: 1503-1512.
- Rojas Ponce, Y.; García Robredo, F. y Ruiz-Tagle Molina, M., 2007.** Un modelo de gestión para la conservación de la biodiversidad forestal en renales de roble-raulí-coigüe. *INFOR* 13(3): 501-515.
- Rose, C. L., 1996.** Forest canopy - atmosphere interactions. *Northwest Science* 70: 7-14.
- SAMLA, 1996.** Sistema de apoyo metodológico para laboratorio de análisis de suelos y aguas. Dirección de Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentos y Forestación. Buenos Aires. Disponible en <http://www.minagri.gov.ar/site/agricultura/samla>. Acceso 30 Nov 2015.
- Sarasola, M.; Rusch, V.; Schlichter, T. y Ghersa, C., 2006.** Invasión de coníferas forestales en áreas de estepa y bosques de la cordillera en la región Andino Patagónica. *Ecología Austral* 16: 143-156.
- SAyDS, 2007.** Primer inventario nacional de bosques nativos. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. 126p.

Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.

Sørensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter* 5: 1-34.

Weigandt, M.; Gyenge, J.; Fernández, M. E.; Varela, S. and Schlichter, T., 2015. Afforestations and wetlands, are they a good combination? Study of water fluxes in two cases of Patagonian wetlands. *Ecohydrology* 8(3): 416-425.

PLANTACIONES DE AVELLANO CHILENO (*Gevuina avellana* Mol.) UNA ALTERNATIVA PARA PRODUCIR MADERA DE ALTO VALOR EN CHILE

Loewe, Verónica⁶; Delard, Claudia⁷ y Álvarez, Andrea⁸

RESUMEN

El avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.), especie nativa de Chile con amplia adaptación ecológica, produce una madera valiosa y escasa, siendo el establecimiento de plantaciones, junto al manejo de renovales, una alternativa interesante para su silvicultura. La plantación de avellanos constituye una opción productiva en áreas aptas, dada la velocidad de crecimiento, la producción temprana de fruta, su aptitud melífera ya que florece cuando hay escasez de flores, y sus múltiples usos. Adicionalmente, el manejo semi-intensivo o intensivo puede homogeneizar la calidad y elevar la producción de fruta.

Dado que se conocen pocas experiencias de plantaciones madereras con esta atractiva especie, se estudiaron dos plantaciones establecidas en Villarrica, región de la Araucanía, y Molina, región del Maule, de 18 y 16 años de edad, respectivamente, establecidas a 3 x 3 m, y manejadas con la técnica conocida como arboricultura de calidad. La supervivencia alcanza al 35% y el crecimiento anual es interesante; más de 40 cm en altura y 0,8-1,2 cm en DAP. El efecto de un raleo a los 17 años en Villarrica incrementó el crecimiento diamétrico. Los resultados son positivos en términos de vigor y de algunos parámetros relevantes para la calidad de la madera, demostrando la plasticidad de la especie y permitiendo concluir que es factible establecerla con fines madereros y frutales si se aplican las técnicas adecuadas a sus especificidades.

Palabras clave: Arboricultura, avellano chileno, especie endémica, *Gevuina avellana*, madera de alto valor, frutos.

SUMMARY

The Chilean Hazel (*Gevuina avellana* Mol.), a native species with a wide ecological adaptation, produces a valuable and scarce wood, being its establishment as planted forests and its second growth native forests management interesting silvicultural alternatives. Since the species has a good growth, an early fruit production, a plentiful flowering when other flowers are scarce for honey production, its establishment as planted forests represents a productive option in appropriated areas, and its intensive management can homogenize and increase fruit production.

Few experiences are known about the species in planted forests. Two plantations were studied, a 18 years old one in Villarrica, Araucanía region, and a 16 years old stand in Molina, Maule region, both plantations established at a 3 x 3 m space and under a management known as quality arboriculture. Survival is 35% and the annual growth is quite interesting; 40 cm in height and 0,8 - 1,2 cm in DBH. In the Villarica's plantation a thinning at 17 years old increased the diameter growth. Results are positive in terms of vigour and some relevant parameters for wood quality, demonstrating the high species plasticity and the feasibility of planting it for wood and fruit production purposes if the appropriated techniques are applied.

Key words: Arboriculture, Chilean Hazelnut, endemic species, *Gevuina avellana*, high value wood, fruits.

⁶ Ingeniero Forestal MPA, PhD. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. veronica.loewe@infor.cl

⁷ Ingeniero Forestal. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. claudia.delard@infor.cl

⁸ Ingeniero Agrónomo. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. andrea.alvarez@infor.cl

INTRODUCCIÓN

El avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) es una especie nativa del país, de la familia *Proteaceae*, conocida como gevuín o guewin (Hall y Witte, 1998), y en el extranjero se le conoce como *Chilean Hazel*, *Chilean Nut*, *Chilean Wildnut* y *Gevuina Nut* (ICRAF, 2003).

Es típica del sur de Chile, extendiéndose entre los 34 y 43 grados de Latitud Sur, desde Colchagua por la Cordillera de los Andes y desde el norte del río Itata por la cordillera de la Costa, hasta las Islas Guaitecas, con una amplia adaptación ecológica, pero inferior a la de otras especies de la familia *Proteaceae* (Magnin *et al.*, 2012). La especie crece en distintos tipos de suelo, pero no resiste suelos salinos ni climas secos (INTEC, 1982; Del Fierro *et al.*, 1998), y es afectada negativamente por la nieve en sus primeras fases de desarrollo (Álvarez y Lara, 2008). Se distribuye en áreas con reducido déficit hídrico estival (Magnin *et al.*, 2012). En su hábitat natural el avellano se asocia a otras especies como roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*), laurel (*Laurelia sempervirens*), belloto (*Beilschmiedia miersii*), mañíos (*Podocarpus spp*) y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), entre otras (INTEC, 1982; Donoso, 1993), encontrándose raramente en masas puras. Es una de las especies más importantes del bosque Valdiviano (Hueck, 1966; Donoso, 1993). Por esta característica, no es posible una cuantificación exacta del recurso, pero se estima en función del rendimiento medio por árbol y la densidad media por hectárea, que habría unas 144.000 ha disponibles para recolección (FIA, 1999).

Puede alcanzar 20 m de altura (Hoffmann *et al.*, 2000), aunque frecuentemente se comporta como especie arbustiva del sotobosque (Donoso, 1978a). Tiene un hábito piramidal, tronco recto y cilíndrico de hasta 50 - 60 cm de diámetro. Su corteza es color gris ceniciento, con manchas oscuras, ligeramente rugosa, y ramas flexibles y largas. El fruto es una semilla comestible con cáscara leñosa y rica en taninos (Quintanilla, 1974; Krüssmann, 1977; Muñoz, 1980; Hoffmann, 1982), globoso o levemente ovalado, cuyo ápice es algo protuberante, de color verde, rojo o negro - violáceo, según el grado de madurez; la nuez alcanza 1,5 cm de diámetro.

El avellano, al igual que otras especies de la familia *Proteaceae*, posee abundantes raíces proteiformes, densos conglomerados de raicillas con abundantes pelos radiculares que aumentan la capacidad de absorción hídrica (Lamont, 1982); estas raíces se forman en mayor cantidad en suelos pobres, lo que le permite colonizar biotopos extremos, como escorias volcánicas. Ramírez *et al.* (1990) concluyeron que las raíces proteiformes, reguladas en cantidad genéticamente, no se producen en suelos esterilizados, confirmando la importancia de los microorganismos edáficos en su formación; no provocan un aumento del tamaño de las plántulas, pero sí de su biomasa; inducen mayor contenido de hidratos de carbono en hojas, pero no del contenido de fósforo foliar o radicular; aumentan la absorción de agua y disminuyen la relación tallo/raíz considerablemente.

Es una especie ecológicamente plástica (Cuadro N° 1) y debido a sus raíces proteiformes puede crecer tanto en suelos profundos, porosos y fértiles, como en suelos volcánicos, lavas, escorias o ñadis (Ramírez *et al.*, 1990; Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993). No obstante ello, necesita buen drenaje, ya que es muy sensible a hongos (Pozo, 1989).

Se distribuye en zonas de clima templado mediterráneo en la zona norte y templado húmedo o lluvioso en el sur de su distribución, con precipitaciones que varían entre 500 y 1.000 mm anuales en el norte, y entre 3.000 a 4.000 mm anuales en el sur. Crece con temperaturas desde muy bajas a cálidas (Steubing, 1983; Donoso *et al.*, 1992; Donoso, 1993; Nuestra Tierra, 1993). Crece desde el nivel del mar hasta los 700 msnm (ICRAF, 2003; Medel, 2003).

Se adapta a diferentes condiciones de luminosidad, lo que permite que se comporte como especie intolerante o como semitolerante (Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993), pero el poseer una corteza delgada la hace muy susceptible a la insolación, sobre todo si se efectúan plantaciones en laderas de exposición norte u oeste.

Cuadro N° 1
TOLERANCIAS FISIOLÓGICAS DEL AVELLANO CHILENO

Factor	Rango
Temperatura máxima de crecimiento	30°C
Temperatura óptima de crecimiento	15-20°C
Temperatura mínima de crecimiento	0-5°C
Heladas	-8°C
Calor	Baja
Sequía	Media a baja
Salinidad	Muy baja
Viento	Media a baja
Inundación	Buena

(Fuente: Halloy *et al.*, 1996)



Figura N° 1
FRUTOS Y FLORES DE AVELLANO CHILENO

La floración es compleja, como ocurre con todas las especies cuyos frutos se desarrollan en un largo periodo. De hecho, el ciclo de fructificación del avellano dura dos años (Donoso, 1993), por lo que la floración, que aparece en enero, febrero y hasta mayo, ocurre cuando aún están madurando los frutos del año anterior (Figura N° 1), existiendo considerable variación en la fecha, duración y edades de floración dentro de un mismo rodal (Rodríguez *et al.*, 1983). Según Daniel (1982) depende de la actividad hormonal y del nivel de hidratos de carbono y nitrógeno, habiéndose observado que la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementa la producción y puede inducir una floración precoz, sobre todo si la aplicación coincide con la diferenciación de las yemas.

El avellano tiene una amplia gama de usos, entre los que destacan el aprovechamiento de la madera y varios usos no madereros, entre ellos medicinal, ornamental, semilla comestible, aceite y melífera (Valdebenito *et al.*, 2015). Su fruto, la avellana, se consume bajo diversas formas, principalmente tostadas y saladas como *snack* para cócteles, y también como harina. Franco *et al.* (2003) señalan el uso de un extracto de la cáscara de avellanas como antioxidante o filtro ultravioleta para productos alimentarios y cosméticos, y FONDEF (2005) señala nuevos productos, como mantequilla de avellana, barras energéticas y compost.

Las avellanas sin tratar pueden servir para alimentación animal (Cáceres *et al.*, 1982). La cáscara leñosa también puede ser empleada como combustible, ya que su poder calorífico al 10,9% de humedad es de 3.900 kcal/kg y seca llega a 4.700 kcal/kg (INTEC, 1982, 1984; SERCOTEC, 1985). También es factible su empleo como *mulch*, por su aspecto decorativo.

Es una especie ornamental muy decorativa en parques y jardines por sus hermosas flores blancas y el color de sus frutos (Del Fierro *et al.*, 1998; Escobar, 2001; ICRAF, 2003) y es usada con este fin en ciudades del sur de Chile; además se comporta en forma óptima como arbusto para cercos vivos (Jacob, 1995). Como follaje se utiliza en gran parte de las florerías del centro sur de Chile, fin con el cual se cortan ramas de largo variable y se almacenan en cajas de madera hasta por un mes, y también se exporta, habiéndose registrado un *peack* el año 2007, cuando se exportaron 80,2 t (Valdebenito *et al.*, 2015) (Figura N° 2); el año 2015 se exportó una cantidad muy reducida, con un precio equivalente de US\$ 10.925/t (INFOR, 2016). El aceite de avellana se ha exportado en los últimos cuatro años en volúmenes limitados, con precios crecientes de hasta US\$ 28.017/t (Valdebenito *et al.*, 2015).

Con la corteza del avellano y otras hierbas medicinales los mapuches preparan un té para estimular la coagulación y sanar heridas internas causadas por golpes, combatir diarreas y desparasitar, lo que se explicaría por el alto contenido de taninos y el pH de la corteza (Muñoz, 1981; Citarella, 1995; Conejeros, 1995). Debido al alto contenido de taninos en la corteza, esta se utiliza en curtiembre (Escobar, 2001).

El fruto del avellano está compuesto por un 66% de cáscara leñosa, un 28% de semilla o cotiledones, y un 6% de cutícula. Las semillas, que son la parte comestible del fruto, tienen en promedio 1,76 cm de diámetro, y pesan 1,6 g, con gran valor alimenticio (Cuadro N° 2), especialmente por su contenido de proteínas y lípidos, y un sabor muy apreciado (INTEC, 1982, 1984; SERCOTEC, 1985).



Figura N° 2
DETALLE DE REBROTE DE AVELLANO EMPLEADO COMO FOLLAJE PARA DECORACIÓN

El perfil de ácidos grasos (Cuadro N° 3) muestra una predominancia de ácidos grasos insaturados (93%), siendo el ácido palmitoleico el más importante, poco común en aceites vegetales (generalmente se encuentra en los aceites de tortuga, visón y de otros animales), lo que le confiere una característica importante para el uso en cosméticos (Flores y Segura, 1989). Por el alto contenido de ácido linoléico es propenso a la rancidez (Bahamonde, 1986). La presencia de

la vitamina E cumple un rol de protección de las membranas celulares del cerebro, anti colesterol, retrasador de la sintomatología de Alzheimer y activador del sistema inmunológico. Además posee cantidades significativas de tocotrienol (130 mg/kg), con propiedades anticoagulantes, anticancerígenas y antiinflamatorias (Bertoli *et al.*, 1998 cit. por Arriagada, 2003). Desde el punto de vista dermatológico, el aceite de avellana tiene la propiedad de absorber las radiaciones bajas del espectro ultra violeta, lo que le confiere la capacidad de actuar como filtro UV impidiendo el paso de las radiaciones que producen eritemas en la piel, pero permitiendo el paso de las radiaciones responsables del bronceado sin daños. Su poder de protección es equivalente a un factor 10 (Pharmos Aloe Vera, 2000 cit. por Arriagada, 2003).

Cuadro N° 2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA AVELLANA CHILENA

Componente	Universidad de Chile	INTEC	Universitaet Liebig
Humedad (%)	7,5	8,1	7,3
Proteínas (%)	12,4	12,4	11,3
Lípidos (%)	49,3	47,8	48
Cenizas (%)	2,8	-	3,1
Fibra cruda (%)	3,6	20	-
Hidratos de carbono (%)	-	3,6	22,3
Materia fibrosa (%)	-	-	7,3
Valor calórico (kcal/100 g)	-	535,5	-
Tocoferoles (mg/kg aceite)	-	270	-

(Fuente: INTEC, 1984)

Cuadro N° 3
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN ACEITE REFINADO DE AVELLANA

Ácidos grasos	INTEC	Universitaet Liebig
	(%)	
Ácido Palmítico	1,8	2,2
Ácido Hexadecaenoico	27,6	25,8
Ácido Esteárico	0,5	0,8
Ácido Oleico	39,8	39,4
Ácido Isooleico	-	4,6
Ácido Linoleico	6,9	7,7
Ácido Linolénico	10,1	-
Ácido Eicosanoico	1,3	2,1
Ácido Eicosanoico	10,1	2,7
Ácido Isoeicosanoico	-	5,1
Ácido Docosanoico	3,1	2,3
Ácido Docosanoico	8,7	1,5
Ácido Isodocosanoico	-	5,5

(Fuente: INTEC, 1984)

El peso medio de las avellanas frescas varía significativamente entre sectores, fluctuando entre 1,3 y 2,6 g, al igual que el peso seco, que varía entre 0,9 y 1,4 g (Arriagada, 2003). La producción también es muy variable, con una media de 4,2 kg por árbol (entre 1,9 y 6); el número medio de semillas fluctúa entre 240 y 580 por kilogramo, presentando mayor tamaño en el norte.

En Frutillar (región de Los Lagos) se evaluó la producción de avellanas en tres plantaciones, con una tendencia al aumento de la producción de avellanas a mayor DAP de los árboles, aumento que estaría relacionado con la edad; a los 17 años, con 12,6 cm de DAP y 6,3 m de altura, se registró una producción de 34,2 kg/árbol (Donoso, 1978b). En un bosque secundario de roble y avellano en Pucón (región de la Araucanía) también se encontró una significativa correlación entre la fructificación y el DAP (Donoso y Soto, 1979), aun cuando a igual diámetro, Donoso y Soto (1979) señalan una producción muy inferior, que asciende a 4,2 kg/árbol. En el fundo Las Palmas (Valdivia, región de Los Ríos), Escobar (1995) señala que a los 12 años se obtienen producciones de 3,1 kg/árbol, equivalentes a 1.860 kg/ha, con un 95% de árboles productivos.]

Hace casi 50 años se inició un programa de mejoramiento genético buscando elevada productividad y calidad de frutos (Medel y Medel, 2003). Los clones evaluados tienen un rendimiento medio de nuez de 20 kg/planta/año, significativamente superior a la producción en condiciones de bosque (0,3 a 2 kg/árbol/año) (Medel, 2003), comparables a las obtenidas con otras especies de frutos secos (Cuadro N° 4); los clones seleccionados presentan un mayor peso de semilla comestible y una reducción de la cáscara. Medel (2014) indica producciones de 7 a 9 t/ha con germoplasma seleccionado, y de 11 a 18 t/ha con clones seleccionados, lo que evidencia el potencial del avellano chileno como especie frutal.

Cuadro N° 4
PRODUCCIÓN MEDIA ESTIMADA PARA FRUTALES DE NUEZ EN HUERTOS

Especie	Rendimiento (t/ha)	Densidad (N° plantas/ha)	Producción (kg/planta)
Pecano	1,5 – 4,0	123-200	17,5
Avellano europeo	2,0 – 4,0	325-800	8,5
Castaño	2,5 – 4,0	84-100	30
Pistacho	3,0 – 5,5	286-400	12
Nogal	4,0 – 6,0	100-204	30
Almendro	3,5 – 7,0	242-476	15
Macadamia	2,0 – 9,0	69-204	25
<i>Gevuina</i>	1,3 – 6,8	625	15,7

(Fuente: Arriagada, 2003)

Las características de calidad del fruto y adaptabilidad de la especie a climas fríos han despertado el interés de otros países, como Nueva Zelanda y Australia, para desarrollarlo como fruto de nuez alternativo a la macadamia. En estos países se introdujo hace unos 50 años en ensayos de adaptabilidad climática, con excelentes resultados, estimándose que para el año 2010 se habrían plantado 100.000 árboles, principalmente en Otago, Southland y Westland (Halloy, 1998). En estos países se está buscando el fruto perfecto de *gevuina*, para lo cual se han establecido huertos semilleros y están probando métodos de procesamiento y analizando sabor y calidad del producto, habiéndose reportado a los siete años de edad producciones entre 3 y 9 t/ha. No obstante ello, en Chile existen escasas plantaciones de la especie.

El precio de la avellana tostada durante la temporada 2014 osciló entre \$ 5.000 y 6.000/kg en las regiones del Biobío y Araucanía (Valdebenito et al., 2015), mientras que en el *retail*

asciende a \$ 11.900 a 20.600/kg (Medel, 2014).

La madera de avellano es de gran belleza, de aspecto lustroso, vetado hermoso y notorio con anillos anuales bien diferenciados (Pérez, 1983); su duramen es de color rosado a café claro y la albura amarillenta a rojiza. Los rayos medulares son gruesos y aparecen tanto en cortes tangenciales como radiales, en líneas o manchas marcadas (Pérez, 1983; Hall y Witte, 1998).

Es una madera firme y elástica (Escobar, 2001; Plants for a Future, 2003), con grano medio y fibra irregular, densidad media y buena resistencia mecánica, poco durable en contacto con el suelo (Pérez, 1983), sujeta a deslignificación por *Ganoderma australe* y por otros hongos debido a la composición y estructura de su lignina (Martínez *et al.*, 1999).

La densidad básica es de 410 kg/m³, anhidra de 470 kg/m³ (Pérez, 1983), y al 12% de contenido de humedad de 630 kg/m³ (Hall y Witte, 1998). Se clasifica como una madera de contracción volumétrica total mediana (Pérez, 1983).

Durante el proceso de secado natural rara vez se deforma, agrietándose en la superficie. Se requiere de aproximadamente un año por cada centímetro de espesor en el secado natural, quedando con una humedad final de 15 a 18%.

El secado artificial se comporta de manera similar al secado natural, recomendándose una temperatura media bajo 55-60°C (Hall y Witte, 1998).

Corresponde a una madera medianamente tenaz, de baja resistencia a la flexión estática y dureza; sus propiedades mecánicas se resumen en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE AVELLANO

Ensayo y Propiedad	Unidad	Estado Verde	Estado Seco (CH = 12%)
Flexión Estática			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	236	410
Módulo de Rotura	kg/cm ³	407	625
Módulo de Elasticidad	t/cm ²	68	85
Compresión Paralela			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	151	265
Tensión Máxima	kg/cm ²	194	368
Módulo de Elasticidad	t/cm ²	98	102
Compresión Normal			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	26	49
Cizalle			
Tensión Rotura Tangencial	kg/cm ²	64	102
Tensión Rotura Radial	kg/cm ²	48	94
Tracción Normal			
Tensión Rotura Tangencial	kg/cm ²	25	28
Dureza (Janka)			
Resistencia Normal a Fibras	kg	208	268
Resistencia Paralela a Fibras	kg	227	324

(Fuente: Pérez, 1983).

La madera se usa en terminaciones y revestimientos interiores, muebles, chapas, remos e instrumentos musicales. Sobre todo en las regiones de la Araucanía y Los Lagos es un material muy apreciado para tallar fuentes, bandejas y otros, ya que por ser liviana y flexible se trabaja fácilmente; además su hermosa veta la hace muy apropiada para revestimientos y tornería (Pérez, 1983; Del Fierro *et al.*, 1998; Escobar, 2001).

Debido a la escasez de madera de la especie, el manejo de renovales es una alternativa interesante para su silvicultura. Asimismo, la plantación de avellanos es una alternativa interesante en muchas áreas por la velocidad de crecimiento en altura (30-40 cm/año); por la producción temprana de fruta comercialmente interesante, a partir de los siete a nueve años; por su aptitud melífera, ya que florece cuando hay escasez de flores; y por la posibilidad de utilizar tanto la madera como el follaje y los frutos (Donoso, 1978b). Adicionalmente, la plantación intensiva de la especie permitiría homogeneizar la calidad y elevar la producción de fruta.

El mercado de la madera de avellano no está desarrollado debido a la escasa oferta, ya que en los bosques actuales es difícil encontrar árboles con fuste recto y diámetro apto para el aserrío.

Solo algunas empresas dedicadas a la fabricación de muebles, instrumentos musicales y enchapados, y artesanos que producen guitarras, botes, remos, bandejas y fuentes se interesan en la especie, aun cuando existen problemas con el abastecimiento de la materia prima. Por ello existe información muy limitada sobre precios (Cuadro N° 6) y volúmenes de producción.

Cuadro N° 6
PRECIOS DE VENTA DE MADERA DE AVELLANO CHILENO

Producto	Unidad	Precio	Año	Mercado
Madera dimensionada	US\$/m ³	390,3	1992	Internacional
Madera dimensionada	US\$/m ³	637,4	1993	Internacional
Madera elaborada	US\$/m ³	677,2	1993	Internacional
Troza aserrable	US\$/m ³	76,4	1997	Internacional
Astillas	US\$/t	49,0	1997	Internacional
Madera aserrada	US\$/m ³	250,0	1997	Internacional
Troz aserrables	US\$/m ³	225	2005	Internacional
Madera aserrada cepillada	US\$/m ³	300-425	2006	Internacional
Madera seca aserrada	\$/pulgada	25.000	2016	Nacional

(Fuente: Modificado de Loewe *et al.*, 2003b).

Con respecto a plantaciones madereras, se conocen pocas experiencias con esta interesante especie. Por ello, en el presente trabajo se presentan antecedentes sobre el crecimiento de dos plantaciones de 16 y 18 años de edad.

MATERIAL Y MÉTODO

Material Vegetal y Área de Estudio

El Instituto Forestal en el ámbito del proyecto "Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva", financiado por FIA, realizó dos plantaciones experimentales puras (Cuadro N° 7), aplicando un manejo semiintensivo, característico de la arboricultura, con el objetivo de producir una troza de madera de calidad y fruta.

Cuadro N° 7
CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS EN QUE SE ESTABLECIERON
LAS PLANTACIONES EXPERIMENTALES

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Precipitación Media Anual (mm)	Temperatura Media Anual (°C)	Distanciamiento (m)
Molina	19 H 0310655	6097064	568	980	14,7	3x3
Villarrica	18 H 0752078	5642671	348	2.361	11,1	3x3

En el sitio o ensayo de Villarrica se probaron dos orígenes de semilla, Villarrica y Temuco.

Diseño Experimental

En Villarrica se estableció un diseño en bloques completamente aleatorizados incluyendo tres bloques y dos orígenes, Villarrica y Temuco, con parcelas de 64 árboles y una hilera de aislamiento alrededor, con un distanciamiento de 3 x 3 m en una superficie total de 0,35 ha.

En agosto de 1998 se establecieron plantas de 1 año en bolsa (altura media 53 cm, diámetro al cuello 1,04 cm). El sitio se preparó mediante casillas de 50 x 50 x 50 cm, y la plantación se realizó manualmente. Después de la plantación se adoptaron técnicas de arboricultura (Bisoffi *et al.*, 2008) para obtener madera de calidad: control de malezas (1, 2 y 3 años), fertilización (Superfosfato triple 90 g/planta, Muriato de potasio 45 g/planta y Borax 15 g/planta, a la plantación y 1, 2 y 3 años); podas de formación (selección apical, poda de balance en árboles inclinados a los 1, 3, 5 y 14 años); podas de levante (6 y 7 años), control de brotes basales (cada año) y raleo (17 años) cuando se extrajo el 21% de los individuos y el 14% del área basal.

El manejo consideró intervenciones intensivas características de la arboricultura, es decir la realización de podas consistentes en intervenciones graduales y moderadas del individuo, a partir del primer año de la plantación, sin producir una disminución drástica de la copa, para obtener un fuste del largo deseado y libre de nudos. Esta poda no causa estrés elevado a la planta y da buenos resultados, aún en sitios poco favorables. Consiste en la eliminación de las ramas excesivamente vigorosas o gruesas (hasta 3 - 4 cm de diámetro), las que se cortan a ras del tronco sin dañar el anillo situado en el nivel de inserción de la rama, denominado anillo cicatricial, que corresponde a un tejido pre cicatrizado que impide la entrada de patógenos y la decoloración de la madera (Shigo, 1991). Esta poda, efectuada en invierno, se asocia a una poda estival en verano, con el fin de eliminar los brotes ubicados en la parte basal del fuste o bien los brotes que compiten con la flecha central y que se han desarrollado durante los primeros meses de la temporada, generalmente vigorosos, y para reducir el vigor de ramas que compiten con el ápice. Cabe destacar que en individuos vigorosos de la especie las nuevas ramas, bastante verticales, pueden alcanzar en los primeros meses de la temporada más de 1 m de largo, resultando conveniente su control.

En Molina en septiembre del año 2000 se establecieron plantas de un año con un distanciamiento de 3 x 3 m en un terreno agrícola precordillerano, cuyo suelo se preparó con arado sobre las hileras de plantación. Desde la plantación se regó por surcos entre septiembre y febrero dos veces por semana, adoptándose técnicas de arboricultura para obtener madera de calidad: control de malezas anualmente, fertilización (Superfosfato triple 300 g/planta, Supernitro 100 g/planta y Boronatrocalcita 30 g/planta a la plantación); podas de formación invernales y estivales (selección apical, poda de balance en árboles inclinados a los 3, 5, 6 y 8 años); podas de levante (6 y 7 años) y control de brotes basales (cada año hasta los 8 años). A los 3 años se trasplantaron las plantas supervivientes a fin de aprovechar el sitio y el sistema de riego, concentrándolas en una superficie menor, dada la elevada mortalidad registrada (61%), debida en parte a que el riego por surco provocó descalce de algunos individuos.

Mediciones de Crecimiento

Se realizaron mediciones anuales de crecimiento en invierno los primeros 4 años, midiéndose diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro a 1,3 m de altura (DAP) y altura total de todos los árboles. Luego las mediciones se distanciaron midiéndose Villarrica por última vez el 2015 y Molina el 2016. El diámetro se midió con pie de metro o huincha diamétrica y la altura con hipsómetro. La supervivencia se evaluó contando los individuos vivos desde la plantación, es decir durante 16 o 18 años.

Análisis Estadísticos

Se usaron curvas de supervivencia de Kaplan-Meier y Log Rank Test ($\alpha=0.05$) para comparar la supervivencia entre orígenes en Villarrica. La altura y el diámetro se examinaron para asegurar la distribución normal de las variables y se realizó un ANOVA junto al test de la diferencia mínima significativa LSD de Fisher para analizar diferencias entre tratamientos ($p>0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat y su interface con el software R (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

En la Figura N° 3 se presenta la supervivencia de avellano chileno en ambas plantaciones, que presenta valores similares; en Villarrica el origen local presenta una leve mayor supervivencia final que la de Temuco (34 y 32%, respectivamente), en tanto en Molina alcanza un 35%. En el Cuadro N° 8 y Figuras N° 4, N° 5 y N° 6 se presentan los crecimientos medios y la evolución del crecimiento en altura, DAC y DAP. En general el crecimiento en altura y DAC de la especie en ambas plantaciones durante los dos primeros años fue lento, debido principalmente a que se encontraban en la primera etapa de desarrollo en la cual las plantas concentran su energía en establecer su sistema radicular. Además la presencia de cuellos tapados reduce el desarrollo de las plantas.

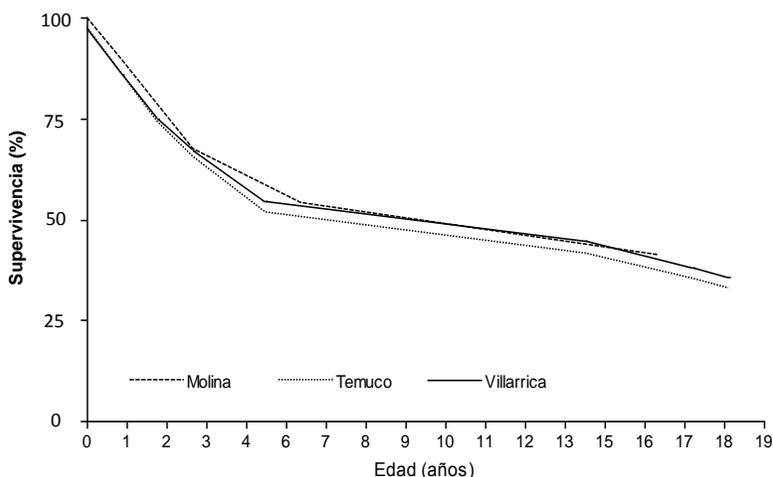


Figura N° 3
CURVAS DE SOBREVIVENCIA KAPLAN-MEIER EN MOLINA, REGIÓN DEL MAULE, Y VILLARRICA, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA SEGÚN ORIGEN (TEMUCO Y VILLARRICA)

Superada dicha fase de desarrollo, los incrementos aumentaron en forma significativa, con importantes incrementos en altura entre los 3 y 6 años en ambas plantaciones, debido entre otras razones a la aplicación de técnicas culturales tales como fertilización, control de malezas y podas de formación.

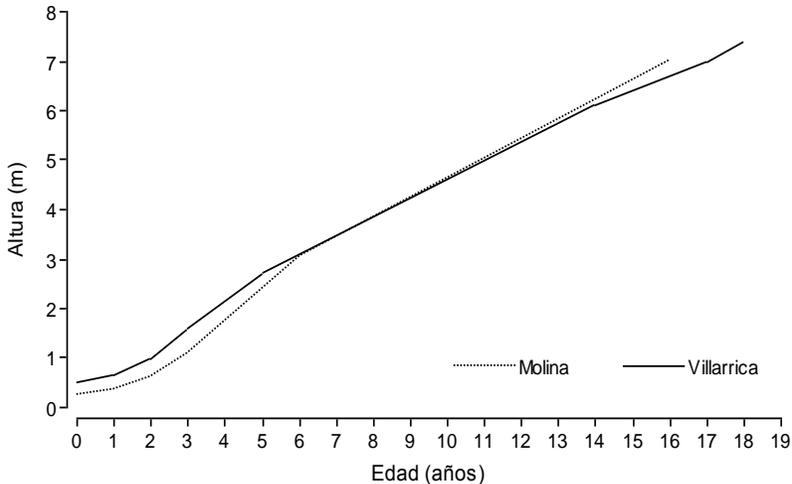
Los dos orígenes probados en Villarrica no mostraron diferencias significativas en crecimiento en DAP ni en altura ($P=0,54$) (Cuadro N° 8).

**Cuadro N° 8
CRECIMIENTO ANUAL MEDIO DE LAS PLANTACIONES**

Plantación	Origen	Incremento en Altura (m/año)	Incremento en DAP (cm/año)
Villarrica	Temuco	0,45 ± 0,04 ns	1,21 ± 0,09 ns
	Villarrica	0,41 ± 0,04 ns	1,30 ± 0,09 ns
Molina	-	0,44	0,82

La evolución de la altura total en ambas plantaciones (Figura N° 4) es similar, con valores ligeramente superiores en Molina a partir de los 10 años.

Contrariamente, el DAC y DAP muestran valores muy superiores en Villarrica durante todo el ciclo evaluado (Figuras N° 5 y N° 6).



**Figura N° 4
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN ALTURA DE LAS PLANTACIONES**

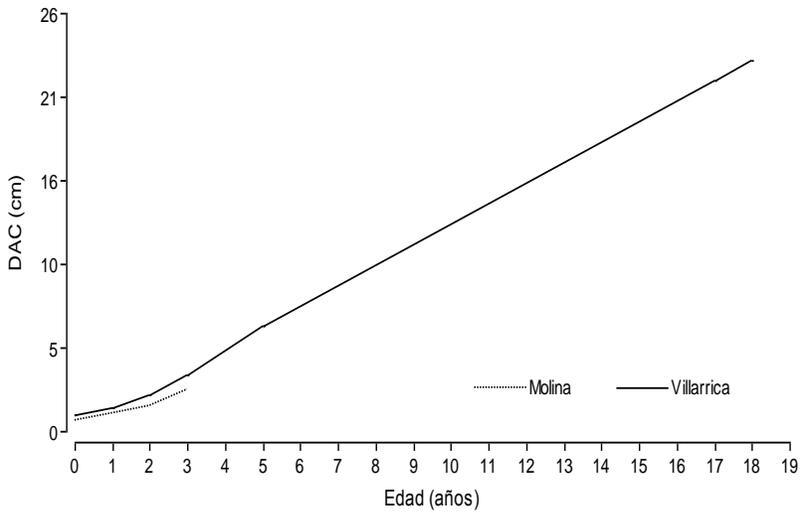


Figura N° 5
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN DAC DE LAS PLANTACIONES

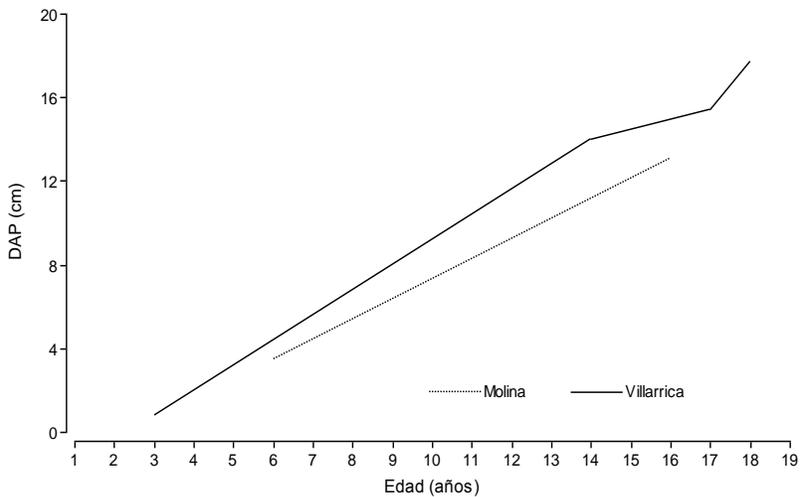


Figura N° 6
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN DAP DE LAS PLANTACIONES

**Cuadro N° 9
EFECTO DEL RALEO EN EL CRECIMIENTO ANUAL
EN PLANTACIÓN ESTABLECIDA EN VILLARRICA SEGÚN ORIGEN**

Origen	17 años (antes del raleo)				18 años (un año después del raleo)			
	Altura (m)	DAP (cm)	Incremento Altura (m)	Incremento DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Incremento Altura (m)	Incremento DAP (cm)
Temuco	6,10	15,60	0,41	0,91	6,70	16,80	0,45	2,60
Villarrica	7,30	17,50	0,45	1,03	7,90	18,80	0,41	2,40
Media	7,00	16,60	0,40	1,00	7,30	17,80	0,40	2,50

El raleo efectuado en Villarrica tuvo un efecto positivo en el crecimiento en DAP, que aumentó 2,5 veces (Cuadro N° 9 y Figura N° 6), pero no afectó el crecimiento en altura. Respecto de la poda, se observa que la poda de formación progresiva realizada en forma anual durante los primeros años permitió obtener individuos con elevada dominancia apical y buena forma en ambas plantaciones (Figuras N° 7 y N° 8).



**Figura N° 7
PLANTACIÓN A LOS 5 Y 17 AÑOS, VILLARRICA**



**Figura N° 8
PLANTACIÓN 2,5 Y 16 AÑOS, MOLINA**

En Molina los individuos se han desarrollado con buena forma y vigor, con respuesta positiva a las intervenciones culturales realizadas, y en particular a las podas; no obstante, requieren riego durante la temporada de crecimiento ya que de lo contrario se ven afectados por la

sequía estival; en algunos años se observaron daños por heladas tempranas y nieve invernal. En Villarrica, los individuos también presentan buena forma y vigor, viéndose no obstante afectados por golpes de sol.

Respecto a la producción frutal, esta empieza a partir de los 8 años, y desde los 10 años se aprecia abundante.



Figura N° 9
CONTROL DE REBROTOS BASALES EN PLANTACIÓN DE 16 AÑOS

DISCUSIÓN

Los resultados observados en ambas plantaciones han sido muy positivos, demostrando que el avellano chileno es una especie plástica ante diferentes técnicas de manejo, y en particular apta a ser manejada mediante técnicas de arboricultura de calidad, confirmando el interés que reviste la especie reportado por Loewe (1998).

Respecto de la supervivencia, en ambos casos se obtuvieron valores cercanos al 35%, no existiendo información bibliográfica a edades similares en condición de plantación pura. No obstante, Álvarez y Lara (2008) evaluaron plantaciones en fajas en cordillera de Valdivia a los 4 años, con supervivencias entre 14 y 85%, inferior a la de raulí (*Nothofagus alpina*) y coigue (*Nothofagus dombeyi*). De forma similar, Chacón y Amesto (2005) indican sobrevivencias a los 19 meses de 15 a 95% según grado de cobertura, siendo superior con coberturas del 12% y disminuyendo a mayores densidades. Dados estos antecedentes, la supervivencia en las plantaciones evaluadas resulta satisfactoria; no obstante, cabe notar que en la situación más septentrional se aplica riego en forma anual en la temporada de crecimiento, sin el cual el valor obtenido habría sido muy inferior. Cabe señalar que un cierto grado de cobertura inicial favorece la supervivencia, ya que reduce insolaciones fuertes y heladas que provocan daños si los sitios están muy expuestos.

En ambos casos se empleó una densidad de plantación de 1.111 árb/ha, densidad frecuentemente utilizada en las plantaciones forestales. Sin embargo, si se desea realizar una plantación para producir avellanas se debería plantar con distanciamientos superiores a 4 x 4 m (625 plantas/ha) para favorecer el desarrollo de la copa, estimulando la producción frutal. Al respecto, Medel (2014) indica que el distanciamiento 4 x 6 m incrementa en forma significativa la producción de avellanas en comparación con 3 x 5 m y 6 x 6 m. Estos aspectos debieran estudiarse con nuevas experiencias de plantación con la especie.

Para la producción de madera, Escobar (1995) recomienda plantar a 2 x 2 m (2.500

árb/ha), densidad con la cual es posible obtener una baja producción frutal y el volumen de madera que se puede lograr en estas condiciones no ha sido cuantificado. Para la producción de madera y avellanas en forma combinada se recomiendan distanciamientos de 3 x 3 m o superiores.

Entre las técnicas importantes de plantación, se debe poner especial atención a que el cuello de las plantas queden a ras del suelo y no cubierto con tierra (Denci *et al.*, 1982), ya que de lo contrario el desarrollo de la planta puede atrasarse por varios años. Los cuellos cubiertos provocan la emisión de brotes adventicios y un retardo significativo del crecimiento, así como un debilitamiento generalizado de la planta. Este efecto ha sido observado en muchas especies latifoliadas, incluyendo varias nativas, entre las que destaca el avellano por su sensibilidad (Loewe, 2003a). Por ello se recomienda que simultáneamente con la ejecución de la poda, e independientemente del periodo del año, se inspeccione el nivel de los cuellos y, en caso de estar tapados, descubrirlos. El efecto de la poda junto a esta actividad será mejor y el logro de sus objetivos será alcanzado con anterioridad. Cabe mencionar que si este problema está presente, su efecto es reversible, al menos durante los primeros 2-3 años, aunque ello también depende de la profundidad a la cual han estado enterrados.

En estas experiencias se realizaron podas radiculares antes de la plantación evitando mutilar las raíces a fin de disminuir los defectos de la madera que derivan de estos daños (Loewe, 2002); para ello, con una tijera bien afilada se recortaron las raíces demasiado largas, a fin de homogeneizar su tamaño y facilitar el embalaje y la plantación, cuidando de no eliminar las raíces proteiformes. También se recomienda (Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993), aunque no se probó en este estudio, que durante los primeros años después del establecimiento esta intervención se repita con el objetivo de desarrollar un buen sistema radicular y aumentar la supervivencia de la plantación.

La especie presenta gran habilidad para rebrotar, con varios rebrotes por tocón, ya sea en plantación o en bosques mixtos. Sin embargo, esta capacidad influye negativamente en la calidad de los vástagos, ya que a mayor número de rebrotes por tocón se producen más torceduras en los fustes, por lo que se requieren repetidas intervenciones desde temprana edad (Figura N° 9) para mejorar la calidad del rodal (Donoso, 1993; Gantz, 1994). Por esta razón, y en concordancia con estos autores, se han efectuado en ambas plantaciones podas de formación y de levante, incluyendo control de los rebrotes, las que en su conjunto han permitido y favorecido una forma adecuada de los individuos para producir madera de alto valor.

Gantz (1994) estudió el efecto de dos tipos de raleos, uno fuerte dejando un rebrote por tocón, afectando fuertemente los doseles inferior e intermedio, y moderadamente el superior, y otro más suave dejando dos rebrotes por tocón, afectando fuertemente el dosel inferior y moderadamente los doseles intermedio y superior. Estos raleos indujeron un incremento en la tasa de crecimiento del área basal y volumen de los renovales, elevando la productividad hasta 12 m³/ha/año, 15-20 metros ruma sólido sin corteza por hectárea. Al respecto, el raleo efectuado en Villarrica permitió un aumento de 2,5 veces en el incremento diamétrico, alcanzando un promedio de 2,5 cm el primer año después de la intervención.

Respecto a la producción frutal, destaca que en plantación el avellano empieza a producir a temprana edad, habiéndose observado las primeras fructificaciones entre los 5 y 9 años, y a partir de los 12 años la producción media sería de 3 kg/árbol (Donoso, 1978b), aun cuando es variable, fluctuando entre 15 y 60 kg por árbol (Donoso *et al.*, 1993). La producción no solo depende del DAP, sino que también de la edad de los árboles, de las condiciones de luminosidad y nutrientes, y del clima: Según Murua y González (1985), la presencia de primaveras y veranos secos e inviernos húmedos es muy importante para que ocurra una abundante fructificación, aún más que la temperatura, presentando una marcada alternancia entre años (Escobar, 1995), siendo una especie añera, tal como sucede con numerosas especies frutales no domesticadas.

En las plantaciones estudiadas se observó escasa fructificación a contar de los 8 años y abundante desde los 10 años; dada su relevancia, sería interesante cuantificarla en forma periódica en futuros estudios, incorporando su relación con el clima y la respuesta frente a intervenciones

culturales; tradicionalmente, el avellano chileno establecido para producción de fruta no se poda ni fertiliza, aun cuando agrónomos con experiencia en manejo frutal consideran que podrían aplicarse técnicas de manejo intensivo, con notables ventajas productivas⁹.

Respecto del crecimiento, el avellano es una de las especies nativas que presenta un crecimiento relativamente rápido, sobre todo durante los primeros años; de hecho, un renoval de cinco a seis años de edad alcanza 5 a 6 m de altura y un diámetro de 2 a 6 cm, y a los 10 años puede llegar hasta 9 cm de DAP y 8 m de altura (Donoso, 1993; Gantz, 1994), con incrementos medios crecientes que a los 15 años alcanzan 0,47 m/año en altura y 0,4 cm/año en DAP (Vita, 1977). El crecimiento en altura registrado en las plantaciones estudiadas de Villarrica y Molina es similar al reportado por este autor, pero los crecimientos en DAP (0,8 y 1,2 cm/año) son 2 a 3,1 veces más elevados a edad similar y también superan al crecimiento medio anual en diámetro reportado por Donoso *et al.* (1992) (0,5-0,6 cm/año), que alcanzaría el máximo alrededor de los 15 años.

Chacón y Amesto (2005) indican mayores crecimientos de plantas de avellano de 19 meses en ambientes más abiertos con mayor disponibilidad de luz, en particular en claros del bosque y en sus bordes, con tasas de crecimiento relativo hasta 6 veces superiores respecto al interior, confirmando su característica de tolerancia intermedia. Magnin *et al.* (2012) señalan dimensiones de 2 m de altura y 3 cm de diámetro en fase juvenil (antes de la primera floración) y de 3,4 m de altura y 9,5 cm de diámetro en fase adulta (después de la primera floración), presentando ambas plantaciones estudiadas mayores dimensiones.

En la plantación de Villarrica los crecimientos no presentaron diferencias significativas entre los dos orígenes probados, probablemente debido a la cercanía de ambos a la zona de plantación, reafirmando la mejor adaptación de las semillas locales en coincidencia con lo señalado por Álvarez y Lara (2008), por lo que estos deben privilegiarse al establecer nuevas plantaciones.

Cabe señalar que el comportamiento de las plantas dentro de cada plantación fue heterogéneo, lo que se debería a la variabilidad característica de la especie y a su sensibilidad a los factores del micrositio, lo que confirma la plasticidad de la especie frente al manejo.

En relación al riego, la experiencia de Molina muestra que se trata de una práctica importante cuando las temperaturas estivales son elevadas y la precipitación es baja, en concordancia con lo señalado por Isotupa y Väättäinen (2008), donde la aplicación semanal explicaría el buen comportamiento de la especie en dicha zona.

Debido al escaso nivel de desarrollo de este cultivo no existen estándares de costos para el establecimiento, mantención y manejo de las plantaciones de la especie, aunque se estiman similares a los de otras especies nativas.

Dada la existencia de demanda por madera de calidad de la especie a nivel nacional, una de las más caras de las maderas nativas, y el conocimiento para producir madera de calidad en rotaciones de duración media, el avellano chileno puede ser considerado como una alternativa productiva si se cultiva con criterios orientados a obtener madera de calidad, que se producirá junto a abundante fructificación. Para ello se recomienda su establecimiento tanto en plantaciones puras como en plantaciones mixtas, ya que si bien no se evaluó esta última opción, en las plantaciones estudiadas se observaron características cualitativas relacionadas a la calidad de la madera, tales como rectitud, cantidad de ramas y su grosor y ángulo de inserción, que podrían mejorarse, lo que es factible mediante su establecimiento en plantaciones mixtas (Loewe y González, 2006). Ello por cuanto según Isotupa y Väättäinen (2008) en estos sistemas se han obtenido los mejores resultados, en particular con pino radiata (*Pinus radiata*), roble (*Nothofagus obliqua*) y coigue (*Nothofagus dombeyi*). En particular, Solar (2000) realizó una propuesta técnica para el cultivo mixto de avellano asociado a castaño (*Castanea sativa*) debido a las similitudes entre estas dos especies en cuanto a sus requerimientos ecológicos. Este autor además sugiere que castaño, por

⁹ Alejandro Navarro. Gerente General VIVEROSUR. Comunicación personal.

ser una especie intolerante y que alcanza mayores alturas, debería ocupar el estrato superior, mientras que avellano, por ser una especie tolerante o semitolerante debería ocupar el estrato intermedio o inferior.

Si bien en este estudio no se cuantificó la producción de avellanas, se observó muy abundante en ambos casos. No obstante ello, la comercialización de la fruta no ha sido posible ya que el costo de cosecha manual superaría al valor de venta (Edwards, com. personal¹⁰), lo que lleva a proponer la mecanización de la cosecha mediante el uso de *shakers*, aún no probada en Chile y técnicamente factible dada la estructura de los árboles inducida por la poda.

CONCLUSIONES

En Chile existen muy pocas experiencias de plantaciones de avellano chileno, a pesar de ser una especie de gran interés tanto por la calidad de su madera y de su fruto, la avellana, de difundido consumo a nivel nacional, como de otros productos derivados que se comercializan a nivel internacional, como su aceite y follaje.

Las experiencias evaluadas de plantaciones puras en ambientes contrastantes muestran supervivencias medias de 35%, en la región del Maule con riego, y de 33%, en la región de la Araucanía sin riego.

A los 16 años la plantación septentrional con riego muestra incrementos medios interesantes, de 44 cm de altura y 0,82 cm de DAP, y a los 18 años la plantación meridional sin riego también evidencia crecimientos anuales interesantes, que alcanzan entre 43 cm de altura y 1,2 cm de DAP. Estos valores se encuentran dentro del rango de crecimiento en altura que presenta la especie en su distribución natural en el país, mientras que superan ampliamente los crecimientos diamétricos reportados por la bibliografía.

La existencia en Chile de una importante demanda insatisfecha por madera de calidad de la especie, una de las más caras entre las maderas nativas, y el conocimiento sobre técnicas de manejo apropiadas para producir madera de calidad, tornan al avellano chileno una alternativa productiva si se cultiva con criterios orientados a obtener madera de calidad, que se producirá junto a abundante fructificación, para lo cual se recomienda su establecimiento en plantaciones puras o mixtas utilizando técnicas de arboricultura, a fin de reducir la emisión de rebrotes, reducir la cantidad y diámetro de ramas, facilitando el manejo e induciendo mejor calidad de madera.

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio se enmarca en el Contrato de Desempeño con el Ministerio de Agricultura y establecimiento de los ensayos se realizó en el marco del proyecto “Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva” financiado por FIA y por el sector privado. Un reconocimiento especial a los propietarios de los terrenos en que fueron efectuadas las plantaciones; Agrícola Calandria y Juan Cristóbal Edwards, quienes cedieron los terrenos para los ensayos y han velado por ellos durante casi dos décadas.

REFERENCIAS

Álvarez, P. y Lara, A., 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la Provincia de Valdivia. *Bosque* 29 (3) 181-191.

Arriagada, C. R., 2003. Determinar y evaluar indicadores de calidad del fruto de avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.), en distintos sectores de la IX región. Tesis, Universidad católica de Temuco. 101 p.

¹⁰ Juan Cristóbal Edwards, Propietario, región de La Araucanía.

- Bahamonde, M., 1986.** Estudio de pre factibilidad para la recolección e industrialización de la avellana chilena en la novena región. Seminario, Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Jurídicas, Temuco.
- Bisoffi, S.; Minotta, G. e Paris, P., 2008.** Indirizzi colturali e valorizzazione delle produzioni legnose fuori foresta. 3th National Congress on Silviculture. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Florence, Italy: Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, pp. 729-738.
- Cáceres, O.; Enrique, R.; Voullime, A. y Mendez, C., 1982.** Utilización del fruto del avellano (*Gevuina avellana* Mol.) en alimentación de pollos Cornish de 0 a 30 días de edad. Simiente, Chile. 52 (3-4): 161.
- Chacón, P. and Amesto, J., 2005.** Effect of canopy openness on growth, specific leaf area and survival of tree seedlings in a temperate rainforest of Chiloé Island, Chile. New Zealand Journal of Botany 43: 71-81.
- Citarella, L., 1995.** Medicinas y culturas en la Araucanía. Editorial Sudamericana, Santiago, 294 p.
- Conejeros, A., 1995.** Comunicación personal, CET. Temuco.
- Daniel, A., 1982.** Principios de Silvicultura. Mc.Graw-Hill Co. Inc. México.
- Del Fierro, P.; Pancel, L.; Rivera, H. y Castillo, J., 1998.** Experiencia silvicultural del bosque nativo Chile, recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable Bosque Nativo. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica y Corporación Nacional Forestal. 420 p.
- Denci, L.; Mercurio, R.; Moroni, M. e Tocci, A., 1982.** Le possibilità di coltivazione del noce da legno. Agricoltura e Ricerca N° 14: 36-41.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2013.** InfoStat version 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea]. [Citado 10 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Donoso, C., 1978a.** Dendrología de árboles y arbustos chilenos. Manual N° 2, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Pp: 44-50.
- Donoso, C., 1978b.** Antecedentes sobre producción de avellanas. Bosque 2(2): 105-108.
- Donoso, C., 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina. Segunda Edición, Editorial Universitaria, Santiago.
- Donoso, C. Y Soto, L., 1979.** Antecedentes sobre producción de avellanas. Bosque 3 (1): 69-70.
- Donoso, C.; Cortes, M. Y Escobar, B., 1992.** Técnicas de vivero y plantaciones para avellano (*Gevuina avellana*). Chile Forestal, Documento Técnico N° 63.
- Donoso, C.; Hernández, M. Y Navarro, C., 1993.** Valores de producción de semillas y hojarascas de diferentes especies del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante un período de 10 años. Bosque 14 (2): 65-84.
- Escobar, B., 1995.** Comunicación personal, Universidad Austral, Valdivia.
- Escobar, L., 2001.** Ficha forestal, Avellano. Chile Forestal N° 286.
- FLORES, L Y SEGURA, A., 1989.** Diseño y construcción de una planta piloto para extracción de aceite de avellana. Tesis de grado, Universidad de la Frontera, Facultad de Ingeniería y Administración, Temuco.
- Franco, D.; Moure, A.; Sineiro, J.; Dominguez, H. Y García, M., 2003.** Directorio de Iniciativas tecnológicas. (En línea) <<http://dit.ptg.es/cgi-bin/dit/patented.pl?97>> (Citado 7 de Mayo 2003).
- FONDEF, 2005.** Informe final proyecto "Desarrollo de productos orgánicos y funcionales en base a la avellana (*Gevuina avellana* Mol) y creación de mercados para su consumo".
- FIA, 1999.** Frutales de nuez en Chile: situación actual y perspectivas. Documento de Trabajo. Estrategias de Innovación Agraria. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. 34 p.
- Gantz, C., 1994.** Caracterización, crecimiento e intervenciones silvícolas en un renoval mixto de monte bajo, del tipo siempreverde, en la provincia de Valdivia. Tesis de grado, Universidad de Valdivia.

- Hall, M. Y Witte, J., 1998.** Maderas del sur de Chile, Árboles, aplicaciones y procesos. IER Ediciones. Pp: 26 – 27.
- Halloy, S., 1998.** Initial survival of *Gevuina* on commercial orchards. The Tree Cropper 18: 27-28.
- Halloy, S.; Grau, A. and Mckenzie, B., 1996.** Gevuina Nut (*Gevuina avellana*, Proteaceae), a cool climate alternative to Macadamia. Economic Botany 50 (2): 224-235.
- Hoffmann, A., 1982.** Flora silvestre de Chile, Zona Araucana. Segunda edición, Fundación Claudio Gay. Santiago.
- Hoffmann, A., 2000.** Enciclopedia de los bosques chilenos. Colección Voces de Bosque. Pp: 337.
- Hueck, K., 1966.** Die Wälder Südamerikas. Ökologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. Pp: 333-337.
- INFOR, 2016.** Base de exportaciones actualizada a Septiembre 2016. (En línea). <http://wef.infor.cl/consultas_linea/consultaenlinea.php> (Citado 8 de Noviembre del 2016).
- ICRAF, 2003.** *Gevuina avellana*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) (En línea) <<http://www.worldagroforestrycentre.org/Sites/TreeDBS/Aft/SpeciesInfo.cfm?SplD=17975>> (Citado 3 de Septiembre 2003).
- INTEC, 1982.** Recolección e Industrialización de avellana chilena. Informe final. Oficina de Planificación Agrícola e Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Santiago.
- INTEC, 1984.** Investigación y aprovechamiento de recursos silvopastorales no tradicionales en la Novena Región. Informe de la Fase I, Tomo I, Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Santiago.
- Isotupa, O. Y Väätäinen, L., 2008.** Manual para productores de frutos de *Gevuina avellana*. 14 p.
- Jacob, H., 1995.** Bericht und Studie über den Obstanbau in der IX Region Chile. Forschungsanstalt und Fachhochschule Wiesbaden.
- Krüssmann, G., 1977.** Handbuch der Laubgehölze. 2. Auflage, Bd. II, Paul Parey Verlag, Hamburg. 114 p.
- Lamont, B., 1982.** Mechanism for enhancing nutrient uptake in plants with particular reference to Mediterranean South Africa and Western Australia, The Botanical Review 48(3): 597-689.
- Loewe, M. V., 1998.** Antecedentes de mercado de especies promisorias para Chile. Proyecto de Silvicultura de Especies No tradicionales: Una Mayor Diversidad Productiva". INFOR – FIA. Documento de Trabajo 0599. 132 p.
- Loewe, M. V., 2002.** Técnicas de poda para producir maderas duras de alta calidad y valor. INFOR – FIA. 60 p.
- Loewe, M. V., 2003a.** Arboricultura para producción de madera de alto valor. INFOR – FIA. 56 p.
- Loewe M. V. (Ed.), 2003b.** Aliso italiano, Aliso negro, Aliso rojo, Fresno y Avellano chileno, nuevas alternativas para producir madera de alto valor. INFOR - FIA, 273 p.
- Loewe M. V. Y González, O. M., 2006.** Plantaciones Mixtas, Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.
- Magnin, A.; Grosfeld, J.; Barthélemy, D. And Puntieri, J., 2012.** Bud and shoot structure may relate to the distribution area of South American *Proteaceae* tree species. Flora 207: 599-606.
- Martínez, A. T.; Almendros, G.; González-Vila, F. J. And Fründ, R., 1999.** Solid-state spectroscopic analysis of lignins from several Austral hardwoods. Solid State Nuclear Magnetic Resonance 15: 41-48.
- Medel, F., 2003.** *Gevuina avellana*: Potencial for commercial nut clones. ISHS Act Horticulture 596. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. V International Congress on Hazelnut (En línea) <http://actahort.org/books/556/556_76.htm> (Citado 1
- Medel, F., 2014.** Plantas de calidad para la producción comercial de gevuin (avellano chileno). Presentación en Exponut 2014, Santiago, 8 Mayo del 2014.

Medel, F. And Medel, G., 2003. Growth of seedling rootstocks of *Gevuina avellana* Mol. By soil and foliar fertilization. ISHS Act Horticulture 594. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. (En línea) <http://actahort.org/books/594/594_18.htm> (Citado 1 Septiembre 2003).

Muñoz, M., 1980. Flora del parque nacional Puyehue. Ed. Universitaria S.A., Santiago.

Muñoz, M., 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago.

Murua, R. Y González, L., 1985. Producción de especies arbóreas en la pluviselva valdiviana. Bosque 6 (1): 15-23.

Nuestra Tierra, 1993. El avellano, un árbol nativo desaprovechado. Nuestra Tierra 167: 30 - 33.

Pérez, V., 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Investigación y desarrollo forestal. Documento de Trabajo N° 47, Santiago.

Plants for a Future, 2003. *Gevuina avellana*; Plants for a future: Database search results. <http://www.scs.leeds.ac.uk/cgi-bin/pfaf/arr_html?Gevuina+avellana> (En línea) (Citado 7 de Mayo 2003).

Pozo, F., 1989. Influencia de la materia orgánica del suelo en la formación de raíces proteiformes de *Gevuina avellana*. Tesis de grado, Facultad de Biología, Universidad de Valdivia.

Quintanilla, V., 1974. Un ensayo fitoecológico del sur de Chile, Ediciones Universitarias de Valparaíso. 104 p.

Ramírez, C; Grinbergs, J.; Valenzuela, E. Y San Martín, C., 1990. Influencia de las raíces proteiformes en el desarrollo de plántulas de *Gevuina avellana* Mol. (Proteaceae). Bosque 11 (1): 11-20.

Rodríguez, R.; Matthei, O. Y Quezada, M., 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. Pp: 160-163.

SERCOTEC, 1985. Perfil técnico - económico: Planta Industrializadora de avellanas. División Estudio de Proyectos, Servicio de Cooperación Técnica. Santiago.

Shigo, A., 1991. Modern Arboriculture. EE.UU. 424p.

Solar, O., 2000. Propuesta técnica para el cultivo mixto con especies multipropósito, *Castanea sativa* Mill., y *Gevuina avellana* Mol. Seminario presentado para optar al título de Ingeniero en Ejecución Forestal. Universidad de Concepción.

Stuebing, G., 1983. Seasonal changes of cold resistance of *Proteaceae* of the South Chilean forest. Vegetatio 52: 35-44.

Valdebenito, G.; Molina, J.; Benedetti, S.; Hormazabal, M. y Pavez, C., 2015. Modelos de negocios sustentables de recolección, procesamiento y comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Serie Estudios para la Innovación FIA. Santiago, 243 p.

Vita, A., 1977. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el arboretum del Centro Experimental Forestal Frutillar. Facultad de Ciencias Forestales, Boletín Técnico N° 47, Universidad de Chile, Santiago.

RESUMEN

Con financiamiento del Gobierno Regional de Aysén el Instituto Forestal está desarrollando el programa Herramienta Sostenible para Negocios de Biomasa, cuyo principal objetivo es la búsqueda de alternativas tecnológicas para la producción de energía a partir de biomasa forestal que permitan la generación de esta con menores niveles de contaminación del aire y mayor eficiencia que con el tradicional uso de leña para este fin.

Países europeos, como España, Alemania y Suecia, han desarrollado diferentes técnicas de generación de energía a partir de biomasa forestal a mediana y pequeña escala para distribuir calefacción y electricidad a pequeños pueblos, empresas y edificios residenciales o para proveer combustibles basados en biomasa, como pellets, astillas y otros.

Dentro del marco del programa en Aysén se realizó en junio de 2016 una gira técnica a los países mencionados para visitar empresas, instituciones de investigación e investigadores vinculados con el uso de biomasa con fines energéticos.

Participaron en la gira investigadores de INFOR, un profesional de la SEREMI de Ambiente y un propietario forestal de la región, y en el presente trabajo se resumen las visitas a proyectos y las experiencias reunidas en cada país.

Palabras clave: Biomasa, Energía, España, Alemania, Suecia.

SUMMARY

The Chilean Forestry institute is carrying out the Sustainable Tool for Forest Biomass Business Programme in the Aysén region under the support of the Regional Government. The programme main objective is to find technical alternatives for forest biomass based energy production which can allow lower air pollution levels and higher efficiency than the traditional fuelwood based production.

European countries, such as Spain, Germany and Sweden, have developed different techniques for biomass based energy production at medium and small scales to provide heating and electricity to villages, enterprises, residential building or to supply biomass based fuels like pellets, chips or others.

Under the Aysén's programme framework a technical tour was realized on Jun 2016 to visit enterprises, research institutions and researchers on the matter in the mentioned countries.

INFOR's researchers, a professional from the regional Environment Secretary and a regional forest owner were the participants and this paper summarizes the visits to projects and experiences in each country.

Key words: Biomass, Energy, Spain, Germany, Sweden.

¹¹ Profesionales INFOR

¹² Profesional de la SEREMI Medio Ambiente Región de Aysén

¹³ Productor agroforestal, sector Valle Emperador Guillermo, Aysén.

INTRODUCCIÓN

INFOR está desarrollando el Programa Herramienta Sustentable para Negocios en Biomasa Forestal, con financiamiento del Gobierno Regional de la región de Aysén, en el marco del Concurso de Fondos de Innovación para la Competitividad (FIC) del año 2014.

Se contempló para el último año del programa realizar una gira técnica a España, Suecia y Alemania, con el objetivo de conocer la experiencia en estos países en el uso de biomasa leñosa para la generación de energía.

La experiencia existente y las tecnologías desarrolladas en estos países en materia de generación de energía térmica y eléctrica a partir de biomasa leñosa, en el uso sustentable de sus recursos y en políticas de Estado al respecto, es de interés para su aplicación en Chile y en especial en la región de Aysén, en términos de la utilización del recurso en pequeña y mediana escala.

Se contactó a consultores y especialistas de estos países, que han colaborado con INFOR en el desarrollo del actual programa y otros, o son especialistas en temas de interés, y a través de ellos se diseñó una gira técnica que abordó los temas señalados y otros que son importantes para los programas de trabajo de INFOR Patagonia.

La gira se realizó entre el 10 y el 25 de junio de 2016 y fueron visitadas diferentes plantas de generación y centros de investigación en diferentes lugares de estos tres países, conociéndose en cada caso no solo la tecnología de generación sino también la biomasa empleada, su acopio y almacenamiento y su proceso.

Destacan iniciativas tecnológicas de generación basadas en materiales como astillas y pellets para la provisión de calefacción y electricidad a pequeñas comunidades, a empresas, a edificios residenciales y otros, además de la producción de distintos combustibles basados en biomasa.

Se trata en general de desarrollos a mediana y pequeña escala, incluso domésticos, adaptables a diferentes ciclos de demanda energética, que podrían ser aplicables a la realidad de la región de Aysén sin demandar grandes inversiones, con menores niveles de contaminación ambiental y con un uso sostenible y eficiente de los recursos de biomasa forestal.

Como producto de estas visitas además se establecieron numerosos contactos con profesionales e instituciones que sin duda serán un importante apoyo para la continuación de los trabajos de INFOR en este campo.

En el presente trabajo se resumen las visitas realizadas y las experiencias conocidas en cada uno de estos países.

OBJETIVOS

Conocer en España, Suecia y Alemania diferentes usos y productos de biomasa forestal para fines energéticos.

Explorar nuevas tecnologías empleadas para producción de energía, a diferentes escalas, que puedan ser replicables dentro de la realidad regional de Aysén.

Conocer sistemas integrados de ordenación de biomasa y tecnologías asociadas a su uso con fines energéticos.

Establecer contactos y relaciones con instituciones, empresarios e investigadores, en España, Suecia y Alemania, vinculados a la producción de energía a partir de biomasa forestal.

ESPAÑA

Entre las experiencias visitadas se encuentran: Red de calor, maquinaria de producción de pellets domiciliaria, casa autosustentable, cogeneración y aprovechamiento forestal, y en los puntos siguientes se expone brevemente lo principal de cada una de las visitas.

Veolia - Red de Calor. Móstoles

La red de calor del distrito de Móstoles es un proyecto que tiene ya una gestión de aproximadamente 2 años para su instalación y su propósito es cambiar el antiguo sistema de calderas de edificios de apartamentos, que se alimentaban a carbón, petróleo o gas, por un sistema interconectado a una caldera central que pueda proveer tanto calefacción como agua sanitaria¹⁴ para los hogares.

El nuevo sistema incluyó el reemplazo de algunas calderas que ya se encontraban obsoletas por su sistema ineficiente y baja mantención, así como la instalación de la red tuberías aisladas que pudieran transportar el calor y el agua desde la caldera central hasta las edificaciones. Se destaca que el costo de instalación de las tuberías es de 1.000 €/m.

Un socio fundador del proyecto, comenta que fue necesario ejecutar más de 600 reuniones con las comunidades de vecinos, donde había que partir explicando desde qué era la biomasa y la extracción sustentable del recurso hasta el funcionamiento económico del sistema.

Este socio reitera que las personas siempre van a tener dudas y resistencias al cambio, ya que un nuevo proyecto conlleva la incertidumbre de su éxito y en tanto no se encuentra en funcionamiento las personas temen formar parte del mismo. Es por esto que es muy importante mantener a la comunidad informada para no perder la credibilidad del proceso. Finalmente, se lograron contratos con las comunidades de vecinos a 10 años plazo.

De forma paralela se realizó un fuerte trabajo con el municipio para lograr todos los permisos correspondientes a las obras civiles y localizar una nave que fuera estratégica para la instalación de la caldera.

Algunos detalles técnicos proporcionados por el proyecto se entregan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1
DETALLES TÉCNICOS DE LA RED DE CALOR MÓSTOLES

Nave	1.500 m²
Xilo	Piso móvil
Biomasa	Microastillas molidas con martillo
Calderas	2 unidades de 5 MW y 1 unidad de 2 MW

La nave fue adaptada estéticamente para que pudiera ser aceptada como proyecto sustentable y con esto lograr mayor recepción y adaptación al cambio por parte de los vecinos. En la Figura N° 1 se muestra la transformación externa del diseño de la nave buscando el concepto de sustentabilidad del sistema.

¹⁴ Agua sanitaria: Se refiere al uso de agua caliente doméstica para ducha u otros usos.



Figura N° 1
ADAPTACIÓN DE DISEÑO DE LA NAVE. ANTES (IZQ) DESPUÉS (DER)

Se han detectado algunos problemas en el sistema de alimentación, ya que la biomasa utilizada para las calderas no es la de mejor calidad, pues contiene piedras y posiblemente otros agente ajeno a las astillas que pueden perjudicar el correcto funcionamiento de la caldera. En la Figura N° 2 se muestran algunos problemas generados por estos materiales.



Figura N° 2
DAÑOS FALLAS EN TORNILLOS SIN FIN DE ALIMENTACIÓN DE ASTILLAS A LA CALDERA (IZQ)
Y ACUMULACIÓN DE PIEDRAS EN DEPÓSITO DE CENIZAS (DER)

La planta de calefacción se encontraba en un periodo de prueba durante la visita dada la época de primavera, en que la demanda calórica no es importante, permitiendo detectar y resolver errores del sistema antes de la puesta en marcha para el periodo invernal mayor demanda.



Figura N° 3
CALDERAS (IZQ) Y PISO MÓVIL (DER)



Figura N° 4
TUBERÍAS AISLADAS PARA CONDUCCIÓN DE AGUA SANITARIA (IZQ), PLAN MAESTRO DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR (DER)

FactorVerde - Planta Producción de Pellets. Valdarecete

FactorVerde es una empresa especializada en el proceso de logística y gestión de la biomasa, desde el bosque hasta su ubicación en la planta. La experiencia acumulada en el tratamiento de la biomasa, aprovisionamiento y servicios logísticos es amplia y consolidada, lo que les permite seleccionar desde el primer momento los recursos naturales excedentes y sometiéndolos a su tratamiento específico.

Dando un paso más en la gestión del recurso se propuso la construcción de la planta de producción de Valdarecete. Un socio fundador de FactorVerde, menciona que la construcción de la planta de Valdarecete los reafirma y posiciona en todo el proceso de tratamiento de biomasa. Esta se construyó de forma estratégica por su ubicación (cercanía con la ciudad de Madrid), lo que pone a disposición del consumidor un producto de calidad y a un costo menor de transporte. “Completamos todos los pasos de la cadena de valor referente al suministro de biomasa, contando con los equipos y las tecnologías, tanto de maquinaria como de transporte, más apropiados para cada caso en concreto, lo que hace que realicemos un trabajo de calidad con un alto grado de especialización”.

Otro punto importante dentro de la planta es que se alimenta solamente de madera en rollo, la troza se recibe, pasa por un proceso de descortezado, astillado y cribado (Figura N° 5), por lo que la calidad del pellet producido es muy alta y certificada con la normativa ENPlus. En este punto también se genera un subproducto de menor valor denominado astilla industrial.



Figura N° 5
PROCESO PRODUCCIÓN, ASTILLADO (IZQ), CRIBADO (CENTR), ASTILLA INDUSTRIAL (DER)

La astilla industrial es un producto difícil de comercializar y no existe un estándar para la venta, que puede hacerse a usando el contenido de humedad, la densidad de la madera o bien por peso del camión, por lo que es importante conocer los valores para cada una de estas variables de acuerdo a la especie y la producción que genera en MW, valores importantes para la industria eléctrica.

La mejor forma de comercialización es mediante el peso del camión y la especie, ya que las otras variables, como contenido de humedad y densidad de la madera, están sujetas a la forma de muestreo del lote, que puede ser subjetiva de acuerdo a la contraparte que haga la medición y con esto dar una medida erróneo o no representativa del lote.

En general, comercializar por contenido de humedad es muy castigado en el mercado y el secado forzado de la astilla no se paga. Otro aspecto importante en torno a la astilla es que a mayor contenido de humedad, el volumen de ocupación dentro del patio es mayor.

**Cuadro N° 2
VALOR DE ASTILLA DE ACUERDO A DIFERENTES VARIABLES
DENTRO DEL MERCADO ESPAÑOL**

Valor de astilla de acuerdo a MW	20 €
Astilla a 50% de CH	50 €/t

**Cuadro N° 3
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PLANTA DE VALDARECETE Y SU PRODUCCIÓN**

Consumo eléctrico de planta	150 kw
Producción pellet/hora	3 t
Capacidad de producción máxima	25.000 t/año
Biomasa	Microastillas molidas con martillo
Rendimiento astilladora	97%
Capacidad de carga de camión	24 t o 30 m³
2 t de trozas producen	1 t de pellet

La producción de pellets, astillas o cualquier producto de la madera produce aserrín o polvillo, por lo que si se está tranajando con maquinaria que genera calor las medidas preventivas son muy importantes.

Se requiere así de la instalación de una serie de tuberías extractivas del polvillo en los distintos puntos donde se genera el mismo. Este polvillo posteriormente, se puede reinsertar al sistema para que pueda formar parte del pellet.

Finalmente, para garantizar la calidad de la producción y llevar un control de cada lote, es necesario contar con un área de pruebas de calidad (Figura N° 6).

En el caso de los pellets no se requiere de una gran inversión para controlar la calidad del producto, las maquinarias requeridas son: medidor de humedad (por conductividad u otro sistema), balanza digital, analizador de durabilidad mecánica, tamiz y pie de metro digital.

En la Figura N° 7 se muestran algunos aspectos de la planta de producción de pellets de FactorVerde.



Figura N° 6
ALMACENAMIENTO MUESTRAS (SUP IZQ), MEDIDOR DE HUMEDAD POR CONDUCTIVIDAD (SUP DER),
PROBETA VOLUMÉTRICA (INF IZQ) Y ANALIZADOR RESISTENCIA MECÁNICA (INF DER)



Figura N° 7
ASTILLAS DE RESIDUOS EN PISO MÓVIL (SUP IZQ), PRODUCCIÓN DE MICROASTILLAS Y SECADO
PARA PELLETT (SUP DER), ALIMENTACIÓN DE MATERIA PRIMA (INF IZQ) Y XILOS DE
ALMACENAMIENTO DE PRODUCCIÓN (INF DER)

Ecofricalia - Planta Producción de Pellet a Pequeña Escala. Las Pedroñeras

Ecofricalia es una pyme dedicada a la promoción, distribución y venta de soluciones sostenibles, atendiendo las necesidades energéticas de hogares y empresas. Presta asesoría sobre instalación de maquinarias hasta el aprovisionamiento del recurso para la alimentación de calderas de biomasa. Se encuentra ubicada en la localidad de Las Pedroñeras, en la provincia de Castilla – La Mancha, un sector rural especialmente focalizado a la producción agrícola de ajo, y Ecofricalia es la primera empresa de este tipo instalada en esta región.

La empresa trabaja con maquinaria de marca Smartec, de origen italiano, la cual se encuentra en varias capacidades de producción. La planta peletizadora modelo PLT-800 ocupa un área de 80 m², consume 60kw/h y tiene una capacidad de producción de 500 kg de pellet/día, el sistema puede ser monofásico o trifásico de acuerdo a las necesidades del consumidor. En la Figura N° 8 se muestra el esquema de la planta.



Figura N° 8
PLANTA PELLETIZADORA PLT-800

Esta planta permite la producción de pellet a escala doméstica, con una producción pequeña para atender la demanda de calor de, por ejemplo, un aserradero artesanal o bien de calderas o estufas en un área aislada donde exista disponibilidad de aserrín. Esto resulta interesante para la Región de Aysén, donde el costo de transporte del pellet puede encarecer el producto en su destino final, sin embargo, aplicando este tipo de maquinaria en un sector de producción forestal que se encuentra aislado y que tiene disponibilidad de aserrín perfectamente puede aplicarse y ahorrarse el transporte.

Un aspecto relevante en la producción de pellets es el control de la materia prima que ingresa al proceso productivo, una falencia de este sistema, es que la persona que trabaja en la producción debe tener conocimiento sobre la calidad de la materia prima que ingresa, la cual debe ser aserrín, libre de impurezas y un contenido de humedad menor al 10%.

El gerente de Ecofricalia menciona que adquirir una planta de este tipo requiere de un tiempo de adaptación a su sistema, "tuvimos un cliente que adquirió la planta y producía 300 kg/día y nos llamaba para preguntar por la razón de su producción era tan baja, pero el problema no era la

maquinaria sino la falta de costumbre al proceso productivo, después de un tiempo y la constante asesoría logró producir con la máxima capacidad de la planta”.

Esta línea productiva también posee otras maquinarias adicionales, como ensacadora para empacar los pellets, secador de aserrín y otras.

También, existen otras maquinarias de menor tamaño para una escala de producción más personalizada o doméstica desde 50kg/día hasta 400 kg/día. Las pelletizadoras Smartec son compactas, móviles y muy flexibles. La alimentación puede ser por electricidad, motor de gasolina o toma de fuerza para tractor.

En la Figura N° 9 se muestran algunos aspectos de la visita a la planta de Ecofricalia.

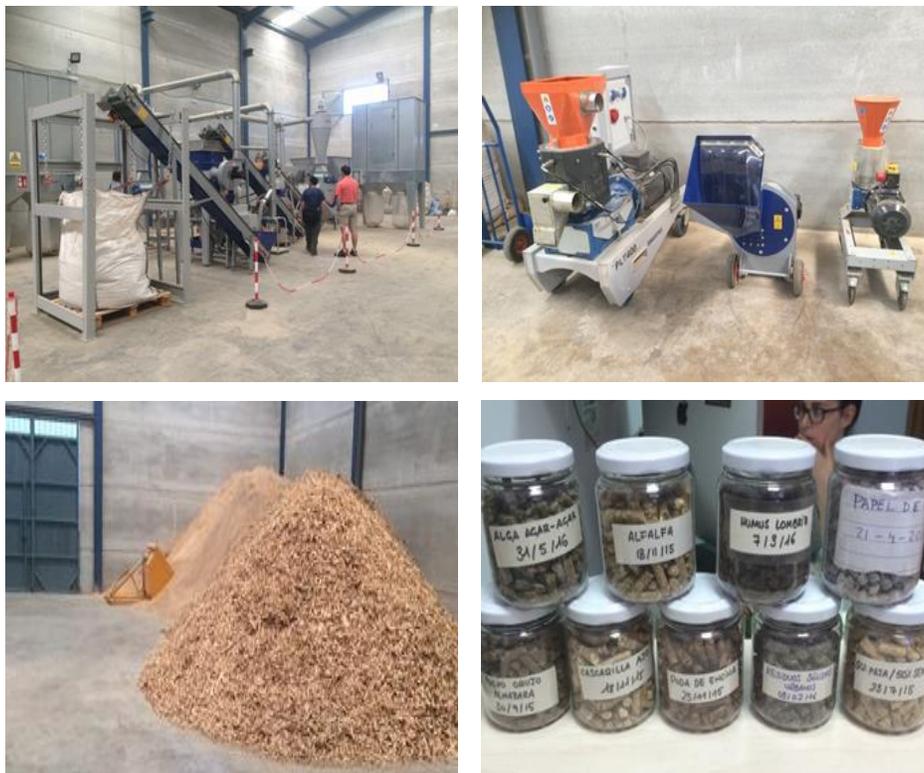


Figura N° 9
PLANTA PELLETIZADORA (SUP IZQ), PELLETIZADORAS DE MENOR TAMAÑO (SUP DER), MATERIAL ACOPIADO (INF IZQ) Y PUEBAS DE PELLETIZADO CON DISTINTOS MATERIALES (INF DER)

Casa Autosustentable - Residencial Camino Real

Edificio departamental de 440 m² que cuenta con 6 apartamentos que funcionan con energía foto voltaica para su consumo eléctrico y con una caldera a pellet que produce la calefacción y el agua sanitaria de consumo.

Este edificio es una herencia familiar y su dueño comenta que debido a los incentivos existentes en su momento para la eficiencia energética se optó por mejorar la aislación del edificio, empezando por la sustitución de puertas y ventanas (Figura N° 10), posteriormente se quiso producir la propia electricidad por lo que se instalaron paneles fotovoltaicos y se culminó con el cambio de la antigua caldera por una caldera a pellet, la que mejoró sustancialmente la calidad de vida dentro del edificio, ya que la caldera anterior requería mayor mantenimiento y mayor demanda de combustible.



Figura N° 10
TERMOPANEL DE 3 CAPAS CON MOSQUITERO Y PERSIANA EXTERNA (IZQ) Y PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL TECHO (DER)

El propietario lo considera un buen negocio, “produzco mi propia energía y se la cobramos a los inquilinos dentro del arriendo, lo que para ellos significa un ahorro, ahora tengo lista de espera de personas que desean arrendar”. En España existe la certificación energética de las edificaciones, en el caso de este edificio departamental la eficiencia corresponde a “A Plus”, siendo una edificación con buena aislación y sistema de calefacción. La caldera de pellet es de 10kw de producción (Figura N° 11) y cuenta con termoacumuladores de inercia para apoyar el inicio de la caldera, la amortización de la inversión por la caldera es muy rápida. Cuenta con un xilo de 3 t que se llena 2 veces al año, la limpieza es totalmente automática.



Figura N° 11
CALDERA DE PELLETT

Galpellet – Cogeneración. Galicia

Galpellet es una empresa Ourense ubicada en la provincia de Galicia, dedicada a la producción de pellets como producto secundario y energía eléctrica como principal objetivo de producción.

La producción de pellets se realiza con desechos de otras industrias como aserrín y tapas de aserraderos (Figura N° 12), las astillas no se utilizan porque son más difíciles de reastillar y no producen el tamaño adecuado del grano de aserrín.

La materia prima corresponde a diferentes variedades de pino, el eucalipto no se considera porque es muy difícil de pelletizar. El mejor material se utiliza para producir pellet, todo lo que implica algún tipo de desecho o de menor calidad se introduce a la caldera.



Figura N° 12
ACOPIO DE MATERIAL DE DESECHO DE OTRAS INDUSTRIAS

De acuerdo con el encargado de producción de la planta, el quemado de desechos (Figura N° 13) dentro de la caldera no es el idóneo debido al material, ya que se produce una menor cantidad de energía por tonelada de este y además implica un mayor mantenimiento de la caldera y sus partes, mientras que con material de calidad, como astillas eléctricas, su capacidad productiva aumentaría y se reducirían las horas y costos de mantenimiento.

La planta trabaja con un sistema ORC o de ciclo orgánico de Rankine¹⁵ de tipo 90-60, lo que quiere decir que ingresa el fluido a 90°C y se reduce su calor a 60°C, lo que produce una pérdida de calor pero que funciona para el proceso ejecutado.

Todo el sistema se encuentra controlado por medio de sistemas computarizados y en línea, que les permite controlar el funcionamiento de la maquinaria y la producción (Figura N° 13).

Este sistema es un “todo a todo”, se ingresa energía al sistema y la compran más barato, esto sucede por las políticas energéticas imperantes en España donde las ERNC¹⁶ se encuentran bonificadas, lo que adicionalmente les permite seleccionar, de acuerdo a la época u horas, si es más conveniente producir energía eléctrica o bien producir pellets.

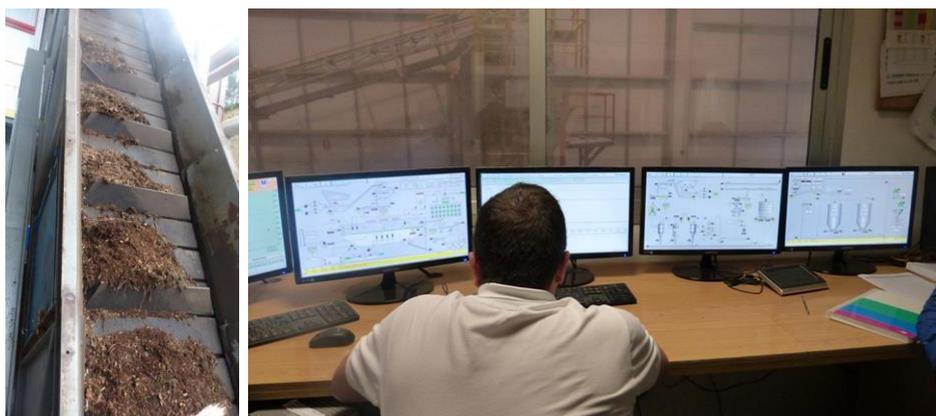
¹⁵ ORC= Utiliza un aceite orgánico o fluido orgánico en una caldera de baja temperatura como fluido intermedio. La temperatura de operación está entre 70 °C y 300 °C, debido a las propiedades físicas del fluido orgánico, la expansión del vapor saturado no conduce a la zona de vapor húmedo, sino que queda en la zona de vapor sobrecalentado.

¹⁶ ERNC: Energías renovables no convencionales

En el Cuadro N° 4 se muestran algunas características técnicas del funcionamiento de la planta de cogeneración.

**Cuadro N° 4
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN GALPELLET**

Producción	600 kw/h
Capacidad de producción máxima pellet	20.000 t/año
Costo aserrín	42 €/ton
Biomasa	Microastillas (P16) molidas con martillo
Costo de desechos del bosque	9 €/m ³
Capacidad xilos	300.000 m ³
2 t de trozas producen	1 t de pellet
Trabajadores	2 personas/turno
Duración de turno	12 h



**Figura N° 13
MATERIAL QUE ALIMENTA A LA CALDERA (IZQ) Y
SISTEMA CENTRAL DE CONTROL DE PRODUCCIÓN (DER)**

Todo proceso productivo genera algún tipo de residuo, en este caso la planta de cogeneración produce ceniza, Galpellet entrega la ceniza sin costo a un biogestor que la introduce a su proceso, esto le permite a la empresa deshacerse de sus residuos sin necesidad de efectuar un tratamiento adicional y ahorrarse el manejo.

En la Figura N° 14 se muestran imágenes con diferentes aspectos de la planta de cogeneración de Galpellet, la materia prima empleada y su equipamiento.



Figura N° 14
ASPECTOS DE LA PLANTA DE COGENERACIÓN DE GALPELLET

Expo Genera

Del 15 al 17 de junio IFEMA realizó la Feria Internacional de Energía y Medio Ambiente, con la participación de 166 empresas de 29 países, con un amplio programa de Jornadas Técnicas y con las presentaciones empresariales reunidas en Foro GENERA.

Dentro del marco de esta feria se desarrollaron también las Jornadas Internacionales de Tecnología y Medio Ambiente, organizadas por la Fundación para el Conocimiento Madrid.

La delegación de la gira técnica participó el día 17 de junio en las jornadas técnicas correspondientes al aprovechamiento de la biomasa.

La estrategia baja en carbono en el marco europeo 2030, la contribución de los servicios energéticos al desarrollo de las ciudades inteligentes, la eficiencia energética en la rehabilitación de edificios, los avances y retos en biomasa, la cogeneración termoeléctrica, y el análisis de casos de éxito en autoconsumo y de modelos energéticos sostenibles, fueron algunos de los temas tratados por diferentes expertos y profesionales del sector.



Figura N° 15
DELEGACIÓN EN JORNADAS TÉCNICAS DE GENERA 2016

SUECIA

En Suecia fueron visitadas principalmente tecnologías de cogeneración doméstica y cogeneración por medio de la gasificación de biomasa.

INRESOL - Motores Stirling

INRESOL es una empresa estatal Sueca que actualmente se está centrando en los productos de tecnología Stirling y en las energías renovables, como la energía solar para los desiertos, los biocombustibles y la energía a partir de residuos.

El Grupo INRESOL ha trabajado en Suecia y también en India.

El CEO de INRESOL menciona que en la limitada disponibilidad y variedad en los productos actuales en motores Stirling es donde ven el espacio en el mercado y la necesidad de su producto.

Señala que “nuestro principal objetivo es satisfacer esas necesidades y llenar ese vacío, queremos hacer que el motor Stirling INRESOL, modelo Genius (Figura N° 16) esté a disposición de todos los que deseen poseer uno y producir su propia energía y calefacción”.

Agrega que “usando una combinación de tecnologías eficaces, de bajos costos, así como la tecnología probada original de Stirling Ingeniería, podemos producir energía ahora asequible y portátil, que es muy diferente de la mayoría de los proyectos Stirling de más edad en que los materiales grandes y costosos han reducido la disponibilidad y el uso”.

De acuerdo a un estudio ejecutado por la empresa, se determinó que la demanda promedio de un hogar en relación al consumo de energía es de 1kw/h, existiendo puntos críticos de hasta 8 kw/h, donde el motor puede perfectamente cubrir esta demanda ya que tiene una capacidad de 5 kw/h con una máxima de 10 kw/h gracias a la batería interna.

En el Cuadro N° 5 se entregan algunas características técnicas del motor Stirling modelo Genius.

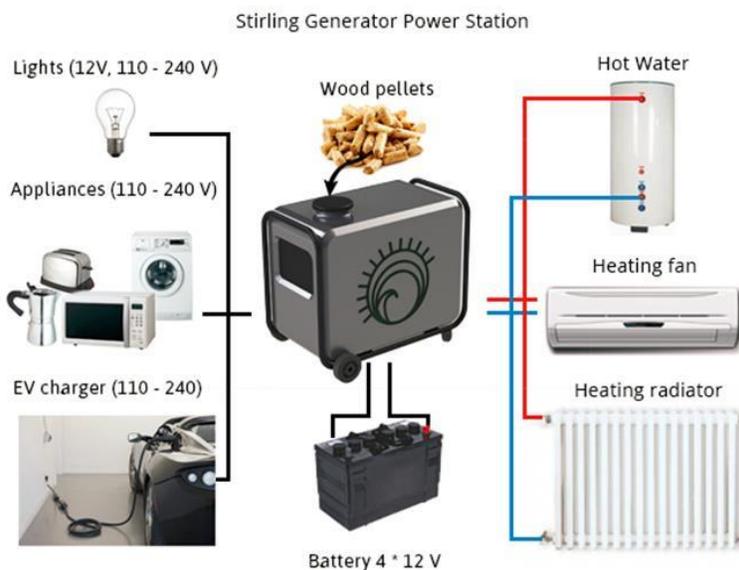


Figura N° 16
MOTOR STIRLING MODELO GENIOUS DE COGENERACIÓN PORTÁTIL Y SUS APLICACIONES

Cuadro N° 5
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR STIRLING MODELO GENIOUS

Potencia del motor	5 kW de potencia continua, Max 10 kW intermitentes de hasta 5 minutos (batería interna)
Consumo de pellets	8 kg/día
Mando a distancia	LAN / WLAN (Internet) a través de un teléfono inteligente / tableta / iPad o PC
Calentador / desplazador	900 - 1100 ° C
Cooler (y el sistema de calefacción opcional)	Construido en el radiador del motor + salida hidráulica (1/2 "conectores, 50/60 ° C)
Eficiencia (eléctrica)	22%
Eficiencia (CAE)	90%
Voltaje de entrada DC	300-500 V con dos circuitos MPPT para la energía solar y eólica
Capacidad de la batería	300 V, 2.5Ah (se puede extender a mayor capacidad)
Vida útil	10 años



Figura N° 17
LABORATORIO DE PRUEBA DE MOTORES (IZQ) Y SISTEMA ELECTRÓNICO CONTROL A DISTANCIA

Meva Energy - Gasificador de Biomasa. Hortlax, Pitea

Meva Energy trabaja con la gasificación por ciclón de la biomasa VIPP (*Vortex Intense Power Progress*) para la producción de energía renovable. Esta empresa fue fundada en 2008 como resultado de la investigación de gasificación de biomasa en la Universidad Tecnológica de Lulea y en el centro ETC gasificación, posteriormente se fundó la empresa con apoyo del Estado de Suecia y desde entonces se ha dedicado a la construcción de experiencia en la ingeniería de procesos termoquímicos, la gasificación y limpieza de gas de síntesis.

Su nacimiento desde la universidad ha llevado a la empresa a continuar investigando en el área, mejorando procesos y llevando todo a I+D, siempre con un trabajo conjunto con su alma mater.

De acuerdo con el CEO de Meva Energy, la clave para una aplicación de cogeneración de biomasa rentable y sostenible es el uso de materia prima rentable, después de todo, los costos de biomasa representan la parte más gravitante de los gastos de funcionamiento. Por lo tanto, "nos estamos adaptando para el uso no solo de los combustibles de madera convencionales, tales como pellets de biomasa, sino también a otras fuentes de biomasa de menor costo, como el aserrín, la cáscara de la agricultura y los residuos de fibra industrial".

Cuadro N° 6
CARACTERÍSTIAS TÉCNICAS DE PLANTA VIPP MEVA ENERGY

Potencia de la planta	1,2 MW (eléctrico) – 2,4 MW (térmico)
Consumo pellet	1 t/h
Contenido de humedad de materia prima	Menor a 10% CH
Demanda energética interna	70 kW
Aprovisionamiento de hogares	2.000 hogares (electricidad) – 500 hogares (térmico)
Trabajo anual	320 días/año en jornadas de 24 h/día

La planta de gasificación se encuentra en la localidad de Hortlax y pertenece al municipio de Pitea. En este caso particular, la instalación de la planta responde a un trabajo conjunto entre la Universidad de Lulea, Meva Energy, Cummings Power y el Municipio de Pitea.

El municipio prestó el espacio físico para la ubicación de la planta con la condición que se utilice solamente pellet de la localidad para alimentar la planta.

La planta se ubica dentro de una casa adaptada para la ubicación de toda la maquinaria (Figura N° 18), es por esto que su diseño no es el más idóneo en cuanto a acceso a las distintas partes de la planta, sin embargo esto no impide el correcto funcionamiento de la planta, solo dificulta la operatividad del sistema.

Es importante mencionar que la planta se ubica en medio de un barrio residencial y que no existe ningún tipo de resistencia por parte de los residentes a su funcionamiento, ya que esta no produce ruido ni emisiones durante su operación.



Figura N° 18
PLANTA HORTLAX, MEVA ENERGY

La planta presentaba una dificultad técnica en el proceso de enfriamiento o limpieza del gas, ya que cuando se introduce al proceso de enfriamiento este genera residuos en las paredes de su contenedor, produciéndose obstrucciones a los 2 días de funcionamiento.

Se encontraban al momento de la visita cambiando este sistema por el típicamente utilizado en la industria del carbón, esperando que con esto se optimice el funcionamiento de esta sección de la planta.

Debido a la relación que existe entre la empresa y la parte de investigación, también han implementado un sector de la planta para ejecutar pruebas en torno a otro tipo de combustibles, no solamente los típicos provenientes de la biomasa sino también desechos de otros procesos industriales.

Al respecto y como ejemplo la comunidad de Pitea tiene un importante sector industrial relacionado a la producción de madera de calidad, papel, y a la minería y hierro, por lo que esperan encontrar una fuente combustible de menor costo y útil para la producción de energía.

A solicitud de la empresa no se tomaron fotografías dentro de las instalaciones.

ALEMANIA

En Alemania el interés central se enfocó en establecer lazos y fortalecer la articulación entre las diferentes instituciones asociadas a la gira y las áreas exploradas fueron las tecnologías de cogeneración y la investigación.

Instituto Fraunhofer – Departamento de Ingeniería Medio Ambiental

El Departamento de Ingeniería del Medio Ambiente del Instituto de Fraunhofer se centra en el desarrollo de procesos de síntesis, de producción y de recuperación sostenible, en la calificación de los productos técnicos de acuerdo con los procedimientos de prueba normalizados o avanzados. El desarrollo de los procesos modernos y sostenibles requiere un uso altamente eficiente de los recursos existentes, junto con la explotación de nuevas fuentes de materiales, tales como materias primas sostenibles, para la fabricación de nuevos productos.

Uno de los centros del Departamento de Medio Ambiente es el Centro Fraunhofer de Procesamiento Químico-Biotecnológico (CBP) que cierra la brecha entre el laboratorio y la aplicación industrial. Se pone énfasis en el uso de aceites vegetales, la descomposición de las lignocelulosas y la producción de enzimas técnicas y otros análisis de biomateriales / biopolímeros.

A solicitud del instituto no se tomaron fotografías dentro de las instalaciones.

Universidad Albert Ludwigs. Freiburg

La Universidad Albert Ludwigs de Freiburg ha tenido desde hace años un proyecto de calefacción distrital, se creó en 1925 solamente para producir agua caliente, asociado a la calefacción para alimentar un hospital y todos sus centros de atención. Este sistema antiguamente se alimentaba de carbón, lo que producía altas emisiones e ineficiencia del sistema.

Con el fin de disminuir las emisiones y trabajar con un recurso renovable cambiaron la materia prima de carbón a pellet y se transformaron a cogeneración. Tienen un total de 5 calderas (Cuadro N° 7) y la idea es ir utilizarlas de acuerdo a la demanda del sistema, parte con las calderas a pellet y las calderas de gas o petróleo en los momentos de mayor demanda, esto porque estas últimas son más fáciles de regular en comparación con las de biomasa.

Las calderas que utilizan pellets son las mismas que antiguamente utilizaban carbón, pero se efectuaron adaptaciones mínimas de algunos sistemas. Por esto no son debidamente eficientes operativamente, dado que el sistema de alimentación debiera cambiarse por uno adecuado para el pellet, ya que al ser el de carbón, este daña mucho el pellet lo que provoca una alta producción de polvillo, el que deben estar aspirando y limpiando para evitar riesgos de incendios.

Cuadro N° 7
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA COGENERACIÓN ALBERT LUDWIGS. FREIBURG

Potencia de la planta	175 MW (para 200.000 habitantes)
Calderas	5 unidades (2 pellets, 1 gas, 1 petróleo y 1 carbón)
Vapor de agua	500 - 600°C
Precio de calefacción	0,9 €/kW
Consumo de caldera pellet	100 t/día
Capacidad de xilos	4.000 t (solo se almacenan 1.000 t para evitar degradación del pellet)
Mano de obra	19 personas (8 durante el día, 2 en la noche) en 2 turnos
Producción de ceniza	0,5 – 1 %

La capacidad de la planta es muy grande, como para alimentar un pueblo, por eso es que todos sus sistemas no funcionan a la vez, solo de acuerdo a la demanda. El caso de la caldera a gas se utiliza para la cogeneración y recientemente cerraron un contrato para proveer calefacción a un nuevo barrio a través de 20 km de tuberías (solamente venden la energía que les sobra, pues la prioridad es proveer el hospital universitario). El sistema de calefacción también se emplea para la producción de vapor de agua para la limpieza de equipos hospitalarios y esterilización.

La producción de vapor de agua debe ser libre de minerales, sales y óxidos para que no degraden los equipos hospitalarios, por esto, el agua debe ser caracterizada antes de entrar al sistema para aplicar el tratamiento adecuado, posteriormente esto genera una serie de residuos que igualmente son tratados para su posterior devolución al sistema.

El pellet idóneo para este sistema es uno que produzca mucha energía, pero que no se encienda tan rápido, ya que al quemarse rápido la caldera no alcanza su máximo potencial. Adicionalmente, están buscando un pellet que no produzca ceniza con metales, porque es un problema para el tratamiento previo.

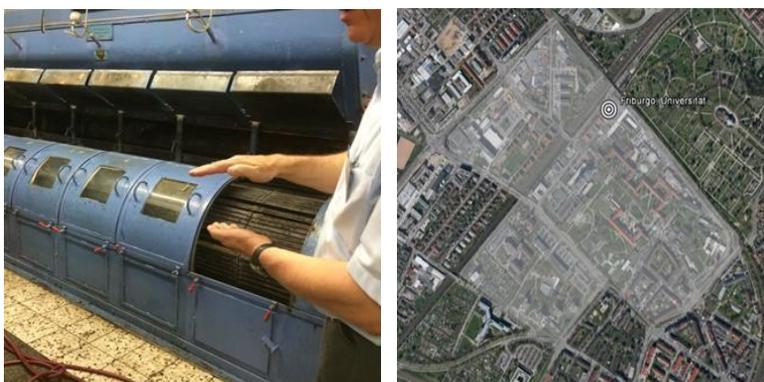


Figura N° 19
CALDERA PELLETT (IZQ), PERIMETRO DE ALIMENTACIÓN HOSPITALARIO (DER)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ante la necesidad de conocer y aplicar conocimientos relativos al valor de la biomasa forestal como energías renovables en la región de Aysén, el programa FIC-2014 “Herramienta Sustentable para Negocios en Biomasa Forestal”, financiado con Fondos del Gobierno Regional y ejecutado por INFOR a través de sus sede Patagonia con la colaboración de temas específicos de las sedes Los Ríos y Bio Bio, se programó y realizó una gira tecnológica por España, Suecia y Alemania.

Los países europeos tienen una historia y una vasta experiencia en el uso de los recursos naturales, la planificación del medio, la calidad de vida y el uso de energía. Países como Alemania y España sufrieron en el pasado contaminación atmosférica dada material particulado originado en las formas de calefacción de los hogares, razón por la que se promovió el uso de otras fuentes combustibles, menos contaminantes y además renovables, ganando así una experiencia importante de conocer.

Estos países vieron en la biomasa una fuente de energía renovable, confiable y adaptable a cada país, por lo que se investigó, desarrolló y promovió el uso de este combustible y un perfeccionamiento en silvicultura, logística y combustión para su uso en generación térmica o

eléctrica. Con esto se perfeccionaron los procesos y se logró una mayor eficiencia en la utilización de los bosques para uso energético, con el apoyo de políticas de Estado, normas, subsidios y legislación pertinente.

Como consecuencia, actualmente existe en países de Europa un gran conocimiento y políticas y desarrollos comerciales en torno al valor y uso de la biomasa forestal, derivada de residuos, del manejo forestal, o directamente de plantaciones forestales dedicadas a este fin, bajo un escenario muy distinto al que actualmente muestra Chile y la región de Aysén, experiencia que durante la gira se intentó conocer y asimilar para su implementación en la región.

En la gira fueron abordados cuatro temas generales relevantes para la región de Aysén; calefacción distrital, cogeneración, tecnología y articulación, revisando la experiencia de estos países que han logrado reducir la contaminación apostando al uso de la biomasa y situando a las ERNC como parte importante de su matriz energética.

Calefacción Distrital

La calefacción distrital (o redes de calor) es aquella en que el calor (la energía térmica) se distribuye por una red urbana, del mismo modo que el gas, el agua, la electricidad o las telecomunicaciones.

Lo que distingue esta red es que sirve a un grupo de edificios o casas, que puede ser de distinta extensión o tamaño y sus conducciones discurren bajo el pavimento de las calles o de las zonas comunes del barrio. La extensión de la red puede ser pequeña, para un grupo de casas, o mediana o grande, para abarcar toda una población.

Países como Dinamarca, Suecia, Polonia y Alemania poseen una capacidad instalada ed más de 20.000 km de distribución, mientras que otros países, como España, están apostando a cambiar las calderas a petróleo individuales por redes de calor y han logrado instalar una red de 400 km.

La gira permitió conocer estas dos dimensiones de calefacción distrital, desde una nueva instalación en un distrito urbano hasta países con redes de calor antiguas que se han adaptado a las necesidades actuales de emisiones con cambios en el combustible y la tecnología.

Se observó que aplicar calefacción distrital requiere una inversión muy alta, principalmente por el costo relacionado a las tuberías de distribución, sin embargo beneficia en gran medida la calidad de vida de las personas, disminuye la contaminación y permite la utilización de un recurso propio de forma más eficiente. Además, es una solución aplicable tanto a edificaciones antiguas como nuevas, siendo de por sí la instalación en un proyecto nuevo mucho más simple de planificar.

Se establecieron contactos con empresas que trabajan en este tema en España, que generan calefacción distrital a más de 3.000 viviendas. Esta experiencia se considera posible de implementar en Coyhaique debido al alto costo asociado a la calefacción de los hogares.

Cogeneración

La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria). La ventaja de la cogeneración es su mayor eficiencia energética ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso.

Dentro de la gira tecnológica se visitaron experiencias de cogeneración que se adaptan de acuerdo a la realidad o necesidad prioritaria, por ejemplo en España era más conveniente producir energía eléctrica porque generaba mayores ingresos, mientras que la producción del pellet como producto era rentable en las épocas donde la demanda energética era menor.

Una experiencia conocida en Alemania, correspondió al Hospital de la ciudad de Freiburg, donde la prioridad era la producción de energía térmica para distribuir al hospital, siendo este el mayor demandante para sus distintos procesos sanitarios, a tal grado que la planta nunca debe detenerse. En el hospital la demanda eléctrica no era alta y planta podía vender su diferencia a las poblaciones aledañas.

Fue también posible conocer que se puede integrar la cogeneración dentro de cualquier otro proceso productivo, por ejemplo el caso del Centro de Acopio de Secado o proyecto CAS que se quiere establecer en los alrededores de Coyhaique y que involucra 100.000m³ de leña. Esta opción podría requerir tanto energía eléctrica como térmica para poder funcionar y sería posible incluir una pequeña planta de cogeneración para suplir la demanda de energía interna, aprovechar el calor para secar leña, madera aserrada o cualquier otro producto. e inyectar energía al sistema interconectado, contribuyendo al desarrollo forestal y económico de la región.

Dentro de la región es posible efectuar cambios a procesos productivos que requieran demandas de calor o frío y obtener una mayor eficiencia energética en el proceso. La biomasa es una energía renovable comparable con la eólica, solar o geotérmica, pero presenta sin embargo una ventaja basada en la eficiencia y confiabilidad de obtener la biomasa a partir del bosque o residuos de procesos industriales. Esto implica, conocer y dominar la gestión del combustible y de gestión de plantas, estando estos procesos disponibles a nivel mundial requiriendo solo de su adaptación a las condiciones locales.

El uso de la biomasa presenta además, beneficios sociales mayores en comparación con el resto de energías y es por esto que países como Alemania y Suecia la utilizan ampliamente, ejemplos que pueden ser implementados en Aysén debido a la naturaleza del medio circundante, y al potencial de producción de biomasa que existe en la región.

El uso de bosques y la biomasa genera otros beneficios que deben ser considerados, como su relación con los gases de efecto invernadero, la protección del suelo, la captura de carbono, la gestión de los residuos, la valorización de los suelos y otros, además de la generación de empleos directos; se estima que por cada MW generado se producen entre 4 a 10 empleos directos.

Tecnología

La tecnología relacionada con la utilización energética y la transformación de la biomasa a productos como astillas o pellets ha avanzado desde grandes instalaciones hasta escalas medianas, pequeñas y hasta domésticas, lo cual es importante dada la necesidad de llevar soluciones a localidades aisladas que requieren energía y calefacción. Un ejemplo de ello es Suecia, donde existen localidades poco pobladas, en sectores muy fríos y con limitada conectividad, situación que se asemeja a la región de Aysén (N de Suecia: 2 hab/ km²; Aysén: 1 hab/km²).

Empresas como INRESOL han evolucionado en el desarrollo de tecnologías de escala doméstica de muy alta eficiencia por medio de motores Stirling, maquinaria que se alimenta con biomasa y que puede producir tanto energía eléctrica como térmica. Es una solución muy reciente, pero con una gran proyección y versatilidad pues no requiere de un gran espacio. De acuerdo con lo observado en la gira, esta opción se considera de gran potencial para la región de Aysén, para lo cual se debe sugiere el desarrollo de un proyecto piloto en la región que permita analizar la efectividad de esta maquinaria en las condiciones regionales para promover su utilización a mayor escala.

La gira permitió también conocer una planta de pequeña escala de producción de pellets, con capacidades entre los 50-500 kg/día, solución que sería práctica y cómoda para los pequeños productores que tienen el recurso de biomasa y pueden sacarle mayor provecho a sus residuos

industriales o del bosque, generándose una nueva oportunidad de negocio local. Este pellet se utiliza fundamentalmente en la alimentación de plantas de generación térmica.

Toda nueva tecnología requiere de un periodo de adaptación y capacitación para lograr la mayor producción y eficiencia en su proceso, y esto se logra la experiencia misma en este.

Articulación

Todo el proceso de visitas y reuniones sostenidas con las diferentes empresas permitió crear una red de contactos, a través de los cuales se puede articular la transferencia de experiencias y conocimientos, formas de cooperación mutua, generación de proyectos conjuntos, capacitación y/o perfeccionamiento de profesionales en distintas áreas.

Las empresas visitadas durante la gira se especializan tanto en trabajo en terreno como en gestión de proyectos, así mismo la visita a la Universidad de Freiburg en Alemania, fue una excelente instancia para conocer hacia dónde apuntan las nuevas investigaciones e implementaciones de la biomasa para uso energético.

Estas instituciones realizan un trabajo de difusión y promoción de la biomasa para energía a través, por ejemplo, de exposición en ciudades para acercar los proyectos e ideas a la gente, con la finalidad de concientizar e informar a la ciudadanía sobre las tecnologías e innovaciones disponibles. Este trabajo puede ser replicado en la región.

Adicionalmente, con algunas instituciones se procederá a efectuar invitaciones para la ejecución de un III seminario Internacional asociado a la valorización de la biomasa, y diferentes talleres con el objetivo de mostrar lo más relevante a la población de Aysén y otros posibles interesados en estas innovaciones que estén dispuestos a invertir en estas tecnologías en beneficio propio y de la economía regional.

Como conclusión final se puede señalar que toda la información reunida en la gira permite alimentar el creciente interés en el país por biomasa forestal como un medio de generación eficiente de energía y destacar que hay interesantes opciones para su estudio y adaptación en la región.

La biomasa como tal no está valorada en su conjunto, a veces existen discrepancias en su concepto y en su utilización, sin embargo ya está jugando un rol significativo en la matriz energética del país y su uso esta trayendo una serie de externalidades positivas.

INFOR está generando líneas de acción y participando del debate para ser parte de las respuestas a los problemas, como por ejemplo: la contaminación, el recambio calefactores, la necesidad de leña seca y la eficiencia, entre otros. INFOR debe ser un agente articulador de desarrollo anticipándose a los problemas y una unidad de estudios que genere propuestas y líneas de trabajo concretas no solo con el Ministerio de Agricultura, sino también con otros ministerios, como Medio Ambiente, Energía, Vivienda y Urbanismo, entre otros, y también poder articular I+D con el mundo privado.

RESUMEN

El agua es un elemento vital para el desarrollo socioeconómico de la humanidad tanto en lo referente a sus necesidades básicas de consumo como a sus requerimientos productivos. Sin embargo, la valoración de este recurso no siempre es la adecuada y existe a menudo escasa preocupación por su uso racional. Esta situación experimenta hoy un cambio significativo, la creciente demanda por los recursos hídricos y la notoria disminución de su disponibilidad, unidas a la particular sensibilidad de la comunidad por los recursos naturales, han provocado una reacción de la sociedad y del Estado, en cuanto a la necesidad de generar mecanismos para evitar los riesgos de un uso indiscriminado y asegurar su protección.

Ampliamente conocidos son los efectos benéficos de los bosques en términos de protección de los suelos y mejoramiento de la calidad del agua, sin embargo, en la relación bosques - aguas, en especial tratándose de plantaciones forestales, se generan interacciones e impactos recíprocos que en ocasiones se tornan complejas y en ciertos casos adquieren un carácter controversial.

Existen numerosas disposiciones en la normativa forestal orientadas a la mantención de las aguas y a evitar su deterioro por diferentes actividades forestales, estableciéndose para estas diversas restricciones. La legislación forestal en Chile parece haber ido incrementando los grados de protección ambiental para las aguas, lo cual se complementa con las normas de igual sentido en instrumentos internacionales, tanto aquellos formales como los no vinculantes, además de las normas de procesos de certificación.

Conveniente resulta así que la normativa forestal otorgue mayores incentivos para los servicios ambientales, en los cuales el agua ocupe un lugar relevante. Para ello, pertinentes serían las propuestas a incorporar en la eventual extensión del D.L. N° 701 y en reformas a la ley del bosque nativo. Se considera debería otorgarse especial importancia a fórmulas que compatibilicen estos recursos, especialmente en los sectores de baja pluviometría.

Numerosas incertidumbres científicas subsisten aún respecto de la interacción bosques - aguas, las que se espera dilucidar y resolver mediante la investigación. En la medida en que ello sea establecido de manera incontrovertible, los resultados deberían verse reflejados en la política forestal y en la legislación subsecuente.

Palabras clave: Legislación forestal, Interacción bosque y agua.

SUMMARY

Water is a vital element for humankind development, not only for basic consumption needs but also for productive uses. However, this resource not always receive due consideration and often its use is not an appropriated one. The situation is currently changing, increasing water consumption and decreasing water availability, together with the society particular sensitivity about natural resources, has stimulated society and governments reactions in order to generate mechanisms to avoid water indiscriminate use and to secure its protection.

Well known are forests positive effects in protecting soils and improving water quality, however in the forest - water interactions, mainly in planted forests, those interactions could became complex and sometimes acquire a controversial character.

Forest legislation has a number of regulations to maintain and protect water resources in forest activities and several restrictions are established. Chilean forest legislation seems to have been increasing water environmental protection levels and this trend is complemented by similar regulations in international agreements, not only in the formal ones but also in those not binding, and norms in certification processes.

An important matter in forest legislation would be higher incentives to environmental services, including a standing out position to water. Convenient and relevant would be proposals to improve both, the possible DL 701 extension and the native forest law, in order to make fully compatible forest and water resources, especially in low rainfall areas.

There still are scientific uncertainties regarding to forest and water interactions, research on the matter is in progress and hopefully results would be available to improve forest policy and legislation in the near future.

Key words: Forest legislation, Forest and water interactions.

INTRODUCCION

El agua ha representado desde siempre un elemento vital para el desarrollo socioeconómico de la humanidad, considerando tanto las necesidades básicas de la población como sus requerimientos productivos. Sin embargo, la valoración de este recurso no siempre ha estado presente en la conciencia colectiva, conduciendo ello a la escasa preocupación por su uso racional y eficiente. Esta situación experimenta hoy un cambio significativo. La creciente demanda por los recursos hídricos, por una parte y la notoria disminución de su disponibilidad, por la otra, unido a la particular sensibilidad de la comunidad por los recursos naturales, han provocado una reacción de la sociedad y del Estado, en cuanto a la necesidad de generar mecanismos para evitar los riesgos de un uso indiscriminado y asegurar su protección.

Referirse a las aguas implica la consideración de una serie de factores políticos, institucionales, económicos, sociales, culturales y jurídicos. De allí que, en el escenario antes referido, los temas relativos a la producción, cantidad, calidad, aprovechamiento y protección de las aguas, así como también los conflictos que en torno a ella puedan generarse, han pasado a ocupar un lugar relevante en la formulación de políticas públicas, en la elaboración de legislaciones, en la regulación de mercados, en el desarrollo de investigaciones científicas, en la generación de información, en el diseño de nuevas obras y en la preocupación cotidiana de los actores sociales, todo ello, en el objetivo de una mayor y mejor gobernanza.

La búsqueda y el establecimiento de alternativas para optimizar la producción y uso eficiente de las aguas, lleva ineludiblemente a que este recurso deba insertarse en esquemas de desarrollo sustentable, buscando la compatibilidad de sus aspectos económicos con aquellos de carácter ambiental y social, así como también de las necesidades públicas y privadas, de manera que este recurso continúe representando una base de sustento para la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

Considerando que las aguas pueden verse favorecidas o perjudicadas por una serie de situaciones y que ellas interactúan con una serie de otros recursos, parece pertinente referirse a uno de ellos, los bosques, los que, al igual que las primeras, constituyen un importante recurso natural, existiendo entre ambos una permanente interacción, configurando verdaderos ecosistemas.

Para los fines de este trabajo, se tomará como base la normativa jurídica que regula a los bosques, en cuanto ella considere aspectos concernientes a las aguas, tratando de identificar, a través del análisis y evaluación de esta legislación, el grado de protección jurídica que las aguas puedan encontrar en esta normativa y determinar si ella resulta suficiente y pertinente para el

objetivo de contribuir a su beneficio real y efectivo o si, por el contrario, un déficit regulatorio es susceptible de ser consignado al respecto. Ello, a su vez, posibilitará concluir si el sector forestal, en relación con el bien ambiental agua, se ajusta y puede ser calificado como un sector que aporta al desarrollo sustentable. Sin perjuicio que este es el aspecto esencial del estudio, parece procedente, para su mejor entendimiento, una referencia general y previa a la relación entre aguas y bosques y a las características comunes que ambos comparten, considerando en ello los aspectos jurídicos, tanto nacionales como internacionales. Las conclusiones de rigor ponen término a esta presentación.

RELACION AGUAS - BOSQUES

Entre las aguas y los bosques se producen una serie de interacciones, generándose entre ambos recursos una dinámica común, que los asocia y beneficia recíprocamente, aunque en algunos casos y de acuerdo con algunos, como se verá, pudiera enfrentarlos.

Las aguas, al igual que los bosques, comparten la característica de ser recursos de usos múltiples y de funciones diversas, involucrando en ello a diferentes categorías de actores, a veces con intereses contradictorios. Ambos recursos resultan valiosos para las actividades económicas y empresariales. En tanto las aguas constituyen un elemento vital para el desarrollo de la agricultura y la industria, los productos forestales, con su fuerte presencia en los mercados externos, generan crecimiento y divisas para el país. En todas estas situaciones, la primacía la representa el interés económico y los mercados en que ambos actúan, cercanos a los intereses particulares.

Además del aspecto económico, antes referido, una marcada asociación se presenta en entre las aguas y los bosques, en cuanto ambos constituyen bienes de un indiscutible interés y valor ambiental, contribuyendo significativamente al equilibrio ecológico y a la mantención de los ecosistemas. Ello, sin duda, los inserta en la esfera del interés público y colectivo, incluyendo en este último a las comunidades indígenas.

De lo anterior, no es difícil deducir que tanto las aguas como los bosques constituyen bienes estratégicos para el Estado y la sociedad, dada la contribución esencial que ellos hacen al desarrollo económico, ambiental y social del país.

Si bien los bosques son mayoritariamente conocidos y apreciados como "proveedores de madera", lo cierto es que ellos generan también una serie de "externalidades positivas", hasta hoy de escaso valor económico, pero de enorme valor ambiental. Entre estas externalidades, identificadas actualmente como "servicios ambientales", se encuentra la de favorecer, directa o indirectamente, la cantidad y calidad de las aguas (Tallar, 2008). La Ley Forestal de Costa Rica, uno de los países de América Latina más avanzados en el desarrollo de los servicios ambientales, identifica dentro de estos servicios los que prestan los bosques y las plantaciones forestales en "la protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico" (art. 3 k)

Desde el punto de vista jurídico, dada la dimensión ambiental de ambos bienes, ello los ubica en la normativa del art. 19 N°s 8 y 24 inc. 2 y art. 20 del texto constitucional, lo que a su respecto generaría los siguientes efectos:

- a) Ambos, en su calidad de recursos naturales, serían reconocidos como parte del derecho fundamental a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Ello implica la adopción de un criterio amplio, en cuanto a considerar que el derecho constitucional se vulnera no solo con la existencia de "contaminación", sino también cuando se produce daño ambiental y cualquier afectación de la naturaleza. Existe discusión al respecto, pues implicaría obviar las definiciones técnicas de la Ley N° 19.300, la que se estima complementaria en esta materia del texto constitucional, además de considerar que el derecho constitucional incluye igualmente derechos de la naturaleza. Este criterio amplio es sostenido por una parte de la doctrina, como Cubillos (2001), para quien, teniendo en cuenta la historia de la norma y una

interpretación finalista de la Constitución el derecho constitucional “se extiende al interés por el uso sustentable de los recursos naturales”. En la misma postura se ubica otro autor, para el cual a partir de la estrecha unidad que se establece entre el derecho y el objeto material al que se refiere, concluye que “*lo primariamente protegido es, pues, el entorno como tal*, ya que si este no se encuentra en condiciones idóneas, libre de contaminación, según la terminología constitucional, afectará invariablemente el derecho reconocido en el artículo 19 N° 8”. Reforzando esta idea expresa que “por el tenor de sus expresiones normativas, la CP se está ocupando *del ambiente como tal*, no desde la perspectiva del derecho a vivir en un medio adecuado, sino tomándolo como punto de partida, en sí mismo” (Guzmán, 2005). Esta postura amplia es también acogida por mayoritariamente por las Cortes.¹⁷

- b) Para la protección de cualquiera de estos bienes resultaría posible la restricción de cualquiera de los otros derechos fundamentales que la Constitución reconoce.
- c) Ambos bienes forman parte y se incluyen en el deber constitucional asignado al Estado, en cuanto a velar por la no afectación del derecho y tutelar la “preservación de la naturaleza”¹⁸. Esta obligación no hace sino responder a las exigencias del bien común y de la servicialidad del Estado que la Carta Fundamental coloca de su cargo. (art. 1 inc. 3 C.P.) Esta relación directa es reconocida en la doctrina por los profesores Silva (1995) y Evans (2001).

Respecto del deber que se comenta, cabe consignar una reciente y por lo mismo, aún no consolidada doctrina, en cuanto a la responsabilidad que le cabría al Estado por omisión o inactividad, la que bien podría extenderse frente a su pasividad injustificada en el cumplimiento de este deber, cuando dicha conducta genere daño a las personas (Marienhoff, 1996, Dorn, 2010). En todo caso y respecto de este deber, se concuerda con la opinión de Püschel (2010), en cuanto a la improcedencia a su respecto del Recurso de Protección.

- d) Ambos recursos deben ser utilizados racionalmente por comprenderse en la “conservación del patrimonio ambiental”,¹⁹ uno de los factores que integran la “función social de la propiedad” y que permite la imposición de restricciones a su respecto.
- e) Al autor le parece que, respecto de ambos recursos resultaría posible invocar razones de “utilidad pública” y/o de “interés nacional” y, en consecuencia, justificar su eventual expropiación.
- f) El deterioro y/o afectación de cualquiera de estos bienes, justificaría la presentación del Recurso de Protección Ambiental.

En relación con las aguas y de acuerdo con el art. 595 del Código Civil, reafirmado por art. 5 del Código de Aguas, su consideración jurídica es que ellas constituyen “bienes nacionales de uso público”. Estas disposiciones las colocan en la esfera del “dominio público”, lo que, de

¹⁷ Sentencia Corte Apelaciones Copiapó, 22 Junio 1992. Recurso de Protección Rol N° 3455 - 92, Cons. 23; Sentencia Corte de Apelaciones Concepción, 22 Junio 1993. Recurso de Protección Rol N° 881 - 93, Cons. 19; Sentencia Corte Apelaciones Valdivia, 18 Abril 2005, Recurso de Protección Rol N° 33 - 05, Cons. 9, 21, 24.

¹⁸ Preservación de la Naturaleza: “El conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinadas a asegurar la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y de los ecosistemas del país”. Art. 2 Ley N° 19.300.

¹⁹ Conservación del Patrimonio Ambiental: “El uso y aprovechamiento racionales o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración”. Art 2 Ley N° 19.300

acuerdo con la doctrina mayoritaria, implicaría dejarlas al margen de la apropiación y por ende, del tráfico comercial. Sin embargo, la segunda disposición, variando lo que anteriores Códigos establecían, facultó a la Administración para otorgar a los particulares, sin mayores requisitos, un derecho de aprovechamiento de aguas, el que, una vez conferido y por disposición del art. 19 N° 24 inc. final de la Constitución, otorga a sus titulares “derecho de propiedad”. La consecuencia de ello es que, en la práctica, la transferencia de este derecho implicaría indirecta y materialmente la transferencia de las aguas lo que, de alguna manera, devaluaría su rol de bien nacional de uso público, privilegiando su rol económico, presidido por el mercado de estos derechos. En este sentido para Cubillos (2002) “se trata de un recurso de naturaleza híbrida, en parte público, y en parte privado”. Saavedra (2009) y en una decidida crítica al sistema, estima que con esta regulación, unida a la falta de atribuciones de los órganos del Estado “se le extirpó al recurso hídrico una parte esencial de su naturaleza jurídica que ciertamente es la de estar destinada al uso de la Nación”. En una postura que produce similar efecto, pero por una diferente vía, referida a la autogestión local por sus usuarios, se ha estimado que “al percibir la forma en que se lleva a cabo la administración y distribución del recurso hídrico, lo más coherente es considerarlas (a las aguas) unos “bienes comunes”, autogestionados por sus usuarios” (Vergara, 2012; 2013). Crítico del modelo se presenta Bauer (2014), para quien, resaltando la conflictividad en torno al agua, debería mejorarse su gobernanza en Chile, lo que requeriría fortalecer las capacidades institucionales para la gestión integrada de los recursos hídricos, recomendación proveniente de la *Global Water Partnership* y del Banco Mundial.

En base a lo expuesto, lo que interesa resaltar es la similitud que puede encontrarse entre el régimen jurídico de los derechos sobre las aguas y el régimen jurídico de los bosques, los que en Chile son mayoritariamente de propiedad privada, salvo aquellos adscritos al Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado (SNASPE), los que pertenecen al dominio público²⁰. Considerando el carácter ambiental de los bosques, la regulación jurídica forestal, como luego se verá, ha establecido una serie de limitaciones respecto de su propiedad privada, las que se han estimado como manifestaciones de su función social, aún cuando algunas de ellas han sido constitucionalmente cuestionadas, dando lugar a juicios indemnizatorios en contra del Estado²¹. En el mismo sentido, parece que el carácter y la dimensión ambiental de las aguas, posibilitaría reinsertarla con mayor plenitud en su rol de bien nacional de uso público, por la vía de la función social de la propiedad, siempre y cuando ello no afecte el derecho en sus atributos y facultades esenciales. (art. 19 N° 24 inc. 3 y art. 19 N° 26 C.P.).

El derecho a un medio ambiente que permita a las personas vivir en condiciones aceptables y las resguarde de los dañinos efectos de la degradación de la naturaleza, ha sido calificado por una gran mayoría de autores como un “derecho humano”. Así, en la doctrina argentina y en relación con su Carta, se ha estimado que la consagración constitucional del derecho de todos los habitantes a un ambiente sano y equilibrado “ha pasado a pertenecer al elenco de los derechos humanos o personalísimos enumerados por el constituyente” (Morales y Novak, 2005). Similar postura se expresa en la doctrina nacional. En este sentido se ha señalado que “el derecho al ambiente sano y ecológicamente equilibrado ha creado un nuevo marco legal de los derechos humanos” (Silva, 1993). Con esta calificación concuerdan también otros autores nacionales (Astorga, 2006; Dognac, 2003). La jurisprudencia se ha inclinado igualmente por esta vinculación, señalando que “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación es un *derecho humano* con rango constitucional”²². De estas calificaciones resultaría posible deducir que las funciones ambientales de los bosques (protección de la erosión de los suelos, contribución a la biodiversidad, captura de carbono, belleza escénica) podrían tener cabida dentro de la calificación que se comenta. No menos puede indicarse en relación con las aguas, en cuanto, desde su dimensión ambiental, son ya varios los autores que las ubican y consideran de igual modo como un *derecho humano* (Larraín, 2013). En este sentido y considerando que el art. 1 del Código de

²⁰ La superficie forestal de Chile alcanza a 16.545.225 ha (entre bosque nativo y plantaciones), de la cual aproximadamente 12.300.000 ha pertenecen al dominio privado.

²¹ Casos Galletué y Agrícola y Forestal Lolco en contra del Fisco. Sentencias Corte Suprema, 07 Agosto 1984, Rol N° 17.743 y Corte de Apelaciones Santiago, 21 Noviembre 2003, Rol N° 6.828 - 99

²² Sentencia Corte Suprema, 19 Marzo 1997, Recurso de Protección Rol N° 4658 – 96, Cons. 14

Aguas no se hace cargo del agua como *derecho humano básico*, se ha propuesta reescribir dicha disposición, elevando el derecho al agua y al saneamiento a rango constitucional y como derecho fundamental, eliminando el derecho de propiedad sobre los derechos de aprovechamiento que respecto de ellas pudieren constituirse (Castillo, 2015).

Finalmente y en cuanto a la legislación chilena, la Comisión de Recursos Hídricos, Sequía y Desertificación de la Cámara de Diputados, en sesión de 12 Enero 2015 acogió la indicación de un grupo de Diputados para incorporar en el proyecto de ley que modifica el Código de Aguas, actualmente en trámite legislativo, lo siguiente “el acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho humano esencial e irrenunciable que debe ser garantizado por el Estado”. Se coincide con estas opiniones, en el entendido que se trata de bienes que producen equilibrios y favorecen a las personas, evitándoles las afectaciones que desajustes ambientales pudieren generarles en su salud, su integridad física y su bienestar.

Dadas las características referidas en los dos puntos precedentes y siguiendo la tendencia de los temas ambientales, tanto las aguas como los bosques han alcanzado un interés y una inserción internacional, lo que implica que a su respecto se ha concitado la atención de la comunidad internacional, estableciéndose a su respecto diversas normativas, las que, aún cuando en varios casos no tienen un carácter jurídico, han logrado imponerse, alcanzando una aceptación y reconocimiento casi universal, aspecto que se tratará en capítulo siguiente

Una característica que resulta determinante para la relación aguas bosques la constituyen las “cuencas hidrográficas”, en la medida en que estas resultan de gran importancia para el medio ambiente y la vida humana, considerándoselas como las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico. El agua que cae en una cuenca puede evaporarse, infiltrarse en el suelo o correr por la superficie de acuerdo a su topografía y pendiente. En todos estos casos, la existencia o no de bosque resulta de enorme trascendencia. Ello en la medida que estos contribuyen a suavizar el impacto en el suelo del agua que cae, reducen la erosión y la sedimentación, disminuyen la escorrentía, aumentan la infiltración, filtran el agua y la purifican, mitigan las inundaciones, en definitiva, permiten mantener el buen estado de las cuencas. En base a esta relación se ha desarrollado la especialidad “hidrología forestal”.

Las cuencas constituyen un ecosistema, cuyos componentes esenciales son las aguas, el suelo, la vegetación y el clima. Entre todos ellos se genera una influencia recíproca, en un proceso permanente y dinámico, lo que determina que deben ser tratados como un sistema unitario. Considerando esta importancia, en los últimos años se ha ido consolidando el “manejo integrado de cuencas”, lo que privilegia su gestión a partir del nivel de estos espacios, los que, generalmente, no coinciden con los límites político - administrativos. La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) a partir de las cuencas como unidades territoriales y marco de referencia es el resultado de una serie de conferencias y estudios internacionales y se le ha definido como un “proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra, y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa” (Gentes, 2008). Esta gestión demanda de una gobernanza, entendida como “el conjunto de procesos formales e informales en la toma de decisiones, que involucra a los actores públicos, sociales y privados con intereses similares u opuestos”. En esta gobernanza se le asigna un importante rol al enfoque local y social, involucrando en la conservación ambiental, no sólo a políticos y actores públicos, sino también a otros actores como “empresas públicas y privadas, población urbana y rural, instancias de cooperación técnica, comunidades campesinas y pueblos indígenas” (Gentes, 2008).

No obstante la beneficiosa relación que, en general puede establecerse entre las aguas y los bosques, lo cierto es que, basadas en algunas investigaciones, se han ido aclarando las reales aportaciones de estos en relación con las políticas de ordenación integrada de cuencas, lo que se hace necesario precisar aún más dadas la variaciones que el cambio climático está introduciendo. Al respecto, se señala que “se ha sobreestimado a menudo la importancia de la función reguladora de los flujos hidrológicos de la cubierta forestal”. Ello en cuanto “tanto los bosques naturales como los establecidos por el hombre utilizan una cantidad de agua más grande que la mayor parte de la

cubierta vegetal de sustitución (comprendida la agricultura y el forraje)” (Calder *et al.*, 2007).

Coincidente con ello se expresa que “hay suficiente evidencia científica para asegurar que las áreas cubiertas con vegetación herbácea - praderas o cultivos agrícolas - producen mayor cantidad de agua que las cubiertas con bosques” (Prado, 2015).

Reflejando la incertidumbre y complejidad de la relación se señala que “pese a los significativos progresos en la comprensión científica de las interacciones entre los bosques y el agua, la función desempeñada por los bosques en relación con la ordenación sostenible de los recursos hídricos continúa siendo un asunto conflictivo. Persisten las incertidumbres y, en algunos casos, la confusión debidas a dificultades que surgen al intentar transferir los resultados de la investigación a diferentes países y regiones, a cuencas de diferentes dimensiones, a tipos de bosques y especies diferentes y a regímenes diferenciados de ordenación forestal” (Calder *et al.*, 2007). Ello se refuerza cuando se dice que “la respuesta a hidrológica a la forestación es altamente variable y en la mayoría de los casos, impredecible” (Andréassian, 2004, Cit. Por Prado, 2015).

Si bien se ha cuestionado la contribución de los bosques a la cantidad del agua en las cuencas, en lo que parece existir coincidencia es en lo referente a que ellos si aportan a la mitigación de las inundaciones pequeñas y locales, a la protección de los suelos y control de la erosión y a la calidad del agua en los bosques con una adecuada ordenación. Ello se traduciría en que los servicios relativos a la calidad del agua sean los más requeridos en países con pagos por servicios ambientales.

En Chile se ha generado una profunda y no resuelta controversia en cuanto a los adversos efectos que respecto de las aguas producirían las plantaciones. Ello, al punto de considerar algunos que ellas no serían bosque sino un monocultivo con fines industriales. Para otros en cambio, si bien se reconoce que “las plantaciones en general, consumen más agua que otro tipo de cultivos y también, dada su mayor tasa de crecimiento, deberían consumir más agua que los bosques nativos”, resulta fundamental en ello el esquema de manejo, considerando factores como selección de especies, densidad de plantación, ubicación de estas en el paisaje, distancia a los cauces y una buena planificación de las intervenciones de poda, raleo y cosecha, todos los cuales ayudarían a “reducir los impactos en la producción de agua en aquellas zonas que se vean afectadas negativamente por la plantación” (Prado, 2015).

LA LEGISLACION FORESTAL Y LOS RECURSOS HIDRICOS

De acuerdo a lo indicado en la Introducción, se examina ahora las disposiciones que en la legislación forestal se contienen y en relación con los cursos de agua. Sin embargo y previo a ello, no se puede dejar de mencionar que, en Enero de 2015, el Ministerio de Agricultura, mediante el respectivo Decreto, ha convocado a un Consejo de Política Forestal, conformado por los principales actores del sector, al cual se ha encomendado la elaboración de una propuesta de Política Forestal, la que, normalmente precede y sirve de base a la legislación.

En las diversas áreas y grupos en las que se ha organizado esta Comisión, se considera una referida a “bosques y agua”. Las propuestas al respecto deberán ser entregadas a fines del año.

D.S. N° 4.363, de 1931. Ley de Bosques

En esta antigua normativa se refleja ya la preocupación pública por la protección y preservación de las aguas por parte de los bosques. Para estos efectos y a través de normas prohibitivas, el art. 5 impide la corta de árboles y arbustos nativos:

- a) Situados a menos de 400 metros sobre los manantiales que nazcan en los cerros y los situados a menos de 200 metros de sus orillas desde el punto en que la vertiente tenga origen hasta aquel en que llegue al plan.

- b) Situados a menos de 200 metros de radio de los manantiales que nazcan en terrenos planos regados.
- c) Situados en pendientes superiores a 45%. Obviamente, el objetivo de esta prohibición es evitar la existencia de pendientes descubiertas y evitar la rápida caída del agua, llevándose sedimentos y nutrientes.

Excepcionalmente se permite la corta en estos sectores, solo por causas justificadas y previa aprobación de Plan de Manejo de acuerdo con el D.L. N° 701, de 1974.

Prohibiciones equivalentes se consagran en art. 22 de la Ley Forestal de Costa Rica. Importante es señalar que, de conformidad a lo dispuesto en art. 21 de la ley, la infracción a lo dispuesto en art. 5, "será sancionada con la pena de presidio menor en su grado mínimo a medio y multa de diez a veinte sueldo vitales mensuales". Si bien se trata de una pena reducida, ella tiene importancia, pues tipifica uno de los escasos *delitos ambientales* consagrados en legislación forestal chilena.

De acuerdo con el art. 64 de la ley N° 20.283, el organismo competente para supervisar el cumplimiento de la norma que se comenta es la Corporación Nacional Forestal.

Derivado de esta ley y advirtiendo tempranamente la relación bosques - aguas en las cuencas, se dictó el Decreto N° 2,374, 1937, del Ministerio de Tierras y Colonización, que constituye el Reglamento para la explotación de bosques existentes en las Cuencas Hidrográficas.

Decreto Ley N° 701, de 1974. Fomento Forestal

Si bien esta normativa tiene una fuerte orientación al fomento, esto es, a los incentivos que el Estado establece para promover el incremento del patrimonio forestal, ella considera también algunas disposiciones referidas a la protección ambiental y concretamente, en relación a las aguas. En este aspecto, el instrumento más relevante corresponde a los Planes de Manejo, cuya finalidad, de acuerdo a su definición (art. 2), es la de obtener el máximo beneficio de los recursos naturales renovables, asegurando su preservación, conservación, mejoramiento y acrecentamiento de los mismos y sus ecosistemas, entre los cuales, sin duda se encuentran las aguas.

Es por ello que el art. 29 del Reglamento General de este D.L. establece que entre los aspectos mínimos que el Plan de Manejo debe contener se encuentran "prescripciones técnicas y medidas de protección ambiental y de cuencas hidrográficas necesarias para proteger el suelo, los cursos y masas de agua, la flora y la fauna".

En consonancia con lo anterior, cabe referirse a la disposición del art. 42 de la Ley N° 19.300, en cuanto dispone que, respecto de los recursos naturales, el Ministerio del Medio Ambiente y el organismo público encargado de regular el uso o aprovechamiento de tales recursos, sin perjuicio de lo establecido en otros cuerpos legales, exigirá la presentación y cumplimiento de planes de manejo, los que incluirán, entre otras consideraciones ambientales a) Mantención de caudales de agua y conservación de suelos.

Desde hace tiempo se ha considerado el agotamiento de este D.L. Por ello, en el anterior gobierno se presentó un proyecto de ley, destinado a introducirle cambios sustanciales. Entre ellos, destacaban los siguientes:

- a) Se consideraba una definición más completa de "Servicios Ambientales", en relación a los beneficios que brindan los bosques, entre ellos mejorar la disponibilidad y/o calidad de los recursos hídricos.

- b) En relación con la calificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal, se establecía que la solicitud para ello debía considerar las medidas de preservación y protección por adoptar, "con especial énfasis en las normas de protección tanto de suelos como de cursos y cuerpos de agua".
- c) Respecto de las bonificaciones a entregar por el Estado, ellas tendrían por objetivo, entre otros, el "abastecimiento de agua para localidades urbanas y rurales".
- d) Se permitía bonificar en forma adicional a la forestación "obras de recuperación de suelos y de conservación de suelos y aguas".

Este proyecto fue rechazado en el Congreso y actualmente uno nuevo se encuentra en proceso de formulación.

Ley N° 20.283. Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.

Las disposiciones de esta ley tienen una orientación más cercana a la protección ambiental, desde que uno de sus objetivos es el de "asegurar la política ambiental", en la cual por cierto se debe incluir su componente aguas.

Las disposiciones normativas que tratan la relación bosques - aguas, corresponden a las siguientes:

- a) Se califica como "bosque nativo de conservación y protección" a aquel que se encuentra ubicado en pendientes iguales o superiores a 45% y a menos de 200 metros de manantiales, cuerpos o cursos de aguas naturales, destinados al resguardo de tales recursos.
- b) La definición de Plan de Manejo lo considera como un instrumento que planifica la gestión del patrimonio ecológico o el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, "resguardando la calidad de las aguas". Igual finalidad se le asigna en el Reglamento General de la ley (D.S. N°93, de 26 Noviembre 2008, Min. de Agricultura) al Plan de Manejo Forestal (objetivo aprovechamiento maderero y no maderero del bosque. Art. 2 N° 18 ley y art. 1 g) Reglamento).
- c) Se definen los servicios ambientales, considerándolos como aquellos que brindan los bosques nativos y las plantaciones y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. Sin perjuicio de esta definición, la ley no vuelve a ocuparse de estos servicios.
- d) Se establece que la corta de bosque nativo debe realizarse de acuerdo con los objetivos de "resguardar la calidad de las aguas". Art. 15.
- e) Los planes de manejo relativos a la corta de bosque nativo de conservación y protección, requerirán indicar las medidas que se adoptarán con los objetivos de proteger los suelos, "la calidad y cantidad de los caudales de los cursos de agua" y la conservación de la diversidad biológica. Art. 16.
- f) Se prohíbe la corta, destrucción, eliminación o menoscabo de árboles y arbustos nativos en una distancia de 500 metros de los glaciares, remitiendo al Reglamento la normativa para la protección de suelos, cuerpos y cursos naturales de agua, así como también de los humedales. Art.17. Este Reglamento corresponde al D.S. N° 82, de 20 Julio 2010, del Ministerio de Agricultura. Entre sus definiciones se consideran las Zonas de Protección de Exclusión y de Protección de Manejo Limitado, esta última, contigua a la primera. En ambas las zonas se definen en

función de los cursos de agua y manantiales. La primera impide absolutamente, salvo excepciones, la corta de árboles y arbustos nativos y plantaciones, así como la construcción de estructuras, el ingreso de maquinaria y el depósito de desechos de cosecha. La segunda, permite intervenciones, dejando una cobertura arbórea de al menos 50%. Arts. 2 p) y q) y 3 y 4. También se consagran normas destinadas a la protección de Sitios Ramsar, estableciéndose restricciones para la corta de árboles y otras operaciones en ellos. Arts. 10, 12 y 13. Finalmente, el Título Final asigna a los planes de manejo y de trabajo requisitos destinados a evitar o minimizar la erosión y la incorporación de sedimentos en los manantiales, así como la alteración de los mismos, cuerpos y cursos naturales de agua y humedales. Art. 18.

- g) Se prohíbe la corta, eliminación, destrucción o descepado, la alteración de especies nativas clasificadas en alguna categoría de conservación que formen parte de un bosque nativo, así como también “la alteración de su hábitat”. Se entiende que las aguas serían parte de este hábitat. Art. 19.
- h) La bonificación forestal considera también la elaboración de planes de manejo concebidos bajo criterios de ordenación. Art. 23. El Reglamento General de esta ley considera que el objetivo de estos planes es el de organizar un conjunto de intervenciones silviculturales para permitir el rendimiento sostenido sin afectar de manera significativa las funciones ambientales del bosque.
- i) Se establece un fondo para la investigación del bosque nativo, cuyos recursos se destinarán, entre otros fines, para proyectos de desarrollo tecnológico que propendan a la “protección del suelo y de los recursos hídricos”. Art. 43 b).

Entre las sanciones que la ley establece, se considera como delito la presentación de planes de manejo sobre la base de certificados falsos o que acrediten hechos inexistentes. Art. 49. El incumplimiento de las actividades de protección es sancionado con multas, (5 a 15 U.T.M.), al igual que el incumplimiento de las obligaciones del Plan de Manejo que no sea la obligación de reforestar. (2 1 5 U.T.M.)

Ley 18.362. Crea un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas

Como es sabido, esta norma de 1984, no se encuentra en vigencia. Sin embargo, de interés resulta mencionar que entre sus objetivos de conservación se encuentran el de “mantener y mejorar los sistemas hidrológicos naturales”. De entre las categorías de manejo que esta ley considera, la única que se refiere directamente a las aguas corresponde a las Reservas Nacionales, entre cuyos objetivos se menciona “la mantención o mejoramiento de la producción hídrica”. Sin embargo, se estima que similar objetivo se comprendería en las otras categorías, en cuanto ellas se refieren a flora y fauna y diversidad ecológica natural del país.

Actualmente se encuentra en tramitación legislativa un nuevo proyecto de ley, que crea el Servicio de Biodiversidad y áreas Silvestres Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, el cual dará aplicación a diversos Tratados Internacionales, tales como la Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, de 1940; el Convenio sobre Diversidad Biológica, 1992. En este proyecto legal se repite la consideración de las aguas dulces solo en la categoría de conservación Reservas Nacionales. Se agrega que formarán parte de las áreas silvestres protegidas, entre otros “los lagos, lagunas, glaciares, embalses, cursos de agua, pantanos y otros humedales”. Art. 51.

Normativa Internacional

Desde la consideración de las aguas, Naciones Unidas ha reconocido al agua y el saneamiento como un *derecho humano*²³, lo que ha sido seguido por otros organismos

²³ Resolución N° 64/292, de Julio 2010, Asamblea General de N.U.

internacionales como PNUD y OMS. Cabe agregar que desde 2012, México reconoció e incorporó este derecho en su texto constitucional.

Desde el punto de vista de los bosques, un intento para su regulación internacional se pretendió en la denominada Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro 2002), lo que en definitiva no prosperó, trasladándose las negociaciones a Naciones Unidas, donde hasta la fecha tampoco se ha logrado un resultado concreto. Sin perjuicio de ello o más bien, en compensación de ello, se han establecido una serie de Principios en diversos instrumentos jurídicos no vinculantes, pero que cada vez adquieren más fuerza y reconocimiento, conformando la denominada “*soft law*”. Se trata de instrumentos tales como la Declaración de Estocolmo, 1972; la Carta Mundial de la Naturaleza, 1982 y la Declaración de Río 1992. En todos ellos se reconoce y destaca el principio del desarrollo sustentable, considerando integralmente la protección del medio ambiente y la adopción de medidas para evitar su degradación.

También cabe mencionar a la denominada Agenda 21, en cuya Sección II se considera “la protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce”. También corresponde mencionar, como resultado de la Cumbre de Río, la suscripción de la “Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de los Bosques”. Su principio 2 b) reconoce la relación bosques – aguas, en tanto que el principio 4 se refiere a las cuencas hidrográficas, en las que los bosques cumplen una función vital.

Otro documento de importancia es el que instituyó el “Proceso de Montreal”, 1993, del cual Chile es parte y en que se establecen Criterios e Indicadores para el manejo forestal sustentable. El Criterio 4 se refiere a “conservación y mantenimiento de los recursos suelos y aguas”.

Finalmente, de interés resulta destacar la tendencia internacional, recogida en Chile, en cuanto a considerar el tema del agua en los sistemas de certificación de manejo forestal sustentable, a los cuales se han adherido voluntariamente las principales empresas forestales chilenas²⁴. Así, por ejemplo, la Certificación FSC considera entre sus diez Principios y Criterios Genéricos Internacionales algunos referidos específicamente al agua²⁵. Por su parte, en su Glosario, al precisar el concepto de *Servicios del Ecosistema*, incluye en ellos el suministro de servicios como los alimentos, los productos forestales y el *agua*. También y dado que estos Principios Generales dan origen a Criterios e Indicadores Nacionales, en ellos el agua ocupa también un lugar relevante²⁶.

²⁴ Las áreas certificadas por FSC en Chile alcanzan a 2.355.427 hectáreas, entre plantaciones, bosque nativo y áreas de protección. A su vez, 23 empresas forestales se encuentran certificadas con el sello FSC en las Categorías de Manejo Forestal/Cadena de Custodia. Página web FSC. Información a Diciembre 2014

²⁵ Principio 6: Valores e Impactos Ambientales. 6.7: La Organización deberá proteger o restaurar las corrientes o cuerpos de agua naturales, las zonas de ribera y su conectividad. La Organización deberá evitar los impactos negativos en la calidad y cantidad de agua, y mitigar y reparar los que se produzcan.

Principio 9. Altos Valores de Conservación. La Organización debe evaluar y registrar la presencia y el status de los siguientes *Altos Valores de Conservación*:

AVC 4: Servicios del ecosistema básicos en situaciones críticas, incluyendo la protección de zonas de captación de agua y el control de la erosión de suelos y pendientes vulnerables.

AVC 5: Áreas y recursos fundamentales para satisfacer las necesidades básicas de las *comunidades locales* o de los *Pueblos Indígenas*. (para su subsistencia, salud, nutrición, *agua*, etc.)

²⁶ Indicador 3.2.2. Cualquier daño de parte del PMF (Plan de Manejo Forestal) a los cursos de los indígenas y sus tierras, tales como *agua*, fauna silvestre, u otros, deben ser determinados, compensados y restaurados de común acuerdo con la propia comunidad y en un documento firmado por las partes.

Indicador 5.5.1. El PMF implementa medidas, definidas en el plan de ordenación, dirigidas a la mantención o aumento de las funciones del bosque, tales como: Protección de Cuencas Hidrográficas (calidad del agua).

Indicador 10.6.2. Los *cursos de agua* permanentes no se encuentran obstruidos con desechos de cosecha o derrames de tierra provenientes de caminos.

CONCLUSIONES

Como se ha apreciado, tanto los bosques como las aguas constituyen recursos valiosos, desde el punto de vista económico y ambiental, insertándose ambos tanto en los intereses públicos como en los privados.

Existen numerosas disposiciones en la normativa forestal en relación con las aguas. Ellas se orientan en el sentido de resguardar su mantención y evitar su deterioro por las actividades forestales, para cuyo efecto se establecen respecto de estas actividades diversas restricciones.

Las limitaciones a que los recursos forestales puedan someterse encuentran sustento en la disposición constitucional para la protección del medio ambiente y en la que asigna a la propiedad una "función social".

La relación bosque - aguas, particularmente con las plantaciones tiene una alta expresión en las cuencas nacionales, en las que se generan interacciones e impactos recíprocos. Sin embargo, en no pocas ocasiones estas interacciones se tornan complejas y, en ciertos casos adquieren un carácter controversial. Ello no sería sino el reflejo de las tensiones desarrollo - protección ambiental y del hecho que así como los bosques pueden proteger a las aguas, también pueden perjudicarlas, lo que algunos predicen de las plantaciones.

Las tensiones referidas no dejan de ser motivo de preocupación, toda vez que se trata de bienes ambientales, entre los cuales, para cumplir adecuadamente su rol de ese carácter, debería existir un alto grado de compatibilidad.

La conflictividad bosques - aguas no se refleja en la legislación forestal, cuyas normas compatibilizan ambos recursos. Ello pareciera obedecer, en gran medida, a que esta legislación no inserta esta relación en una gobernanza a nivel de cuencas, tendencia internacional que avanza en el mundo.

La legislación forestal en Chile parece haber ido incrementando los grados de protección ambiental para las aguas, lo cual se complementa con las normas de igual sentido en instrumentos internacionales, tanto aquellos formales como los no vinculantes, además de las normas de procesos de certificación.

Conveniente resulta que la normativa forestal otorgue mayores incentivos para los servicios ambientales, en los cuales el agua ocupe un lugar relevante. Para ello pertinentes serían las propuestas de reemplazo del D.L. N° 701 y reformas a la ley del bosque nativo. En ellas se considera debería otorgarse una alta valoración a fórmulas que compatibilicen estos recursos, especialmente en los sectores de baja pluviometría, lo que implicaría recurrir a mecanismos de ordenación territorial.

Numerosas incertidumbres científicas subsisten aún respecto de la interacción bosques - aguas, las que se espera dilucidar y resolver mediante la investigación. En la medida en que ello sea establecido de manera incontrovertible, los resultados deberían verse reflejados en la política forestal y en la legislación subsecuente.

REFERENCIAS

Astorga Jorquera, Eduardo, 2006. Derecho Ambiental Chileno. Lexis Nexis, Santiago, Chile. pág. 45.

Bauer, Carl, 2014. ¿La Ley del Péndulo? Conflictos de Aguas y Gobernanza en Chile desde 2005". Actas de las VII Jornadas de Derecho Ambiental. Centro de Derecho Ambiental U. de Chile. Legal Publishing - Thomson Reuters. págs. 638, 642.

Calder, Ian; Hofer, Thomas; Vermont, Sibylle y Warren, Patrizio, 2007. Hacia Una Nueva Comprensión de los Bosque y el Agua. Revista Unasylya N° 229, Vol 58, 2007. págs. 4 – 6.

Castillo Macaya, Hugo, 2015. Del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento. El Mercurio Legal, 14 Septiembre 2015.

Cubillos Prieto, Gonzalo, 2001. La Extensión de la Garantía Constitucional Referida al Derecho a Vivir en un Medio Ambiente Libre de Contaminación. En Libro "20 Años de la Constitución Chilena. 1981 – 2001". Editorial Jurídica Cono Sur Ltda.

Cubillos Prieto, Gonzalo, 2002. Gobernabilidad del Agua en Chile.

Dorn Garrido, Carlos, 2010. La Inconstitucionalidad por Omisión Legislativa. Editorial Metropolitana.

Dougnac Rodríguez, Fernando, 2003. La Garantía del N° 8 del art. 19 de la Constitución como Derecho Humano. Primeras Jornadas de Derecho Ambiental, CONAMA - Centro de Derecho Ambiental. Facultad de Derecho U. de Chile. LOM Ediciones. págs. 240 - 262.

Evans Espiñeira, Eugenio, 2001. El Bien Común en el Ejercicio de Algunos Derechos Fundamentales. Revista Chilena de Derecho, Vol. 28 N° 2, Abril – Junio 2001; pág. 227

Gentes, Ingo, 2008. Gobernanza, Gobernabilidad para la Gestión de Cuencas. Estado del Arte. Seminario Internacional Cogestión de Cuencas Hidrográficas. Experiencias y Desafíos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

Guzmán Rosen, Rodrigo, 2005. La Regulación Constitucional del Medio Ambiente en Chile. Aspectos Sustantivos y Adjetivos. Lexis Nexis. págs. 68, 69.

Larraín, Sara, 2013. Acceso, Protección y Derecho Humano al Agua. Propuestas de Reformas Legales y Constitucionales. Chile Sustentable.

Marienhoff, Miguel, 1996. Responsabilidad Extracontractual del Estado por las Consecuencias de su Actitud "Omisiva" en el Ámbito del Derecho Público. Abeledo Perrot, Buenos Aires.

Morales Lamberti, Alicia y Novak, Aldo, 2005. Instituciones de Derecho Ambiental. MEL Editor, Córdoba, Argentina. pág. 521.

Prado Donoso, José Antonio, 2015. Plantaciones Forestales. Más Allá de los Bosques. Colegio de Ingenieros Forestales, Chile.

Püschel Hoeneisen, Lorna, 2010. Deberes Constitucionales Estatales en Materia Ambiental. Abeledo Perrot – Legal Publishing, Santiago, Chile. pág. 141.

Saavedra Cruz, José Ignacio, 2009. Las Aguas como Bien Nacional de Uso Público. Revista Ambiental N° 1, Mayo 2009.

Silva Bascuñán, Alejandro, 1995. Servicialidad del Estado. Sus Fundamentos Constitucionales. Revista de Derecho Público N°s 57- 58. Enero – Diciembre 1995; pág. 73

Silva Silva, Hernán, 1993. La Protección del Ambiente en el Derecho Constitucional y Penal. Revista Chilena de Derecho, Vol. XX N°s 2 - 3, Mayo - Diciembre 1993. pág. 673.

Tallar Deluchi, Fernando, 2008. El Pago por Servicios Ambientales en el Sector Forestal. Su Contexto Jurídico. Acta de las Cuartas Jornadas de Derecho Ambiental. Centro de Derecho Ambiental - Legal Publishing, Santiago. págs. 261 - 279.

Vergara Blanco, Alejandro, 2013. Para Regular los Recursos Naturales es Innecesario Declararlos Previamente del Dominio del Estado y Desestatizando los Recursos Naturales; una Consolidada Tendencia Legislativa. El Mercurio Legal, 28 Diciembre 2012 y 26 Febrero 2013.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada, del Instituto Forestal de Chile, en la que se publican trabajos originales e inéditos, con resultados de investigaciones o avances de estas, realizados por sus propios investigadores y por profesionales del sector, del país o del extranjero, que estén interesados en difundir sus experiencias en áreas relativas a las múltiples funciones de los bosques, en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Se acepta también trabajos que han sido presentados en forma resumida en congresos o seminarios. Consta de un volumen por año, el que a partir del año 2007 está compuesto por tres números (abril, agosto y diciembre) y ocasionalmente números especiales.

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos, de diversos países y de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, este es enviado por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. El autor o los autores no son informados sobre quienes arbitran su trabajo y los trabajos son enviados a los árbitros sin identificar al o los autores.

La revista consta de dos secciones; Artículos Técnicos y Apuntes, puede incluir además artículos de actualidad sectorial en temas seleccionados por el Consejo Editor o el Editor.

- **Artículos:** Trabajos que contribuyen a ampliar el conocimiento científico o tecnológico, como resultado de investigaciones que han seguido un método científico.
- **Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigación, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de interés dentro del sector forestal o de disciplinas relacionadas. Los apuntes pueden ser también notas bibliográficas que informan sobre publicaciones recientes, en el país o en el exterior, comentando su contenido e interés para el sector, en términos de desarrollo científico y tecnológico o como información básica para la planificación y toma de decisiones.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Artículos

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. En casos muy justificados Apéndices y Anexos.

Título: El título del trabajo debe ser representativo del efectivo contenido del artículo y debe ser construido con el mínimo de palabras.

Resumen: Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. No debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará a los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

Introducción: Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el

trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes. Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

Objetivos: Breve enunciado de los fines generales del artículo o de la línea de investigación a que corresponda y definición de los objetivos específicos del artículo en particular.

Material y Método: Descripción clara de la metodología aplicada y, cuando corresponda, de los materiales empleados en las investigaciones o estudios que dan origen al trabajo. Si la metodología no es original se deberá citar claramente la fuente de información. Este punto puede incluir Cuadros y Figuras, siempre y cuando su información no resulte repetida con la entregada en texto.

Resultados: Punto reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados cuando corresponda, y asociados directamente a los objetivos específicos antes enunciados. Puede incluir Cuadros y Figuras indispensables para la presentación de los resultados o para facilitar su comprensión, igual requisito deben cumplir los comentarios que aquí se pueda incluir.

Discusión y Conclusiones: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos, sus limitaciones y su posible trascendencia. Relación con la bibliografía revisada y citada. Las conclusiones destacan lo más valioso de los resultados y pueden plantear necesidades consecuentes de mayor investigación o estudio o la continuación lógica de la línea de trabajo.

Reconocimientos: Punto optativo, donde el autor si lo considera necesario puede dar los créditos correspondientes a instituciones o personas que han colaborado en el desarrollo del trabajo o en su financiamiento. Obviamente se trata de un punto de muy reducida extensión.

Referencias: Identificación de todas las fuentes citadas en el documento, no debe incluir referencias que no han sido citadas en texto y deben aparecer todas aquellas citadas en éste.

Apéndices y Anexos: Deben ser incluidos solo si son indispensables para la comprensión del trabajo y su incorporación se justifica para reducir el texto. Es preciso recordar que los Apéndices contienen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos contienen información complementaria que no es de elaboración propia.

Apuntes

Los trabajos presentados para esta sección tienen en principio la misma estructura descrita para los artículos, pero en este caso, según el tema, grado de avance de la investigación o actividad que los motiva, se puede adoptar una estructura más simple, obviando los puntos que resulten innecesarios.

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

La Revista acepta trabajos en español, inglés y portugués, redactados en lenguaje universal, que pueda ser entendido no solo por especialistas, de modo de cumplir su objetivo de transferencia de conocimientos y difusión al sector forestal en general. No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones,

interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Justificación ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes. Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición.

Primera página incluye título en mayúsculas, negrita, centrado, letra Arial 10, una línea, eventualmente dos como máximo. Dos espacios bajo éste: Autor (es), minúsculas, letra 10 y llamado a pie de página indicando Institución, país y correo electrónico en letra Arial 8. Dos espacios más abajo el Resumen y, si el espacio resulta suficiente, el *Summary*. Si no lo es, página siguiente igual que anterior, el *Summary*.

En el caso de los Apuntes, en su primera página arriba tendrán el título del trabajo en mayúscula, negrita, letra 10 y autor (es), institución, país y correo, letra 10, normal minúsculas, bajo una línea horizontal, justificado a ambos lados, y bajo esto otra línea horizontal. Ej:

EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE COMO MOTOR DE EMPRENDIMIENTO DEL MUNDO RURAL: LA EXPERIENCIA EN CHILE. Víctor Vargas Rojas. Instituto Forestal. Ingeniero Forestal. Mg. Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. vargas@infor.cl

Título puntos principales (Resumen, *Summary*, Introducción, Objetivos, etc) en mayúsculas, negrita, letra 10, margen izquierdo. Solo para Introducción usar página nueva, resto puntos principales seguidos, separando con dos espacios antes y uno después de cada uno. Títulos secundarios en negrita, minúsculas, margen izquierdo. Títulos de tercer orden minúsculas margen izquierdo.

Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (7 espacios) y anteponer un guion y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

Nombres de especies vegetales o animales: Vulgar o vernáculo en minúsculas toda la palabra, seguido de nombre en latín o científico entre paréntesis la primera vez que es mencionada la especie en el texto, en cursiva (no negrita), minúsculas y primera letra del género en mayúsculas. Ej. pino o pino radiata (*Pinus radiata*).

Citas de referencias bibliográficas: Sistema Autor, año. Ejemplo en citas en texto; De acuerdo a Rodríguez (1995) el comportamiento de..., o el comportamiento de... (Rodríguez, 1995). Si son dos autores; De acuerdo a Prado y Barros (1990) el comportamiento de ..., o el comportamiento de ... (Prado y Barros, 1990). Si son más de dos autores; De acuerdo a Mendoza *et al.* (1990), o el comportamiento ... (Mendoza *et al.*, 1990).

En el punto Referencias deben aparecer en orden alfabético por la inicial del apellido del primer autor, letra 8, todas las referencias citadas en texto y solo estas. En este punto la identificación de la referencia debe ser completa: Autor (es), año. En negrita, minúsculas, primeras letras de palabras en mayúsculas y todos los autores en el orden que aparecen en la publicación, aquí no se usa *et al.* A continuación, en minúscula y letra 8, primeras letras de palabras principales en mayúscula, título completo y exacto de la publicación, incluyendo institución, editorial y otras informaciones cuando corresponda. Margen izquierdo con justificación ambos lados. Ejemplo:

En texto: señalaron que... (Yudelevich *et al.*, 1967) o Yudelevich *et al.* (1967) señalaron ...

En referencias:

Yudelevich, Moisés; Brown, Charles y Elgueta, Hernán, 1967. Clasificación Preliminar del Bosque Nativo de Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 27. Santiago, Chile.

Expresiones en Latín, como *et al.*; *a priori* y otras, así como palabras en otros idiomas como *stock*, *marketing*, *cluster*, *stakeholders*, *commodity* y otras, que son de frecuente uso, deben ser escritas en letra cursiva.

Cuadros y Figuras: Numeración correlativa: No deben repetir información dada en texto. Solo se aceptan cuadros y figuras, no así tablas, gráficos, fotos u otras denominaciones. Toda forma tabulada de mostrar información se presentará como cuadro y al hacer mención en texto (Cuadro N° 1). Gráficos, fotos y similares serán presentadas como figuras y al ser mencionadas en texto (Figura N° 1). En ambos casos aparecerán enmarcados en línea simple y centrados en la página. En lo posible su contenido escrito, si lo hay, debe ser equivalente a la letra Arial 10 u 8 y el tamaño del cuadro o figura proporcionado al tamaño de la página.

Cuadros deben ser titulados como Cuadro N° , minúsculas, letra 8, negrita centrado en la parte superior de estos, debajo en mayúsculas, negritas letra 8 y centrado el título (una línea en lo posible). Las figuras en tanto serán tituladas como Figura N° , minúscula, letra 8, negrita, centrado, en la parte inferior de estas, y debajo en mayúsculas, letra 8, negrita, centrado, el título (una línea en lo posible). Si la diagramación y espacios lo requieren es posible recurrir a letra Arial *narrow*. Cuando la información proporcionada por estos medios no es original, bajo el marco debe aparecer entre paréntesis y letra 8 la fuente o cita que aparecerá también en referencias. Si hay símbolos u otros elementos que requieren explicación, se puede proceder de igual forma que con la fuente.

Se aceptan fotos en blanco y negro y en colores, siempre que reúnan las características de calidad y resolución que permitan su uso.

Abreviaturas, magnitudes y unidades deben estar atenuadas a la Real Academia Española (RAE) y el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que las unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como Watts (W), Newton (N) y otras. Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **ha**, toneladas **t**, metros cúbicos por hectárea **m³/ha**.

Llamados a pie de página: Cuando estos son necesarios, serán numerados en forma correlativa y deben aparecer al pie en letra 8. No usar este recurso para citas bibliográficas, que deben aparecer como se indica en Referencias.

Archivos protegidos; "sólo lectura" o PDF serán rechazados de inmediato porque no es posible editarlos. La Revista se reserva el derecho de efectuar todas las modificaciones de carácter formal que el Comité Editor o el Editor estimen necesarias o convenientes, sin consulta al autor. Modificaciones en el contenido evidentemente son consultadas por el Editor al autor, si no hay acuerdo se recurre nuevamente al Consejo Editor o a los miembros del Comité Editor que han participado en el arbitraje o calificación del trabajo.

ENVIO DE TRABAJOS

Procedimiento electrónico. En general bastará enviar archivo Word, abierto al Editor (sbarros@infor.gob.cl). El autor deberá indicar si propone el trabajo para Artículo o Apunte y asegurarse de recibir confirmación de la recepción conforme del trabajo por parte del Editor.

Cuadros y figuras ubicadas en su lugar en el texto, no en forma separada. El Editor podrá en algunos casos solicitar al autor algún material complementario en lo referente a cuadros y figuras (archivos Excel, imágenes, figuras, fotos, por ejemplo).

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 5 Mb es un límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que

siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes como JPEG o de planillas Excel como RTF.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 3 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente y no hay observaciones de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), editado y pasa a publicación cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 4 meses.

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE PEUMO (<i>Cryptocarya alba</i> (Mol.) Looser) DE DISTINTAS LOCALIDADES DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO. Chung, Patricio; Gutiérrez, Braulio y Benedetti, Susana. Chile.	7
PODA PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA DE CALIDAD EN PLANTACIONES DE ÁLAMOS (<i>Populus spp</i>) EN PATAGONIA NORTE DE ARGENTINA. Davel, M. M. y Arquero, D. E. Argentina.	19
COMPATIBILIDAD ENTRE LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y LA PRODUCCIÓN EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL EN LA PATAGONIA NOROCCIDENTAL ARGENTINA. Dezzotti, Alejandro; Sbrancia, Renato; Mortoro, Ariel y Attis Beltran, Hernán. Argentina.	33
PLANTACIONES DE AVELLANO CHILENO (<i>Gevuina avellana</i> Mol.) UNA ALTERNATIVA PARA PRODUCIR MADERA DE ALTO VALOR EN CHILE. Loewe, Verónica; Delard, Claudia y Álvarez, Andrea. Chile.	49
APUNTES	
EXPERIENCIAS EN DENDROENERGÍA ESPAÑA, SUECIA Y ALEMANIA. INFORME GIRA TECNOLÓGICA. Solorzano, Stephie; Barrera, Víctor; Acuña, Bernardo; Carrasco, Ignacio y Solís, Felipe. Chile.	69
LA PROTECCION DE LOS RECURSOS HIDRICOS POR LA LEGISLACION FORESTAL EN CHILE. Tallar, Fernando. Chile.	91
REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	105

