

Volumen 18 N° 2
Agosto 2012

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

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



INFOR

VOLUMEN 18 N° 2

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

AGOSTO 2012

**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	Hans Grosse Werner	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros Asenjo	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez Caro	INFOR	Chile
	Jorge Cabrera Perramón	INFOR	Chile
Comité Editor	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	Mónica Gabay	SAYDS	Argentina
	Heinrich Schmutzhenhofer	IUFRO	Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	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	FAO	Italia
	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	USDAFS - IUFRO	USA
	Oswaldo Encinas	ULA	Venezuela
	Ignacio Díaz-Maroto	USC	España

Dirección	INSTITUTO FORESTAL	
	Sucre 2397 - Casilla 3085	Santiago, Chile
	Fono 56 2 3667115	www.infor.cl
	Correo electrónico	santiago.barros@infor.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.

RESGATE, CONSERVAÇÃO E CLONAGEM DE MATRIZES DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN & CABBAGE

Baccarin, Francisco¹; Ebling Brondani, Gilvano²;
Gomes Vieira, Israel³ y de Almeida, Marcilio⁴

RESUMO

O *Eucalyptus benthamii* é uma das opções para formação de plantios florestais no Brasil, principalmente em regiões de clima frio e com ocorrências de geadas, em decorrência de sua origem a oeste de Sydney, NSW na Austrália. Mas para tal é necessário à propagação vegetativa de genótipos superiores que muitas vezes precisa ser realizada em árvores adultas e requer material fisiologicamente juvenil ou rejuvenescido para obter bons índices de enraizamento.

Técnicas especiais são necessárias para reverter árvores adultas a juvenildade e resgatar condições favoráveis para promover o enraizamento e crescimento. No caso dos eucaliptos para obtenção de brotações, o método de resgate mais utilizado é o corte da árvore, técnica que proporciona alta taxa de enraizamento de estacas, devido à eficiente reversão a juvenildade. Porém, quando existe a necessidade de preservação do indivíduo, justifica-se o uso de técnicas não destrutivas, evitando dessa forma a morte da árvore matriz.

Considerando a dificuldade de enraizamento dessa espécie pelas técnicas tradicionais, o presente trabalho objetivou avaliar diferentes métodos não destrutivos de propagação vegetativa e diferentes tipos de brotos, visando o resgate, a conservação e clonagem de 20 matrizes de *E. benthamii* de um plantio seminal com 13 anos de idade. Para tanto, avaliou-se estacas de galhos da copa, brotações epicórmicas dos primeiros galhos da copa, brotações provenientes do anelamento e brotações da poda dos galhos. Estes materiais foram submetidos às técnicas de estaquia e micropropagação.

Como principais resultados destacam-se o elevado índice de enraizamento e desenvolvimento *ex vitro* de microestacas provenientes do cultivo *in vitro* das brotações epicórmicas (megaestacas) e a estaquia dos brotos provenientes do anelamento, que apresentaram enraizamento e desenvolvimento satisfatório. Entretanto, não houve sobrevivência e nem enraizamento de nenhum dos brotos tanto diretamente da copa, como estimulados pela poda dos galhos.

Palavras chaves: Resgate Não Destrutivo, Propagação Vegetativa de Genótipos Superiores, Micropropagação, Estaquia e Brotações Epicórmicas.

¹ Engenheiro Agrônomo, M. Sc. Silvicultura clonal –, Professor Universidade Estadual de Goiás (UEG), Rua S7 Qd, 1 - S Sul, CEP – 76.190-000 – Palmeiras de Goiás, GO, Brasil – e-mail: franciscobaccarin@hotmail.com

² Engenheiro Florestal, Professor Dr Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). gebrondani@yahoo.com.br

³ Biólogo, M. Sc., Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF, Brasil israel@ipef.br

⁴ Biólogo, Professor Dr. em Botânica – Departamento de Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Avenida Pádua Dias, 11, Cx.P. 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil – e-mail: malmeida@esalq.usp.br

SUMMARY

The *E. benthamii* presents a great aptitude for cultivation in Brazil, especially in cold climates and with frequent frosts, this is due to its origin from western Sydney, NSW Australia. Taking into account their optimal silvicultural performance, selected genotypes will certainly represent an excellent alternative for future plantings. The cloning of superior genotypes is accomplished by vegetative propagation of mature trees, and requires physiologically juvenile or rejuvenated material.

Special techniques are necessary to reverse the juvenile and adult trees recover favorable conditions to promote rooting and growth. In the specific case of Eucalypts to obtain propagules, the most rescue method used for the forestry companies are clearcutting, technique that provide a high rate of rooting, due to efficient reversion to juvenility. However, when it needs to protect the individual, justifies the use of non-destructive techniques, thus avoiding the death of the tree array.

The present study aimed to spot after the selection of phenotypes with superior silvicultural characteristics, rescue (through non-destructive techniques) to retain and multiply matrices adult of *E. benthamii*, evaluating which technique that present the best result for the cloning of the same. So we used to shoot the first cup of twigs, shoots, epicormic shoots that emerged from girdling and shoots arising from the pruning of the branches of the crown, which were submitted to the techniques of cutting, grafting and micropropagation for each type of bud.

The main results stand out the high rate of *ex vitro* rooting and development of microcuttings from *in vitro* cultivation of epicormic shoots and cuttings of sprouts from girdling, which showed satisfactory growth and rooting. However, there was neither survival nor any of rooting shoots both directly cup, as stimulated by pruning the branches.

Keywords: Cloning; Micropropagation; Cuttings; Grafting; Rescue and Multiplication of Superior Genotypes; Epicormic Shoots

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, é encontrado em áreas limitadas, ao oeste da cidade de Sydney em planícies ao longo do rio Nepean e seus tributários (Pryor, 1981), região com centenas de geadas por ano, registrando temperaturas que variam de 4 a 26°C, condições semelhantes a região sul e sudeste do Brasil, com o maior pólo de plantio florestal. Em sua região de origem em Camden (Austrália) pode atingir 36 m de altura e 50 cm de diâmetros (Nisgoski *et al.*, 1998).

O *E. benthamii* além de ser uma excelente alternativa de plantio pela resistência a geadas, apresenta rápido crescimento e apresenta vantagens em relação ao *E. dunnii* e *E. viminalis*, principalmente para programas de melhoramento, devido as ótimas qualidades silviculturais (Higa e Pereira, 2003).

A clonagem do *Eucalyptus* visando maior homogeneidade e qualidade de florestas é de fundamental importância para o aumento do rendimento e qualidade da madeira, podendo ainda obter-se um maior planejamento da colheita pelas empresas florestais, que em sua maioria utilizam a técnica da decepta da árvore, para tentar reverter a juvenilidade, aumentando assim o percentual de enraizamento das estacas. No entanto, esse método não pode ser aplicado em espécies com dificuldade de rebrota e, ou protegidas do corte raso. Dentre as técnicas de propagação vegetativas não destrutivas, as mais conhecidas e aplicadas são: anelamento, enxertia, estaquia, brotações epicórmicas de galhos destacados (megaestaca), miniestaca, e microestaca.

Neste sentido, presente trabalho selecionou *in loco* de fenótipos com características silviculturais superiores de *E. benthamii*, visando resgatar (através de técnicas não destrutivas), conservar e clonar matrizes adultas, avaliando-se qual (is) técnica(s) apresenta(m) melhor(es) resultado(s) para o *E. benthamii*.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem e Seleção do Material

Vinte árvores de *E. benthamii* com as melhores qualidades silviculturais, como altura, diâmetro a altura do peito (DAP), retidão do caule (menor fator de forma) e sanidade em um plantio seminal comercial com 13 anos de idade da empresa Valor Florestal, localizado no município de Sengés - PR.

Duas coletas foram realizadas, sendo a primeira entre o final do verão e início do outono de 2011, coletando-se brotações do topo das árvores, e de galhos (megaestaca). No inverno do mesmo ano realizou-se nova coleta, daquelas brotações provenientes do anelamento realizado na primeira coleta, e também das brotações que surgiram no local da retirada dos galhos (brotações do ano).

-Brotações dos Primeiros Galhos da Copa

Foram coletados brotações dos primeiros galhos da copa de todas as matrizes selecionadas, coletou-se 100 ramos com aproximadamente três estacas.

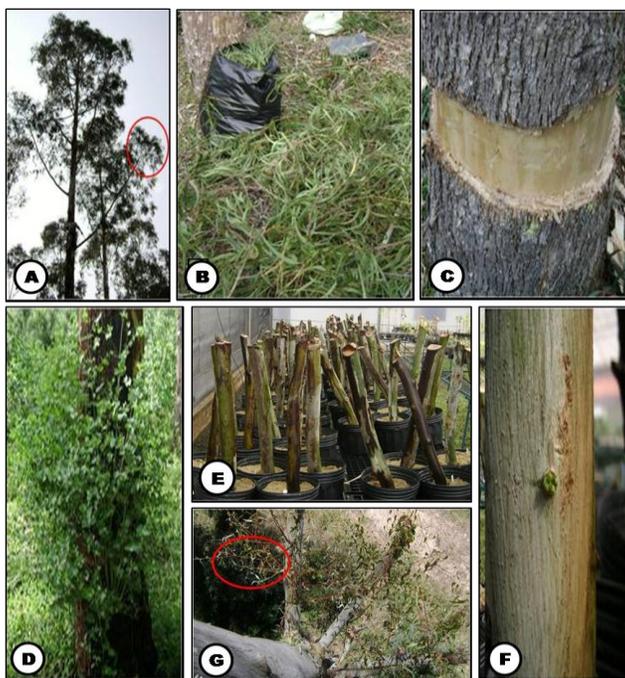
Os ramos foram armazenados em sacos plásticos de 60 L contendo jornal umedecido com água, a fim de se reduzir o estresse hídrico provocado pela evapotranspiração e manter a turgescência dos tecidos, durante o transporte até o laboratório de Fisiologia de Árvores - LAFISA, USP/ESALQ em Piracicaba-SP (Figuras 1A e 1B).

-Brotos do Anelamento

Um anel de casca a 20 cm do nível do solo e com 20 cm de largura foi realizado em todas as matrizes, e após 90 dias as brotações foram coletadas e conduzidas em caixas de polietileno contendo jornal umedecido com água para o transporte até LAFISA, USP/ESALQ em Piracicaba-SP (Figuras N° 1C e N° 1D).

-Brotações Epicórmicas

A coleta da megaestaca foi realizada através da poda dos galhos mais baixos da copa das árvores, no intuito de minimizar os efeitos da idade ontogênica e em Piracicaba-SP foram imediatamente acondicionados em casa de vegetação com temperatura variando entre 22 a 28°C e umidade relativa do ar acima de 80% controlada por nebulização intermitente. Os ramos foram serrados em segmentos (megaestacas) de 50 cm de comprimento (diâmetro variando de 12 a 18,5 cm), e dispostos verticalmente em vasos com areia (Figura N° 1E). Semanalmente aplicou-se fungicida a base de tiofanato metílico (1.000 mg L⁻¹), para maior controle fitossanitário das brotações. Após 60 dias observou-se a emissão das primeiras brotações epicórmicas (Figura N° 1F).



Dos Primeiros Galhos da Copa, Destacados (A); Saco Plásticos de 60 L Contendo Jornal Umedecido com Água, Foi Utilizado para Transporte do Material Coletado (B); Detalhe do Anelamento Realizado, 20 cm de Largura (C); Brotações Emitidas Após o Anelamento das Árvores (D); Disposição das Megaestacas em Vasos com Areia e Sob Aspersão (E); Início da Emissão de Brotos da Megaestaca (F); Brotações Emitidas No Local se Coletou as Megaestacas (G).

Figura N° 1
BROTAÇÕES DE *E. benthamii*

Brotos Oriundos da Poda dos Galhos da Copa

Brotações emitidas na região do corte da coleta de megaestacas foram selecionadas e transportadas ao local de preparo, no LAFISA – USP/ESALQ (Figura N° 1G).

-Estaquia

Cinco tipos de brotos (brotações dos primeiros galhos da copa, do anelamento, epicórmicos, brotos oriundos da poda da copa e brotações alongadas *in vitro*), e dois ambientes de enraizamento (miniestufa e casa de vegetação tradicional) foram utilizados visando avaliar o melhor ambiente de enraizamento para cada tipo de broto.

Estacas provenientes das brotações dos primeiros galhos da copa, do anelamento e dos brotos oriundos da poda dos galhos da copa com 12 ± 2 cm de comprimento foram selecionados. As folhas foram reduzidas para 50% da área total com a realização de um corte em bisel na região basal, descartando-se as ponteiras. As estacas foram lavadas em água corrente, mergulhadas em hipoclorito de sódio comercial (20% em água) e Tween 20 (0,05% v/v) durante 5 minutos e novamente lavadas em água. As estacas foram submetidas ao tratamento com fungicida (*Benomyl* 500 mg L^{-1}) por 15 minutos, em seguida a região basal foi imersa por 10 segundos, em solução hidroalcoólica (água: álcool, 1:1, v/v) contendo 8.000 mg L^{-1} de AIB (Brondani *et al.*, 2012).

Brotos provenientes das megaestacas com 4 ± 2 cm de comprimento foram coletados com um corte em bisel na porção inferior, com a região basal imersa por 10 segundos em solução hidroalcoólica (água: álcool, 1:1, v/v) contendo 2.000 mg L^{-1} de AIB.

Brotações alongadas *in vitro* de cada clone, com tamanho de aproximadamente 1 cm, foram coletadas em câmara de fluxo laminar com auxílio de tesoura e transferidas para placas de Petri contendo água autoclavada. Posteriormente, realizou-se a estaquia no substrato de cultivo.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo. Para as brotações dos primeiros galhos da copa e brotos oriundos da poda dos galhos da copa testaram-se vinte clones, com dez repetições e vinte estacas para a composição de cada repetição, para os brotos do anelamento, brotações epicórmicas e brotos alongados *in vitro* testaram-se vinte clones, com dez repetições e três estacas para a composição de cada repetição.

-Condições de Enraizamento

As estacas de todos os tipos de brotos foram dispostas para o enraizamento em dois ambientes distintos. O primeiro em casa de vegetação (com umidade relativa do ar maior que 80% a partir de nebulização intermitente, e temperatura do ar de $33 \pm 5^\circ\text{C}$), utilizou-se tubetes plásticos de forma cônica de 55 cm^3 , contendo substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita média (2:1). Após 45 dias, as estacas foram transferidas para casa de vegetação com sombrite 50% para aclimação (casa de sombra), onde permaneceram por 15 dias, com irrigação por microaspersão.

O segundo constituído por uma bandeja (com 11×5 cm) com o mesmo tipo de substrato, sobre uma base (prato de vaso), uma armação de arame e um saco plástico transparente fechado (mantendo-se a umidade próxima a 100%). A mini-estufa foi acondicionada em local com sombra, e protegido com sombrite 80%, evitando-se elevadas temperaturas. Semanalmente, aplicou-se fungicida à base de Tiofanato Metílico (1.000 mg L^{-1}), a fim de evitar-se a contaminação fúngica. Após 30 dias, iniciou-se o onduci de aclimação, com a abertura do saco plástico, aos 45 dias as estacas enraizadas foram retiradas do sistema de mini-estufa e repicadas para tubetes, foram então transferidas para casa de vegetação com sombrite 50% para aclimação (casa de sombra).

A porcentagem de enraizamento e conduzido cia foi avaliada aos 45 dias após estaqueamento. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, testando-se vinte clones, cinco tipos de estacas, e dois locais de enraizamento.

Micropropagação

-Meio de Cultura e Condições *In Vitro*

Os meios de culturas utilizados foram MS (Murashige e Skoog, 1962) para o estabelecimento da cultura e WPM para subcultivos posteriores, com adição das auxinas ANA e AIB e a citocinina BAP, sacarose 20 e 30 g L⁻¹ (dependendo do estagio de desenvolvimento). O valor do pH foi ajustado para 5,8 com HCl (0,1M) ou KOH (0,1M) previamente a adição do ágar (6g L⁻¹), e posteriormente autoclavado a temperatura de 121°C (≈1,0 kgf cm⁻²) durante 20 minutos. Os explantes foram cultivados em sala de crescimento com temperatura de 25°C ± 2°C, fotoperíodo de 16 horas e luminosidade de 40 μmol m⁻² s⁻¹, fornecidas por duas lâmpadas fluorescentes, branca fria, com 110 Watts cada.

-Introdução *In Vitro*

A introdução *in vitro* dos segmentos nodais foi realizada por meio de quatro tipos diferentes de explantes: (i) a partir de brotações dos primeiros galhos da copa, (ii) brotações oriundas da poda dos galho (megaestaca), (iii) das brotações basais provenientes do anelamento das matrizes e (iv) brotações epicórmicas das megaestacas. Em todos os casos os explantes consistiram de segmentos nodais da porção mediana das brotações com as folhas removidas, contendo um par de gemas axilares, e tamanho médio de 1,5 cm.

A assepsia dos explantes se deu primeiramente por imersão em solução de álcool a 70% (v/v) por 10 segundos, sendo enxaguados com água deionizada e autoclavada. Em seguida foram submetidos à solução com fungicida Tiofanato Metílico (1.000 mg L⁻¹) por 15 minutos, enxaguados com água deionizada e autoclavada e finalmente imersos em solução com de 1,0% (v/v) de cloro ativo (NaOCl) acrescida de duas gotas de Tween 20 (0,05% v/v) durante 5 minutos. Ao final do tratamento, foram enxaguados por três vezes com água deionizada e autoclavada no interior da câmara de fluxo laminar e inoculados verticalmente em tubos de vidro com 7 x 3 cm, com 7 mL do meio de cultura MS. Especificamente para os explantes provenientes das brotações epicórmicas das megaestacas, a assepsia foi mais branda, reduzindo-se para 5 minutos o tempo de exposição ao fungicida Tiofanato Metílico, devido ao tecido ser mais tenro e as condições de cultivo permitir um maior controle fitossanitário dos brotos. Aos 30 dias após a inoculação avaliou-se porcentagem de contaminação por fungos, bactérias e algas além da porcentagem de oxidação, consideraram-se estabelecidos os explantes sem estas características e com gemas axilares desenvolvidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estaquia

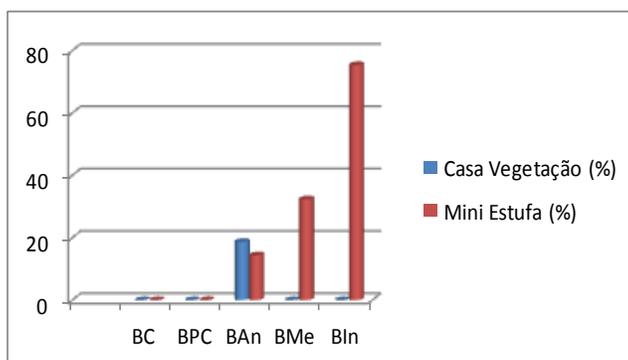
As brotações provenientes dos primeiros galhos da copa e brotos oriundos da poda dos galhos da copa não sobreviveram (Figura N° 2). Entretanto, os brotos de procedência de megaestaca e os alongados *in vitro* evidenciaram boa competência ao enraizamento no ambiente de mini-estufa, apesar de apresentarem-se com tecidos muito tenros, sem praticamente nenhuma lignificação, sendo mais susceptíveis ao ataque de patógenos.

Paul e Clark (1989) salientam que no solo ou no substrato existe normalmente um grande número de microrganismo, e que durante a produção de mudas por estaquia, é comum a ocorrência de desequilíbrios bióticos e abióticos que podem interferir negativamente no crescimento e desenvolvimento das mudas. Entre estes, destaca-se a incidência de fungos

decompositores como um dos fatores mais negativos ao percentual de enraizamento (Ferreira, 1989).

Em escala comercial, o enraizamento de estacas tem sido praticado dentro de casas de vegetação, nas quais são mantidas à altas temperaturas (geralmente de 25 a 35°C) e alta umidade (geralmente acima de 80%) por nebulização intermitente (Ferreira, 1989). Essas condições se tornam mais críticas ao ataque de fitopatógenos, visto que é, aparentemente, um material fisiologicamente pouco ativo, muito vulnerável à ação de agentes microbianos (Alfenas *et al.*, 1988).

A mini-estufa pelo seu reduzido tamanho permitiu maior controle fitossanitário, e também pela individualização dos materiais reduzindo a disseminação de fitopatógenos associado a aplicação semanal de fungicidas, sem lavagem pela aspersão, obtendo-se maior absorção pela estaca favorecendo seu desenvolvimento sadio. Permitindo inferir que associado a competência rizogênica, os mecanismos de resistência inicial ao ataque de patógenos fundamental para o sucesso do processo de formação de mudas.



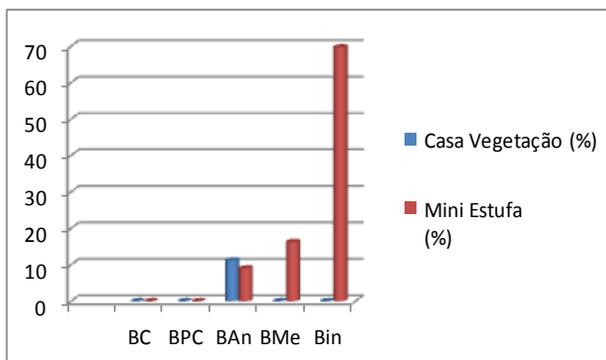
BC – Brotações dos primeiros galhos da copa, BPC – Brotos oriundos da poda dos galhos da copa, BAn – brotos do anelamento, BMe – brotos da megaestaca, Bln – brotos alongados *in vitro* e ambiente de enraizamento.

Figura N° 2
VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA DE PROPÁGULOS
DE *Eucalyptus benthamii* EM RELAÇÃO A ORIGEM DE BROTO

Os brotos advindos do anelamento apresentaram índices semelhantes de sobrevivência (Figura N° 2) e enraizamento (Figura N° 3) em ambos os ambientes avaliados. Segundo Hackett (1987b) algumas características, que estão associadas com a juvenilidade, são mantidas nas porções basais de plantas maduras de muitas espécies. Hartmann *et al.* (1997) observaram que a maior juvenilidade da região basal das plantas se deve ao fato dos meristemas mais próximos da base formarem-se em épocas mais próximas à germinação do que os das regiões terminais. Pode-se, portanto supor, que além dessas características observadas por Hackett (1987a) e Hartmann *et al.* (1997) as estacas apresentaram boa resistência inicial ao ataque de patógenos, não tendo assim, interferência do ambiente no enraizamento e sobrevivência.

Os brotos alongados *in vitro*, foram os que apresentaram o maior percentual de sobrevivência e enraizamento (Figuras N° 2 e N° 3), devido ao maior grau de reversão a juvenilidade proporcionado pela cultura de tecidos (George *et al.*, 2008). A composição do meio de cultura pode induzir a células a estádios menos diferenciados (multipotentes, pluripotentes e totipotentes), com menor determinação e aquisição de competências para novas rotas morfogênicas específicas, que acarretam na redução do grau de metilação do DNA, na perda da

memória e na reprogramação celular (Valledor *et al.*, 2007), e consequentemente, viabilizam o rejuvenescimento dos tecidos para que ocorra a regeneração de plantas e clonagem.



BC – Brotações dos primeiros galhos da copa, BPC – Brotos oriundos da poda dos galhos da copa, BAn – brotos do anelamento, BMe – brotos da megaestaca, Bin – brotos alongados *in vitro* e ambiente de enraizamento.

Figura N° 3
VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE ENRAIZAMENTO DE PROPÁGULOS DE *Eucalyptus benthamii* EM RELAÇÃO À ORIGEM DE BROTO

O sucesso na reversão da juvenilidade está diretamente associado ao número de subcultivos durante a fase de multiplicação. Os maiores índices de enraizamento dos brotos alongados *in vitro* ocorreram com as microcepas que foram subcultivadas por 14 meses, ou seja, 15 subcultivos (1 a cada 28 dias de cultivo), para somente então serem transferidas ao meio de alongamento onde se obteve brotações aptas para o enraizamento, corroborando com Xavier *et al.* (2009) que recomendam, no mínimo, a realização de 12 subcultivos na fase de multiplicação para se atingir o rejuvenescimento de árvores adulta de *Eucalyptus*.

Em relação aos brotos dos primeiros galhos da copa e da poda dos galhos da copa, a porcentagem de sobrevivência e enraizamento (Figuras N° 2 e N° 3) foi de 0 % (zero) nos dois ambientes, principalmente devido ao elevado grau de maturação dessas estacas. Segundo Hartmann *et al.* (1997) o ciclo de vida de muitas plantas se relacionam às fases juvenil e adulta, nas quais as características anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e morfológicas são distintas, afetando sensivelmente a propagação vegetativa das plantas. Em plantas lenhosas, há um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore (Eldridge *et al.*, 1994), o que promove aumento da maturação em função da maior proximidade com o meristema apical (Greenwood e Hutchison, 1993). Quando se compara o percentual de enraizamento de estacas dos primeiros galhos da copa e da poda dos galhos da copa, com os das estacas advindas do anelamento, evidencia-se a importância da juvenilidade.

Outro fator importante no enraizamento fica evidente quando se compara a sobrevivência e enraizamento (Figuras N° 2 e N° 3) das estacas oriundas da megaestaca com estacas formadas no local da coleta de megaestaca (ou seja, os brotos oriundos da poda dos galhos da copa), em que se pode observar superior capacidade de enraizamento das estacas do brotamento de megaestacas em relação as da poda dos galhos da copa. Segundo Alfenas *et al.* (2004) o princípio fisiológico para indução de brotações epicórmicas está baseado na alteração do equilíbrio entre os reguladores de crescimento (auxina/citocinina), favorecendo assim a emissão de brotos. Essas alterações além de influenciar a emissão de brotos, provavelmente também favoreceram seu rejuvenescimento, diferentemente das brotações na base da retirada dos galhos, os quais praticamente não alteraram seu balanço hormonal.

Na literatura existem diversos relatos a respeito das diferenças entre o enraizamento adventício de material juvenil e adulto (Wendling *et al.*, 2006), os quais apresentam dependência da condição fisiológica da planta-mãe (doadora de propágulos) e da idade cronológica (Haapala, 2004). Ainda em relação às espécies de *Eucalyptus* determinou-se que a concentração dos inibidores ao enraizamento aumenta com a idade das folhas, e esse aumento está correlacionado com o decréscimo da capacidade de enraizamento (Hackett, 1988). Esses mesmos inibidores poderiam estar presentes nas brotações do ano, enquanto que nas brotações da megaestaca não, pois as folhas dos brotos oriundos da poda dos galhos apresentavam morfologia de folhas adultas, enquanto as folhas das megaestacas características de folhas jovens.

Uma das mais importantes consequências do envelhecimento ontogenético para a clonagem é a redução, ou até mesmo, a perda da capacidade de enraizamento que se verifica em plantas lenhosas adultas, este fato tem elevada importância. Segundo Assis (1997) a seleção normalmente é realizada na fase adulta, onde a propagação vegetativa encontra limitações, principalmente, no que se refere à variação de genótipos entre e dentro das espécies florestais, e da redução gradual da capacidade de enraizamento de estacas, que esta associada ao envelhecimento ontogênico. Com base nessas informações e como não houve sobrevivência e enraizamento dos brotos dos primeiros galhos da copa, e nem dos brotos oriundos da poda dos galhos da copa para nenhum material genético (clone), esta técnica não é recomendada para o resgate de árvores adultas de *E. benthamii* com idade superior ou igual a 13 anos.

Em espécies de difícil enraizamento, como por exemplo o *E. benthamii*, é fundamental garantir a juvenilidade dos propágulos. Assim, quanto mais juvenil for o material vegetativo, maior será o sucesso do enraizamento, quer expresso em percentagem, na rapidez de formação de raízes, quer na qualidade do sistema radicular e na capacidade de crescimento da nova planta (Gomes, 1987).

Todos os clones emitiram brotos basais decorrentes do aumento da concentração de citocininas associado a redução da concentração de auxina, imediatamente após o anel da casca retirado, que interrompeu o transporte via floema (Zimmermann e Brown, 1974).

In vitro

A maior porcentagem de oxidação foi verificada nos brotos dos primeiros galhos da copa (18,1%), seguido dos brotos do anelamento (11,2 %), brotos oriundos da poda dos galhos (7,3%) e da megaestaca, o qual não apresentou oxidação (Figura N° 4). Particularmente espécies tropicais, frequentemente apresentam elevadas concentrações de substâncias fenólicas que são oxidadas quando as células são feridas ou senescentes, sendo que o tecido isolado torna-se marrom ou preto e não cresce (George *et al.*, 2008). Além disso, várias enzimas cobre-dependentes estão envolvidas na oxidação e hidroxilação de compostos fenólicos (Lerch, 1981). A hidroxilação de monofenóis por enzimas que contém cobre, induzem a construção de importantes componentes polímeros nas plantas, tais como a lignina. Essas mesmas enzimas podem levar ao escurecimento de explantes recém isolados (George *et al.*, 2008). Atribui-se a elevada porcentagem de oxidação dos segmentos nodais advindos de broto dos primeiros galhos da copa, a maiores deposição de ligninas presentes destes tecidos quando comparado aos brotos de anelamento, brotos oriundos da poda dos galhos da copa e de megaestaca (0% de oxidação).

Dessa forma a oxidação foi um dos fatores que influenciou para o não estabelecimento de explantes *in vitro* (Figura N° 5). Segundo Benson (2000), a oxidação leva ao aumento na formação de radicais livres que são responsáveis por danos irreparáveis ao DNA, proteínas e enzimas, causando disfunção celular, levando a morte do explante.

O estabelecimento *in vitro* dos explantes de segmentos nodais advindos de brotos dos primeiros galhos da copa, brotos oriundos da poda dos galhos da copa e de anelamento não foi possível em razão da contaminação fúngica e bacteriana (Figuras N° 6 e N° 7). Observa-se que os percentuais de contaminação fúngica e bacteriana desses três tipos de broto foram elevados,

principalmente devido a sua origem direta do campo, em que estão expostos a todos os tipos de patógenos. Diferentemente dos segmentos nodais advindos da megaestaca, que permaneceram em casa de vegetação até o surgimento das brotações, assegurando maior controle fitossanitário, corroborando com as afirmações de Grattapaglia e Machado (1998), onde destacam que o estado fisiológico da planta matriz de onde são coletados os explantes, apresenta grande influência no posterior comportamento das culturas *in vitro*.

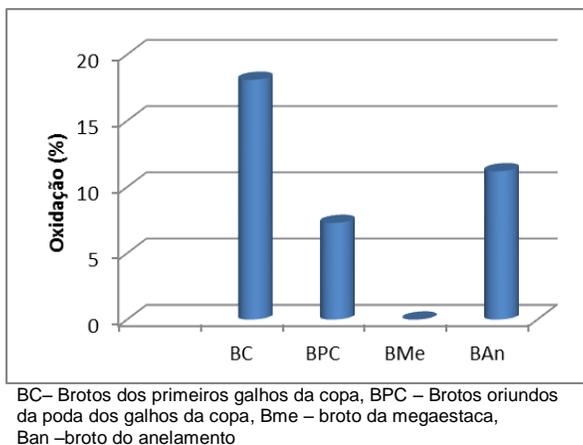


Figura N° 4
MÉDIAS DA OXIDAÇÃO DE EXPLANTES DE *Eucalyptus benthamii*
EM RELAÇÃO A ORIGEM DO BROTO

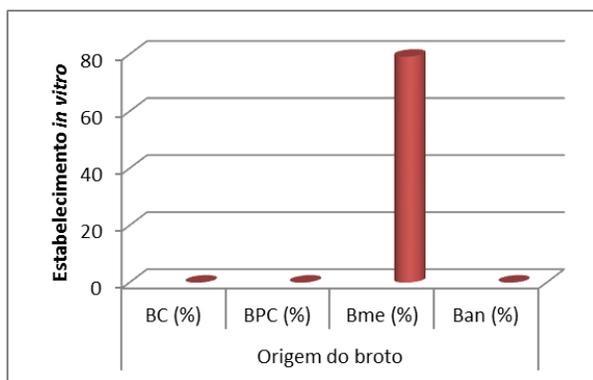
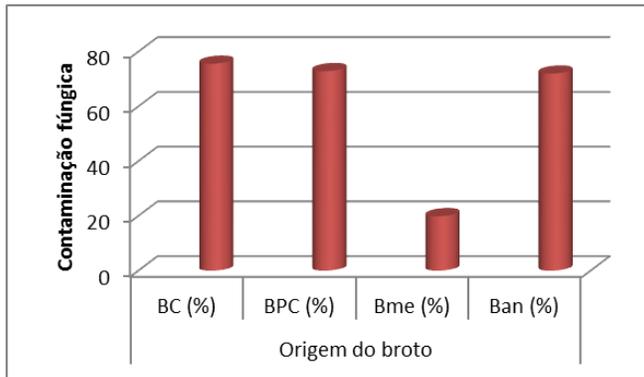
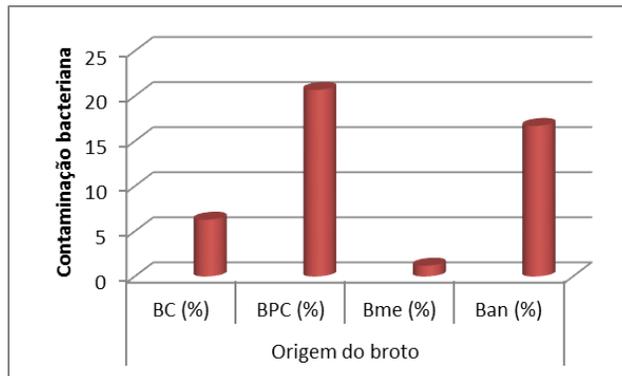


Figura N° 5
MÉDIAS DO ESTABELECIMENTO (EST) DE EXPLANTES DE *Eucalyptus benthamii*
EM RELAÇÃO A ORIGEM DO BROTO



BC– Brotos dos primeiros galhos da copa, BPC – Brotos oriundos da poda dos galhos da copa, BMe – broto da megaestaca, BAn – broto do anelamento

Figura N° 6
MÉDIAS DA CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (FUN) DE EXPLANTES DE *Eucalyptus benthamii*
EM RELAÇÃO A ORIGEM DO BROTO



BC– Brotos dos primeiros galhos da copa, BPC – Brotos oriundos da poda dos galhos da copa, BMe – brotos da megaestaca, BAn – brotos do anelamento

Figura N° 7
MÉDIAS DA CONTAMINAÇÃO BACTERIANA (BAC) DE EXPLANTES DE *Eucalyptus benthamii*
EM RELAÇÃO A ORIGEM DO BROTO

Mesmo com o estabelecimento de um protocolo de assepsia menos rigoroso na pré introdução dos brotos de origem do anelamento, em relação ao protocolo estabelecido aos brotos dos primeiros galhos da copa, brotos oriundos da poda dos galhos da copa e de anelamento, estes apresentaram índices de contaminação maiores. Esse efeito demonstra a importância do controle fitossanitário do material vegetal fornecedor de explantes, desde seu aparecimento até o momento da introdução e não somente momentos antes da introdução. Esses resultados estão de acordo com Grattapaglia e Machado (1998) que citam que quando se utiliza material vegetativo diretamente do campo, os tratamentos para assepsia devem ser mais criteriosos, em virtude dos explantes apresentarem maiores níveis de contaminação, e geralmente as concentrações e tempos

de exposições aos agentes desinfetantes são maiores, em comparação com os explantes provenientes de ambientes protegidos.

De acordo com Brondani *et al.* (2009) os índices de estabelecimento *in vitro* de explantes (no caso de segmentos nodais) geralmente são elevados quando as brotações são originadas de minicepas (planta fornecedora de brotações) cultivadas em minijardim clonal protegido, devido ao maior controle ambiental e nutricional, em comparação aos explantes originados de árvores adultas coletados diretamente no campo, condições essas semelhantes as com brotações da megaestaca.

Apesar de os segmentos nodais advindo de brotos da megaestaca apresentarem menores índices de contaminação por bactérias e fungos, foram os únicos que apresentaram contaminação com algas (3,2%). A alga não interferiu no desenvolvimento inicial dos explantes, no entanto, após três subcultivos verificou-se competição com o explante. Para diminuir a competição entre os explantes e a alga, estes foram lavados dentro do fluxo laminar com água destilada e autoclavada, e para o controle total das mesmas adicionou-se uma gota de algicida ao meio de cultura após a autoclavagem e solidificação, o protocolo mostrou-se eficiente no controle da manifestação da alga.

O melhor explante para a introdução *in vitro* foi caracterizado pelo uso dos segmentos nodais advindos da megaestaca, onde se obteve o estabelecimento *in vitro* para todos os clones. Porém, devido à variabilidade genética presente nas matrizes, houve variação no percentual de estabelecimento *in vitro* dos clones de 62% a 90%. Apesar de ter ocorrido variação da porcentagem entre os clones, a megaestaca mostrou ser a melhor alternativa para o estabelecimento *in vitro* de plantas adultas de *E. benthamii*, sendo recomendada sua utilização para o resgate de material genético adulto, estabelecido em condições de campo.

CONCLUSÃO

Os resultados permitem concluir que a utilização da megaestaca como doadora de explantes para o cultivo *in vitro*, mostrou ser o método mais eficiente para o resgate de matrizes adultas de *E. benthamii*, uma vez que as microestacas apresentaram elevado índice de enraizamento.

O uso de brotos do anelamento para estaquia embora em menor porcentagem mostrou-se satisfatório para o enraizamento.

Já os brotos dos primeiros galhos da copa e os oriundos da poda dos galhos da copa, não são recomendados para o resgate de matrizes de *E. benthamii*, para nenhum dos tipos de materiais vegetais avaliados.

REFERENCIAS

Alfenas, A. C.; Demuner, N. L. and Silva, A. R., 1988. Benomyl Resistant Strain of *Cylindrocladium scoparium* Causal Agent of Cutting Rot of *Eucalyptus Grandis* in Brazil. ISPP. Chemical Control Newsletter, Califórnia, V. 10, P. 23-25..

Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G. e Assis, T. F., 2004. Clonagem e Doenças do Eucalipto. Viçosa: Ufv, 2004. 442 P.

Assis, T. F., 1997. Propagação Vegetativa de *Eucalyptus* por Microestaquia. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts, 1997, Salvador. Proceedings... Colombo: EMBRAPA. V. 1, P. 300-304.

Benson, E. E., 2000. Special Symposium: *In Vitro* Plant Recalcitrance. Do Free Radicals Have a Role in Plant Tissue Culture Recalcitrance? In Vitro Cell Developmental Biology Plant, Dundee, V. 36, P. 163-170, 2000.

Brondani, G. E.; Dutra, L. F.; Grossi, F.; Wendling, I. e Hornig, J., 2009. Estabelecimento, Multiplicação e Alongamento *In Vitro* de *Eucalyptus Benthamii* Maiden & Cambage X *Eucalyptus Dunnii* Maiden. Revista Árvore, Viçosa, V. 33, N. 1, P. 11-19.

Brondani, G. E.; Baccarin, F. J. B.; Ondas, H. W. W.; Stape, J. L.; Goncalvez, A. N. and Almeida, M., 2012. Low Temperature, IBA Concentrations and Optimal Time for Adventitious Rooting of *Eucalyptus benthamii* Mini-Cuttings. Journal of Forest Research, In press.

Eldridge, K.; Davidson, J.; Hardwiid, C. and Van Wyk, G., 1994. Eucalypt Domestication and Breeding. Oxford: Clarendon Press, 312 P.

Ferreira, F. A., 1989. Patologia Florestal: Principais Doenças Florestais No Brasil. Viçosa: Ufv; Sif, 570 P

George, E. F.; Hall, M. A. and De Klerk, G. J., 2008. Plant Propagation by Tissue Culture. 3rd Ed. Dordrecht: Springer, 2008. V. 1, 501 P.

Gomes, A. L., 1987. Propagação Clonal: Princípios e Particularidades. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 P. (Série Didáctica, Ciências Aplicadas, 1).

Grattapaglia, D. e Machado, M. A., 1998. Micropropagação. In: Torres, A.C.; Caldas, L.S.; Buso, J.A. (Ed.). Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas. Brasília: EMBRAPA, Pi; EMBRAPA, CNPH. P.183-260.

Greenwood, M. S. and Hutchison, K. W., 1993. Maturation as an Developmental Process. In: Ahuja, M. R.; Libbyw. J. Clonal Forestry: Genetics and Biotechnology. Budapest: Springer-Verlag, P. 14-33.

Haapala, T., 2004. Establishment and Use of Juvenility for Plant Propagation in Sterile and Non-Sterile Conditions. 2004. 53 P. Thesis (Academic Dissertation) - University Of Helsinki, Helsinki.

Hackett, W. P., 1987a. Donor Plant Maturation and Adventitious Root Formation. In: Davies, T. D.; Haissig, B. E.; Sankhla, N. Adventitious Root Formation In Cuttings. Portland: Dioscorides Press, P. 11-28. (Advances In Plant Sciences Series, 2).

Hackett, W. P., 1987b. Juvenility And Maturity. In: Cell and Tissue Culture in Forestry. Dordrecht: Kluwer Academic, P. 216-231.

Hackett, W. P., 1988. Donor Plant Maturation and Adventitious Root Formation. In: Davies, T. D.; Haissig, B. E. E.; Sankhla, N. Adventitious Root Formation in Cuttings. Portland: Dioscorides Press, V. 2, P. 11-28.

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies Junior, F. T. and Geneve, R. L., 1997. Plant Propagation: Principles and Practices. 6th Ed. New Jersey: Prentice Hall., 770 P.

Higa, R. C. V. e Pereira, J. C. D., 2003. Usos Potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: EMBRAPA Florestas. 4 P. (Comunicado Técnico, 100).

Lerch, K., 1981. Copper Monooxygenases: Tyrosine and Dopamine B-Monooxygenase. In: Sigel, H. (Ed.). Metal Ions In Biological Systems. New York; Basel, Marcel Dekker. P. 143-186.

Murashige, T. and Skoog, F. A., 1962. A Revised Medium for a Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissues Cultures. Plant Physiology, Wisconsin, V. 15, P. 473-479.

Nisgoski, S.; Muñiz, G. I. B. De e Klock, U., 1998. Caracterização Anatômica da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Ciência Florestal, Santa Maria, V. 8, N. 1, P. 67-76.

Paul, E. A. and Clark, F. E., 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. San Diego: Academic Press, 552 P.

Pryor, L. D., 1981. Australian Endangered Species: *Eucalyptus*. Canberra: Commonwealth of Australia. 139 P.

Valledor, L.; Hasbún, R.; Meijón, M.; Rodríguez, J. L.; Santamaría, E.; Viejo, M.; Berdasco, M.; Feito, I.; Fraga, M. F.; Cañal, M. J. and Rodríguez, R., 2007. Involvement of DNA Methylation In Tree Development and Micropropagation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Amsterdam, V. 91, P. 75-86.

Wendling, I.; Ferriani, A. P.; Biassio, A. y Heberle, M., 2006. Miniestacas de Origem Juvenil e Adulta e Concentrações de Ácido Indolbutírico Na Miniestaquia de Erva-Mate (*Ilex Paraguariensis* St. Hil.). In: Congresso

Sudamericano de la Yerba Mate, Reunión Técnica de La Yerba Mate, 4.; Exposición de Agronegocios de la Yerba Mate, 2. Misiones. Anais... Posadas: Instituto Nacional de la Yerba Mate. V. 1, P. 189-193

Xavier, A.; Wendling, L. e Silva, R. L., 2009. Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas. Viçosa: Ed. UFV. 272 P.

Zimmermann, M. and Brown, C. L., 1974. Trees Structure and Function. New York: Spring Verlag. 336 P.

EFFECTO DEL TAMAÑO DE CONTENEDOR SOBRE EL CRECIMIENTO EN VIVERO Y COMPORTAMIENTO EN TERRENO DE PLANTAS DE *Quillaja saponaria* Mol. ESTABLECIDAS EN FLORIDA, REGIÓN DEL BIOBÍO

Quiroz, Iván⁵; González, Marta; Hernández, Andrés; Soto, Hernán; García, Edison y Pincheira, Matías.

RESUMEN

El quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), es una especie nativa y endémica de la zona central de Chile, se distribuye naturalmente entre los 30°30' y los 38° LS, regiones de Coquimbo y La Araucanía, pertenece al Tipo Forestal Esclerófilo, y es una de las especies arbóreas de mayor importancia en este tipo forestal por su abundancia y amplia distribución.

Pese a no tener grandes restricciones para su desarrollo, existen actualmente problemas en el estado de conservación de la especie en formaciones naturales debido a las fuertes intervenciones a que ha sido sometida para la obtención de productos no maderables destinados a los mercados farmacéuticos y cosmetológicos.

Considerando su potencial como especie para programas de forestación, resulta de interés revisar su propagación en viveros, dado que la heterogeneidad de las plantas que los viveros producen cada año, principalmente en sus características morfológicas, hace recomendable conocer estándares de calidad de plantas que permitan asegurar un exitoso establecimiento plantaciones.

El presente trabajo entrega resultados obtenidos por el Centro Tecnológico de la Planta Forestal, un centro tecnológico del Instituto Forestal, en ensayos de producción de plantas de quillay, incluyendo la comparación y análisis de producciones realizadas en diversas investigaciones, con el objeto determinar parámetros morfológicos e indicadores de calidad de plantas de la especie, y evaluando el comportamiento de plantas de quillay establecidas en terreno y producidas en contenedores de diversos volúmenes.

Se consideró 10 tratamientos, dados por diversos tipos de bandejas con diferentes cantidades de contenedores (53 a 310 cm³ de capacidad). Se concluye que el volumen o capacidad del contenedor es una variable que tiene una buena correlación con las características morfológicas de las plantas producidas en vivero, siendo el peso seco y el DAC (diámetro del cuello) las variables con una mayor correlación y esta se da principalmente dentro de un rango bien definido de volumen. No obstante, la cantidad de contenedores por bandeja, que incorpora indirectamente la variable densidad o cantidad de plantas por unidad de superficie, incide negativamente.

Existe una alta correlación con las variables morfológicas de las plantas en etapa de vivero, es decir a medida que aumenta el volumen y profundidad del contenedor, mayores son los valores de dichas variables, característica que se presenta con mayor notoriedad en la longitud de la raíz. Por el contrario, estas variables disminuyen a medida que aumenta el número de cavidades por almaciguera y por unidad de superficie, principalmente en la altura y el diámetro.

El efecto de los mejores tratamientos se observa también en las plantaciones en terreno.

Palabras clave: Quillay, *Quillaja saponaria*, Técnicas de vivero

⁵ Instituto Forestal, Sede Biobío. ivan.quiroz@infor.cl

SUMMARY

Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) is a native and endemic species in Central Chile, its natural distribution is between 30° 30' and 30° SL, Coquimbo to La Araucanía regions of the country. The species is part of the Bosque Esclerófilo type being one of the most important trees on this type of forests due to its abundance and wide distribution.

Despite de species has not major development problems, there are some conservation problems in native forests because of the high pressure over the resource to obtain non wood products oriented to the pharmaceutical and cosmetology industries.

Considering its importance as a suitable species for afforestation programs, a nursery techniques review is necessary. Currently a high heterogeneity can be observed on the seedlings production in nurseries each year, mainly regarding to morphological properties, and the produced seedlings could be not the best material towards an appropriate plantation establishment.

This paper shows some results on nursery production trials, obtained at the INFOR's Technological Forest Seedling Centre, using different container types to produce the seedlings and evaluating the results both, at the end of the nursery period and after the field establishment .

Ten treatments were tested considered different types of containers varying the volume and the number of then per area unit. It is concluded that the volume is a high correlated variable with the seedling morphological properties, being the dry weight and the neck diameter the most correlated characteristics. As bigger is the container in terms of volume and deep better are the results. On the contrary, as more containers are per area unit, variable values decrease.

The positive effect of the better treatments is also observed after planting on the field.

Key words: Quillay, *Quillaja saponaria*, Nursery techniques

INTRODUCCIÓN

El quillay, es una especie endémica de la zona central de Chile y se distribuye naturalmente entre los 30°30' y los 38° LS, esto es entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía (Enciclopedia de la Flora Chilena, 2012).

Esta especie pertenece al Tipo Forestal Esclerófilo, que se caracteriza por la presencia dominante de especies de hojas duras, de dimensiones tales que se pueden calificar de arbustivas o arbóreas. Es una de las especies arbóreas de mayor importancia en el bosque esclerófilo, por su abundancia y amplia distribución en el país (INFOR-INDAP-FIA 2000). No obstante, además es una especie frecuente en los Tipos Forestales, Palma Chilena, Roble-Hualo y Ciprés de la Cordillera (Rodríguez *et al.* 1983). Corresponde a un árbol o arbusto, que alcanza entre 20 y 30 m de altura y 1,5 m de DAP, en suelos profundos y planos. Su follaje es siempreverde y su corteza es cenicienta. Su tronco es cilíndrico y normalmente se ramifica entre los 2 y 5 m del suelo con gran frondosidad, por lo que es común emplearlo en el campo como protección de ganado.

Vita (1974, cit. por INFOR-INDAP-FIA 2000) señala que debido a su plasticidad la especie es capaz de desarrollarse tanto en condiciones de temperaturas moderadas, como soportando calores en verano e intensos fríos en invierno. El quillay es una especie adaptada para vivir en sitios pobres, secos y cálidos. Crece bien en suelos degradados, con pendiente y soleados, aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos.

En el extremo septentrional de su distribución (Ovalle, Región de Coquimbo), el clima se caracteriza por presentar 10 meses de sequía y 150 mm anuales de precipitación, y en el extremo meridional (Collipulli, Región de la Araucanía) presenta 3 meses de sequía y 1.500 mm anuales de precipitación. Quillay presenta algunas estrategias para enfrentar periodos de estrés. En este sentido, un estudio realizado por Donoso *et al.* (2011) en plantas de quillay sometidas a estrés hídrico concluye que en el periodo de mayor restricción hídrica, quillay no presentó un mecanismo claro de ajuste al déficit hídrico en términos fisiológicos, pero sí en términos morfológicos, reduciendo su biomasa foliar en 55 % e incrementando su biomasa de raíces para reducir la pérdida hídrica. Así, presentó una reducción significativa de la fotosíntesis neta, conductancia estomática y transpiración frente a riego restringido.

La especie se encuentra en altitudes desde los 100 msnm en la Cordillera de la Costa hasta los 1.500 msnm en la Cordillera de los Andes, pudiendo llegar hasta los 2.000 msnm (INFOR-INDAP-FIA 2000).

La corteza es utilizada históricamente como detergente, debido a la gran cantidad de saponina que contiene. Es una especie con buen potencial para programas de reforestación en suelos áridos y es ampliamente utilizada como ornamental (INFOR-INDAP-FIA 2000).

Los árboles de quillay del bosque esclerófilo se explotan intensamente para la extracción de saponinas desde la corteza, fustes y ramas. Además, se obtienen otros productos como carbón y leña. Las saponinas son tensoactivos naturales que se utilizan para la elaboración de espumantes de bebidas, preparación de películas fotográficas, cosméticos y fármacos. La mayor concentración de saponinas se encuentra en la corteza y desde esta se han extraído tradicionalmente, pero en la actualidad existe la tecnología para extraer saponinas también desde fustes y ramas. Para satisfacer la demanda mundial de saponina, se estima que se cortan y descortezan 60.000 quillayes de 30-50 años, los que producen 1.000 t de corteza. A una densidad promedio de 15 árboles/ha se intervienen aproximadamente 4.000 ha cada año de bosque esclerófilo. Sin embargo, utilizando toda la biomasa es posible reducir el número de árboles que se cosecha cada año. Investigaciones realizadas por la Pontificia Universidad Católica de Chile han encontrado diversos usos no tradicionales del quillay, algunos que ya se encuentran en fase comercial, como el QL AGRÍ®, un nematocida apto para agricultura tradicional y orgánica. También el QP®, un aditivo que mejora la alimentación y el metabolismo animal, reduciendo los malos

lores en las fecas. Otro ejemplo es el Mistop®, un tensoactivo usado para la reducción de neblina ácida en procesos de electro-obtención de cobre y zinc (<http://www.fondef.cl/content/view/229/195>).

Cabe señalar que pese a no tener grandes restricciones para su desarrollo, existen actualmente problemas en el estado de conservación de la especie en formaciones naturales debido a las fuertes intervenciones a que ha sido sometida para la obtención de productos no maderables destinados a los mercados farmacéuticos y cosmetológicos (Santelices y Bobadilla, 1997).

Dado lo anterior y considerando su potencial como especie para programas de forestación, resulta de interés revisar su propagación en viveros, donde la heterogeneidad de las plantas que los viveros producen cada año, principalmente en las características morfológicas, hace recomendable conocer estándares de calidad de plantas que permitan asegurar un exitoso establecimiento plantaciones.

Los atributos morfológicos, según Rose *et al.* (1990), pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial de muchas especies forestales. La altura total de la planta y el diámetro de cuello, junto con la relación diámetro de cuello - altura (DAC/H), fueron los primeros atributos utilizados. No obstante, la morfología de la planta no es una característica por sí sola que defina su calidad. El uso de métodos ecofisiológicos clásicos de medición de tasas de fotosíntesis, respiración y transpiración, conductividad estomática y potencial hídrico, al igual que contenido y relación de pigmentos fotosintéticos (clorofila y carotenoides) o la concentración de metabolitos que aparecen en condiciones de estrés, son variables que complementan la toma de decisiones en el caso de definir qué tipo de planta producir.

En cuanto a las variables morfológicas, el tamaño del contenedor tiene una correlación directa con las plantas que se producirán. A mayor volumen del contenedor las magnitudes de altura y diámetro de cuello también aumentan (Domínguez *et al.* 1997, 2000). Otra característica importante es la profundidad del contenedor. Contenedores de mayor profundidad y de sección estrecha pueden restringir la aireación del sustrato y las raíces, deteriorando la calidad de las plantas. No obstante, la mayor longitud o profundidad del contenedor puede ser una característica deseable en la producción de especies que desarrollan una fuerte raíz pivotante (Domínguez 1997). Incluso el color del contenedor, así como el material que los conforma, puede influir en alguna medida sobre la desecación de los cepellones, los colores oscuros provocan un aumento de temperatura y por lo tanto mayor evaporación, sobre todo en las plantas expuestas directamente al sol, afectando la supervivencia y desarrollo de éstas (Domínguez 2000). Por consiguiente, la selección del contenedor más apropiado, dependerá del balance entre la calidad de la planta producida y el costo de su producción (Arizaleta y Pire 2008).

El presente trabajo entrega resultados obtenidos por el Centro Tecnológico de la Planta Forestal, un centro tecnológico del Instituto Forestal, en ensayos de producción de plantas de quillay, incluyendo la comparación y análisis de producciones realizadas en diversas investigaciones, con el objeto determinar parámetros morfológicos e indicadores de calidad de plantas de la especie, y evaluando el comportamiento de plantas de quillay establecidas en terreno y producidas en contenedores de diversos volúmenes.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio de evaluación de efecto del tamaño de contenedor sobre el crecimiento de *Quillaja saponaria* fue ejecutado en dos fases secuenciales, la primera de crecimiento en vivero en las instalaciones del Instituto Forestal, ubicado en la comuna de San Pedro de la Paz en Concepción, y la segunda de crecimiento en terreno en una plantación establecida en la comuna de Florida, región de Biobío. Se utilizaron semillas de quillay colectadas el año 2009, procedentes de la zona de Rapilermo, comuna de Curepto, Región del Maule (35° 11' 59" LS; 71° 46' 59" LO, 324 msnm). Las semillas se remojaron en agua por 24 horas, como tratamiento germinativo previo.

Crecimiento en Vivero

- Producción de Plantas

Siembra

La siembra de las semillas de quillay se llevó a cabo en el vivero de la sede Bio Bio de INFOR en Concepción (36° 50' 61" LS; 73° 07' 56" LO, 18 msnm), el 4 de junio de 2009 en diversos tipos de contenedores (Cuadro N° 1). El sustrato utilizado fue corteza de pino compostada de granulometría G-10. Las bandejas sembradas fueron tratadas con aspersiones semanales de una solución de fungicida en agua compuesta por una mezcla en igual proporción de Benlate y Captan a razón de 0,5 g/L.

Riegos

Durante el periodo de siembra y de germinación se aplicó riego para mantener el sustrato húmedo a nivel de la semilla. La frecuencia fue de dos riegos diarios de 10 minutos en días despejados y de altas temperaturas, para mantener la humedad, temperatura y aireación óptimas para la germinación. En días nublados, se aplicó un riego diario de 5 minutos. Los riegos se realizaron en la mañana y por la tarde, evitando las altas temperaturas, con el objeto de reducir su evaporación.

Posterior a la germinación y hasta el mes de enero, los riegos se realizaron en forma diaria o día por medio por 10 minutos. Desde febrero hasta el mes de mayo los riegos fueron efectuados cada dos o tres días. El objeto de estas reducciones en los riegos es evitar la pérdida de nutrientes por exceso de agua y la aparición de musgos cercanos a la zona del cuello de la planta. Al igual que en el periodo de germinación, se mantiene el criterio de aplicación de riego por las mañanas.

Fertilización

Las fertilizaciones se realizaron con Dosatron, dosificador o inyector porcentual hidráulico que trabaja sin electricidad. El dosificador se instala directamente en la línea del suministro de agua, opera sin electricidad usando el volumen de agua que le entra como fuente de energía.

Al entrar el agua al dosificador activa el pistón, el cual a su vez activa la parte de la inyección que succiona el químico o concentrado de acuerdo al porcentaje o proporción escogido.

La cantidad de concentrado inyectado es directamente proporcional al volumen de agua que entra al dosificador, esta proporción se mantiene constante a pesar de las variaciones del caudal o de la presión que ocurran en la línea principal.

El tipo de fertilizante utilizado fue el de la línea Ultrasol de SOQUIMICH. Esta es una línea nutricional soluble en agua y libre de cloruro (excepto por Ultrasol™ MOP), lo que contribuye a una eficiente absorción de nutrientes. Las aplicaciones se realizaron con el siguiente criterio de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas:

Hasta una altura promedio de 10 cm: Aplicación de Ultrasol Inicial (15-30-15) una vez por semana, en dosis de 2 g/L de agua.

Entre los 10 cm y 25 cm de altura promedio: Aplicación de Ultrasol de Crecimiento (25-10-10) alternando con Ultrasol de Desarrollo (18-6-18) una vez por semana, en dosis de 3 g/L. Se cambia el producto cada dos semanas.

Sobre 25 cm de altura promedio: Aplicación de Ultrasol de Producción (13-6-40) en dosis de 2 g/L de agua, una o dos veces por semana según estado de desarrollo.

También considera la aplicación de nitrato de calcio 2 g/L de agua dos veces por semana y Coldkiller 2 cc/L de agua, una vez a la semana.

Tratamientos Preventivos Contra Hongos

Se utilizaron diversos fungicidas que se aplicaron con un intervalo de 15 días. Las aplicaciones se realizaron en las horas de bajas temperaturas, con bomba de espalda. La dosis utilizada fue de 1g/L litro de agua.

Captan, ingrediente activo Captan
 Polyben, ingrediente activo Benomilo
 Pomarsol, ingrediente activo Thiuram (TMTD)
 Swift, ingrediente activo Triadimefon
 Point Benomyl, ingrediente activo Benomilo
 Dithane, ingrediente activo Mancozeb

-Diseño Experimental

Se consideró 10 tratamientos, dados por diversos tipos de contenedores, los cuales fueron representados cada uno en parcelas o bandejas compuestas por un número variable de plantas o repeticiones (Cuadro N° 1). Se utilizó 3 bloques.

Cuadro N° 1
TRATAMIENTOS EVALUADOS EN PLANTAS DE QUILLAY

Tratamiento	Tipo Contendor	Volumen Cavidad (cc)	Cavidades Almaciguera (N°)	Profundidad (mm)	Cavidades (N°/m ²)	Sección
T1	Almaciguera (13X8)	56	104	70	416	cuadrada
T2	Almaciguera (15x9)	75	135	115	540	cuadrada
T3	Almaciguera (14x8)	95	112	140	448	circular
T4	Almaciguera (12x7)	100	84	100	336	cuadrada
T5	Tubete (14x9)	100	126	100	480	cuadrada
T6	Almaciguera (12x7)	130	84	160	336	circular
T7	Almaciguera (12x7)	135	84	100	336	cuadrada
T8	Tubete	140	88	135	400	circular
T9	Almaciguera (10x6)	280	60	140	240	cuadrada
T10	Almaciguera (4x6)	310	24	150	233	circular

-Evaluación de Crecimiento

En el mes de mayo de 2010, se realizó la medición de la altura total (Altura \pm 0,1 cm) y diámetro a la altura del cuello (DAC \pm 0,01 mm) de las plantas de quillay, así como la medición de la longitud de la raíz principal (Longitud raíces \pm 0,1 cm). Para la evaluación de estas variables, se

consideraron distintos n (número de repeticiones, en función de las plantas centrales de cada bandeja)

Con el objeto de determinar parámetros de calidad de las plantas se estimaron algunos índices como el de Esbeltez (IE), que es el cociente entre la altura y el DAC (ALT/DAC).

Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (Torralba 1997). Además, se utilizó relación diámetro : altura (DAC:ALT), esta relación está regulada en la Norma Chilena 2957 (INN 2006) para plantas distintas al quillay.

Otro Índice de calidad a evaluar es el de Dickson (QI) (Dickson *et al.* 1960), que integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del cociente de esbeltez y la relación parte seca aérea/parte seca radical o Índice de Tallo-Raíz (ITR).

Para la evaluación de estas variables se analizó 5 repeticiones de cada tratamiento y bloque.

Para analizar estadísticamente los datos, se utilizó el software estadístico INFOSTAT versión 20011/P (INFOSTAT, 2011).

A los datos obtenidos de cada variable, se les realizó un análisis de varianza tradicional. La homogeneidad de varianza fue evaluada mediante la prueba de Levene ($P < 0,05$). El supuesto de normalidad de los residuos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks ($P < 0,05$). Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple Scott y Knott (1974), con un 95 % de confianza, la cual permite comparar n distintos.

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y = \mu + B + T + (B * T) + E$$

Donde: Y= Altura (cm); DAC (mm); Longitud de raíz (cm); Peso seco aéreo (g);
Peso seco raíz (g); Peso seco total (g); Índice de Esbeltez (IE); Índice
Tallo/Raíz (ITR); Índice de Calidad de Dickson (QI).

μ = Media

B = Bloque

T = Tratamiento (diferentes contenedores)

E = Error

Crecimiento en Terreno

-Establecimiento

La plantación se efectuó en el mes de Agosto del 2010 con plantas producidas en el vivero de INFOR en Concepción. El ensayo se encuentra ubicado en el sector San Lorenzo de la comuna de Florida, Provincia de Concepción, región del Bio Bio ($36^{\circ} 47' 54''$ LS; $72^{\circ} 39' 61''$ LO, 238 msnm). Al ensayo se le realizó un cerco perimetral con alambre de púa, de tres hebras, para evitar el paso de animales mayores.

-Espaciamento y Preparación de Suelo

Se realizó un roce liviano para despejar el sector del ensayo, en donde se encontraba vegetación arbustiva baja y desechos de cosecha de pinos, y el material de este roce fue ordenado en fajas. El trabajo de suelo consistió en un cultivo con azadón plantador removiendo el suelo a una profundidad de 40 cm, con el fin de obtener un suelo mullido y suave, para posteriormente realizar la plantación en casillas de 40 x 40 cm, espaciadas a 3 x 3m.

La primera actividad de la plantación, consistió en cuadrar el terreno por medio de métodos prácticos de manera de lograr una perfecta alineación de la plantación. Una vez terminada la faena de plantación cada planta fue protegida con ramas para evitar el daño de conejo.

En el mes de septiembre de 2010 se realizó una fertilización con mezcla forestal, N 8% – P 20% – K 7%, con 140 g por planta depositada en 2 ranuras a una profundidad de 20 cm y a una distancia de 15 cm del cuello de la planta.

-Diseño Experimental

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar con tres repeticiones, considerando nueve volúmenes de contenedores (56, 75, 95, 100, 130, 135, 140, 280 y 310 cm³). La unidad muestral fue variable para cada volumen de contenedor. Se utilizó 10 tipos de contenedores (10 tratamientos), entre los cuales se probó 2 contenedores de igual volumen, 100 cc, uno de 84 cavidades y otro de 126 cavidades.

-Evaluación de crecimiento

Desde el establecimiento se ha realizado 2 evaluaciones, una en junio de 2011 (primera temporada de crecimiento) y otra en abril de 2012 (segunda temporada de crecimiento). Estas consistieron en una medición dasométrica, considerando las variables de altura total (Altura ± 0,1 cm) y diámetro a la altura del cuello (DAC ± 0,01 mm), al total de plantas del ensayo.

Para analizar estadísticamente los datos, se utilizó el software estadístico INFOSTAT versión 20011/P (INFOSTAT, 2011).

A cada medición, se les realizó un análisis de varianza tradicional. La homogeneidad de varianza fue evaluada mediante la prueba de Levene (P < 0,05). El supuesto de normalidad de los residuos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks (P < 0,05). Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple Scott y Knott (1974), con un 95 % de confianza, la cual permite comparar n distintos.

Se evaluó la correlación existente entre los parámetros morfológicos con el volumen del contenedor. Se identificó en cada caso las variables independientes significativamente correlacionadas con la variable de respuesta P<0,05. Antes de realizar el análisis de la mortalidad, fue necesario transformar los valores de las variables medida expresada en porcentaje (% de mortalidad) con el objetivo de que cumplieran con los supuestos de normalidad del modelo estadístico utilizado. Para esto se utilizó la transformación de Bliss, también conocida como transformación angular, que responde a la aplicación de la función: $Y' = \arcsen(\sqrt{p/100})$, donde p es el valor en porcentaje de la variable observada (Ostle 1968; Box y Hunter, 1989).

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y = \mu + B + T + (B * T) + E$$

Donde: Y= Altura (cm); DAC (mm); Inc H incremento de altura (cm); Inc Dac incremento de Dac (mm); Supervivencia (%).

μ = Media

B = Bloque

T = Tratamiento (diferentes contenedores)

E = Error

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento en Vivero

Se puede apreciar en los Cuadros N° 2 y N° 3 que en general, los contenedores de mayor volumen (280 y 310 cc) presentaron valores medios de las variables superiores a los contenedores de menor volumen (56, 75 y 95 cc).

Los resultados obtenidos en todos los tratamientos para la variable DAC y altura total de las plantas fueron superiores a los obtenidos por Viel (1999), quien analizando diversas procedencias de quillay de la región de Bio Bio obtuvo medias no superiores a 2,6 mm en DAC y 14,8 cm en altura, para plantas producidas en bolsas de aproximadamente 880 cc. Estos valores son similares a los registrados con el tratamiento T1, es decir, plantas producidas en el contenedor de menor volumen.

Para las variables de biomasa existe una directa relación con el volumen del contenedor (Cuadro N° 3). A mayor volumen de contenedor mayor peso seco aéreo y radicular. Solo el contenedor de 140 cm³ presenta un comportamiento diferente, presentando valores totales menores que los obtenidos en plantas producidas en contenedor de 135 cm³.

Respecto de esta característica algunos autores coinciden en la influencia que tiene la época de siembra sobre el peso total de la planta. Cabe señalar que la siembra fue realizada en junio de 2009 y que el peso total obtenido en todos los tratamientos fue superior a lo obtenido por Wiber (1991) donde obtuvo valores de 1,73 g para peso total de plantas de quillay sembradas en julio y valores inferiores de peso total para semillas sembradas en octubre (0,8 g); concordando con los estudios de Muñoz y Pérez (1981) en espino (*Acacia caven* (Mol.) Hooket) y algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz), por lo que siembras más tempranas generan plantas de mayor biomasa.

Cuadro N° 2
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR SOBRE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS EN PLANTAS DE QUILLAY PRODUCIDAS EN VIVERO (n=15)

Tratam.	Volumen Contenedor (cc)	Altura (cm)	DE	DAC (mm)	DE	Longitud Raíz (cm)	DE
T1	56	14,86 ± 2,54	c	2,85 ± 0,34	d	5,4 ± 0,8	c
T2	75	20,57 ± 2,69	b	3,62 ± 0,8	c	9,55 ± 2,01	b
T3	95	21,35 ± 5,43	b	4,08 ± 0,67	b	9,73 ± 3,78	b
T4	100 - 84	18,48 ± 5,57	c	3,61 ± 0,81	c	8,51 ± 1,62	c
T5	100 - 126	22,75 ± 5,54	b	3,01 ± 0,64	d	7,52 ± 2,51	c
T6	130	20,83 ± 6,48	b	3,9 ± 1,11	c	9,45 ± 3,43	b
T7	135	28,57 ± 5,23	a	4,37 ± 0,96	b	6,8 ± 1,89	c
T8	140	21,03 ± 5,92	b	3,55 ± 0,95	c	9,18 ± 4,6	b
T9	280	23,58 ± 6,1	b	4,82 ± 0,68	a	11,86 ± 2,25	a
T10	310	29,37 ± 8,31	a	4,97 ± 0,64	a	12,7 ± 1,89	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DE: Desviación Estándar; DAC: Diámetro a la altura del Cuello

Cuadro N° 3
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR SOBRE EL PESO SECO DE PLANTAS DE QUILLAY
PRODUCIDAS EN VIVERO (n=15)

Tratam.	Volumen Contenedor (cc)	Peso Seco Aéreo (g)			Peso Seco Raíz (g)			Peso Seco Total (g)		
			DE			DE			DE	
T1	56	1,51	± 0,41	c	0,5	± 0,1	c	2,01	± 0,48	d
T2	75	1,83	± 0,59	c	0,76	± 0,23	c	2,58	± 0,77	d
T3	95	1,92	± 0,85	c	0,94	± 0,37	c	2,86	± 1,2	d
T4	100 - 84	1,94	± 0,84	c	0,92	± 0,35	c	2,86	± 1,14	d
T5	100 - 126	2	± 0,75	c	0,88	± 0,34	c	2,89	± 1,06	d
T6	130	2,25	± 1,16	c	1,35	± 0,76	b	3,6	± 1,69	c
T7	135	3,22	± 1,02	b	1,37	± 0,49	b	4,59	± 1,37	b
T8	140	2,25	± 0,99	c	1,34	± 0,82	b	3,59	± 1,49	c
T9	280	3,53	± 1,15	b	1,75	± 0,48	b	5,28	± 1,55	b
T10	310	4,75	± 0,89	a	2,23	± 0,58	a	6,98	± 1,34	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

DE: Desviación Estándar.

Respecto al índice de esbeltez, éste permite estimar la resistencia física de las plantas durante las operaciones de plantación y su resistencia al efecto mecánico del viento (Gómez y Leyva 2005).

Guifan (1997 cit. por García 2007) agrega que una planta de buena calidad debe tener un valor de diámetro de cuello relativamente alto y un índice de esbeltez bajo. En este estudio, el diámetro fue más bajo que el Índice de Esbeltez.

No obstante, Fernández y Royo (1998. cit. por García 2007) consideran que el valor de Esbeltez no debe ser mayor a 6 y Mitchel *et al.* (cit. por Hunt 1990) señalan que la esbeltez debe ser menor o igual a 8 para que la planta esté equilibrada.

Según ese criterio, todas las plantas de quillay evaluadas presentaron valores de esbeltez adecuados (Cuadro N° 4).

Respecto al QI, Hunt (1990), en estudios realizados en abeto y pino, señala que un valor inferior a 0,15 puede significar problemas en el establecimiento de las plantas, ya que estas se encontrarían desequilibradas, por ello para esas especies se recomienda un QI superior a 0,2 como mínimo.

Para esta especie, quillay, si bien es cierto no hay estudios que indiquen que QI es el ideal, todas las plantas de quillay obtuvieron un QI entre 0,24 y 0,88 (Cuadro N° 4).

Al correlacionar las variables morfológicas, de biomasa y de calidad de las plantas con otras características de los contenedores, específicamente con su profundidad y densidad (N° de cavidades/m²), se observa tendencias que resultan de interés, las cuales se resumen en el Cuadro N° 5.

Se puede observar en el Cuadro N° 5 que variables como el DAC, biomasa e índice de calidad de Dickson, se correlacionan positiva y directamente con el volumen del contenedor.

Respecto a las otras características del contenedor, se observa que solo el índice tallo/raíz se correlaciona positivamente y de forma directa con la profundidad del contenedor. En cuanto al número de cavidades por m², las variables de biomasa e índice de calidad de Dickson se correlacionan positiva y directamente con esta variable.

Cuadro N° 4
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR SOBRE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTAS DE QUILLAY PRODUCIDAS EN VIVERO (n=15)

Tratam.	Volumen Contenedor (cc)	IE		DE		ITR		INDICE QI		DE	
T1	56	5,27	± 1	b	3,06	± 0,72	a	0,24	± 0,05	c	
T2	75	5,94	± 1,46	b	2,49	± 0,65	b	0,33	± 0,14	c	
T3	95	5,19	± 0,78	b	2,03	± 0,28	c	0,39	± 0,16	b	
T4	100 - 84	5,09	± 0,9	b	2,17	± 0,69	b	0,39	± 0,14	b	
T5	100 - 126	7,64	± 1,55	a	2,32	± 0,47	b	0,3	± 0,13	c	
T6	130	5,51	± 1,6	b	1,79	± 0,52	c	0,51	± 0,23	b	
T7	135	6,69	± 1,19	a	2,43	± 0,58	b	0,52	± 0,17	b	
T8	140	6,02	± 1,32	b	1,91	± 0,58	c	0,46	± 0,2	b	
T9	280	4,9	± 1,13	b	2,03	± 0,36	c	0,76	± 0,18	a	
T10	310	5,92	± 1,55	b	2,23	± 0,54	b	0,88	± 0,21	a	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

DE: Desviación Estándar. IE: Índice de Esbeltez ITR: Índice Tallo/Raíz

INDICE QI: Índice de Calidad de Dickson

Cuadro N° 5
CORRELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONTENEDOR SOBRE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS, DE BIOMASA E INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTAS DE QUILLAY PRODUCIDAS EN VIVERO

Características Contenedor	Altura (cm)	DAC (mm)	Longitud Raíz (mm)	Peso Seco (g)			IE	ITR	INDICE QI
				Aéreo	Raíz	Total			
Volumen (cc)	0,48	0,72	0,65	0,88	0,90	0,91	0,02	0,14	0,95
Profundidad (mm)	0,18	0,43	0,69	0,23	0,48	0,31	0,05	0,71	0,43
Cavidades (N°/m ²)	0,23	0,54	0,25	0,62	0,66	0,65	0,12	0,10	0,73

Crecimiento en Terreno

Los atributos morfológicos, según Rose *et al.* (1990), pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial de muchas especies forestales, por ello este estudio se evalúa los primeros años post plantación.

Se puede apreciar en el Cuadro N° 6 que la mortalidad del ensayo en general es baja, se registra una mortalidad total inferior al 2 % en el año 2011 y solo en el tratamiento T6 esta fue de un 6 %, En el año 2012 la mortalidad fue inferior al 5 % en todo el ensayo, no obstante, el tratamiento T10 presentó una mortalidad de un 15 %. Este ensayo durante el año 2011 fue atacado

por conejos, lo que generó que las plantas afectadas rebrotaran. Para efectos del análisis de la información, estas plantas dañadas no fueron consideradas. Estadísticamente no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar la supervivencia y el volumen del contenedor, no obstante, las plantas producidas en contenedores de 310, 280 130 cc, presentaron los valores más bajos de supervivencia en términos porcentuales el año 2012.

Cuadro N° 6
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR EN LA MORTALIDAD DE LOS AÑOS 2011 Y 2012

Trat	Volumen Contenedor (cm ³)	n Original (N°)	Plantas Eliminadas análisis * (N°)	n Analizadas 2011-2012 (N°)	Datos Faltantes 2011	Superv 2011 (%)	Datos Faltantes 2012	Superv. 2012 (%)
1	56	108	16	92	1	98,9 a	5	94,6% a
2	75	108	13	95	1	98,9 a	5	94,7% a
3	95	108	4	104	0	100,0 a	2	98,1% a
4	100 - 84	108	20	88	0	100,0 a	3	96,6% a
5	100 - 126	108	6	102	0	100,0 a	1	99,0% a
6	130	108	9	99	6	93,9 a	7	92,9% a
7	135	108	2	106	1	99,1 a	1	99,1% a
8	140	108	12	96	3	96,9 a	6	93,8% a
9	280	108	4	104	2	98,1 a	8	92,3% a
10	310	48	1	47	1	97,9 a	7	85,1% a

* Plantas eliminadas, corresponden a plantas cortadas o rebrotadas, no analizadas.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Cuadro N° 7
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR EN EL DAC DE LOS AÑOS 2011 Y 2012 E INCREMENTO DEL DAC

Trat.	Volumen Contenedor (cm ³)	n	DAC 2011 (mm)	DE	n	DAC 2012 (mm)	DE	n	Inc DAC (mm)	DE
1	56	91	5,07	± 1,72 c	87	6,5	± 3,35 d	65	2,18	± 1,93 b
2	75	94	5,22	± 1,12 c	90	6,04	± 1,85 d	55	1,65	± 1,06 b
3	95	104	5,46	± 1,05 c	102	6,95	± 2,06 c	76	2,13	± 1,59 b
4	100 - 84	88	5,74	± 1,47 b	85	7,39	± 2,59 c	61	2,5	± 1,61 a
5	100 - 126	102	5,8	± 1,27 c	101	7,26	± 2,12 c	68	2,28	± 1,37 b
6	130	93	5,94	± 1,7 b	92	8,05	± 3 b	75	2,74	± 2,03 a
7	135	105	6,19	± 1,52 b	105	8,05	± 2,34 b	88	2,39	± 1,68 a
8	140	93	5,32	± 1,62 c	90	6,5	± 2,48 d	65	1,96	± 1,47 b
9	280	102	5,89	± 1,25 b	96	7,28	± 2,3 c	70	1,97	± 1,56 b
10	310	46	7,02	± 1,84 a	40	9,13	± 3,07 a	31	3,1	± 2,02 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

DE: Desviación Estándar.

Inc. DAC: Incremento en DAC

En cuanto al comportamiento del DAC, se puede observar en el Cuadro N° 7 que para el año 2011, como para el año 2012, los valores más altos fueron obtenidos por plantas producidas en contenedores de 310 cc, seguidos por plantas producidas en contenedores de 135 y 130 cc, siendo estos valores estadísticamente diferentes respecto a los otros tratamientos (Figura N° 1).

Las plantas producidas en contenedores de 56 y 75 cc presentaron los valores más bajos de DAC, tanto en el año 2011 como en el 2012.

La misma tendencia se observa respecto al incremento en altura. Considerando que estas plantas fueron establecidas en una zona de secano interior y que no han sido regadas, se observa un crecimiento sostenido desde que fueron establecidas, alcanzando el año 2011 medias de DAC que oscilaron entre 5,07 y 7,02 mm; el DAC medio del año 2012 osciló entre los 6,04 y 9,13 mm.

En el Cuadro N° 8 se presenta los valores de altura obtenidos en el año 2011 y 2012. Se aprecia que al igual que en el caso del DAC, esta variable manifiesta la misma tendencia, es decir a medida que aumenta el volumen del contenedor la altura de la planta aumenta, excepto en los contenedores de 140 y 280 cc (Figura N° 1).

Respecto del incremento en altura, se observa incrementos importantes en los tratamientos T8 (280 cc), T1 (56 cc) y T4 (100 cc y 84 cavidades), lo que supone una tendencia a la homogeneización de las alturas medias, entre los tratamientos a medida que pasan los años.

Estos resultados son coincidente con lo obtenido Lamhamedi *et al.* (1998), quienes demostraron que un contenedor con mayor capacidad volumétrica favorece el desarrollo de las plantas.

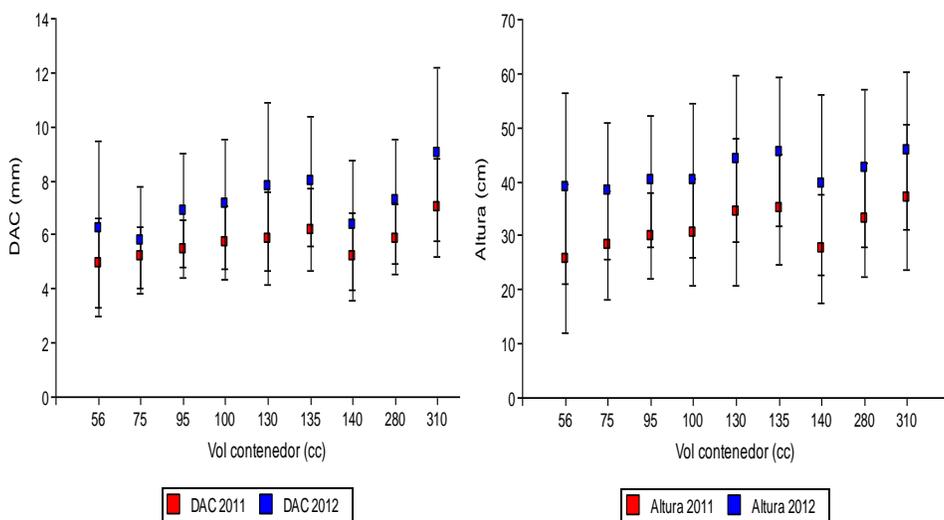


Figura N° 1
COMPORTAMIENTO DE LA ALTURA Y DAC DE PLANTAS DE QUILLAY
EN LOS AÑOS 2011 Y 2012

Cuadro N° 8
EFFECTO DEL VOLUMEN DEL CONTENEDOR EN LA ALTURA DE LOS AÑOS 2011 Y 2012
E INCREMENTO DE LA ALTURA

Trat.	Volumen Contenedor (cm ³)	Altura 2011 (cm)			Altura 2012 (cm)			Inc ALT (cm)		
		n	DE	DE	n	DE	DE	n	DE	DE
1	56	91	26,85	± 14,26 c	87	41,73	± 16,72 b	86	14,62	± 10,00 a
2	75	94	28,49	± 10,17 c	90	39,45	± 11,98 b	81	12,32	± 9,87 b
3	95	104	30,28	± 7,68 c	102	40,69	± 11,84 b	98	11,00	± 8,54 b
4	100 - 84	88	30,07	± 10,36 c	85	42,16	± 14,75 b	78	13,22	± 11,88 a
5	100 - 126	102	32,14	± 9,06 b	101	40,62	± 12,92 b	89	10,42	± 11,52 b
6	130	93	35,05	± 13,49 a	92	45,75	± 14,59 a	86	12,23	± 12,16 b
7	135	105	35,14	± 9,85 a	105	45,76	± 13,58 a	101	11,18	± 7,94 b
8	140	93	28,16	± 9,75 c	90	42,34	± 15,31 b	84	15,95	± 13,06 a
9	280	102	33,36	± 10,1 b	96	43,05	± 14,18 b	91	9,94	± 9,50 b
10	310	46	37,46	± 13,35 a	40	46,41	± 13,95 a	33	11,74	± 9,59 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DE: Desviación Estándar.

Inc. ALT: Incremento en Altura

Como se puede observar en el Cuadro N° 9, a pesar que los valores de correlación no son tan altos como los obtenidos por González *et al.* (2011), en plantas de quillay de una temporada producidas en vivero, se puede señalar que la altura y DAC de las plantas de quillay luego de dos años de establecidas aumentan a medida que aumenta el volumen del contenedor. No obstante, el valor de esta correlación disminuye, a medida que transcurre el tiempo desde que las plantas fueron retiradas del vivero.

Esto coincide con lo manifestado por Pinto *et al.* (2011), que evaluaron el comportamiento de *Pinus ponderosa* en dos sitios, uno mediterráneo y otro más árido, concluyendo que las características iniciales de las plántulas pierden su valor predictivo con el tiempo, sobre todo en el sitio de tipo Mediterráneo, en donde el crecimiento absoluto es mayor que en el otro sitio, pero el contenedor induce características, las que se ven limitadas por factores ambientales y genéticos. A la inversa, en un sitio más árido, donde el crecimiento absoluto se redujo, los rasgos determinados por el tipo de contenedor persistieron por más tiempo.

Lo obtenido concuerda con lo señalado por Domínguez *et al.* (1997) y Domínguez *et al.* (2000), quienes indican que el tamaño del contenedor tiene una correlación directa con los parámetros morfológicos de las plantas que se producirán. A mayor volumen del contenedor, las magnitudes de altura y diámetro de cuello también aumentan.

Cuadro N° 9
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS Y SOBREVIVENCIA Y EL VOLUMEN DEL CONTENEDOR

DAC		Altura		Incremento DAC	Incremento Altura	Supervivencia	
2011	2012	2011	2012			2011	2012
0,78	0,69	0,72	0,69	0,47	-0,41	-0,23	-0,77

Al respecto, Close *et al.* (2010) señalan, en un estudio realizado con plantas de *Eucalyptus globulus*, que cuando estas son producidas en contenedores de menor volumen, con sistemas radiculares poco desarrollados, conducen a un menor crecimiento, sin embargo, contenedores con mayor volumen y profundidad mejoran el crecimiento de las plantas en terreno, aumentando la absorción de humedad desde el suelo a través de las raíces.

Esto también ha sido observado en plantas de *Pinus pinea* L. por Rincón (1998), quien señala que plantas producidas en contenedores de 300 cc crecen mejor en terreno que plantas producidas en contenedores de 175 cc, las cuales disminuyen el crecimiento de pino piñonero en campo. En esta misma especie, Cañellas *et al.* (1999) señalan que en ensayos de técnicas de cultivo de plantas para evaluar tipo y tamaño de contenedor, dosis de fertilizante y densidad de producción de planta, no se encontró efectos sobre la supervivencia de las plantas, pero sí en el crecimiento de las mismas. Se ha obtenido mayor crecimiento de las plantas (longitud del tallo, raíz y peso seco aéreo y radical) en los contenedores de mayores dimensiones y con mayor concentración de fertilizante. La selección del contenedor más apropiado dependerá del balance entre la calidad de la planta producida y el costo de su producción (Arizaleta y Pire 2008).

Con los resultados obtenidos a la fecha se puede concluir que plantas producidas en contenedores de 130 y 135 cc, presentan parámetros morfológicos, al cabo de dos años de establecidas las plantas en terreno, superiores a los de contenedores de mayor y menor volumen, excepto volúmenes de 310 cc. Cabe señalar que producir plantas en este último tipo de contenedor es más costoso que producir plantas en aquellos de 130 y 135 cc, que presentan parámetros morfológicos igualmente interesantes a costos más bajos. Estos resultados difieren de otros obtenidos con especies de crecimiento más rápido como *Eucalyptus* o *Acacia*, en las cuales el efecto del tamaño de contenedor utilizado pierde significancia en terreno (INFOR-CTPF, 2012 datos no publicados y en prensa, respectivamente). No obstante, en especies de crecimiento más lento como es quillay, luego de dos años de establecidas las plantas en terreno es posible encontrar diferencias de crecimiento atribuibles al tipo de contenedor utilizado en la producción de plantas.

Se observa además en el Cuadro N° 9, la correlación negativa que existe entre la supervivencia del año 2012 y el volumen del contenedor, lo que indicaría que a medida que el volumen del contenedor es mayor, disminuye la supervivencia. Esta correlación no se observó en el año 2011. Es necesario cotejar los valores observados en el Cuadro N° 9 con evaluaciones posteriores para poder determinar tendencias para cada una de las variables evaluadas.

CONCLUSIONES

El volumen del contenedor es la característica de este que se correlaciona mejor con las variables morfológicas de las plantas producidas en vivero, siendo el peso seco y el DAC las variables con una mayor correlación y esta se da principalmente dentro de un rango bien definido de volumen.

Existe una alta correlación con las variables morfológicas de las plantas en etapa de vivero, es decir a medida que aumenta el volumen y profundidad del contenedor, mayores son los valores de dichas variables, característica que se presenta con mayor notoriedad en la longitud de la raíz. Por el contrario, estas variables disminuyen a medida que aumenta el número de cavidades por almaciguera y por unidad de superficie, principalmente en la altura y el diámetro.

Luego de dos años de establecido el ensayo de quillay en la comuna de Florida en la región del Biobío, se concluye que durante el último periodo se observa una relación entre el tamaño de la planta de *Quillaja saponaria* (dada por el volumen del contenedor) establecida en terreno y su supervivencia, la cual al segundo año es superior al 95 %. Los volúmenes de los contenedores afectaron significativamente el crecimiento en diámetro y la altura de las plantas, tanto durante el primer como el segundo año de establecido el ensayo. En general, ambas

variables aumentan a medida que se incrementan los volúmenes de los contenedores, excepto en los contenedores de 140 y 280 cc, los que presentan valores inferiores a los contenedores de 135 cc. Las correlaciones entre el volumen del contenedor y los parámetros morfológicos de las plantas de quillay disminuyen, a medida que transcurre el tiempo desde que las plantas fueron retiradas del vivero.

A la luz de los resultados obtenidos, luego de dos años de establecidas las plantas de quillay en terreno, pareciera ser más rentable y productivo producir plantas de quillay en contenedores de volumen entre 130 y 135 cc. Evaluaciones posteriores permitirán apreciar si las diferencias se mantienen a mayor edad de la plantación.

REFERENCIAS

Arizaleta, M. y Pire, R., 2008. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia* 42: 47-55.

Box, G. y Hunter, W., 1989. Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de los datos y construcción de modelos. U.S.A. Ed. Reverté S.A. 675 p.

Cañellas, I., Finat, L., Bachiller, A. y Montero, G., 1999. Comportamiento de plantas de *Pinus pinea* en vivero y campo: Ensayos de técnicas de cultivo de plantas, fertilización y aplicación de herbicidas. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 8 (2): 335-359.

Close, D., Paterson, S., Corkrey, R. y Mc Arthur, C., 2010. Influence of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. *New Forests* 39: 105-115.

Dickson, A., Leaf, Al., Hosner, I., 1960. Quality appraisal of White Spruce and White Pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.

Domínguez, S., 1997. La importancia del envase en la producción de plantas forestales. *Quercus* 134: 34-37.

Domínguez, S., 2000. Influencia de distintos tipos de contenedores en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Reunión de Coordinación I+D. Fundación CEAM.

Domínguez, S., Herrero, N., Carrasco, I., Ocaña, L. y Peñuelas, J., 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: Resultados de vivero. Actas del II Congreso Forestal Español. 1997. Pamplona. Mesa 3: 189-194

Domínguez, S., Carrasco, I., Herrero, N., Ocaña, L., Nicolás, L. y Peñuelas, J., 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. Actas del 1er Simposio sobre el pino piñonero. 2000. Valladolid. Volumen 1: 203-209.

Donoso, S., Peña, K., Pacheco, C., Luna, G. y Aguirre, A., 2011. Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque* 32(2): 187-195.

Enciclopedia de la Flora Chilena, 2012. *Quillaja saponaria* Mol. Quillay. Disponible en: http://museo.florachilena.cl/Niv_tax/Angiospermas/Ordenes/Fabales/Quillajaceae/Quillay.htm

García, M. A., 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Argentina, Octubre de 2007. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf> (con acceso el 15-6-2010).

Gómez, Y. y Leyva, I., 2005. Producción de plantas de *Eucalyptus grandis* en viveros, mediante la obtención de un sustrato utilizando como elemento principal la cachaza. Revista Electrónica Hombre Ciencia y Tecnología, Guantánamo, Cuba. Volumen 33: 10p. Disponible en: http://www.gtmo.inf.cu/revista%20electronica/numero_33/Producci%F3n%20de%20planta.pdf (con acceso el 23 de julio de 2008).

González, M., Quiroz, I., García, E. y Soto, H., 2011. Estándares de producción de plantas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) *Revista Chile Forestal* 353: 43 – 46.

- Hunt, G. A., 1990.** Effect of styroblock design and copper on morphology of conifer seedlings. En: Rose, R., S. J. Campbell y T. D. Landis (eds.). Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. General Technical Report RM-200. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 218-222. Disponible en: www.mngr.net/publications/proceedings/1990/hunt.pdf/at_download/file (con acceso el 30 de julio de 2008).
- INFOR-INDAP-FIA, 2000.** Monografía Quillay (*Quillaja saponaria*). Diversificación de Alternativas de Producción Forestal y Agroforestal para Pequeños Propietarios en el Secano. Proyecto de Desarrollo de las Comunas Pobres de la Zona del Secano (PRODECOP-Secano).
- INN, 2006.** Norma Chilena Oficial. NCh 2957. Of2006. Material de propagación de uso forestal. Instituto Nacional de Normalización 1ra ed. Santiago, Chile.
- INFOSTAT, 2011.** InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Lamhamedi, M., Bernier, P., Hebert, C. and Jobidon, R., 1998.** Physiological and growth responses of three sizes of containerized of *Picea mariana* seedlings outplanted with and without vegetation control. *Forest Ecology and Management* 110: 13–23.
- Muñoz, A. y Perez, A., 1981.** Factores que influyen en la producción de plantas de *Acacia caven* (Mol.) Hooket y *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz. Tesis de Grado. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 137 p.
- Ostle, B., 1968.** Estadística Aplicada. Técnicas de la Estadística Moderna, cuando y donde aplicarlas. México. Editorial Limusa – Wiley, S. A. 629 p.
- Pinto, J., Marshall, J., Dumroese, K., Davis, A. and Cobos, D. 2011.** Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management*. Volume 261, Issue 11, 1 June 2011, Pages 1876–1884.
- Rincón, A. M., 1998.** Identificación y evaluación de hongos para la micorrización controlada de *Pinus pinea* L. producido en contenedor. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Rodríguez, R, Matthei, S. y Quezada, M., 1983.** Flora arbórea de Chile. Concepción, Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. 408 p.
- Rose, R., Carlson, W. y Morgan, P., 1990.** The target seedling concept. Chapter 1. In: Rose R, S Campbell, T Landis (eds.) Target Seedling Symposium. Roseburg, Oregón. 275 p.
- Santelices, R. y Bobadilla, C., 1997.** Arraigamiento de estacas de *Quillaja saponaria* Mol. Y *Peumus boldus* Mol. *Bosque* 18 (2): 77 – 85.
- Scott, A. J. and Knott, M., 1974.** A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512
- Toral, I., 1997.** Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. Guadalajara, México. 26 p.
- Viel, D., 1999.** Caracterización de plantas de *Quillaja saponaria* Mol. provenientes de semillas de distintas procedencias de la Octava Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. 40 p.
- Wiber, K. S., 1991.** Factores que influyen en la germinación y producción de plantas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Tesis Ing. Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs Agr. y For. 133p.

INTRODUCCIÓN DEL PINO PIÑONERO (*Pinus pinea* L.) EN CHILE

Loewe, Verónica⁶, Delard, Claudia⁴, González, Marlene⁴
Mutke, Sven⁷ y Fuentes, Verónica⁴.

RESUMEN

Se analiza el comportamiento de 6 procedencias europeas de pino piñonero (Lombardía, Toscana, Eslovenia, Meseta Castellana, Andalucía Occidental y Sierra Morena) en un sector de la zona central de Chile, y se relaciona su desarrollo con clases de sitio españolas.

También se analiza el impacto de factores climáticos y de diferentes prácticas de manejo.

Los resultados muestran que las procedencias españolas presentan una mejor adaptación, y que la especie presenta una gran potencialidad en la zona estudiada.

Palabras clave: Ensayo de procedencia, especie exótica, pino piñonero, *Pinus pinea*.

SUMMARY

Six European Stone Pine provenances (Lombardy, Tuscany, Slovenia, Meseta Castellana, Western Andalusia and Sierra Morena) behavior in central Chile, relating its development to Spanish site classes, was analyzed.

It was also analyzed the impact of climatic factors and different silviculture practices.

Results show that Spanish origins present a better adjustment, and that the species presents a great potential in the studied zone.

Key words: Introduced species, Mediterranean Stone Pine *Pinus pinea*, Provenance trial.

⁶ Instituto Forestal (INFOR), Sede Metropolitana. Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile. vloewe@infor.cl

⁷ Instituto de Gestión Forestal Sostenible (SFM-RI), CIFOR-INIA. Ctra. a Coruña, km 7,5. 28040 Madrid.

INTRODUCCIÓN

El pino piñonero, *Pinus pinea* L., es originario de la cuenca mediterránea; sus masas más extensas se sitúan en la Península Ibérica, donde supera el medio millón de hectáreas, lo que equivale a tres cuartas partes de su distribución total. En su área de origen destaca por su papel colonizador y estabilizador de suelos con perfiles incipientes o erosionados, especialmente en arenales costeros y continentales, y por el aprovechamiento que se da a su semilla comestible, los piñones, ubicados dentro de las piñas. Se ha constatado la recolección de piñas de *Pinus pinea* desde el Paleolítico en el área mediterránea y en la actualidad constituye el principal producto de los pinares (Thirgood, 1981; Prada *et al.*, 1997; Gil, 1999; Badal, 2001).

En Chile, esta especie fue introducida como ornamental por inmigrantes europeos (españoles e italianos), aunque no se la utilizó como árbol forestal hasta principios del siglo XX, cuando en 1912 Federico Albert, profesional alemán, bachiller en botánica y doctor en ciencias naturales contratado por el Gobierno de Chile, emprendió un interesante y exitoso programa de estabilización de dunas costeras, empleando numerosas latifoliadas y coníferas, entre ellas el pino piñonero, aparte del pino radiata y una serie de eucaliptos (Albert, 1909). Posteriormente Albert se quedó en Chile haciendo una contribución significativa al desarrollo forestal del país, donde es considerado un precursor de la conservación de recursos naturales y la ecología. Muchos de los ejemplares de pino piñonero que se establecieron entonces en las dunas aún están vivos a pesar de la elevada densidad empleada (1 x 1 m. 1,5 x 1,5 m) y la competencia de ejemplares de otras especies colindantes, y también es posible encontrar numerosos ejemplares aislados en fundos cercanos, presentando dimensiones considerables con diámetros superiores a 1 m.

Posteriormente, entre los años 1955 y 1962 se realizó un programa de cooperación técnica denominado "Plan de Desarrollo Agrícola e Higiene Rural de Maule, Ñuble y Concepción", más conocido como "Plan Chillán", que contó con la colaboración del Programa de Cooperación Técnica de Estados Unidos de América, y cuyo objetivo fue lograr un desarrollo integral de las tres provincias, dándose prioridad a labores de fomento agrícola (Anónimo, 1957). Una de las especies promovidas por dicho programa fue el pino piñonero, el que se estableció a lo largo de la zona en grupos de 25 individuos sobre pastizales, con el objetivo de proporcionar sombra al ganado. Actualmente se encuentran muchos árboles aislados y pequeños grupos de tamaño variable, que por su edad serían los remanentes de dichas forestaciones. En esa zona los habitantes cosechan y comen piñones de la especie, los que provendrían de los árboles resultantes de dicha actividad; además se comercializan en los mercados principales del área (Chillán, Yungay). Más tarde, en 1967 el Departamento Forestal de la Dirección General de Agricultura y Pesca realizó una siembra aérea con la especie en la zona precordillerana de Ñuble y Bío Bío, cuyos resultados de prendimiento no fueron evaluados formalmente.

En los años noventa se volvía a estudiar el potencial del pino piñonero y del algarrobo europeo *Ceratonia siliqua* L. como cultivos alternativos en la zona de clima mediterráneo de Chile. Frente a la sensibilidad a las heladas del algarrobo europeo, se constató la buena adaptación autoecológica del pino en la región. En 1998 se realizó un estudio sobre áreas potenciales para el cultivo de la especie en el país, identificándose 1,3 millones de hectáreas disponibles en terrenos desocupados, considerando una altitud límite de 1.000 msnm (Loewe y González, 2003). Con posterioridad se ha observado que dicha altitud es superada en varias regiones geográficas del país, con presencia de la especie hasta más de 2.000 msnm al norte de Santiago; asimismo, las restricciones en suelos arcillosos parecen menores a las indicadas por la bibliografía sobre la especie.

Pinus pinea, denominado "piñonero europeo" para diferenciarlo del pehuén o "piñonero" nativo *Araucaria araucana*, presenta múltiples atractivos para Chile, dadas sus características de producción de madera y, sobre todo, de uno de los frutos secos más caros del mercado internacional (Loewe y González, 2007; Soto *et al.*, 2008), convirtiéndose en un cultivo interesante para pequeños y medianos propietarios y campesinos que requieren obtener ingresos anuales; a la vez permitiría crear valor al rubro de la fruticultura mediante la generación de un nuevo producto

factible de ser producido en terrenos pobres, erosionados y con una relativa baja disponibilidad hídrica respecto a los cultivos tradicionales empleados en la fruticultura; incluso se considera factible que Chile pudiera certificar su producción de piñones como producto orgánico, dadas las características de su cultivo y procesamiento y la ausencia de las plagas endémicas de sus países de origen, evitando las fumigaciones.

Dadas estas razones, el Instituto Forestal (INFOR), organismo ligado al Ministerio de Agricultura chileno, se encuentra ejecutando un proyecto titulado “El piñón comestible del pino piñonero (*Pinus pinea* L.), un negocio atractivo para Chile”, cuyo objetivo es desarrollar y promover las bases para la producción del piñón del pino mediterráneo con fines de exportación. Esta iniciativa, en ejecución entre los años 2008 y 2012, diseña, implementa y evalúa modelos productivos para producir piñones de pino; evalúa la productividad y calidad del piñón producido en Chile; evalúa el potencial del mercado europeo para piñones de pino producidos en Chile determinando estrategias comerciales de acuerdo a los requerimientos del mercado internacional; evalúa la situación fitosanitaria de la especie en Chile; y analiza los impactos socioeconómicos y ambientales de la implementación del cultivo de este pino.

Uno de los estudios realizados sobre el desarrollo de la especie en Chile corresponde a la evaluación de un ensayo de procedencias establecido el año 1994 en la zona central de Chile, típicamente mediterránea, cuyos resultados se exponen en el presente trabajo.

MATERIAL Y MÉTODO

En 1992, INFOR inició en el marco del proyecto “Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva” la producción de plantas de pino piñonero en vivero, con el propósito de establecer un ensayo de procedencias y evaluar la adaptación y crecimiento de la especie, comparando diferentes procedencias europeas en condiciones de sequía de la zona central de Chile.

En este ensayo se incluyó seis procedencias, tres del oeste y tres del centro de la cuenca mediterránea (Cuadro N° 1). Además de estos dos grupos de procedencias europeas, se había incluido originalmente material de una introducción local chilena de origen desconocido situada en Cauquenes, que no llegó a plantarse en campo por su baja tasa de germinación en vivero (Loewe *et al.*, 1998). Para todos los casos, se utilizó como tratamiento pre-germinativo remojo en agua por 24 horas, obteniéndose las primeras plantas a partir de la segunda semana después de la siembra.

Cuadro N° 1
PROCEDENCIAS ENSAYADAS (3 CISPINAS Y 3 IBÉRICAS)

Procedencia	Localización	PP Media Anual (mm)	T Media Anual (°C)	Germinación (%)
1 Lombardía (I)	45°28' N 9° 8' E	1.021	13,1	43,2
2 Toscana (I)	43°36' N 10°40' E	845	14,7	58,8
3 Eslovenia (SLO)	46°16' N 13°55' E	1.263	9,0	51,6
4 Meseta Castell. (E)	41°11' N 4°18' O	423	11,9	72,8
5 Andalucía Occ. (E)	36°39' N 5°41' O	707	17,2	34,0
6 Sierra Morena (E)	37°51' N 6°17' O	585	16,7	71,6

Precipitación y temperatura media anual en origen (Hijmans *et al.*, 2005) y tasa de germinación en vivero en Chile (Loewe *et al.*, 1998).

El ensayo fue establecido en un sitio ubicado en la comuna de Casablanca, provincia y región de Valparaíso (33° 22' 38" LS, 71° 19' 20" LO y 330 m de altitud), a unos 70 km al oeste de Santiago de Chile. Corresponde a una zona agrícola dedicada en la actualidad mayoritariamente a la viticultura de regadío intensiva. La vegetación de la comuna se caracteriza por su riqueza en bosque nativo esclerófilo, que permanece principalmente en los sectores altos de las planicies litorales y de la cordillera costera, así como en quebradas húmedas y cursos de agua. También se destacan plantaciones de pino y eucalipto, las que sin embargo sufren cada año incendios forestales que en esta zona son frecuentes en la época de verano (e-Casablanca, 2010).

Casablanca posee un clima de tipo mediterráneo, con veranos de sequía prolongada y lluvias invernales cortas e intensas. Las temperaturas medias de la zona, desde el establecimiento del ensayo en 1994 hasta el 2009, presentan una diferencia moderada de temperatura entre estaciones del año, con 15 °C en verano y 10 °C en invierno. Sin embargo, la oscilación térmica diaria es amplia, con una media de las máximas y de las mínimas para la estación cálida de 29 y de 3,3 °C y para la estación fría de 26 y de -1,3 °C, respectivamente. En relación a las precipitaciones, el promedio anual es de 392 mm, de los cuales solo 23 mm caen en verano. Cabe destacar la irregularidad de las precipitaciones anuales, que oscilaron entre 79 y 887 mm en los años del estudio. La duración promedio de la época seca es de 4,5 meses, aunque puede variar entre 3 a 8 meses (Cuadro N° 2). La cantidad de horas con neblina es en promedio superior a 3.500 horas anuales.

Cuadro N° 2
SERIES DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIÓN REGISTRADAS EN CASABLANCA DURANTE PERÍODO 1994-2009

Año	Temperatura			Precipitación (mm/año)	Meses Secos (N°)
	Mín. Absoluta (°C)	Máx. Absoluta (°C)	Media (°C)		
1994	-0,04	26,50	12,50	258	6
1995	0,45	27,73	12,08	263	4
1996	0,30	28,09	11,87	256	4
1997	1,55	28,27	13,23	887	3
1998	1,53	28,84	12,59	79	8
1999	0,88	26,65	12,28	332	3
2001	0,77	26,63	12,15	451	6
2002	1,49	26,83	12,13	726	4
2003	1,27	26,54	12,43	419	4
2004	1,66	27,02	12,54	368	3
2005	1,18	25,93	13,15	473	3
2006	1,51	29,01	14,48	476	5
2007	-0,54	26,00	12,20	182	6
2008	1,70	26,76	13,87	466	5
2009	0,43	28,53	13,72	241	4
Media	0,94	27,3	12,7	392	4,5

(Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2010)

El sitio del ensayo es llano con una ligera ondulación del terreno, pertenece a la serie de suelos Las Rosas LRR (Franco Arenoso Fino) y no había sido cultivado en los años previos a la plantación. Presenta reacción neutra (pH 5,9 - 6,9), bajo contenido de materia orgánica (entre 0,12 y 1,21%) y no es salino (C.E. mmho/cm entre 0,33 y 0,51). Su disponibilidad de nitrógeno y fósforo es baja (6-10 ppm y 4-10 ppm, respectivamente), a diferencia de la disponibilidad de potasio, que es media (23-104 ppm). Para la instalación del ensayo, el suelo se preparó con un laboreo completo y subsolado somero sobre la línea de plantación a una profundidad de 30-40 cm. La plantación se realizó en Agosto de 1994, utilizando plantas en macetas de 2 años de edad, con una altura promedio de unos 40 cm (Loewe *et al.*, 1998). Se proporcionó un riego de establecimiento de

5 L/planta y se fertilizó de acuerdo a las carencias nutricionales detectadas, con urea (35 g/planta aplicada en 2 zanjas paralelas separadas a 30 cm de la planta a una profundidad de 5 cm). Los tratamientos culturales repetidos a lo largo de los primeros 15 años consistieron en control de la maleza (años 1, 3 y 4), podas de formación, que consideraron selección de ápices, poda de balance en individuos inclinados y eliminación de ramas más gruesas en algunos verticilos (años 5, 7, 11 y 15), la primera incluyó además la eliminación total de las ramas juveniles con crecimiento averticilado; abonado (años 3, 4 y 5), más podas de levante del fuste (años 8 y 15), en esta última ocasión en combinación con un clareo sistemático que extrajo aproximadamente la mitad de los pies vivos.

El diseño experimental del ensayo fue de tres bloques completos al azar, con 294 plantas cada uno en 6 parcelas de 7 x 7 plantas, correspondientes a las 6 procedencias. En total, fueron 882 plantas más una fila de borde, con un espaciamiento de 2 x 3 m (1.667 pies/ha), ocupando en total una superficie de menos de 1 hectárea. Desde 1994 hasta 2009, se midió repetidamente el diámetro (DAP) y la altura total de cada árbol. La colocación de los tres bloques pretendía captar el principal gradiente de variación del terreno, asociado a una suave vaguada que recorre el ensayo longitudinalmente.

Sin embargo, desde los primeros años de desarrollo se observó heterogeneidad dentro de los bloques, con zonas o manchas con árboles de peor arraigo y desarrollo, debido aparentemente a cambios de suelo. Por ello, a la hora de evaluar el crecimiento medio de cada procedencia, se realizó un análisis *post-hoc* mediante la corrección de la variable estudiada por la media de residuos en un vecindario conformado por los árboles más próximos de cada árbol *target*, o análisis espacial iterativo móvil (Bartlett, 1978; Wilkinson *et al.*, 1983; Loo-Dinkins, 1992; Anekonda y Libby, 1996; Joyce *et al.*, 2002; Mutke *et al.*, 2007, 2012; Zas, 2008).

El vecindario alrededor de cada *target* usado para calcular el valor de la media de los residuos de los vecinos fue un rectángulo de hasta ocho posiciones vecinas adyacentes, aunque debido a la presencia masiva de marras, en algunas zonas se amplió a un vecindario romboidal de doce árboles.

La media de los residuos del vecindario fue usada como covariable para ajustar variabilidad espacial en parámetros dasométricos a los 15 años de edad. El valor fenotípico de cada variable se modeló a través de cuatro componentes aditivas: la media general, el efecto del Grupo geográfico en origen *i* (longitud oeste o este), la procedencia *j* dentro de su Grupo y la covariable espacial estimada iterativamente, más un término de error aleatorio:

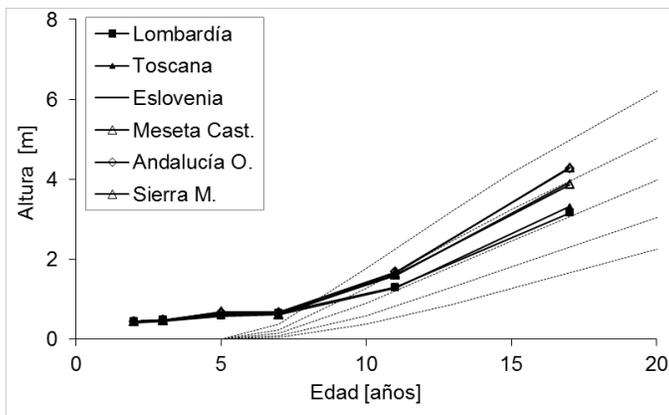
$$H_{j(i)xy} = \mu + G_i + P_{j(i)} + \sum^n \gamma_k MA_{kxy} + \varepsilon_{xy} \quad (1)$$

- Donde $H_{j(i)xy}$: Altura del árbol de procedencia *j* del grupo geográfico *i* en la posición (*x*, *y*)
 μ : Media general
 G_i : Efecto del grupo geográfico en origen *i* (Oeste/Este)
 $P_{j(i)}$: Efecto de la procedencia *j* dentro del grupo geográfico *i*
 γ_k : Efecto lineal de la covariable MA_{kxy} , la media móvil de los *k*-ésimos residuos
 ε_{xy} : E error residual en la posición (*x*, *y*)

El mismo modelo se ajustó también para el diámetro normal, medido en el mismo inventario, aunque conviene tener en cuenta que altura y diámetro guardaban una alta correlación ($r=0,9$).

RESULTADOS

Durante los primeros seis años, cuatro de ellos muy secos, con menos de 270 mm de lluvia anual, el ensayo presentó crecimientos muy limitados (altura media de 62 cm en 1999, equivalente a un incremento anual de 12,4 cm), retrasando el cambio de fase desde el estado juvenil inicial. No obstante, tras el cambio de fase vegetativa a adulto con crecimiento verticilado y con tipo de acículas definitivo, junto a las intervenciones de manejo realizadas, el ensayo presentó un incremento notable en altura, alcanzando en 2009 una media de 3,80 m, equivalente a un incremento medio anual de 25,3 cm, más del doble del registrado en los primeros años (Figura 1); el diámetro medio a la altura del pecho superó los 10 cm en las tres procedencias españolas, frente al valor más bajo, 7 cm, correspondiente a Lombardía.



Para comparar, se añade en trazado discontinuo las curvas de calidad españolas de la especie para alturas dominantes de 13, 15, 17, 19 y 21 m a los 100 años (Calama et al. 2003), desplazadas 5 años a la derecha para tener en cuenta el retraso inicial del ensayo.

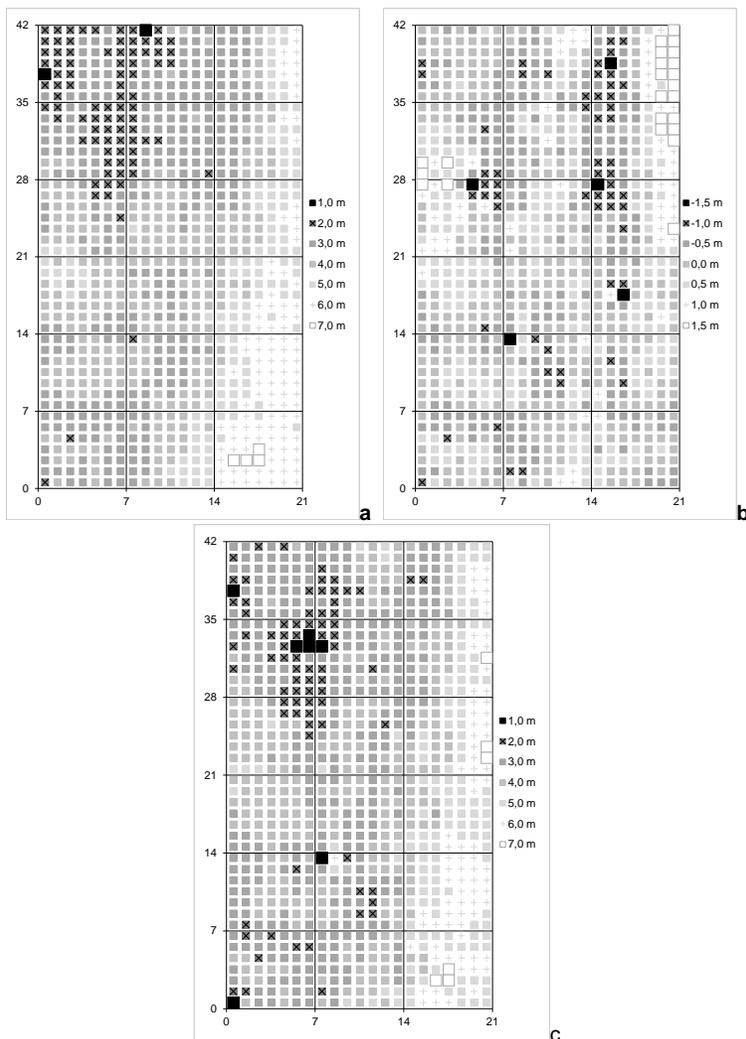
Figura N° 1
ALTURAS MEDIAS DE LAS PROCEDENCIAS ENTRE 1994 Y 2009
SEGÚN EDAD DEL ENSAYO

En cuanto a la supervivencia, las procedencias italianas presentaron más marras (Toscana 48% y Lombardía 34% del total) frente a las procedencias Meseta Castellana, Andalucía Occidental y Eslovenia, cada una con un 22%, y Sierra Morena con un 29%.

Se observó autocorrelación espacial en el tamaño del arbolado a pequeña escala entre y dentro las unidades experimentales contiguas del ensayo (Figura N° 2a). De hecho, un modelo aditivo para la altura del árbol a los 15 años, que tuviera en cuenta solamente los efectos aditivos de la procedencia *i* y del bloque *j*, no sería capaz de captar esta variación espacial correctamente, violando en consecuencia los supuestos básicos de independencia espacial de los términos de error (Figura 2.b).

El ajuste iterativo por las medias móviles de los residuos de los vecinos más próximos arrojó un modelo con R^2 de 0,88, atribuyendo el 77% de la variación de altura entre árboles al efecto de su posición en la parcela (Figura N° 2c) frente a un 8% debido a las diferencias entre grupos y 3% de la procedencia dentro de cada grupo, sumando estas dos un 11% (proporción de

suma de cuadrados, Cuadro N° 3). La procedencia eslovena fue la de menor altura, y las españolas las de mayor (Cuadro N° 4).



- a. Altura del arbolado a los 15 años de edad, que revela un gradiente diagonal a los tres bloques longitudinales del ensayo (filas 1-7, fila 8-14, filas 15-21, respectivamente) que traspasa las unidades experimentales de 7x7 árboles de la misma procedencia.
- b. Residuos del modelo aditivo para la altura de cada árbol según procedencia y bloque, persistiendo la autocorrelación espacial.
- c. Efecto espacial, estimado a partir de los ajustes iterativos por los residuos de los vecinos más próximos.

Figura N° 2
MEDIA MÓVIL LOCAL (3 X 3 POSICIONES)

Cuadro N° 3
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DEL ÁRBOL A LOS 15 AÑOS, AGRUPANDO LAS 6
PROCEDENCIAS EN DOS GRUPOS, OESTE (ESPAÑA) Y ESTE (ITALIA Y SLOVENIA)

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F
Grupo	33,0	1	33,0	188
Procedencia/Grupo	13,5	4	3,4	19
MA ₁	263,3	1	263,3	1.504
MA ₂	63,8	1	63,8	364
MA ₃	9,2	31	9,2	52
Residuos	54,1	309	0,2	
Total	436,8	317		

Las covariables del ajuste espacial iterativo MA_i son las medias móviles de los residuos de los vecinos más próximos. El p-valor de todas las fuentes de variación fue inferior a 0,0001.

Cuadro N° 4
COMPARACIÓN ENTRE ALTURAS MEDIAS AJUSTADAS A LOS 15 AÑOS
PARA LAS 6 PROCEDENCIAS ENSAYADAS

Grupo Geográfico	Procedencia	Altura (±SE) (m)
Este	Toscana (I)	3,74 ± 0,058 bc
	Lombardía (I)	3,39 ± 0,061 bc
	Eslovenia (SLO)	3,09 ± 0,055 d
Oeste	Sierra Morena (E)	4,11 ± 0,061 a
	Andalucía Occ. (E)	4,02 ± 0,060 a
	Meseta Castell. (E)	3,91 ± 0,055 ab

Los valores con la misma letra no difieren significativamente al 5% (comparaciones múltiples ajustadas por Bonferroni).

El modelo para el diámetro del árbol arrojó un análisis de varianza similar, lo que concuerda con la alta correlación de altura y diámetro.

El ajuste espacial permitió atribuir el 68% de la variación de altura entre árboles al efecto de su posición en la parcela, frente a un 8% debido a las diferencias entre los dos grupos y un 2% de la procedencia dentro de cada grupo geográfico; la variación total entre procedencias está dada entonces por la suma de ambas, equivalente a un 11%.

El único cambio cuantitativo fue la superioridad de la procedencia eslovena dentro del grupo de procedencias orientales, superando a las dos italianas que presentan árboles más delgados, acercándose a las procedencias españolas (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
COMPARACIÓN ENTRE LOS DIÁMETROS MEDIOS AJUSTADOS A LOS 15 AÑOS
PARA LAS 6 PROCEDENCIAS ENSAYADAS

Grupo Geográfico	Procedencia	DAP (±SE) (cm)	
Este	Eslovenia (SLO)	9,23 ± 0,29	b
	Toscana (I)	7,54 ± 0,31	c
	Lombardía (I)	6,93 ± 0,28	c
Oeste	Andalucía Occ. (E)	10,63 ± 0,31	a
	Sierra Morena (E)	10,19 ± 0,28	ab
	Meseta Castell. (E)	10,08 ± 0,30	ab

Los valores con la misma letra no difieren significativamente al 5% (comparaciones múltiples ajustadas por Bonferroni).

DISCUSIÓN

En general, el pino piñonero europeo ha mostrado una buena adaptación a las condiciones del sitio del ensayo en la zona central de Chile, aunque una serie inicial de años secos a muy secos ha supuesto un estrés tras plantación considerable, causando un retraso en el cambio de la fase vegetativa y posiblemente en el establecimiento del sistema radicular en el terreno. El desarrollo del ensayo tras esos inicios muy adversos ha sido alentador, con una supervivencia de 52-78% de los árboles y la recuperación de un buen patrón de crecimiento en altura después de 1999, año en que se realizó una poda de formación que tuvo un efecto visible y significativo en el desarrollo del rodal. Cabe notar que en las mismas condiciones, un ensayo de algarrobo europeo establecido el mismo año en un sector adyacente murió debido a la reducida disponibilidad hídrica.

El mejor desarrollo de las procedencias españolas se podría relacionar con la mayor aridez de su clima en origen, que les habría permitido adaptarse para resistir mejor en condiciones extremas, mientras que el menor crecimiento en altura de la procedencia Eslovenia, la más templada y húmeda de todas, podría tener su relación con un sitio de plantación fuera del rango natural de dicha procedencia. De todas formas, se considera que el reducido número de procedencias incluidas en este ensayo no permite obtener recomendaciones definitivas respecto a las procedencias más recomendables, teniendo además en cuenta que el sitio de ensayo representa probablemente el margen árido de las zonas potenciales para el cultivo de esta especie en Chile (Loewe y González, 2003).

Al comparar los resultados obtenidos en este ensayo con las curvas de crecimiento medidas en una repoblación de *Pinus pinea* en la Reserva Nacional Lago Peñuelas (Loewe *et al.*, 1998), en un sector costero de la misma región ubicado a 13 km del ensayo, de mayor influencia oceánica, donde se dan condiciones para masas predominantes de eucalipto y pino radiata, se observa que en esta última localidad los crecimientos fueron muy superiores, alcanzando 16 cm de diámetro y 9,9 m de altura media a los 17 años, y 30 cm y 23 m a los 40 años. El crecimiento en altura reportado para la especie en esta y también en otras localidades más australes de Chile es muy superior a las calidades de estación españolas (Loewe *et al.*, 1998). En Argentina, Calderón *et al.* (2004) clasifican a *Pinus pinea* como una especie apta para la zona de Mendoza, bajo riego, donde se obtuvo a los 14 años alturas medias de 5,9-6,7 m y diámetros medios de 16-28 cm. No obstante Mendoza presenta suelos de mayor fertilidad, y en este caso riego, los incrementos no son tan disímiles como se hubiera esperado de situaciones con tan diferente régimen hídrico. En este sentido, los resultados obtenidos en el ensayo aquí analizado, donde la especie no ha crecido tan bien como en otros sitios del Cono Sur de América, confirman el elevado potencial de adaptación de la especie en diferentes ambientes de esta región.

La importante variación espacial observada dentro del ensayo (Cuadros N° 3 y N° 4), tanto en diámetro como en altura, confirma que los crecimientos obtenidos responden a la condición del micrositio. Este fenómeno de fuertes autocorrelaciones espaciales es muy común en ensayos con esta especie, reflejo de su sensibilidad a factores edáficos (Court-Picon *et al.*, 2004; Mutke *et al.*, 2007, 2010 y 2012) y a la elevada variación de los factores edáficos en superficies reducidas de gran parte de los suelos de Chile. Las magnitudes de la variación entre alturas individuales atribuidas a este efecto y a la procedencia, y la predominancia absoluta de la primera son similares a resultados de otros ensayos de procedencias (Gordo *et al.*, 2007; Mutke *et al.*, 2010). Estas conclusiones concuerdan con los trabajos moleculares sobre isoenzimas y ADN de cloroplasto o nuclear, que encontraron una muy baja diferenciación genética entre procedencias de esta especie, e incluso entre países de origen alejados (Fallour *et al.*, 1997; Fady *et al.*, 2008; Vendramin *et al.*, 2008; Mutke *et al.*, 2011).

Respecto de las labores culturales aplicadas, se observa una preponderancia del efecto positivo de la poda de formación inicial por sobre la fertilización, control de maleza y poda de levante. Esta práctica modificó la tendencia de los crecimientos principalmente en diámetro, aunque también en altura, lo que ha sido observado en otras situaciones en Chile. La eliminación de las ramas juveniles inferiores es recomendable en situaciones en que el pino piñonero presenta crecimientos iniciales reducidos.

En general se considera que el cultivo de la especie sería plenamente viable en sitios adyacentes y similares de la región de Valparaíso, así como en otros del secano costero e interior con características similares a la localización del ensayo, o más favorables, donde podría integrarse como elemento arbóreo de interés en sistemas agroforestales.

Se aprecia un buen potencial para plantaciones extensivas de esta especie en áreas marginales para cultivos agrícolas (pendientes excesivas, falta de riego) y para eucalipto o pino radiata (por sequía, riesgo de heladas), especies forestales tradicionalmente empleadas en Chile en cultivos tanto intensivos como extensivos.

Se considera que el pino piñonero en áreas similares a las del ensayo en la región podrá cumplir un rol fundamentalmente de protección ambiental, y de producción frutal contenida, aunque bajo riego la producción de piñones podría alcanzar niveles de productividad interesantes.

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio se enmarca en el proyecto "El piñón comestible del pino piñonero (*Pinus pinea* L.), un negocio atractivo para Chile" (2008-2011), financiado por INNOVA-CORFO y por el sector privado. Se agradece a la Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología por ceder el terreno para el ensayo.

REFERENCIAS

- Albert , F., 1909.** Los 7 árboles forestales más recomendables para el país. Imprenta Cervantes. 52.
- Anekonda, T. & Libby, W., 1996.** Effectiveness of nearest-neighbor data adjustment in a clonal test of redwood. *Silvae Genet* 45(1): 46-51.
- Anónimo, 1957.** El Plan Chillán, realización y promesa. Boletín N° 9.
- Badal, E., 2001.** La recolección de piñas durante la prehistoria en la Cueva de Nerja (Málaga). 101-104. In: V. Villaverde (ed.), *De neandertales a cromañones -el inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas.* Universitat de València, Spain.

- Bartlett, M., 1978.** Nearest Neighbour models in the analysis of field experiments. *J R Statist Soc B* 40(2): 147-174.
- Calama, R., Cañadas, N. & Montero, G., 2003.** Inter-regional variability in site index models for Even aged stands of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) in Spain, *Ann. For. Sci.* 60: 259-269.
- Calderon, A., Pérez, S., Riu, N., Settepani, V. & Bustamante, J., 2004.** Comportamiento de coníferas bajo riego Mendoza (Argentina). *Rev. FCA UN Cuyo Tomo XXXVI, año 2:* 1-6.
- Court-Picon, M., Gadbin-Henry, C., Guiba, L. F. & Roux, M., 2004.** Dendrometry and morphometry of *Pinus pinea* L. in Lower Provence (France): adaptability and variability of provenances. *For. Ecol. Manag.* 194: 319-333.
- E-CASABLANCA, 2010.** Características comunales. (En línea) http://www.ecasablanca.cl/webcb/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=5:casablanca&Itemid=59 (accedido Febrero 28, 2009).
- Fady, B., Fineschl, S. & Vendramin, G., 2008.** Pino piñonero. *Pinus pinea*. EUFORGEN. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino piñonero (*Pinus pinea*).
- Fallour, D., Fady, B. & Lefevre, F., 1997.** Study of Isozyme Variation in *Pinus pinea* L.: Evidence for Low Polymorphism. *Silvae Geneticae* 46: 201-207.
- Gil, L., 1999.** La transformación histórica del paisaje: La permanencia y la extinción local del pino piñonero. En: Marín F., Domingo J., Calzado A. (eds.): 1^{er} jornadas de historia, socio economía y política forestal (1997). Los montes y su historia – una perspectiva política, económica y social. Universidad de Huelva, 151-185.
- Gordo, J., Mutke, S. & Gil, L., 2007.** Ausencia de diferenciación ecotípica entre rodales selectos de pino piñonero en la cuenca del Duero. *Inv. Agrar. Sist. Rec. Forest.* 16(3): 253-261.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A., 2005.** Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Joyce, D., Ford, R. & Fu, Y., 2002.** Spatial patterns of tree height variations in a Black Spruce farm-field progeny test and neighbours-adjusted estimations of genetic parameters. *Silvae Genet* 51(1), 13-18.
- Loewe, V., Toral, M., Delard, C., López, C. & Urquieta, E., 1998.** Monografía de Pino piñonero (*Pinus pinea*). CONAF-INFOR-FIA, 100.
- Loewe, V. & González, M., 2003.** Sicomoro, grevillea, roble rojo americano, pino piñonero, castaño, ruil y cerezo americano, nuevas alternativas para producir madera de alto valor. INFOR-FIA, 320.
- Loewe, V. & González, M., 2007.** Pino piñonero: el potencial de su madera y fruto. *Chile Forestal* 334:49-53.
- Loo-Dinkins, J., 1992.** Field Test Design. En: Fins L, Friedman ST, Brotschol JV (eds.), *Handbook of quantitative forest genetics*, Forestry Sciences 39, Kluwer Academics Publishers, Dordrecht: 96-139.
- Mutke, S., Iglesias, S. & Gil, L., 2007.** Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña. *Invest. Agr. Sist. Recur. For.* 16(1): 39-51.
- Mutke, S., Calama, R., González-Martínez, S., Montero, G., Gordo, J., Bono, D. & Gil, L., 2012.** Mediterranean Stone Pine: Botany and Horticulture. En: Janick J. (ed.): *Horticultural Review* 39. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey: 153-201.
- Mutke, S., Fady, B., Ben, A., Khaldi, A., Khouja, M., Gonzales-Martínez, S., Climent, J., Sebastiani, F., Torre, S. & Vendramin, G., 2011.** The further we search, the less we found: low genetic variation in quantitative and molecular traits in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea*). *MEDPINE 4th International Conference on Mediterranean Pines "Conservation, Ecology, Restoration and Management of Mediterranean Pines and their Ecosystems: Challenges under global change"*, Avignon, 6-10 Junio 2011.
- Mutke, S., Gordo, J., Chambel, M., Prada, M., Álvarez, D., Iglesias, S. & Gil, L., 2010.** Phenotypic plasticity is stronger than adaptative differentiation among Mediterranean stone pine provenances. *Forest Systems* 19(3): 354-366.

- Prada, M., Gordo, J., De Miguel, J., Mutke, S., Catalan, G., Iglesias, S. & Gil, L., 1997.** Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en España. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid.
- Soto, D., Gysling, J. & Loewe, V., 2008.** Antecedentes del Mercado Internacional de Piñones de Pino. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol. 14(3): 599-623.
- Thirgood, J., 1981.** Man and the Mediterranean forest. A history of resource depletion. Academic Press, London.
- Vendramin, G., Fady, B., González-Martínez, S., Hu, F., Scotti, I., Sebastiani, F., Soto, A. & Petit, R., 2008.** Genetically depauperate but widespread: the case of an emblematic Mediterranean Pine. Evolution 62(3): 680-688.
- Wilkinson, G., Eckert, S., Hancock, T., Mayo, O., 1983.** Nearest Neighbour (NN) Analysis of Field Experiments. JR Statist Soc B 45(2), 151-211.
- Zas, R., 2008.** The impact of spatial heterogeneity on selection: a case study on *Pinus pinaster* breeding seedling orchards. Can. J. For. Res. 38: 114-124. Doi: 10.1139/X07-099.

RESUMEN

La adopción de sistemas silvopastorales por la pequeña y mediana propiedad del secano Centro-Sur de Chile, puede ser una valiosa herramienta para fomentar la diversificación productiva y sostenibilidad de los sistemas de producción en territorios marginales. Con el objeto de recomendar praderas permanentes para dicha situación, el presente trabajo señala diferentes consideraciones respecto a las especies forrajeras y normas de manejo que permitan una persistencia más prolongada de las praderas bajo el efecto de la interacción animal-bosque.

El pastoreo directo por parte de los animales resulta ser la forma más práctica y económica de utilización de las praderas. En consecuencia, es relevante conocer como es el funcionamiento de ciertas estructuras morfológicas y fisiológicas de las especies y su efecto sobre la persistencia de la pradera. Se trata de especies de ciclo anual o perenne, es decir que se propagan una vez sembradas, en años sucesivos, a través de la producción de semilla o el desarrollo de centros de crecimiento, como macollos y rizomas, respectivamente. Las semillas de las especies anuales, por ejemplo: trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), trébol balansa (*T. michelianum*), hualputra (*Medicago polymorpha*) y (*Lolium rigidum*) presentan variadas estrategias para asegurar su persistencia, como es la dureza seminal que se pierde gradualmente durante el periodo seco-estival; dormancia embrionaria que se revierte por el efecto directo de la luz solar; sobrevivencia de la semilla debido a su carácter impermeable y de tamaño pequeño, a su paso por el sistema gastrointestinal de los animales; habilidad para establecerse sobre la superficie del suelo, por medio del enterramiento o anclaje de sus frutos, entre otras. Por otra parte, especies perennes, como son pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca arundinacea*) y falaris (*Phalaris aquatica*) disponen de centros de crecimiento y propagación donde almacenan reservas nutritivas que son utilizadas en periodos críticos (sequía o temperaturas extremas) o posteriormente a una defoliación por parte del animal.

En nuestra la mediterránea existe una marcada fluctuación anual en la cantidad y valor nutritivo del forraje disponible para los animales, con déficit marcado en otoño e invierno y superávit en primavera o verano, según sea el rezago que se haga de las praderas durante la estación de primavera para ser utilizada durante el periodo seco-estival. No obstante, los animales presentan una gran capacidad para seleccionar aquellas especies o partes de una planta forrajera por su mayor valor nutritivo y, en consecuencia, la ingesta por parte del animal suele tener un mayor valor nutricional que la oferta de forraje *in situ*.

Durante la temporada de siembra, la pradera deberá ser excluida normalmente del pastoreo durante su crecimiento, para luego utilizarla durante el receso estival, de tal manera que los animales no consuman la semilla o bien cuidando el consumo excesivo del rebrote de las especies perennes, que en esa época del año está fuertemente limitado por la magnitud de la sequía. En años sucesivos el pastoreo puede ser más intenso, eso sí manteniendo una altura de residuo de utilización según sea la o las especies presentes. A este respecto, las leguminosas anuales pueden pastorearse con el cuidado de mantener un residuo de al menos 3 cm en trébol subterráneo, y 3 a 5 cm en las especies restantes. Por otra parte, las gramíneas perennes requieren residuos óptimos que van desde los 3 a 5 cm en festuca y ballicas anuales, 5 cm en pasto ovillo, y 5 a 7 cm en falaris.

Sin embargo, para asegurar que la pradera de carácter permanente tenga una larga vida útil productiva, es necesario que el manejo de poda y raleo de los árboles sea lo suficientemente intenso y oportuno, como asimismo, que se haga una correcta disposición de los desechos del bosque.

SUMMARY

The adoption of silvopastoral systems for small and medium farms in Central-South of Chile can be a useful tool to promote diversification and sustainability of production systems located in marginal areas. In order to recommend permanent pastures for this situation, the study points different considerations about forage species and management practices that allow persistence of pastures under the effect of the interaction livestock-forest.

Grazing by livestock is the most practical and economic use of pastures. By this reason, is important to know how is the performance of certain morphological and physiological structures of species and its effect on the persistence of pastures. The cycle of annual or perennial species, is given by seed production in successive years or by the development of growth points, such as tillers and rhizomes, respectively. The seeds of annual species, eg, Subterranean Clover (*Trifolium subterraneum*), Balansa Clover (*T. michelianum*), Burr Medic (*Medicago polymorpha*) and Annual Ryegrass (*Lolium rigidum*) have several strategies to ensure their persistence, as gradual seed softening during the dry-summer period; embryo dormancy that is reversed by direct sunlight; survival of hard and small seed size, its passage through the gastrointestinal tract of livestock; ability to establishment on soil surface, through the burial and anchor of pods and burrs, among others. On the other hand, perennials such as Orchard Grass (*Dactylis glomerata*), Fescue (*Festuca arundinacea*) and Harding Grass (*Phalaris aquatica*) have growth points able to store nutrients that are used during critical periods (drought or extreme temperatures) or for regrowth after grazing.

Under Mediterranean climate conditions, important seasonal changes are obtained in the amount and nutritional value of forage for livestock, with an important deficit in autumn and winter and, a surplus in spring and summer when deferred grazing was done, during spring. However, livestock have a great ability to select species or parts of a forage plant, by nutritional value, and consequently, the forage intake is higher than the total forage available for grazing.

In the seeding season, the pasture must be excluded from grazing during the growing period and then used during the dry period, avoiding as much as possible, the intake of pods and burs by livestock, as well as, the grazing of perennial grasses, in time where the growth is normally affected by drought. In following years grazing may be heavy, but caring a proper grazing height of species involved. Annual legumes can be grazed with caution to keep a residue of at least 3 cm in Subterranean Clover, and 3 to 5 cm in the remaining species. On the other hand, grasses require optimal residues ranging from 3 to 5 cm in Fescue and Annual Ryegrass, 5 cm in Orchard Grass and 5-7 cm in Harding Grass.

However, to ensure long term pasture persistence, it is required that pruning and thinning of trees to be sufficiently intense and did it on proper time, as well as, the waste residues (trunks and branches) disposed properly.

INTRODUCCIÓN

Las praderas, término general usado tanto para pastizales naturales como para pasturas de siembra, constituyen la base de la alimentación de los rumiantes (caprinos, ovinos y bovinos), tanto en sistemas semiintensivos o intensivos en el riego, junto al uso de concentrados, suplementación de forraje, entre otros; como en sistemas extensivos de producción animal en el secano. En este último caso, el forraje producido por el pastizal natural, mayormente asociado al espino y, el forraje y grano producidos por pasturas y cultivos, respectivamente, junto a los residuos

de cultivos de cereales y legumbres (rastrajos); suelen ser las únicas fuentes de alimentación para el ganado. Solo en situaciones de explotación más intensivas se utilizan suplementos externos al sistema productivo predial, como por ejemplo la alimentación con grano de cereales y leguminosas, subproductos o materiales elaborados por la industria, entre otros.

En lo que respecta a la empresa ganadera, el recurso forrajero o de grano es el producto primario generado por las plantas a través del aprovechamiento de los recursos aportados por el clima y el suelo. Sin embargo, el producto final obedece a la transformación de los recursos de alimentación por el animal, o producción secundaria, en productos con valor comercial, como son la leche, carne y lana, entre otros.

A diferencia de la condición de riego, en el secano los sistemas de producción animal no tienen muchas variantes dentro del territorio, tanto en lo que respecta a la producción primaria (forraje y/o grano) como secundaria (animal); en cierta medida, atribuibles al proceso de desertificación, donde históricamente se ha realizado un inadecuado cultivo del suelo, sobre pastoreo de las praderas (pastizal natural y pasturas) y deforestación del bosque nativo, entre otros. En consecuencia, se observa un amplio rango de productividad, a pesar de disponer de una suficiente oferta tecnológica, para al menos detenerlo y/o revertirlo (Ovalle y Squella, 1996; Squella, 2007b).

Todo ello es producto de la compleja relación existente entre los recursos naturales (suelo y clima), los recursos forrajeros y de grano, el animal y la presencia de vegetación leñosa nativa o exótica. En último término, la forma en que estos factores de la productividad son manejados a nivel predial significará mayor o menor rentabilidad, ya sea de orden biológica como económica.

Un claro ejemplo son los efectos que tienen algunas variables climáticas (como precipitación, temperatura, entre otras) sobre el rendimiento de forraje y/o grano, la curva estacional de producción, el valor nutritivo y, finalmente, en la persistencia de los recursos forrajeros. Asimismo, las condiciones climáticas juegan un papel importante sobre la respuesta animal, ya sea afectando la eficiencia de conversión de los alimentos, o bien directa o indirectamente sobre la salud animal (Ruiz, 1996a; Squella, 2007b).

En todo caso, el grado de control que tenga el productor sobre las variables que intervienen en el proceso productivo (aspectos económicamente manejables) imprimirá las reales proyecciones que éste pueda tener dentro de un ámbito territorial determinado. Un objetivo de diversificación productiva que confiera mayor sustentabilidad al proceso productivo, es de real importancia. A este respecto, el establecimiento de especies arbóreas con fines maderables o no, que permitan la persistencia temporal de praderas en algún momento de la rotación de la especie forestal, puede ser de gran trascendencia (Squella, 2005; Squella y Figueroa, 2005).

El principal objetivo que se persigue con la siembra de una pradera es la producción de forraje destinado a la alimentación del ganado, eso sí, dentro de un contexto de conservación de los recursos naturales renovables, y por ende, de sustentabilidad de los sistemas de producción. El término pradera se refiere al uso de especies vegetales mejoradas, sembradas solas o en mezcla y destinadas a dicho propósito. Al respecto, las leguminosas forrajeras (syn. *Fabaceae*), por ejemplo los géneros *Trifolium*, *Medicago* y *Ornithopus*, y las gramíneas (syn. *Poaceae*) por ejemplo los géneros *Dactylis*, *Festuca*, *Phalaris* y *Lolium*; constituyen los dos grandes grupos de especies vegetales, que presentan los mejores atributos para ser usadas como recursos forrajeros en sistemas silvopastorales del secano Centro-Sur de Chile.

Actualmente, los programas de mejoramiento genético de forrajeras en el mundo, están más orientados al desarrollo y ampliación de nuevas variedades de especies ya existentes dentro de los géneros taxonómicos más difundidos, que en la búsqueda de nuevos géneros de plantas, sobre los cuales se tiene un menor conocimiento (Squella 2007b).

OBJETIVOS

General

Entregar información del manejo de praderas permanentes a ser utilizadas a modo de pastoreo, en sistemas silvopastorales localizados en el secano Centro-Sur de Chile.

Específicos

Clasificar los recursos forrajeros mediterráneos,

Entregar criterios de selección de especies y variedades a ser usadas como mezclas en praderas,

Priorizar aspectos morfológicos y fisiológicos que inciden en la persistencia de la pradera,

Dar pautas del manejo de mantención y pastoreo de las praderas con animales.

MATERIAL Y MÉTODO

Clasificación de los Recursos Forrajeros del Secano Mediterráneo

Los recursos forrajeros pueden ser divididos en dos grandes categorías. La primera comprende los pastizales conformados por especies herbáceas nativas y/o naturalizadas, es decir, especies que han coevolucionado con el medio ambiente, o bien han sido introducidas desde ambientes preferentemente mediterráneos, adaptándose y persistiendo con gran éxito. Dadas sus características, estos pastizales se establecen naturalmente, sin la participación del hombre.

En el marco territorial del secano Mediterráneo, se encuentran dentro de esta categoría los pastizales de veranadas de precordillera y cordillera de Los Andes, el pastizal anual Mediterráneo, asociado principalmente a la formación vegetacional del espinal o estepa de *Acacia caven* (espino), y en menor medida, la sucesión poscultural que ocurre luego del cultivo del arroz.

La segunda categoría, corresponde a las praderas de siembra (syn. pastura) y cultivos que son sembrados por el hombre, con el concurso de normas tecnológicas claramente establecidas para dicho propósito. En el caso de las praderas de siembra, pueden ser establecidas a modo de rotaciones culturales (corta o larga: 2-3 años a 3-5 años de duración, respectivamente) o como praderas permanentes, es decir con una vida útil productiva que alcance a los 6 o más años (Squella 2007b).

Estas últimas son las praderas que mejor se adaptan a sistemas silvopastorales de secano. Lo recomendado es usar mezclas mediterráneas (Med.) de leguminosas de autosiembra compuestas por trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), trébol balansa (*T. michelianum*), trébol encarnado (*T. incarnatum*), trébol vesiculoso (*T. vesiculosum*), hualputra (*Medicago polymorpha*) y serradela (*Ornithopus sativus*); asociadas a ballicas anuales (*Lolium rigidum* o *L. multiflorum*), o pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca arundinacea*) y falaris (*Phalaris aquatica*), según sea el caso. Las praderas de tipo permanente conformadas por mezclas de leguminosas y una gramínea, son el recurso forrajero más adecuado y recomendable para ser incluido potencialmente en sistemas pradera-ganado-bosque (Squella, 2004).

Criterios Usados para Seleccionar Especies, Cultivares o Mezclas Forrajeras

Al elegir una especie o mezcla forrajera, se debe tomar en cuenta la adaptación que presenta a las condiciones de suelo y clima. También es importante en la elección, considerar el

tipo de explotación ganadera y el manejo de utilización de los recursos forrajeros. Tratándose de mezclas forrajeras, se suma la consideración de aspectos morfológicos y fisiológicos de las especies, como hábito de crecimiento (postrado a erecto), habilidad competitiva (disposición de las estructuras morfológicas y centros de crecimiento; vigor y habilidad natural de establecimiento, y persistencia; recuperación al corte o pastoreo), forma de crecimiento (distribución cronológica de la producción de forraje), palatabilidad o aceptabilidad por los animales, valor nutritivo, entre otros (Soto, 1996).

En la elección de las especies forrajeras intervienen fundamentalmente cuatro factores:

-Vida Útil Productiva

La vida útil de una pradera puede estar comprendida entre una o dos temporadas y diez o más años. Varios factores intervienen en la decisión de elegir un recurso forrajero de una determinada vida útil productiva. Por ejemplo, la capacidad de uso de un suelo ligada al tipo de explotación. En suelos más productivos, en donde la rotación de cultivos es una estrategia que asegura en mayor medida la sustentabilidad biológica y económica del sistema productivo, la decisión de incorporar cultivos suplementarios de invierno (menos de un año), o bien la siembra de praderas en rotación, son determinantes para establecer los límites deseados. En condiciones más marginales, como son las dables de encontrar en sitios destinados al uso silvopastoral, la utilización de praderas permanentes (6 o más años) asegura una mejor conservación del recurso suelo y es más consecuente con un sistema ganadero más extensivo. En último término, la vida útil de una pradera va a depender de la especie o especies consideradas, de las condiciones edafoclimáticas existentes y de las técnicas de explotación usadas.

-Época Estratégica de Producción

En los sistemas de producción animal con rumiantes, la pradera es comúnmente la base de la alimentación. En consecuencia, la elección de un recurso forrajero deberá ser considerada en función del balance forrajero requerido para suplir los requerimientos de la explotación. Sobre este aspecto, el interés podrá estar orientado, por ejemplo, a aumentar la disponibilidad de forraje durante la primavera con el objeto de favorecer la conservación de forrajes y la alimentación de los animales en períodos en que las praderas tienen limitaciones en su producción (ejemplo: invierno). De acuerdo a esto último, los objetivos deben estar orientados a obtener una producción temprana de forraje para así poder adelantar el inicio del pastoreo, obtener forraje de alta calidad hacia fines de primavera, disponer de un forraje verde en verano y prolongar la producción de forraje en otoño.

Sin embargo, en el secano mediterráneo aludido, las opciones son más restringidas ya que el crecimiento de las especies forrajeras está supeditado, en gran medida, a un patrón estrecho de distribución de las precipitaciones. En general, las praderas tienen una escasa producción de forraje en otoño y parte del invierno (abril-julio), más alta a partir de fines de invierno (agosto-septiembre) y máxima en primavera (octubre-noviembre). La producción es escasa a nula desde mediados a fines de primavera (noviembre-diciembre) hasta el reinicio de la estación de las lluvias en otoño (abril-mayo). A pesar de ello existen cultivares en una misma especie que se diferencian en cierta medida de otros, por precocidad de crecimiento, lo que permite adelantar o retardar su producción de forraje, según sea el caso.

-Forma de Utilización

Las especies forrajeras pueden adaptarse en mayor o menor grado a las diferentes formas de utilización existentes; pastoreo, forrajeo en verde (*soiling*), ensilaje y henificación. La elección para un tipo de utilización estará supeditada a diferentes características, por ejemplo: hábito de crecimiento, tipo y ubicación de los centros de crecimiento o rebrote, habilidad de recuperación a la utilización, precocidad en la floración, palatabilidad, presencia predominante de algunos nutrientes, entre otras. Las especies recomendadas como potencialmente utilizables en sistemas silvopastorales, tienen la particularidad de adaptarse al pastoreo, siempre y cuando, el

manejo de utilización animal tome adecuadamente en consideración, los aspectos anteriormente señalados.

-Adaptación a Condiciones de Clima y Suelo

En último término, las condiciones particulares de suelo y clima, son fundamentales para la selección de una especie o mezcla forrajera. Los factores de suelo que más limitan la persistencia de las especies forrajeras son: la capacidad de retención de humedad (falta o exceso) y la acidez. En cuanto a las condiciones climáticas, los aspectos de mayor relevancia son el exceso de frío, de calor o sequía (Soto, 1996; Squella 2007b).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características Morfológicas y Fisiológicas a Considerar en la Persistencia de las Praderas

En las especies forrajeras indicadas existen diferentes estructuras adaptativas, tanto morfológicas como fisiológicas, que favorecen según se manifiesten las interacciones y factores ambientales (suelo, clima, agua, vegetación, animal y manejo) la persistencia de la comunidad de plantas en un medio físico determinado. La vida útil productiva presupuestada para una pradera de siembra, según sea el costo de establecimiento y mantención (depreciación), va a estar supeditada a la intensidad y frecuencia de utilización de la pradera por parte de los animales; el marco y densidad de plantación del bosque, manejo cronológico de raleo, poda y disposición de los residuos del bosque; como asimismo al nivel de restricción ambiental que impongan los diferentes factores naturales (Squella 2004).

La persistencia de las especies sembradas a modo de praderas en sistemas silvopastorales del secano Mediterráneo centro-sur de Chile depende de diversos factores. El principal tiene que ver con la estrategia para sortear el periodo seco-estival, que puede ser de 5 a 6 meses en el secano de la costa e interior y 5 meses en el secano de precordillera. Para tal efecto, las leguminosas y ballicas anuales de autosiembra, presentan una condición de ciclo anual, que consiste en que una planta prospera en su desarrollo mientras existe humedad en el suelo y lo finaliza, con la producción de la semilla. Es esta estructura de la planta, que al permanecer en latencia desde su madurez (noviembre-diciembre) hasta el inicio de la estación de las lluvias (abril-mayo), la que permite la regeneración de la pradera en otoño, una vez ocurrida una primera lluvia efectiva (20-30 mm).

A diferencia], las gramíneas como pasto ovillo y falaris, y festuca, de carácter perenne; presentan estructuras morfológicas en la base de los tallos llamadas macollos y rizomas, respectivamente. Estos representan órganos de almacenamiento de nutrientes que le permiten a la planta moderar el efecto de estrés ocasionado por temperaturas bajas en invierno o altas en primavera-verano; escasez de agua disponible en el suelo principalmente en verano, entre otros, y rebrotar después de una defoliación animal o corte con maquinaria. Tanto en pasto ovillo como festuca, dado que no tienen mecanismos de dormancia durante el periodo seco-estival, la persistencia de la pradera va a estar supeditada al nivel de almacenamiento de nutrientes en los centros de crecimiento señalados y el régimen hídrico presente durante el periodo seco-estival. Por el contrario, falaris se comporta como de ciclo anual, debido a la entrada en dormancia de las plantas con el aumento de la temperatura hacia fines de primavera (noviembre-diciembre), que coincide con el inicio de un balance hídrico negativo en el suelo. El mecanismo se desbloquea posteriormente con la disminución de las temperaturas, especialmente a partir del mes de marzo (Squella, 2007b).

Otro aspecto relevante, para la persistencia de estas praderas, es la plasticidad que tienen las plantas o partes de ellas para adecuarse al efecto del estímulo animal. Si bien las especies de hábito de crecimiento rastroso (ejemplo: trébol subterráneo), se presentan como más adecuadas para el pastoreo, no es menos cierto que especies de hábito semierecto (ejemplo:

trébol balansa) o bien erecto, como es el caso de las gramíneas nombradas, pueden sufrir modificaciones en su hábito normal de crecimiento al ser cosechadas directamente por los animales. Se hacen más postradas, e incluso en las gramíneas perennes que rebrotan desde los macollos, estos se muestran más achatados y por ende se encuentran más en contacto con la superficie del suelo. Más aún, la festuca presenta rizomas o centros de crecimiento que se localizan o muy apegados al suelo o ligeramente enterrados en él. Esta capacidad de readecuación de las plantas o de los centros de crecimiento las hace ser más difícilmente accesibles al bocado del animal durante el pastoreo (Watkin and Clements, 1978).

Finalmente, la extraordinaria capacidad de las especies anuales de autosiembra para producir semilla, siempre y cuando no exista restricción de humedad durante el periodo de la formación y llenado de la semilla, es otro aspecto relevante que asegura la persistencia de las especies. Existen forrajeras, como ejemplo trébol balansa, trébol encarnado, trébol vesiculoso y ballicas anuales, que desgranar sus semillas desde las inflorescencias (cabezuelas y espigas) una vez maduras, las que al caer al suelo, quedan en íntimo contacto con su superficie o las fisuras presentes y, en consecuencia, abiertamente expuestas al efecto de condiciones microclimáticas, como fluctuación (día-noche) de temperatura y humedad relativa del aire, y la luz solar, entre otras (Squella, 2007b).

Las semillas de las leguminosas anuales, una vez formadas (octubre-diciembre), presentan diferentes características. Una de ellas, es que tienen niveles de humedad de sus tejidos de 5% o menos y que presentan a ese momento una cubierta seminal impermeable al agua y gases (Bewley and Black, 1982). A modo de ejemplo, en poblaciones de semillas de cultivares de trébol subterráneo y hualputra, se han medido contenidos de humedad en la semilla de 6,11-6,57% y 5,00-5,70%, respectivamente (Squella, 1992). Asimismo, la dureza seminal le permite a la semilla persistir ante la presencia de lluvias durante el periodo seco-estival. Sin embargo, por efecto de la fluctuación de temperatura entre el día y la noche, y de cambios en la humedad relativa del aire, la cubierta seminal finalmente se requiebra y deja la vía de entrada al agua y gases (Quinlivan, 1966). No obstante, esto demora un tiempo prolongado (4-6 meses), por lo que existe una mayor probabilidad de que esto finalmente coincida con el inicio de la estación de las lluvias (abril-mayo). Del mismo modo, la semilla que se desgrana de las espigas de la ballicas anuales, tiene un porcentaje importante de latencia embrionaria, que disminuye paulatinamente durante el periodo seco-estival, debido a la influencia de ciertas longitudes de onda de la luz solar. Por tal motivo, la exposición de la semilla o frutos es beneficiosa para la regeneración natural de estas especies (Muslera y Ratera, 1991).

En todo caso, en el secano Mediterráneo, con excepción de algunos sitios en la precordillera, existe una baja probabilidad de una lluvia efectiva durante los meses de verano. Una lluvia efectiva, de monto variable entre los 20 y 30 mm, es aquella capaz de proveer del agua suficiente para que la semilla pueda germinar (ejemplo: 150 y 200% del peso seco de la semilla en agua, para un cultivar de trébol subterráneo: Trikkala y hualputra: Sava, respectivamente), emerger y establecerse como plántula (Squella, 1992).

La capacidad con que una semilla de leguminosa anual pierde su dureza seminal varía entre especies y cultivares, como asimismo, depende de la restricción, principalmente hídrica, que tuvo la pradera durante la temporada de producción de la semilla en cuestión (Quinlivan, 1966).

A modo de ejemplo, cultivares de trébol subterráneo pueden sufrir ablandamiento de la semilla (escarificación natural) entre un 18 y 46% durante el primer periodo seco-estival, y una escarificación acumulada entre 60 y 95%, una vez concluido el tercer periodo seco-estival. En otras especies de tréboles, como balansa, vesiculoso y encarnado, el ablandamiento calculado durante el primer periodo seco-estival ha sido de 25-30%, 12-20% y mayor a 90%, respectivamente. En serradela rosada y hualputra los montos han alcanzado a un 90-95% y 2-8%, respectivamente. La hualputra (*Medicago polymorpha*) resulta ser la especie que presenta una menor tasa de escarificación natural, con valores máximos de 62%, después de haber sido afectada por cuatro periodos seco-estivales (Squella, 1992; Squella y Ovalle, 1997 y 1998; Squella 2007b).

Igual situación se presenta en las semillas de especies que quedan retenidas en sus frutos, a modo de ejemplo, glomérulos en el caso del trébol subterráneo y gloquídeos en hualputra. Incluso el trébol subterráneo tiene la capacidad de anclar o enterrar las semillas (3-4 unidades) incluidas en el fruto debido a un mecanismo de fototropismo negativo que se inicia al momento de la fecundación de las flores. Otros frutos con presencia de espinas, como es el caso de algunas hualputras, pueden ser anclados al suelo y mejorar su contacto, hecho que favorece posteriormente la resiembra natural (Collins *et al.*, 1984; Squella, 2007b).

Es en esta última situación es donde se debe poner mayor atención. Normalmente las semillas que se desgranar de las cabezuelas y caen a la superficie del suelo, debido principalmente a su pequeño tamaño, no están accesibles para los rumiantes, excepto para algunos insectos granívoros que pueden potencialmente cosechar una importante cantidad de semilla, dejar escarificar sobre la superficie del suelo y, una vez ablandada hacia el otoño, previo a la ocurrencia de una primera lluvia efectiva, transportarla hacia el interior de su nidos (Carter, 1987; Squella, 1992).

Por el contrario, en el caso de las semillas en sus frutos, como es el caso del trébol subterráneo, serradela y hualputra; el animal puede acceder y consumir los frutos dispuestos mayormente sobre la superficie del suelo. Incluso en una situación extrema, de baja disponibilidad de forraje, los ovinos son capaces de desprender desde los primeros centímetros de suelo los frutos que se encuentran anclados o ligeramente enterrados (Squella, 1992).

Solo una semilla dura, que escape de la masticación del animal durante la rumia, es factible que sobreviva el paso por el tracto gastrointestinal. Una semilla más pequeña tiene mayor probabilidad de sobrevivir, dado a que cuando cae al rumen del animal, pasa rápidamente por efecto de su tamaño, al estómago posterior (abomasum), en donde se realiza la digestión ácida. Sin embargo, la acción de digestión ácida también puede inducir un ablandamiento y muerte del embrión de la semilla, en especial, si queda retenida por un tiempo importante en los pliegues de dicho estómago (De Koning, 1990; Squella, 1992; Squella y Carter, 1992a y b; Squella y Carter, 1996).

A modo de ejemplo, en una mezcla de cultivares de trébol subterráneo (7,2 mg de peso individual de la semilla) y balansa (0,771 mg de peso individual de la semilla) pastoreada por ovinos durante el periodo seco-estival, se encontró valores de supervivencia de la semilla de 1,8% (1,2% dura y 0,6% germinable) y 14,9% (13,3% dura y 1,6% germinable), respectivamente. Entre leguminosas acompañantes, trébol glomerata (*Trifolium glomeratum*), con peso individual de la semilla de 0,412 mg, registró una supervivencia de 75,6% (74,3% dura y 1,3% germinable) (Squella, 1992).

En consecuencia, en orden a propiciar una más adecuada persistencia de praderas en mezcla, el manejo de pastoreo animal deberá tender a fortalecer el banco de semilla en las especies anuales de autosiembra y favorecer el desarrollo y mantención de los centros de crecimientos de las gramíneas perennes. En las leguminosas anuales utilizadas en condición de pastoreo debe tomarse en cuenta dos aspectos que se encuentran íntimamente relacionados entre sí, primero, se debe asegurar la persistencia de las especies entre años y, segundo, propiciar la producción de forraje durante cada temporada de crecimiento. Esto depende en gran medida de la producción de semilla de la temporada anterior y de la regeneración vía establecimiento de las plantas. La cantidad de semilla producida cada año está sujeta, en gran medida, al rendimiento de forraje generado en ese año (Carter *et al.*, 1992; Carter and Lake, 1985).

En el primer caso, deberá adoptarse una metodología de seguimiento del banco de semilla, a través del muestreo de volúmenes de suelo y la medición de la participación de las diferentes especies y cultivares presentes, hacia fines del periodo seco-estival. De esa forma se podrán corregir las deficiencias en el banco de semilla y establecer un programa de regeneración

de la pradera, o bien, hacer los ajustes desde el punto de vista del pastoreo animal, que signifiquen compensar los desequilibrios encontrados (Carter and Cochrane, 1985; Dear and Loveland, 1985).

De no ser así, otra forma de abocarse al problema, es estimar la participación relativa de las diferentes especies y cultivares anuales, según densidad de plantas naturalmente establecidas. Esto último es relevante, debido a que existe una relación directa entre la densidad de plantas establecidas y el rendimiento de forraje producido durante la estación de invierno, que es el que, en mayor medida, limita el resultado productivo del sistema de producción animal, en especial en territorios marginales, donde no es posible o aconsejable realizar un manejo de conservación de forraje y/o grano (Carter, 1987).

En el segundo caso, promover el desarrollo de una mayor densidad de macollos o rizomas que sean capaces de acumular las reservas necesarias como para sobrellevar los momentos restrictivos, como puede ser un déficit hídrico durante el periodo seco-estival o una recurrencia de bajas temperaturas en el periodo de otoño-invierno. En una gramínea perenne, los centros de crecimiento que acumulen una adecuada cantidad de reserva nutricional, principalmente de almidón, van a ser capaces de diferenciarse, emitir un tallo floral, producir semilla y prosperar en un periodo de sequía posterior. Normalmente, la acumulación de reservas en la raíces es menor e insuficiente como para establecer dicha secuencia de hechos. No obstante, en estas especies perennes, el manejo de pastoreo no debe tener como meta la producción de semilla, sino la obtención de la mayor cantidad de follaje (relación hoja/tallo) y, en consecuencia, de forraje de mayor valor nutritivo (Muslera y Ratera, 1991; Romero, 1996).

Adicionalmente, se deberá tomar en consideración la opción de sombreado por parte de los árboles, para lo cual se tendrá que tomar oportunamente la decisión de hacer los manejos de raleo y poda requeridos, y la disposición adecuada de los residuos, que al no retirarse y quedar sobre el suelo, junto con sombrear a las especies forrajeras, puede inducir a un efecto mecánico negativo sobre ellas y, asimismo, disminuye la superficie efectiva de pastoreo (Squella, 2004; Squella, 2007a).

A este respecto, las gramíneas por su hábito de crecimiento más erecto y disposición alternada y en ángulo de las hojas en altura, resultan menos afectadas que las leguminosas anuales, en especial las de crecimiento rastrero, que presentan una disposición más horizontal de las hojas (ejemplo: trébol subterráneo) (Brougham, 1960).

Consideraciones sobre el Manejo de Pastoreo

En la condición mediterránea existe una marcada fluctuación anual en la cantidad y valor nutritivo del forraje disponible para los animales. Esto último, se refiere a la proporción relativa de nutrientes presentes en el forraje en oferta, respecto a los requerimientos del animal, según sea su estado fisiológico; mantención o producción (último tercio de la preñez, lactancia, entre otros), del momento.

Lo primero, es decir la disponibilidad de forraje en oferta, condiciona una limitante para la producción animal, principalmente en otoño e invierno. Lo segundo, es decir el valor nutritivo de la pradera, hacia fines de primavera cuando las plantas maduran y establecen sus órganos reproductivos que culmina con la producción de las semillas, y durante el estado relativo de senescencia de verano-otoño, hasta previo el inicio de la estación de las lluvias. Sin embargo, se acepta que el momento de menor aporte nutricional del forraje en oferta, se produce seguida la primera lluvia efectiva de otoño, como consecuencia del lavado y pérdida de nutrientes hidrosolubles (ejemplo: proteínas) (Black, 1987; Ovalle y Squella, 1996).

No obstante, según sea el manejo de utilización de la pradera, los animales presentan una gran capacidad para seleccionar aquellas especies o partes de una planta forrajera, por su mayor valor nutritivo. Por selección se entiende la capacidad de un animal para cosechar una

planta o parte de una planta en particular, fundamentalmente por su valor nutritivo (Black and Kenney, 1984; Squella, 1992).

El uso de mezclas de leguminosas y gramíneas, entre otros beneficios, mejora el rendimiento y valor nutricional de la pradera (cantidad y distribución), y le confiere una mejor oportunidad de persistencia en el medio. Sin embargo, deberá cuidarse que el manejo de pastoreo permita a las especies anuales producir semilla en cada temporada, para su propia regeneración natural, como asimismo, minimizar la pérdida de semilla por consumo animal, durante el periodo seco estival (Reed, *et al.*, 1989; Carter *et al.*, 1992).

Temporada de Establecimiento

Una vez establecida una pradera, como consecuencia de la aplicación de un paquete tecnológico de siembra, se debe realizar diferentes manejos agronómicos de uso y mantención, donde la utilización animal o manejo de pastoreo y la fertilización de mantención resultan ser los más relevantes.

Durante la temporada de siembra, se recomienda no utilizar la pradera hasta que se haya producido la semilla (Carter, 1987). Sin embargo, si se ha logrado un buen establecimiento, a juzgar por el número de plantas de las leguminosas y gramíneas establecidas, como asimismo por el desarrollo de las plantas de la gramínea perenne (según se trate de pasto ovillo, festuca o falaris), y siempre y cuando la condición del suelo lo permita, puede efectuarse un pastoreo controlado, intenso y de corta duración, hacia mediados o fines de invierno (agosto-septiembre), según sea la precocidad de los cultivares en la mezcla, con el objeto de reducir la competencia con malezas de crecimiento erecto o bien con las gramíneas de siembra acompañantes. En este último grupo se debe mantener una altura del follaje no inferior a los 15 cm (Squella, 2007b).

La intensidad de utilización deberá basarse en la debida presión de pastoreo a ejercer. Esta última relaciona la cantidad de forraje disponible (kg MS/animal/día). A mayor disponibilidad de forraje por animal por día, menor es la presión de pastoreo y viceversa. De esa forma, los animales no tienen la oportunidad de seleccionar las especies por valor nutritivo y, en consecuencia, se limitan a consumir el forraje inmediatamente superior que normalmente va a estar dado por especies de rápido establecimiento y desarrollo posterior, como son las gramíneas anuales. Asimismo, se favorece el paso de la luz solar hacia la superficie del suelo, favoreciendo a su vez a las leguminosas de hábito de crecimiento más rastrero (ejemplo: trébol subterráneo) y las gramíneas perennes, ya que la penetración de la luz estimula el desarrollo de los órganos de rebrote en formación (macollos o rizomas) (Brougham, 1960; Ruiz, 1996d).

Posteriormente, la pradera deberá rezagarse hasta que se complete la maduración de la semilla, para luego volverla a utilizar, una vez completado su ciclo de crecimiento (octubre-diciembre). No obstante, deberá tomarse las debidas precauciones para minimizar el consumo de semillas por parte de los animales, durante el periodo seco-estival. Lo ideal es utilizar una densidad de carga animal que fuerce a los animales a consumir hojas y tallos, y dejar la mayor cantidad de semilla y frutos expuestos a la radiación solar para una adecuada escarificación natural, hasta la ocurrencia de la primera lluvia efectiva en otoño (abril-mayo). No obstante, se recomienda dejar un residuo senescente de pradera de unos 250-300 kg/ha. Este material inerte de hojas y tallos, por su volumen, junto con no representar un efecto físico negativo en la resiembra natural, favorecerá la tasa de germinación de las semillas y establecimiento de las plántulas de las leguminosas anuales, al moderar las temperaturas extremas y disminuir la evaporación del agua, desde los primeros centímetros del suelo (Carter and Lake, 1985; Carter *et al.*, 1992).

A diferencia de la presión de pastoreo (kg MS/animal/día), utilizada solo durante el periodo de crecimiento de la pradera (abril-mayo a octubre-diciembre), la densidad de carga se utiliza durante el periodo de receso de la pradera, que se produce normalmente entre noviembre-diciembre y abril-mayo, de cada año. Se expresa en número de animales por hectárea o equivalente por hectárea, cuando se trata de una sola especie animal en pastoreo, por ejemplo

equivalente ovino/hectárea (EO/ha) que considera una oveja de unos 55 kg de peso vivo. En el caso de un pastoreo que incluya diferentes especies animales, se deberá usar un valor de equivalencia en unidades animales (UA), según sea la especie y categoría etaria de desarrollo. Ejemplo: 1 oveja (edad superior a los 18 meses) de 55 kg de peso vivo (PV) equivale a unas 0,16 UA., mientras que una vaca de unos 500 kg de PV equivale a 1 UA, o bien 1 vaca equivale a unas 6,25 ovejas.

Como se ha indicado, una de las características más trascendentes que tienen los cultivos de las especies anuales de autosiembra es la escarificación natural y tamaño de la semilla. Semillas pequeñas y con menor grado de escarificación natural persisten en mejor forma su paso por el tracto gastrointestinal de los animales, e incluso, presentan una mayor capacidad de establecimiento desde las fecas (Curl and Jones, 1989; De Koning, 1990; Squella, 1992).

Un estudio realizado en una mezcla de trébol subterráneo y ballica inglesa (*Lolium perenne*) pastoreada con ovinos señala una significativa menor supervivencia de la semilla de cultivos de trébol subterráneo (spp. *subterraneum* y *yanninicum*) en comparación con un trébol voluntario como es el trébol glomerata (*T. glomeratum*), que posee una semilla de menor tamaño (0,276 mg) respecto a los tréboles subterráneos (3,83 y 4,67 mg), respectivamente. Asimismo, esto se hace extensivo a la eficiencia de germinación de la semilla más pequeña y su establecimiento como planta, desde las fecas del animal (Squella and Carter, 1996).

En el caso de las especies perennes, como pasto ovillo y festuca, la defoliación en el periodo seco-estival, deberá ser lo suficientemente liviana y/o poco frecuente, de tal manera que se favorezca un balance positivo en los órganos de reserva (Muslera y Ratera, 1991). Si se presenta un déficit hídrico en este periodo, se recomienda rezagar la pradera y no utilizarla hasta la temporada de crecimiento siguiente. En el caso de falaris, esto difiere, ya que presenta dormancia y por tanto no requiere de cuidados especiales. La excepción se da en el caso que por desbloqueo de dicho mecanismo, debido a la disminución de la temperatura en otoño, tienda a rebrotar. Esto sucede solo en suelos con buena profundidad efectiva de arraigamiento, donde un sistema radical de amplia capacidad de prospección, es capaz de utilizar el agua remanente en el suelo. No obstante, se trata de agua que está fuertemente retenida en el suelo y la tasa de crecimiento obtenida es muy baja. Luego, lo recomendable, es rezagar su utilización en otoño hasta el momento que las especies anuales se hayan establecido adecuadamente (Hoveland, 1970).

Temporadas Siguietes

Una vez iniciada la estación de las lluvias (segunda temporada de crecimiento y sucesivas), se recomienda rezagar la pradera hasta que la especie o cultivar de menor vigor de planta, se establezca adecuadamente, y la gramínea perenne acompañante haya desarrollado su debido rebrote desde los macollos o rizomas que sobrevivieron el periodo seco-estival (Brown, 1976; Carter and Lake, 1985; Muslera y Ratera, 1991).

Debido a las diferencias en hábito de crecimiento, disposición de las hojas y tasa relativa de crecimiento inicial (perenne *versus* anual), el rezago deberá ser cautelado hasta un momento en que la competencia por luz no se agudice entre las leguminosas y la gramínea presente. El sombreado a este momento del crecimiento de la pradera, es mayormente perjudicial para las leguminosas, en especial las de hábito de crecimiento más postrado. A modo de ejemplo, el trébol subterráneo puede ser rezagado hasta que alcance un Índice de Área Foliar (IAF) entre 3 y 4, es decir, 3 a 4 veces su superficie foliar respecto a una unidad de superficie de suelo (ha). Un IAF superior trae consigo un aumento de la tasa de senescencia de la pradera y en consecuencia, una disminución importante del valor nutritivo del forraje (Brougham, 1960; Avendaño, 1996).

Luego del pastoreo, la pradera deberá rezagarse de la utilización animal hasta que su desarrollo no limite su propio crecimiento y potencial aporte nutricional al animal. Para este efecto, se debe establecer una altura (cm) de utilización o índice de cosecha que representa un volumen de forraje o un IAF determinado. Lo ideal al momento de la utilización bajo pastoreo, es que el

aporte de forraje provenga en un 40 y 60%, base materia seca, de las leguminosas y la gramínea, respectivamente (Ruiz, 1996b).

Por otra parte, se debe cuidar que el pastoreo no sobrepase una altura de residuo (cm), en orden a mantener un remanente de IAF que permita una más rápida recuperación a la defoliación animal. A este respecto, las leguminosas anuales pueden pastorearse con el cuidado de mantener un residuo de al menos 3 cm en trébol subterráneo y 3 a 5 cm en las especies restantes. Por otra parte, las gramíneas perennes requieren residuos óptimos que van desde los 3 a 5 cm en festuca y ballicas anuales; 5 cm en pasto ovillo y, 5 a 7 cm en falaris. Solo en situaciones de pastoreos muy intensivos, en los que no es esperable obtener con los residuos indicados, es posible limitar la producción de semilla en temporadas sucesivas (Ruiz, 1996b; Avendaño, 1996; Squella, 2007b).

De acuerdo a lo indicado, la frecuencia de utilización va a variar durante el periodo de crecimiento de la pradera, siendo menos frecuente en otoño-invierno y más frecuente durante la primavera. Es posible en un año normal a lluvioso, con una mejor distribución de las precipitaciones, lograr un número de 3-4 utilizaciones por temporada de crecimiento, con 4-6 semanas de rezago y alturas de pastoreo entre los 15 y 20 cm (Squella, 2007b). Bajo esta consideración, es más apropiado desde el punto de vista de la pradera y del animal usar un sistema de pastoreo rotativo con una alta presión de pastoreo, pero cuidando de mantener un nivel de residuo deseado. La altura de residuo aconsejada va a estar dada por la o las especies que requieren del residuo mayor. El pastoreo rotativo consiste en ir cambiando cronológicamente los animales de un sector a otro, según sea la frecuencia obtenida (Ruiz, 1996c y d).

No obstante, cuando no existe la opción de inversión para un sistema de ese tipo, que requiere disponer de mayor cantidad de cercos y puntos de suministro de agua de bebida para los animales, se puede recurrir a un sistema de pastoreo continuo, que considere el mismo cuidado respecto al residuo de utilización, señalado para el pastoreo rotacional. El pastoreo continuo es aquel en que los animales, se mantienen en una sola unidad de pastoreo durante toda la temporada de crecimiento (Ruiz, 1996d).

Fertilización de Mantención

Las praderas de siembra, para copar con un nivel productivo de forraje adecuado, requieren de una fertilización de mantención, en los años siguientes al de su establecimiento. Independientemente del análisis de fertilidad de suelo (nitrógeno, fósforo, y potasio en mg/kg de suelo seco; materia orgánica en % y acidez pH), inicial realizado durante el periodo seco-estival, previo a la siembra de otoño, es necesario conocer los cambios sucesivos en el suministro potencial de nutrientes a la pradera.

Los nutrientes más relevantes en una mezcla leguminosas-gramínea son nitrógeno, fósforo y potasio (macronutrientes). Sin embargo, existen otros nutrientes que pueden ser corregidos a partir de la fertilización efectuada con la siembra inicial (micronutrientes), o bien propiciar su disponibilidad potencial a través de la acumulación de mayores tenores de materia orgánica en el suelo, como es el caso del azufre. Algunos micronutrientes que puedan ser relevantes, según sea el tipo de suelo en cuestión, como boro, molibdeno, zinc, cobre, manganeso y hierro, debido a la baja dosis recomendable, parece ser más adecuado que sean incluidos junto al peletizado de la semilla de las leguminosas anuales.

A nivel de macronutrientes, los estudios de calibración de requerimientos nutricionales por parte de praderas permanentes (mezcla de tréboles subterráneos y falaris) en el secano Mediterráneo del país; señalan al fósforo y azufre como los más necesarios para el caso de las leguminosas y, al nitrógeno y fósforo en el caso de las gramíneas anuales y perennes (Avendaño, 1996). A modo de ejemplo, en suelos de secano de la zona central (asociación Rosario), el trébol subterráneo ve limitada su capacidad de rendimiento de forraje con niveles faltantes de fósforo y potasio (Squella, 2007a). A este último respecto, a pesar de que el potasio se señala como

suficiente de acuerdo a los estándares usados por los laboratorios. Falaris por su parte, si bien muestra un importante requerimiento de nitrógeno, fósforo y azufre, en la realidad, la única respuesta significativa ha sido la obtenida mayormente con la aplicación de solo nitrógeno y secundariamente de fósforo.

La mezcla para mantener un buen nivel productivo en los 4 años posteriores a la siembra, ha requerido una fertilización anual de mantención de 50 kg de N/hectárea y 50 kg de P_2O_5 /hectárea. Cuando la vida útil productiva se pronostica desde el quinto año en adelante, producto de la degradación normal y paulatina de la pradera, en especial por el aumento sostenido de malezas, es posible bajar la dosis de mantención a unos 25 kg de N/hectárea y 25 kg de P_2O_5 /hectárea. No obstante, para una correcta fertilización de mantención en años sucesivos, se requiere disponer de análisis de suelo, idealmente tomados a dos profundidades: 0-20 y 21-40 cm, previo al inicio de la estación de las lluvias.

Otro aspecto de interés es la corrección temporal de la acidez del suelo, en especial para el correcto funcionamiento de las leguminosas. Debido a la baja solubilidad de los productos usados normalmente para encalado, tiene mayor relevancia la incorporación al suelo de la dosis de corrección temporal de la acidez, durante la temporada de siembra (Ruz y Campillo, 1996).

CONCLUSIONES

En la temporada de establecimiento de una mezcla leguminosas-gramínea, el manejo de la pradera se debe concentrar en la formación del banco de semilla en las especies anuales y el desarrollo de los centros de crecimiento, en la especie perenne.

En el periodo seco-estival que le sigue, el manejo de pastoreo deberá propiciar la exposición de frutos y semillas a la acción de la radiación solar. Sin embargo, deberá evitarse que el pastoreo pueda reducir la reserva de semillas que limitará la regeneración natural de la pradera en la temporada siguiente, una vez reiniciada la estación de las lluvias. Esto último es más probable en las especies que desarrollan sus semillas incluidas en los frutos que en las especies que tienen la particularidad de propiciar el desgrane una vez alcanzada la madurez. Asimismo, deberán cuidarse los centros de crecimiento de las gramíneas perennes, especialmente si ocurren lluvias durante dicho periodo.

Para tal efecto, podrá utilizarse un sistema de pastoreo continuo, con una duración supeditada a la disponibilidad de forraje y densidad de carga a utilizar. A este momento, se deberá proveer de agua en cantidad y calidad a los animales. A modo de referencia, una oveja con 55-60 kg de peso vivo consume, en condición de secano costero Mediterráneo subhúmedo (Región de O'Higgins), durante los meses de enero-febrero, marzo, abril y mayo, este último una vez iniciada la estación de las lluvias, unos 3,2; 2,8; 1,4 y 0,9 litros/animal/día, respectivamente (Squella *et al.*, 2006). Por el contrario, durante el periodo de crecimiento de la pradera, los animales recurren al agua ingerida con el forraje y a los puntos de acumulación natural presentes en el sitio de pastoreo.

En las temporadas siguientes, se recomienda rezagar o diferir el uso de la pradera hasta que las especies anuales de autosiembra y gramíneas perennes se hayan establecido y rebrotado con éxito, respectivamente. Diferir el uso de una pradera, consiste en no utilizar con animales en un lapso de tiempo determinado, durante su periodo de crecimiento. Normalmente, el diferir el uso de una pradera en algún momento del año, a modo de ejemplo durante el establecimiento natural (abril-mayo) o previo al inicio de la época reproductiva (agosto-septiembre), cumple objetivos específicos, como son asegurar un adecuado establecimiento de la pradera y fortalecer el banco de semillas en el suelo.

Una vez superada esta etapa de desarrollo, deberá cuidarse que el crecimiento de las especies en la pradera no limite su desarrollo posterior por efecto de la competencia interespecífica, especialmente por luz. En consecuencia, deberá utilizarse idealmente un sistema

de pastoreo rotativo-diferido, donde la frecuencia o intervalos de pastoreo, variable según sea la tasa de crecimiento de la pradera, minimice este efecto. En términos prácticos, deberá establecerse una altura de inicio del pastoreo, como asimismo, deberá respetarse obligatoriamente una altura de residuo mínimo a dejar. Para tal efecto, se puede usar como referencia la altura de la especie o especies más susceptibles, o que requieren de una mayor altura de residuo, para su mejor rebrote y persistencia en la pradera.

El número de pastoreos a verificarse en cada temporada de crecimiento va a estar dado por lo temprano en que se manifieste el inicio de la estación de las lluvias, por la presencia de un régimen de temperaturas más benigno, por la frecuencia en la ocurrencia de lluvias posteriores en otoño, por la rapidez del establecimiento o rebrote, por el grado de acumulación de forraje durante el invierno y la primavera, y por la prolongación de un balance hídrico positivo en el suelo hacia fines de primavera, e inclusive durante el periodo estival, en especial en la precordillera de Los Andes. No obstante, lo más probable es que se deban tomar las medidas del caso, respecto al pastoreo de las gramíneas perennes no dormantes (pasto ovillo y festuca), en especial bajo el efecto de un estrés hídrico que ocurra durante el periodo estival. Igual indicación de rezago o no utilización por parte de los animales, es dable esperar con el potencial rebrote de *falaris*, previo a la ocurrencia de una primera lluvia efectiva.

El marco y densidad de plantación inicial de la especie forestal, deberá decidirse, tomando en consideración el tipo de sitio, mezcla forrajera a utilizar y alternativa de manejo de pastoreo, en orden a asegurar que la pradera permanente, persista en términos productivos, el mayor tiempo posible.

Por otra parte, el manejo de raleo y poda de los árboles deberá ser lo suficientemente intenso y oportuno, como asimismo la disposición de los desechos del bosque, de tal manera, de minimizar hasta donde sea posible el efecto de sombreamiento por parte de los árboles. Las especies forrajeras en cuestión, en especial las leguminosas y en particular las de hábito de crecimiento más prostrado, por la disposición horizontal de las hojas, son más susceptibles que las gramíneas anuales y perennes, que presentan sus hojas alternadas y en ángulo, respecto al crecimiento vertical del tallo que las sustenta.

REFERENCIAS

- Avendaño, J., 1996.** Praderas sembradas en zonas mediterráneas. p. 467-494. *In* I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Bewley, J. D., and M. Black, 1982.** Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 1. Development, germination and growth. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 306 p.
- Black, J. L., 1987.** Nutritional criteria for forage nutritive value. p. 29-43. *In* K.J. Hutchinson *et al* (eds.) Improving the Nutritive Value of Forage. Technical Report Series N° 20. Standing Committee on Agriculture, Camberra, Australia.
- Black, J. L., and P.A. Kenney, 1984.** Factors affecting diet selection by Sheep. III. Height and density of pasture. *Aust. J. Agric. Res.* 35:565-578.
- Brougham, R. W., 1960.** The effect of frequent hard grazing at different times of the year on the productivity and species yield of a Grass-Clover pasture. *New Zealand J. Agr. Res.* 3:125-136.
- Brown, T. H., 1976.** Effect of deferred autumn grazing and stocking rate of Sheep on pasture production in a Mediterranean-type climate. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 16:181-188.
- Carter, E. D., 1987.** Establishment and natural regeneration of annual species. p. 35-51. *In* J.L. Weeler, C.J. Pearson and G.E. Robards (eds.) Temperate Pastures: their Production, Use and Management. Australian Wool Corporation / CSIRO, Australia.
- Carter, E. D., and M. J. Cochrane, 1985.** The poor Subterranean Clover status of dairy pastures in the Adelaide Hills. *Proceedings of the 3rd Australian Agronomy Conference*, Hobart, Australia. p. 217.

Carter, E. D., and A. Lake, 1985. Seed, seedling and species dynamics of grazed annual pasture in South Australia. p. 654-656. *In Proc. XV Int. Grassl. Congr., Kyoto, Japan.*

Carter, E. D., R. G. Porter, M. H. Ababneh, F. Squella, F. N. Muyekho and R. Valizadeh, 1992. The production and management of annual pasture legumes in ley farming systems of South Australia. p. 418-421. *In 6th Australian Agronomy Conference (AAC), February 10-14, 1992. AAC, Armidale, New South Wales, Australia.*

Collins, W.J., C.M. Francis, and B.J. Quilivan. 1984. The interrelation of burr burial, seed yield and dormancy in strains of subterranean clover. *Aust. J. Agric. Res. 27:787-797.*

Curll, M. L., and R.M. Jones, 1989. The plant-animal interface and legume persistence - an Australian perspective. p. 339-357. *In G.C. Marten et al (eds.) Persistence of Forage Legumes. American Society of Agronomy, USA.*

Dear, B. S., and B. Loveland, 1985. A survey of the seed reserves of Subterranean Clover pastures on the Southern Tablelands of New South Wales. *Proceedings of the 3rd Australian Agronomy Conference, Hobart, Australia. p. 214.*

De Koning, C. T., 1990. The ecology and productivity of new cultivars of Subterranean Clovers (*Trifolium subterraneum* L.) Ph.D. Thesis. 270 p. The University of Adelaide, Adelaide, Australia.

Hoveland, C. S., 1970. Dormancy and seasonal growth of *Phalaris* species in Alabama. *Proceedings of the 7th International Grassland Congress, Surfers Paradise. p. 608-611.*

Muslera, E. y C. Ratera, 1991. Praderas y Forrajes. Producción y Aprovechamiento. 2^{da} Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.

Ovalle, C., y F. Squella, 1996. Terrenos de pastoreo con pastizales anuales en el área de influencia climática mediterránea. p. 429-466. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 23. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Quilivan, B. J., 1966. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of some legume species. *Aust. J. Agric. Res. 17:625-631.*

Reed, K. F. M., M. J. Mathison and E. J. Crawford, 1989. The adaptation, regeneration and persistence of annual legumes in temperate pastures. p. 69-87. *In G.C. Marten et al (eds.) Persistence of Forage Legumes, American Society of Agronomy, USA.*

Romero, O., 1996. Conceptos básicos relacionados con el crecimiento de plantas forrajeras y con el manejo de praderas perennes sembradas. p. 199-208. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 10. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Ruiz, I., 1996a. Introducción: Un vistazo a la compleja relación clima-suelo-árbol-pasto-ganado. p. 7-16. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Ruiz, I., 1996b. Frecuencia de utilización y residuo posutilización. p. 209-217. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 11. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Ruiz, I., 1996c. Métodos de pastoreo. p. 357-368. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 19. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Ruiz, I., 1996d. Carga animal (capacidad talajera) y presión de pastoreo. p. 371-385. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 20. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Ruz, E., y Campillo, R., 1996. Fertilización de praderas. p. 219-237. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 12. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Soto, P., 1996. Consideraciones para elegir una especie o mezcla forrajera. p. 139-147. *In I. Ruiz (ed.) Praderas para Chile. 2^{da} Edición. Capítulo 6. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.*

Squella, F., 1992. The ecological significance of seed size in Mediterranean annual pasture legumes. Ph.D. Thesis. 466 p. The University of Adelaide, Adelaide, Australia.

Squella, F., 2004. Manejo pastoral en sistemas silvopastorales y resultados de experiencias en Chile. *In* Curso Agroforestería: Interfase necesaria para un aumento de la rentabilidad y sustentabilidad de la agricultura familiar campesina. INFOR. 7-10 de septiembre de 2004, Chillán, Chile. (CD ROM).

Squella, F., 2005. Síntesis de la investigación-desarrollo en recursos forrajeros. p. 21-51. *In* F. Squella, L. González y K. Cordero (eds.) Estado de Avance de las Actividades de Investigación - Desarrollo Centro Experimental Hidango. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango. Serie Día de Campo N^o 4. Santiago, Chile.

Squella, F., 2007a. Estudio técnico-productivo de sistemas silvopastorales de producción ovina y de carne bovina en bosques de pino (*Pinus radiata* Don.) localizados en el secano Mediterráneo subhúmedo de Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. 490 p. Universidad del Mar, Escuela de Ciencias Agropecuarias, Valparaíso, Chile.

Squella, F., 2007b. Recursos forrajeros para praderas de siembra. Capítulo 3. p. 37-89. *In* F. Squella (ed.) Técnicas de Producción Ovina para el Secano Mediterráneo de la VI Región. Boletín INIA N° 166. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango, Lituèche, Chile.

Squella, F. and E. D. Carter, 1992a. Effects of seed size and level of hard-seededness on survival of medic seeds in whole pods fed to Sheep or as clean seed exposed in the Sheep rumen. p. 537. *In* 6th Australian Agronomy Conference (AAC), february 10-14, 1992. AAC, Armidale, New South Wales, Australia.

Squella, F. and E. D. Carter, 1992b. The significance of seed size on survival of some Annual Clover pasture species in South Australia. p. 538. *In* 6th Australian Agronomy Conference (AAC), february 10-14, 1992. AAC, Armidale, New South Wales, Australia.

Squella, F. and E. Carter, 1996. The significance of seed size on survival of some Annual Clover seeds in Sheep pastures of South Australia. Proc. 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, Queensland. p. 510-513.

Squella, F. y J. F. Figueroa, 2005. Praderas de siembra para el secano Mediterráneo. p 52-84. *In* F. Squella, L. González y K. Cordero (eds.) Estado de Avance de las Actividades de Investigación - Desarrollo Centro Experimental Hidango. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Rayentué, Centro Experimental Hidango. Serie Día de Campo N^o 4. Santiago, Chile.

Squella, F. y C. Ovalle, 1997. Caracterización de cultivares de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* L.) para el secano Mediterráneo de la VI Región de Chile. II. Tiempo de floración y escarificación natural de la semilla. p. 49-50. *In* XXII Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Valdivia, Chile.

Squella, F. y C. Ovalle, 1998. Caracterización de accesiones de hualputra (*Medicago polymorpha* L.) para el secano interior Mediterráneo de la VI Región de Chile. II. Tiempo de floración y escarificación natural de la semilla. p. 89-90. *In* XXIII Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Chillán, Chile.

Squella, F., P. Muñoz y G. Castellaro, 2006. Consumo de agua por ovejas y alpacas en pastoreo de un rastrojo de trigo durante el periodo seco estival. p. 167-168. *In* XXXI Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), 18-20 de octubre de 2006, Chillán, Chile.

Watkin, B. R., and R. J. Clements, 1978. The effects of grazing animals on pastures. p. 273-289. *In* J. R. Wilson (ed.) Plant Relations in Pastures. CSIRO, Melbourne, Australia.

RESUMEN

La sociedad del siglo XXI enfrenta serios problemas dados por las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero, que están generando un cambio climático global, y la inseguridad en el abastecimiento y el costo permanentemente en alza de la energía, basada en los combustibles fósiles y sus derivados, situación que ha incrementado progresivamente el interés de científicos, políticos y gobiernos por reconsiderar sus opciones y estrategias en materia energética y ambiental, buscando incorporar alternativas que permitan tanto reducir las emisiones como la dependencia de los combustibles tradicionales mediante la diversificación de la matriz energética.

Entre las alternativas se encuentran las llamadas Energías Renovables No Convencionales (ERNC), entre las que se cuentan la solar, la eólica, la geotérmica, la marina, la hidroeléctrica de paso y la biomasa, que se caracterizan por no emitir gases de efecto invernadero en sus procesos o ser carbono neutrales y por emplear recursos que son renovables.

En el caso de la biomasa, las plantaciones forestales dendroenergéticas constituyen una importante opción desde el punto de vista económico y ambiental. Se trata de plantaciones con especies de rápido crecimiento destinadas a suministrar, en el corto y mediano plazo, un abastecimiento seguro y sostenible de biomasa combustible para la generación de energía, que presentan la ventaja adicional de reducir la presión sobre los bosques naturales para obtener dicho material.

En el presente trabajo se revisa el tema energético, la situación actual en cuanto al suministro y consumo de energía en Chile y se entrega antecedentes técnicos sobre algunas especies forestales con las que es posible generar biomasa como combustible carbono neutral y renovable, destacando entre ellas algunas especies de los géneros *Acacia*, *Eucalyptus* y *Salix*.

Palabras clave: Energías Renovables No Convencionales (ERNC), Biomasa, Plantaciones Dendroenergéticas; *Acacia*, *Eucalyptus*, *Salix*.

SUMMARY

The XXI century's society face serious problems because of the increasing greenhouse gases emission, that are producing a global climate change, and the supply insecurity and the also increasing cost of energy based on fossil combustible and its derivatives. The problem has progressively drawn the attention scientists, politicians and decision makers in order to review energy options and strategies for reducing both, emissions and fossil fuels dependence through an energy grid diversification.

Among alternatives are the so called Non Conventional Renewable Energies as sun energy, wind energy, geothermic energy, small hydroelectric plants, sea energy and biomass energy, which have not emissions or are carbon neutral, and are based on renewable resources.

Regarding to biomass, forest plantations to produce energy are an interesting option from both, the economic and the environmental point of view. These kind of planted forests are fast

growing species plantations which, in the short and medium term, can offer a sustainable and sure biomass supply to produce energy, and have the additional advantage of reducing the pressure over native forest for obtaining fuel wood.

Energy supply and consumption in Chile is reviewed in this paper and also technical information on some fast growing forest species suitable to be used in planted forest for biomass production is provided.

Key words: Non Conventional Renewable Energies, Biomass, Planted Forests, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Salix*.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo y, especialmente, en los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como lo es Chile, los gobiernos, los ciudadanos y las empresas concluyen, tras décadas de experiencia, que depender de combustibles fósiles para la producción de energía involucra incertidumbres, altos costos y problemas ambientales dados por sus altas emisiones de gases de efecto invernadero. El suministro de combustibles fósiles es limitado y está sujeto a fuerzas políticas y económicas que ningún país puede controlar por sí mismo. Los costos relacionados con la salud y el medio ambiente, derivados del uso de combustibles fósiles, también son elevados (NRDC – BNEF and Balgesta Energía, 2011).

Dentro de este escenario, tanto Europa como Estados Unidos se han fijado como objetivo obtener proporciones significativas de su energía a partir de fuentes biológicas. En la Unión Europea, actualmente el 30 % de la energía es utilizada en el transporte y, de esta proporción, hoy un 98 % proviene de combustibles fósiles, pero para el año 2030 el objetivo es sustituir un 25 % con biocombustibles (BIOFRAC 2006, citado por Baettig *et al.*, 2010). Para ello, la Unión Europea ha establecido una estrategia que considera estimular la demanda de biocombustibles por medio del fomento a su producción y distribución. Dentro de esta estrategia se privilegiará la producción de biocombustibles de biomasa lignocelulósica o biocombustibles de segunda generación. Estados Unidos por su parte, ha establecido como objetivo para el año 2030 sustituir un 30 % del petróleo por combustibles de origen biológico, para lo cual requerirá un suministro anual de mil millones de toneladas de biomasa (Perlack *et al.*, 2005, citado por Baettig *et al.*, 2010).

Chile ha seguido estas tendencias mundiales. Para nadie es desconocida la delicada situación energética que presenta el país y las serias consecuencias que esto puede tener para el bienestar de la población en general y para el desempeño de la industria y la economía. Como consecuencia de la crisis energética y del previsible incremento de la demanda por energía que sustenta el crecimiento económico, Chile observa con atención las diferentes fuentes que pueden conformar su matriz energética futura. Entre estas se encuentran las energías renovables no convencionales (ERNC) y, en este ámbito, es la biomasa la mayor fuente de abastecimiento de energías primarias. En efecto, de la producción básica, la biomasa representa aproximadamente del 15% al 20% del consumo total de energía en el país, lo cual representa aproximadamente unos 14 millones de metros cúbicos de madera anuales, que se utilizan principalmente en calefacción y cocción de alimentos, además de algunos usos energéticos industriales.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos renovables de Chile, la caída de los precios de tecnología de ERNC y el aumento de los precios de combustibles fósiles, importantes fuentes de generación de ERNC ya son competitivas en Chile. Todas las tecnologías de ERNC estudiadas se volverán cada vez más competitivas durante las próximas décadas. Para captar todo el potencial de estas energías, mejorar el rendimiento y de reducir los costos, se deben implementar políticas que amplíen el sector y que incluyan la alimentación de los mercados de ERNC y el aumento de oportunidades para los generadores de ERNC. De esta manera, Chile puede garantizar los beneficios de una mayor seguridad e independencia energética, así como una

menor degradación ambiental a partir de la integración, a gran escala, de tecnologías de ERNC en la cartera de generación energética del país (NRDC – BNEF and Balgesta Energía, 2011).

Es así que este tema demanda una urgente preocupación de parte del sector forestal chileno, a través principalmente de sus instituciones relacionadas con la investigación y desarrollo tecnológico y de las empresas del rubro energético y forestal. Estos elementos pueden traducirse en un escenario futuro más propicio para la inversión en este tipo de proyectos. A esto se suman concursos patrocinados por CORFO y el Ministerio de Energía orientados al apoyo a la materialización de inversiones de generación de energía eléctrica a partir de Energías Renovables no Convencionales.

El segundo rubro de exportación de Chile, después de la gran minería, corresponde a recursos forestales y sus derivados, lo que involucra un importante volumen de desechos provenientes de la silvicultura y de la industria de transformación primaria y secundaria de la madera. Las grandes empresas forestales utilizan ya gran parte de estos desechos como recurso energético renovable como autoabastecimiento de energía térmica y eléctrica para sus procesos industriales, generando algunos excedentes que entregan al Sistema Interconectado Central de distribución de energía eléctrica del país. Sin embargo, aún no se emplean todos los desechos y en especial aquellos de la mediana y pequeña empresa que no los utiliza por no disponer de la tecnología necesaria (PUCH, 2011).

Actualmente, la industria forestal chilena participa activamente en la generación de electricidad a partir de biomasa, representando más del 46% de las Energías Renovables No Convencionales en la matriz eléctrica. CORMA (2010) estima que la capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal llega a lo menos a 722 MW, considerando tanto las plantas que entregan sus excedentes al SIC como las que producen solo para autoconsumo. Es importante señalar que esta energía proviene de empresas forestales que utilizan sistemas de cogeneración para producir electricidad y vapor para sus procesos productivos, los que son generados principalmente a partir de residuos derivados de la industria del aserrío y de la de pulpa y papel, como corteza, astillas, aserrines y licor negro entre otros.

De acuerdo a esto, si las empresas entregaran toda la electricidad generada al Sistema Interconectado Central, la participación de la biomasa en la matriz eléctrica nacional subiría de un 1,2% a un 5,1%, y la participación de las ERNC aumentaría del 2,7% a un 6,5%.

Desde la perspectiva económica, la energía de biomasa forestal tiene un vasto potencial en Chile y tiene como fuentes el manejo del bosque nativo y las plantaciones forestales, y los desechos de la utilización de sus productos.

Los bosques de fines múltiples, que generan una variedad de productos, incluida la madera y la biomasa destinada a obtener combustible, representan probablemente la fuente de biocombustibles económicamente más viable. Asimismo, los beneficios económicos que se derivan de los biocombustibles son máximos cuando su precio resulta competitivo respecto al de los combustibles fósiles (Hall y Jack, 2010).

Existen especies forestales de clima templado, aptas para su uso en bioenergía, que pueden adaptarse y tener un buen crecimiento en las condiciones agroclimáticas de diferentes regiones de Chile. Mediante una adecuada selección, en base a experiencias internacionales de especies apropiadas para bioenergía de acuerdo a sus características específicas, y el estudio de las condiciones agroclimáticas de origen y destino, es posible establecer y comprobar en terreno su adaptabilidad y aptitud a distintas regiones del país, confirmando esto a través de un diseño de investigación de plantación de parcelas experimentales de un tamaño operacional. INFOR esta iniciando un trabajo en este sentido, al experimentar con especies forestales con el fin de seleccionar las más promisorias de acuerdo a su adaptabilidad.

La hipótesis de esta investigación plantea que el crecimiento de estas especies permite su aprovechamiento sustentable y que presentan aptitud para su uso como bioenergía. El análisis de una futura oferta de biomasa proveniente de plantaciones de rápido crecimiento debe tener como base un conjunto de especies para las diferentes condiciones de suelo y clima del país, apropiadas para sustentar esta oferta en forma económica, social y ambientalmente sostenible.

La información sobre el crecimiento y el rendimiento de estas especies, de las propiedades como combustible de su madera y de las superficies en donde se podrían establecer plantaciones, permitiría ofrecer una base sólida para programas sostenibles de producción de biomasa para fines energéticos, complementándose así la generación de biomasa desde los bosques naturales, las plantaciones y la industria con la procedente de plantaciones establecidas expresamente con estos fines.

La innovación se produce entonces mediante la generación de biomasa en plantaciones de rápido crecimiento, alto rendimiento y corta rotación, manejadas con este fin mediante esquemas silvícolas *ad hoc*, que incluyen desde la selección de la especie y el material genético para producir las plantas y las técnicas para la producción y establecimiento de estas en terreno, hasta aquellas otras para el manejo de la plantación y su cosecha final.

Por ello, y como primera actividad, se ha realizado una recopilación de antecedentes acerca de las posibles opciones para la utilización de plantaciones dendroenergéticas. Estos antecedentes deben servir para los propietarios, empresas e instituciones relacionadas con el sector energético, como un insumo más o elemento complementario de todas las acciones que se establezcan en el plan de utilización de Energías renovables No convencionales (ERNC) que se defina utilizar o implementar en el país.

ESCENARIO ENERGÉTICO

El mayor costo de los combustibles fósiles para la próxima década y los costos de amortización de las centrales ya en construcción tenderán a aumentar los costos de la energía eléctrica, lo cual tiende a frenar el consumo y a incentivar la inversión en eficiencia energética y el ahorro. La Agencia Internacional de Energía (www.iea.org), en su *World Energy Outlook 2010*, previó un aumento de precio del petróleo de US\$60/barril el 2009 a US\$113 para el 2035. Sin embargo el precio del barril ya está sobre los US\$100 y otros combustibles como el GNL también tienden a seguir esta tendencia. Los combustibles fósiles tienden a encarecerse mientras que las ERNC tienden a bajar sus precios (Roman y Hall, 2011).

Chile en las próximas acusará los efectos del cambio; el principal efecto que se prevé es la disminución de las precipitaciones en gran parte del valle central, lo que tenderá a aumentar la dependencia de combustibles fósiles, e implicará alzas en las tarifas energéticas, una razón más para privilegiar y potenciar la eficiencia energética y las ERNC (Roman y Hall, 2011).

El país cuenta hoy con una capacidad instalada total de 16.970 MW, de la cual un 73,6% corresponde al Sistema Interconectado Central (SIC), un 25,6% al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y un 0,8% a los sistemas medianos de Aysén y Magallanes (Ministerio de Energía, 2012)

La demanda máxima durante el año 2011 alcanzó 6.881 MW en el SIC, en tanto que en el SING fue de 2.162 MW. Si se analiza la generación bruta durante el 2011, la producción en el SIC fue de 46.095 GWh, lo que muestra un crecimiento de 6,8% con respecto al año 2010. De la misma forma, la generación bruta del SING del año 2011 alcanzó 15.878 GWh, siendo un 5,2% más alto que el año anterior.

Al 2020 se proyectan en el país tasas de crecimiento del consumo eléctrico en torno al 6 a 7%, lo que significa cerca de 100 mil GWh de demanda total de energía eléctrica a dicho año, lo

que requerirá aumentar la oferta, solo en dicho período, en más de 8.000 MW en nuevos proyectos de generación.

Desde enero de 1999 la inestabilidad energética se refleja en que el precio del petróleo ha llegado en ciertos momentos a quintuplicar su valor. En este sentido, los esfuerzos del Gobierno se han centrado en disponer de fuentes de energía no convencionales para el abastecimiento de la matriz energética. En ello destaca, por ejemplo, exigencia de que las unidades de generación del país se sustenten en al menos en un 10% en este tipo de energía, como por ejemplo la biomasa, y la meta es llegar a un 20% durante el 2020.

Se estima que al año 2030 la demanda mundial de energía aumentará a un ritmo aproximado del 1,8% anual. Los países industrializados experimentarán una ralentización del crecimiento de su demanda energética, que pasará a situarse a un nivel cercano al 0,4% por año en la UE. A la inversa, la demanda energética de los países en vías de desarrollo crecerá rápidamente. Se espera que en el año 2030 más de la mitad de la demanda mundial de energía se origine en países en vías de desarrollo. Hoy en día dicha demanda representa el 40%⁸. En Chile, con la incorporación al SIC de nuevos proyectos mineros, la tasa de crecimiento de la demanda para el período 2008-2017 se estima en un 6,8%.

El 19% de la energía primaria de Chile se produce en base a biomasa forestal y más del 70% de esta proviene directamente de la leña. Lamentablemente, la mayor parte de este combustible se extrae de bosques nativos que no son manejados en forma sostenible. No obstante, en el año 2008 (Ley N° 20.283) se promulgó la ley que fomenta la recuperación y manejo de los bosques nativos, en virtud de la cual se espera ponerlos bajo manejo sostenible, el cual generaría importantes volúmenes de leña, dado que por su estado de degradación este sería su principal producto inicialmente.

De acuerdo a estimaciones de CORMA, se podrían generar alrededor de 220 MW adicionales al año a partir de la utilización de residuos de cosechas forestales de pino y eucalipto, como ramas, ápices y cortezas, de elevado potencial energético. Esta biomasa sería utilizada directamente por las empresas, estarían disponibles para otros actores de generación de energía, no obstante sería energía que se incorpora a la matriz nacional.

En la medida que la industria forestal continúe creciendo sustentablemente y se desarrolle las tecnologías que permitan la utilización de otros desechos (tocones, residuos de la industria secundaria y otros), esta cifra podría aumentar (CORMA, 2010).

Situación Energética Nacional

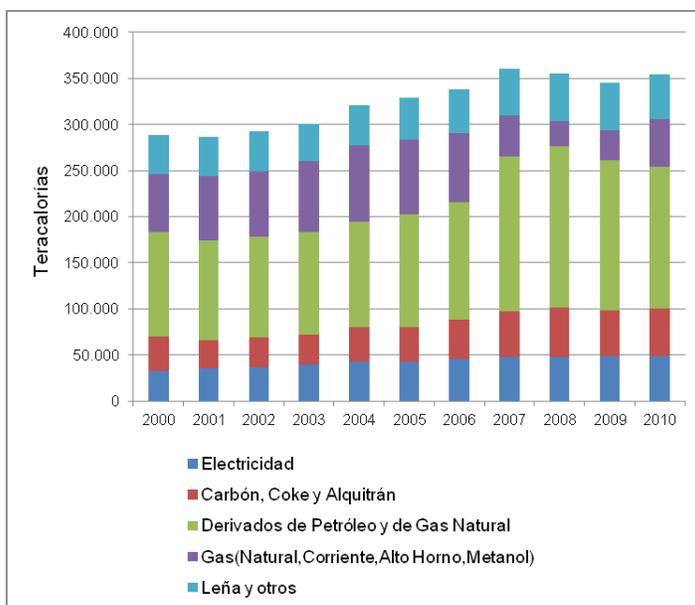
La matriz energética chilena está compuesta principalmente por combustibles que se deben importar y sobre los cuales existe incertidumbre y variabilidad respecto de su precio y disponibilidad. El abastecimiento de gas depende casi en un 100% de yacimientos argentinos, los cuales los años 2005 a 2008 suspendieron parcialmente el suministro a Chile para cubrir la demanda interna. Chile es un país que, como muchos, es energéticamente afectado por las fluctuaciones del precio internacional del petróleo y los problemas de abastecimiento del gas natural.

A partir de los años 80, el sistema eléctrico de Chile comenzó a enfrentar problemas crecientes debido a la baja disponibilidad de recursos fósiles propios y la excesiva dependencia de la generación hidroeléctrica, que debido a las variaciones climáticas, se tradujo en mayor inseguridad en el suministro eléctrico. Según proyecciones de la Comisión Nacional de Energía, se prevé para el futuro próximo un aumento importante en la demanda nacional de combustibles fósiles, tales como el gas natural y el petróleo.

⁸ WETO – World Energy and Climate Policy Outlook

Consumo Nacional por Tipo de Combustible

En la Figura N° 1 se presenta el consumo de energía en el país según tipo de combustible durante el período 2000-2010.



(Fuente: Elaboración propia a base de datos del Balance Nacional de Energía 2010 del Ministerio de Energía)

Figura N° 1
CONSUMO DE ENERGÍA SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE

Respecto del crecimiento del consumo, los energéticos que lideran el aumento son los derivados del petróleo y de gas natural, con 154.110 Teracalorías, lo que representa un 43% del consumo total de energía en el año 2010 (Ministerio de Energía, 2010).

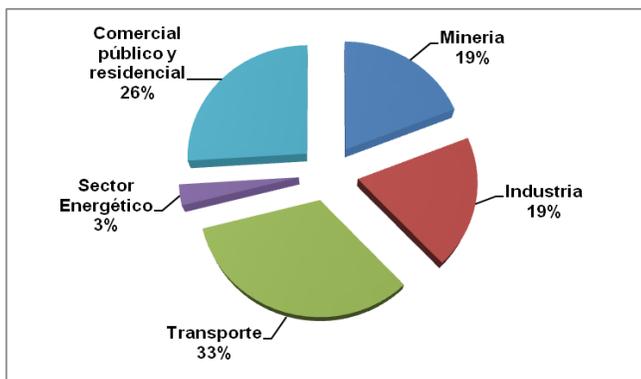
Los consumos de carbón, coke y alquitrán muestran una tendencia constante desde el periodo 2007 a la fecha con un 15%. El gas (natural, corriente, alto horno, metanol), después de haber experimentado una baja en el año 2008 con 27.479 Teracalorías representado por un 8%, tiende a subir paulatinamente, llegando a un 14% el año 2010, cifra que corresponde a 50.924 Teracalorías.

En cuanto al consumo de leña y otros, este corresponde a 48.830 Teracalorías equivalente al 14% del total del consumo de energéticos en el año 2010.

Proyecciones estimadas de la CNE (2008), indican que respecto del consumo relativo de diesel y petróleos combustibles, aumenta; el diesel incrementa su importancia relativa de 24% a 31% y petróleos combustibles de 8,5% a 18%, mientras que los consumos relativos de electricidad y leña, si bien continúan siendo mayoritarios, tienden a bajar; electricidad disminuye su importancia relativa de 18,5% a 18,1% y leña, de 18% a 11%.

Consumo Nacional por Sector

En la Figura N° 2 se ilustra la distribución sectorial del consumo de energía en Chile en el año 2010.



(Fuente: Ministerio de Energía, Balance Nacional de Energía 2010)

Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN CHILE

Como es posible observar en la Figura N° 2, el transporte lidera el consumo de energéticos con el 33% del consumo total en el año 2010, según proyecciones de la CNE (2008) este porcentaje aumentaría a 53,8% en el año 2030. El consumo de energéticos por parte de este sector es el que muestra un mayor crecimiento esperado, proyectándose con una tasa promedio anual de 6,9% (CNE, 2008).

En cuanto al consumo comercial público y residencial, es el segundo sector en orden de importancia relativa. Su consumo en el año 2010 conforma un 26% del agregado sectorial (Ministerio de Energía, 2010). Sin embargo, se espera una disminución gradual de su importancia relativa y que en el 2030 represente el 19% del total, con una tasa de crecimiento de 3,8% anual (CNE, 2008).

Proyecciones de la CNE (2008) concuerdan que el consumo relativo del sector industria y minas varía se mantiene en torno al 19% durante todo el período, pero se espera que aumente su promedio anual en 5,3% en el consumo de energéticos. Por último, se proyecta que el cobre sea uno de los sectores con menor crecimiento en consumo de energéticos, con una tasa anual de 2,6%.

Energías Renovables No Convencionales

De acuerdo a la CNE, como energías renovables no convencionales (ERNC) se consideran la biomasa, la eólica, la solar, la geotérmica y la de los océanos. Existe una amplia gama de procesos de aprovechamiento de la energía de la biomasa que son catalogados como ERNC. Para aplicaciones de gran escala, como por ejemplo proyectos de generación eléctrica con energías renovables conectados a los sistemas eléctricos nacionales, se considera un marco reglamentario y económico neutral con respecto a las energías tradicionales. Por lo tanto, supone que su utilización depende de la competitividad, en términos de precio y de calidad, que ellas tengan respecto a las energías tradicionales.

Luego, no existe limitación alguna para utilizar las energías renovables, como tampoco su incorporación es objeto de un tratamiento especial (CNE, 2008). En Chile la producción de electricidad en el año 2011 alcanzó a 63.711 GWh⁹, siendo generada por plantas de Ciclo Combinado a gas Natural (17,7%), otras térmicas (49,2%), hidráulicas (32,6%), y eólica (0,5%). Actualmente, la matriz de energía eléctrica, considerando tanto el SIC como el SING, está compuesta en un 3% de ERNC, 34% de hidroelectricidad y 63% de generación térmica (Ministerio de Energía, 2012).

Si bien las razones para la baja introducción de las ERNC en este tipo de aplicaciones responden a la suma de un conjunto de factores tecnológicos y/o económicos, la principal causa radica en la baja competitividad privada que aun mantienen respecto de las formas tradicionales de energía. La situación anterior podría cambiar en el futuro, debido a la necesidad de incrementar constantemente la oferta eléctrica y por los requisitos que la autoridad está imponiendo respecto de un porcentaje mínimo de generación de energía en base a estas fuentes no tradicionales (20% en el año 2020).

Los nuevos yacimientos de petróleo no podrán suplir la demanda de este producto, mientras que el precio seguirá presentando tendencias al alza en el corto plazo afectando la competitividad de diversos sectores. Esta es la principal razón por la que los países más desarrollados y también Chile hayan elaborado o estén elaborando estrategias que permitan incorporar a las matrices energéticas una gran diversidad de fuentes de generación de energía a partir de una serie de recursos naturales renovables propios de cada país. Ejemplos sobresalientes son los casos de Finlandia, Irlanda, Nueva Zelandia y España, líderes en la utilización de biomasa forestal para la generación de energía.

Bioenergía

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía, lo que se denomina Bioenergía. Esta constituye la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que las primeras sociedades humanas descubrieron el secreto del fuego.

En el ámbito forestal, este recurso energético es la fracción biodegradable de los productos y residuos generados en los bosques, que pueden provenir de podas, raleos, cosechas y residuos de aprovechamientos madereros industriales (Chile Forestal, 2009) y desde bosques establecidos con fines energéticos. Como una medida del potencial de la biomasa como fuente energética, se puede señalar que el contenido energético de la biomasa almacenada en la superficie terrestre es equivalente al de las reservas probadas de combustibles fósiles, incluyendo carbón, y que la energía total de las reservas estimadas de estos últimos, solo representa unos 130 años de fotosíntesis neta. El proceso de uso y transformación de la biomasa forestal ha permitido el desarrollo de tecnologías de recolección, de transformación y de combustión. Esto ha generado la creación de puestos de trabajo, la búsqueda de trayectos cortos de traslado, una menor dependencia de combustibles fósiles y un resguardo de recursos escasos (fósiles no renovables).

Esta fuente de energía es particularmente atractiva debido a su aporte en la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y del volumen de desechos en vertederos, como también de la dependencia de otras fuentes de energía no renovables. Esto último es muy importante para que un país como Chile pueda ampliar y diversificar su matriz energética, tan dependiente de los mercados externos de combustibles como los del petróleo, gas y carbón (PUCH, 2011).

⁹http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/energia/series_estadisticas/series_estadisticas.php

Según la CNE, los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica. Actualmente la biomasa es utilizada en Chile para producir energía eléctrica y térmica para consumo propio e inyectar excedentes a la red de distribución, mediante plantas de cogeneración eléctrica que aprovechan los residuos energéticos (licor negro, cortezas) en plantas de celulosa y crecientemente en otros procesos industriales¹⁰.

Otra interesante aplicación de la energía generada con biomasa se encuentra en la generación de electricidad en localidades rurales aisladas. En el año 1999, la CNE en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), implementó, en el marco del Programa de Electrificación Rural, un proyecto piloto para generar electricidad, a partir de la gasificación de la biomasa y abastecer de energía eléctrica a 31 familias de la localidad de Metahue, Isla Butachauques, en la Región de Los Lagos. El principal objetivo de este proyecto fue introducir una nueva tecnología y validarla como una alternativa para el suministro de electricidad en localidades rurales aisladas.

El proceso de transformación de la biomasa en energía ha logrado desarrollos tecnológicos muy importantes y ya se dispone de sistemas eficientes y limpios, desde el punto de vista ambiental, para producir, por ejemplo, combustibles líquidos o gaseosos que a su vez pueden generar electricidad. La mayor fuente de biomasa, en términos de volumen, la constituyen los bosques, tanto plantados como naturales, la que se utiliza actualmente para abastecer la industria forestal nacional y el consumo de leña.

De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar, y si esta se produce en forma sostenida, en el mismo nivel en que se consume, esa batería durará indefinidamente.

La principal fuente de materia prima para obtener biocombustibles sólidos sigue siendo hasta hoy el acopio de los residuos de la industria de conversión de la madera, de cultivos agrícolas y de faenas de cosecha forestal. Considerando solo este escenario, el país presenta un límite en la capacidad de producción de energía y sería equivalente a la capacidad de producción de residuos aprovechables energéticamente (RAE), ya sea de las cosechas de los bosques como de las industrias de conversión. De hecho, se estima que las alrededor de 34 mil hectáreas de eucalipto y las 70 mil hectáreas de pino radiata que se cosechan anualmente en Chile pueden proveer un total de 3,1 millones de toneladas de biomasa lignocelulósica, principalmente restos de fuste y ramas (Campino, 2006).

El poder calorífico anhidro de la biomasa lignocelulósica es poco variable y se encuentra usualmente en la literatura un valor entre 4.400 y 4.600 kcal/kg (Kauter *et al.*, 2003). En cuanto a los RAE de la industria de conversión mecánica, se estima un potencial de 3,2 millones de toneladas, conformadas principalmente de aserrín, corteza, despuntes y viruta (CNE/GTZ/INFOR, 2007).

La madera por tanto es un recurso natural renovable con diversos usos industriales, entre ellos la producción de energía. La abundante masa forestal que posee Chile y el área disponible para la creación de nuevas plantaciones forestales (2 a 4 millones de hectáreas), permite aseverar que el sector forestal chileno tiene un expectante potencial en el campo energético, cuya realización tendría un importante y positivo impacto económico y ambiental.

Es necesario destacar que en el país se están haciendo importantes esfuerzos en el desarrollo de energías renovables de 2ª generación (biocombustibles) (proyectos CORFO), sin embargo, se debe avanzar también en el estudio de las especies apropiadas para la generación de biomasa en las variadas condiciones ambientales del país.

¹⁰ http://www.cne.cl/fuentes_energeticas/f_renovables.html

Iniciativas de Investigación en Desarrollo

En el país se está desarrollando una variedad de proyectos en la materia, algunos de estos son:

Desarrollo de protocolos para la producción de biomasa de especies forestales de rápido crecimiento y corta rotación para la generación de bioenergía. INNOVA BIOBÍO. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales.

Consorcio tecnológico empresarial de investigación en producción de biocombustibles a partir de material lignocelulósico. Consorcio Bioenercel SA. INNOVACHILE. Universidad de Concepción, Universidad Católica de Valparaíso, Fundación Chile, Arauco, CMPC, MASISA.

Consorcio tecnológico empresarial de investigación en producción de biocombustibles a partir de material lignocelulósico. Consorcio Biocomsa SA. INNOVACHILE-CORFO. Consorcio Maderero, ENAP Refinería, Universidad de Chile.

Modelo silvícola para la obtención de dendroenergía en la zona central de Chile usando híbridos de Álamo. FONDEF. Universidad de Talca, Universidad de Concepción

Modelos de disponibilidad, gestión y transformación de biomasa forestal para el desarrollo de la dendroenergía en Chile. FONDEF. Universidad de la Frontera, Universidad Austral de Chile.

Conocer estos antecedentes permitiría utilizar la biomasa para generar energía, con una producción anual potencial del orden de 1.000.000 t (se asume 100.000 ha con una productividad anual de 10 t/ha de materia seca). Esta capacidad de producción de biomasa se traduciría en la producción de 40 Megawatt eléctrico y 68 calórico al año. Esto permitirá generar ingresos para los propietarios superiores a los US\$ 15 millones por año, además de puestos de trabajo y PYMES de servicios de extracción de biomasa.

Considerando el crecimiento anual estimado de biomasa forestal utilizable para bioenergía en bosques plantados (10 toneladas por hectárea) y un valor energético de 4 kWh/kg de combustible de biomasa seca al aire), se puede estimar que en un año se almacena una energía cercana a 25.000 kWh en cada hectárea manejada, con ciclos de corta de 1.000 ha/año. Estos valores deben ser confirmados a través del estudio de una serie de variables asociadas al manejo y la generación de bioenergía, además de los aspectos de extracción y transformación de la biomasa.

Opciones Bioenergéticas

Uno de los componentes no abordados plenamente en la investigación tecnológica forestal orientada a la búsqueda de alternativas energéticas en Chile, corresponde a las plantaciones bioenergéticas o dendroenergéticas. Estas plantaciones bioenergéticas son ampliamente usadas en España, Estados Unidos, Inglaterra, Suecia, Nueva Zelanda, Alemania y Brasil, entre otros, como fuente de abastecimiento para la generación de energía térmica y eléctrica.

Estas plantaciones se establecen con especies de rápido crecimiento, en cortas rotaciones y con elevados rendimientos, y pueden llegar a ser una fuente segura de energía renovable para el país, lo que garantizaría además una actividad económica para los productores, beneficios al medio ambiente y a la economía nacional, utilizando terrenos marginales para la producción agrícola y forestal. Es conveniente remarcar que el balance ambiental es considerado

carbono neutral, dado que los gases que provoca su combustión han sido previamente capturados en el proceso biológico del crecimiento de las plantas.

Las plantaciones de corta rotación se caracterizan por el establecimiento de especies latifoliadas en espaciamientos relativamente densos (2.000 – 10.000 árb/ha) con una silvicultura intensiva que implica preparación de suelo, fertilización y control de malezas con periodos de cosecha que van desde los 2 a 4 años. Dentro de un mínimo de requerimientos para estos se necesita un suelo apto, una especie de rápido crecimiento, conocimiento técnico y práctico, rendimiento calórico y densidad de la madera.

Las energías térmicas (vapor) y eléctricas resultantes de la reacción de combustión de la biomasa son requeridas para los procesos industriales, donde los excedentes de energía eléctrica pueden ser comercializados entregándolos al sistema interconectado central (SIC).

En el escenario descrito, se requiere de cuantificar y caracterizar los suelos forestales disponibles para el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas, introducir al país especies dendroenergéticas de interés y emplear las ya conocidas, identificar las mejores especies para los distintos sitios, evaluar aspectos de manejo y cosecha, desarrollar modelos de negocio preliminares, generar el marco de trabajo que permita la asociatividad de productores y generar modelos de abastecimiento en coordinación con las empresas demandantes del recurso dendroenergético, entre otros aspectos.

Antecedentes Generales Acerca de la Biomasa

No son muchos los proyectos y estudios nacionales relacionados con la biomasa forestal y su posibilidad de aprovechamiento como combustible, siendo los principales aquellos relacionados con la determinación de biomasa total y estudios de contenido de carbono en la masa forestal. Entre estos estudios Rodríguez *et al.* (2004) señalan la utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía y entregan antecedentes de consumos energéticos mundiales y nacionales junto al uso proyectado en el futuro. Comentan, además, las ventajas del uso de biomasa forestal respecto de los combustibles fósiles, indicando las posibles barreras que dificultan el uso masivo del recurso como combustible. Sus principales conclusiones son:

La biomasa contribuye con el 14,4% del consumo mundial de energía y representa un 3% del consumo de energía al interior de la UE.

La madera es una fuente de energía renovable y limpia siendo casi neutral en CO₂.

La desventaja de la madera está en el costo de transporte, no es un combustible homogéneo y su intensidad calórica es comparativamente baja.

La biomasa es susceptible de aprovechar para generar energía eléctrica y mecánica.

De la matriz energética de Chile la biomasa representa el 1,33% del total de la producción eléctrica. La utilización de la biomasa como fuente de producción eléctrica se concentra en la industria de la celulosa: Arauco, Celco, Cholguán, Laja (Energía Verde) y Constitución (Energía Verde).

Chile es uno de los pocos países con tradición forestal que no ha incentivado debidamente el uso de la biomasa forestal como fuente de energía a través de las políticas públicas.

Se necesita reforzar la legislación que estimule la generación de energías renovables ya existente.

La bioenergía es una fuente de energía renovable con beneficios sociales y ambientales y con perspectivas económicas en el mediano plazo.

En los párrafos anteriores, se hace mención a los aspectos económicos involucrados, los cuales en el caso de las opciones de la biomasa, al igual que de las otras ERNC, son limitantes al momento de tomar las decisiones en cuanto a su factibilidad de uso o no. En primer lugar se debe considerar el precio a que se está dispuesto a pagar por la tonelada de biomasa, precio que deberá ser menor a los alcanzados por el petróleo, gas y otras energías disponibles, junto con ello, las

distancias de abastecimiento de los centros de consumo son un factor determinante. Las investigaciones señalan que esta distancia varía entre los 80 a 100 km de radio, lo que ha generado planificaciones al momento de establecer los centros de consumo relacionados con los radios de abastecimiento. En N. Zelanda, Canadá y otros países ya existe bastante información y herramientas al respecto.

El análisis económico también involucra la logística; elección adecuada de los sistemas de transporte, cosecha y producción de astillas. Igualmente, en el análisis de la inversión, deben considerarse otros costos, como la forma de utilización de la biomasa; astillas, pellets, gasificación, etc. y el proceso de almacenamiento y secado.

Es reconocido por todos los investigadores de este tema y por los consumidores finales que la biomasa forestal ha resultado ser competitiva cuando se genera (biomasa de plantaciones, residuos de industria, cosecha, raleo) a partir de puntos localizados entre 80 a 100 km de los centros de consumo, por lo que es importante generar una mayor cantidad de volumen por unidad de superficie. La competitividad del biocombustible orinado en biomasa, comparada con la de combustibles fósiles; petróleo, carbón y gas natural, va a depender en gran medida del costo de generar este combustible, por lo que los elementos antes señalados son relevantes, partiendo por el análisis de los rendimientos de la biomasa, sus ciclos de corta y distancias de abastecimiento.

La Energía a Partir de Biomasa Forestal a Nivel Mundial

En España, particularmente en Sevilla, destacan los trabajos de la Sociedad Andaluza de Valorización de la Biomasa, integrada por la Junta de Andalucía (Gobierno Regional), el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía –IDEA, del Gobierno Central de España, y 6 empresas privadas y Plantas de Generación Eléctrica de Valoriza Energía; que genera energía eléctrica a partir de residuos y de biomasa. En Málaga existe un laboratorio piloto de micropropagación para impulsar plantaciones energéticas con material seleccionado in vitro de especies leñosas. El laboratorio, propiedad de CBI (Consultores de Bioenergía S.L.), empresa asociada a la empresa Planta Bioenergía, produce diversos clones de una especie de *Paulownia* seleccionada genéticamente (Híbridos) para la obtención de los mejores rendimientos en diversas condiciones climáticas y agrológicas. Estos desarrollos se complementan, por ejemplo, con la planta de peletización (Energía Oriental S.L.) que emplea biomasa de distintas especies: álamo, paulownia, residuos de poda de olivares, etc. Esta planta peletizadora se integra en un grupo empresarial de distribución de calderas de biomasa. Los vendedores de calderas aseguran a sus clientes el suministro de combustible, pellets, que producen en la peletizadora.

Un caso interesante en España corresponde a las actividades desarrolladas por ENCE, líder energético con biomasa en ese país, con cerca de 50 años generando energía eléctrica renovable con biomasa forestal residual del proceso de fabricación de la celulosa, y constituyendo el mayor productor español de energía renovable con biomasa.

La compañía tiene una potencia instalada de 229 MW, con producción de energía en sus complejos industriales de Huelva, Pontevedra y Navia (Asturias). La fábrica de ENCE Pontevedra cuenta con una potencia instalada de 35 MW, energía eléctrica equivalente al consumo anual de 77.000 hogares. La fábrica de Navia con una potencia instalada de 37 MW, asociada la gestión de 380.000 toneladas de biomasa anualmente, con cerca de 400 empleos directos, indirectos e inducidos, es la planta de biomasa forestal más grande de España, y adicionalmente dispone de 40 MW de capacidad instalada con biomasa de proceso. La fábrica de Huelva cuenta con 68 MW de capacidad instalada con biomasa de proceso y 49 MW de cogeneración con gas y biomasa. La generación de energía con biomasa de proceso es equivalente al consumo eléctrico anual de 151.000 hogares.

ENCE gestiona alrededor de 3,5 millones de metros cúbicos de madera para sus fábricas, con 86.000 hectáreas de bosque bajo su gestión (aproximadamente 50.000 ha son de su

propiedad). Esto demuestra que la experiencia en gestión de activos forestales es aplicable en el desarrollo de cultivos energéticos y en la obtención de biomasa forestal.

ENCE reconoce que los cultivos forestales energéticos, a diferencia de los residuos, poseen un potencial de eficiencia mayor que cualquier otra fuente renovable, lo que permite mejorar la competitividad de la biomasa como fuente de energía. A través de importantes inversiones en investigación aplicada, ENCE busca las mejores especies y técnicas para maximizar las producciones de sus cultivos forestales energéticos y optimizar así el desarrollo de la biomasa en España. Esto ha permitido a ENCE ser un líder mundial en innovación e investigación forestal aplicada a cultivos energéticos, investigando 13 especies forestales especialmente apropiadas para ser potencialmente los mejores cultivos energéticos adaptados a las distintas condiciones del terreno existentes en España. Con ello han obtenido importantes avances en genética con eucaliptos y en el desarrollo de cultivos energéticos y de maquinaria específica.

Las especies forestales que se eligen para investigar como cultivos energéticos son aquellas que tengan un mayor vigor y precocidad de crecimiento, mayor capacidad de acumulación de energía por unidad de peso, mayor capacidad de rebrote y mayor fuerza para adaptarse a diferentes condiciones.¹¹

En el marco del Wood Energy Technology Programme de Finlandia, se desarrollaron tecnologías para la producción en gran escala de astillas provenientes de bosques y desechos de raleos y cosechas. Estas tecnologías se encuentran en operación y el volumen de biomasa generado se está usando para la generación de energía térmica y eléctrica. Los residuos de biomasa finlandeses corresponden a 30-58 toneladas por ha durante la rotación, correspondiendo a los de la cosecha final, el tercer, segundo y primer raleo comercial y al raleo a desecho inicial a 4-8, 4-8, 6-9 y 3-9 toneladas por hectárea, respectivamente (estos valores no incluyen madera de tocones ni de raíces). Las faenas de extracción finlandesas son totalmente mecanizadas y los procesos de conversión de biomasa a energía en distintas formas como combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y electricidad están en uso actualmente.

En Inglaterra e Irlanda se ha trabajado con especies de *Salix* aptas para dendroenergía. Entre estos estudios destacan los realizados por The Agri-Food & Biosciences Institute (AFBI) en el uso de *Salix*, selección y evaluación clonal para la producción energética bajo corta rotación y manejo de retoños, con la debida atención a aspecto de silvicultura, fertilización, mezclas de especies y plagas. AFBI fue creado en abril de 2006 como amalgamación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (DARD), el Servicio de la Ciencia y el Instituto de Investigación Agrícola de Irlanda del Norte (ARINI). AFBI es un cuerpo público No-Departamental de Agricultura y Desarrollo Rural (NDPB). AFBI tiene oficinas en siete sitios a través de la provincia, con sus jefaturas en Newforge, Belfast, Irlanda.

En Nueva Zelanda se ha estudiado el uso de plantaciones con fines dendroenergéticos, destacando los esfuerzos de SCION. Esta investigación se ha centrado principalmente en *Eucalyptus*, *Salix* y *Acacia*. Se sostiene que la cosecha de maderas para estos fines tiene futuro en Nueva Zelanda debido a su alta productividad y a la capacidad de proporcionar oportunidades múltiples de utilización del suelo. Estas oportunidades son observadas con interés por el mercado de la bioenergía como materia prima para los biocombustibles y biorefinerías, en especial con el uso de *Salix*, si se despejan interrogantes de tipo económico. Este trabajo señala un gran interés en las plantaciones de eucalipto para la bioenergía y el carbón.¹²

Un esfuerzo interesante en este sentido, es que investigadores de SCION lideran grupos internacionales de trabajo, destacando el IEA Bioenergy, Task 30 Short Rotation Crops (2006-

¹¹ http://www.ence.es/opencms/export/sites/ence.es/contenidos/adjuntos/Biomasa_forestal.pdf

¹² Ian Nicholas. 2008. Charla en XXIII SILVOTECNA. Hardwood Options for Bioenergy in New Zealand.

2009), Short Rotation Crops for Bioenergy Systems¹³. El trabajo de este grupo en el período 2007-2009 se basa en la premisa que en muchos países demanda de biomasa para energía tendrá una rápida expansión para asegurar fuentes de energías sostenibles y seguras. Las cosechas de corta rotación (SRC) pueden convertirse en una fuente de energía adecuada si los sistemas de producción se pueden maximizar económica y ambientalmente.

Las herramientas y la tecnología se están desarrollando rápidamente para sustentar de manera segura el establecimiento de los sistemas de producción y utilizarlos a largo plazo. Este grupo de trabajo plantea que la investigación debe centrarse en cosechas de cortas rotaciones o por medio de residuos puedan proporcionar biomasa al mercado de la energía, y abarca cosechas herbáceas y arboladas en sistemas de cultivo y plantaciones de rotaciones cortas.

En Nueva Zelanda y los países participantes de este grupo se emplean generalmente especies de *Salix*, *Populus* híbrido, *Acacia* y *Eucalyptus*, con grandes rendimientos de biomasa para los propósitos de energía. El programa de trabajo de este grupo se ha centrado en proporcionar respuestas a diversas interrogantes, relacionadas con vías de fomento para desarrollar y ejecutar sistemas de producción de biomasa de corta rotación en gran escala y asegurar la continuidad socioeconómica y ambiental de estos sistemas, y con las ganancias que se puede obtener al mejorar las técnicas dentro de un marco de productividad y adecuado funcionamiento ambiental.

El trabajo del grupo se divide en cinco temas centrales; convenios entre productores y mercado, cambio climático y servicios del ecosistema, mejoramiento y optimización de los sistemas de producción, energía, agricultura y políticas medioambientales para cosechas de corta rotación (SRC) y competencia por la tierra y los recursos hídricos.

Cabe señalar que esta fuerza de trabajo la integran Australia, Brasil, Canadá, Nueva Zelanda, Países Bajos, Reino Unido, Estados Unidos de América y Suecia.

Algunos sitios Web que entregan información en esta materia son:

-Biopower Home Page, www.eren.doe.gov, que contiene información técnica acerca de las diferentes formas de aprovechar la biomasa como combustión, gasificación etc, además de información de resultados de proyectos demostrativos.

-Splash Page - DOE's Bioenergy Initiative, www.eren.doe.gov, Descripción del programa implantado en los Estado Unidos por el Departamento de Energía para el aprovechamiento de la biomasa en todos los sectores de la sociedad.

-U.S. Department of Energy's National Biofuels Program, www.ott.doe.gov, Contiene información del programa implantado en los Estados Unidos, tecnología, situación actual, aplicaciones en vehículos que utilizan como combustibles los obtenidos a partir de la biomasa.

Respecto de establecer plantaciones forestales con el propósito de producir energía y de usar pellets y briquetas para la cocción y calefacción en ambientes urbanos y semi-urbanos, es necesario señalar que para evitar o disminuir los problemas de contaminación que ello pueda provocar se requiere de esfuerzos por generar una biomasa seca de calidad certificada que asegure procesos de combustión limpios. Junto con ello se requiere, principalmente en el tema domiciliario, innovar en los procesos de conversión y de diseño de calefactores, aún de un costo elevado en el caso de uso de pellets, situación en desarrollo en el país por universidades y empresas.

¹³ www.shortrotationcrops.org

Respecto de la sustentabilidad medio ambiental de las plantaciones de rápido crecimiento, las investigaciones reportadas a la fecha señalan que los ciclos de corta rotación requieren de aportes de nutriente en cada ciclo de corta, de modo de compensar la extracción intensiva que ocurre en este tipo de plantaciones. Las mismas investigaciones señalan que la mantención de las hojas en el piso del bosque, junto con residuos, ayudan a la recuperación de los nutrientes y que a medida que avanzan los ciclos de corta, la profundidad de las raíces ayuda a extraer nutrientes en forma más homogénea y no sólo desde el suelo superficial. En la bibliografía consultada se señala que existen algunas plagas asociadas a estos tipos de cultivo intensivos, las cuales sin embargo, no se han reportado en el país.

ESPECIES DE INTERÉS BIOENERGÉTICO PARA CHILE

Las especies vegetales consideradas como dendroenergéticas se caracterizan por poseer una alta tasa de crecimiento, la posibilidad de regenerar de tocón (al talarse pueden volver a crecer a partir de la base) y presentar un alto poder calorífico en su madera. Entre ellas se cuentan aquellas de los géneros *Acacia*, *Eucalyptus* y *Salix*. Estas especies permiten obtener un recurso constante a través del tiempo, teniendo entre otros efectos positivos la disminución de los efectos de la erosión, la degradación y compactación de los suelos, preservando, en definitiva, el patrimonio del país (PUCH, 2011).

INFOR dispone de antecedentes técnicos preliminares de algunas especies forestales dendroenergéticas de interés para el país, donde destacan las acacias (*Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii* y *A. saligna*), los eucaliptos (*Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. sideroxylon*) y los sauces (*Salix spp.*). En información bibliográfica destacan algunas otras de los géneros *Paulownia*, *Populus* y *Miscanthus*.

Acacias (*Acacia spp.*)

Las especies del género *Acacia* constituyen promisorias opciones forestales, sea como alternativas productivas en sectores marginales para las especies forestales tradicionales (pino radiata y eucalipto) o para ofrecer una mayor diversidad productiva al sector. Más aún, se espera que en el mediano plazo, el desarrollo de estas opciones tecnológicas permita tomar decisiones en materia de políticas que tiendan a incrementar y/o diversificar el suministro de fibra corta, hasta ahora proporcionada por especies del género *Eucalyptus*, y con ello ampliar y diversificar la superficie de plantaciones forestales pulpables.

El Instituto Forestal ha desarrollado investigaciones con especies de este género, principalmente con *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* y *Acacia mearnsii* (Figura N° 3).

Las especies indicadas han mostrado interesantes resultados para su establecimiento en el país, tanto desde el punto de vista de la diversificación de las actuales plantaciones con especies exóticas como por su alto grado de adaptabilidad edafoclimática y su multiplicidad de productos a obtener a través de un manejo forestal adecuado, incluida la bioenergía. Las investigaciones desarrolladas ha abordado el manejo forestal, el mejoramiento genético, el estudio de las características físico mecánicas, la evaluación de los probables productos a obtener y otros aspectos, de forma tal de lograr hacer de estas especies exóticas una nueva y eficiente fuente de ingresos para grandes, medianos y pequeños propietarios (Pinilla, 2000; Pinilla, 2000a).

Estos estudios del Instituto Forestal sobre acacias australianas han sido desarrollados para generar una base de información para estas especies y, con apoyo de empresas, propietarios y organismos gubernamentales, han sido instalados diversos ensayos, que se han centrado en las regiones del Bio Bio y La Araucanía, donde se encuentran las principales empresas forestales del país, el mayor patrimonio forestal y una superficie importante de suelos degradados o sin uso (INFOR, 2002). En estas parcelas experimentales se está estudiando el crecimiento y rendimiento

de acacias (parcelas permanentes, ensayos de procedencias, unidades demostrativas y ensayos de espaciamiento de plantación) (INFOR, 1988; 1997).



1,6 años, localidad de El Carmen (izq.) y 7 años, localidad de Florida (der.)

Figura N° 3
PLANTACIONES EXPERIMENTALES DE *Acacia dealbata* REGIÓN DEL BIO BIO

Los estudios han demostrado que especies de *Acacia* pueden ser utilizadas en Chile en sitios donde no se adaptan otras especies (pino radiata, eucalipto), para el control de suelos erosionados y para mejorar la productividad de suelos degradados (NAS, 1980; Pinilla 2000). Un aspecto importante es que además del interés del sector industrial por estas especies, los medianos y pequeños propietarios forestales serían beneficiados directamente por su uso, puesto que en su poder existen áreas erosionadas o sitios sin uso que pueden ser recuperados y utilizados con especies de *Acacia*, generando un recurso forestal de interés económico que les permita incrementar sus ingresos.

A nivel nacional, los antecedentes tecnológicos más relevantes de las especies *A. melanoxylon* y *A. dealbata* se han sido reunidos en los proyectos FDI/CORFO Masificación y desarrollo de opciones productivas en base a especies de acacia probadas en Chile e INNOVA/Chile Programa Acacia para su uso en Chile: Tecnologías para posicionar su utilización económica en el sector forestal, ejecutados por el Instituto Forestal entre los años 2003 y 2011.

Los proyectos entregan información sobre las propiedades físicas y mecánicas, el secado, la trabajabilidad, la encolabilidad, y la producción de chapas foliadas, tableros de partículas y pulpa y papel. Los valores dasométricos reportados desde las parcelas permanentes y ensayos, indican volúmenes totales que varían entre los 100 a 400 m³/ha dependiendo de la edad para el caso de *A. dealbata*.

En los estudios de rendimientos realizados en ensayos de INFOR es posible apreciar importantes incrementos en altura y diámetro de las especies de acacia consideradas en esta investigación. *Acacia dealbata* confirma ser una especie muy promisoría, presentando el mejor desarrollo de todas las especies ensayadas. En términos de rendimiento, los resultados obtenidos desde parcelas permanentes indican incrementos anuales en volumen de 20 m³/ha para *A. dealbata* y 10 m³/ha para *Acacia melanoxylon*, y se registra en sitios de buena calidad valores aún mayores para ambas especies (Pinilla, 2005). Estos antecedentes son relevantes si se piensa que esta especie también podría usarse para bioenergía, tal cual lo señala la experiencia local y tradicional del país. En efecto, esta especie es muy apreciada para la producción de leña y carbón,

aunque no existen estudios precisos acerca de su caracterización energética, ni menos modelos tecnológicos que optimicen su utilización en energía. Estos antecedentes de rendimientos provienen de un estudio riguroso, que abarca amplias zonas del sur del país, por lo que podrían ser punto de referencia inicial para cualquier productor interesado respecto los rendimientos que se podrían obtener con esta especie, los que son comparables en magnitud a los reportados en pino radiata o eucalipto.

Estas especies podrían ser utilizadas en un esquema de manejo destinado a abastecer con biomasa forestal (leña) para la producción de energía para hogares (alimentación y calefacción) y producción industrial, requiriéndose del desarrollo de modelos tecnológicos de disponibilidad y sustentabilidad que optimicen su utilización.

Respecto del poder calorífico de *Acacia dealbata*, en estudios de INFOR se obtuvieron valores promedio de 4.034,71 y 3.636,65 Kcal/kg para los valores de Poder Calorífico Superior e Inferior, respectivamente. Las muestras utilizadas procedían de árboles de entre 4 y 6 años, madera 100% juvenil. Los resultados del estudio son concordantes con información bibliográfica existente y similar a otras especies forestales nativas que crecen en el país (Pinilla y Hernández, 2010).

Álamos (*Populus spp*)

Se trabaja con diversos híbridos de álamo, que cuando crecen bajo un esquema silvicultural de corta rotación, pueden producir entre 8 y 22 t/ha/año de material seco y alcanzar una altura de 20 m en 6 años. Estos álamos son generalmente plantados en densidades que varían entre 750 y 1.700 árb/ha, dependiendo de la localización geográfica, el tipo de suelo y su uso final, con un periodo de rotación entre 6 y 12 años.

Pese al buen rebrote de los híbridos de álamo, después de la cosecha se recomienda su reestablecimiento mediante varetas para aprovechar las ventajas de los híbridos mejorados y minimizar problemas de insectos y enfermedades¹⁴.

En Chile existen actualmente unas 6.000 ha de plantaciones de álamo, establecidas en suelos profundos y con riego, y concentradas en las regiones de O'Higgins y Maule, las cuales son destinadas principalmente a la industria de la manufactura de chapas para cajas y embalajes, fósforos, paletas de helados y otros productos.

Eucalyptus globulus

El crecimiento en altura para monte bajo (originado en retoños de tocones) es mayor en un principio, pero luego es alcanzado por el crecimiento de monte alto (originado en plantas) que tiene una proyección mayor en altura. Con respecto al volumen, en promedio durante los primeros años el primero supera al monte alto, pero luego el crecimiento de monte bajo es alcanzado por el de monte alto y superado (INFOR, 1989).

Estos resultados indican que sería posible el uso de la especie para la generación de biomasa con fines dendroenergético, aprovechando cortos ciclos de corta basado en el rápido crecimiento del monte bajo. En este escenario, la producción de biomasa para fines energéticos, donde no es necesario extraer varetas durante cortas intermedias, se realiza en una cosecha final a temprana edad¹⁵.

¹⁴ <http://bioenergy.ornl.gov/misc/poplars.html>

¹⁵ Proyecto FONDEF D02I1117 Modelos de Manejo de Monte Bajo, Informe de Trabajo. Documento técnico "Antecedentes Generales Acerca del Manejo de Monte Bajo de *Eucalyptus globulus*". 2005. INFOR

La investigación desarrollada por INFOR ha ratificado por un lado los interesantes rendimientos obtenidos a temprana edad utilizando el esquema del monte bajo (retoños) de *Eucalyptus globulus*, y la validez económica de la propuesta tecnológica, sustentada en las características del mercado, precios de productos, estructuras de costos, escenarios actuales y futuros y tendencias del mercado. La opción de uso del monte bajo de *E. globulus* para biomasa bioenergética presenta una limitación en su uso debido a los precios internacionales de la celulosa, altamente atractivos, lo que podría afectar la seguridad en el abastecimiento de biomasa dendroenergética a partir de este tipo de formaciones.

Miscanthus spp.

Miscanthus es la hierba rhizomatous que fue introducida a Europa del Extremo Oriente en los años 30 y a partir de los años 50 se ha desarrollado cosechas de la biomasa con programas de investigación del cultivo y selección, con considerable potencial en una amplia gama de zonas climáticas incluyendo Europa templada.

De las diecisiete especies del género solamente algunas tienen potencial de la biomasa, siendo su máxima expresión *Miscanthus giganteus*, híbrido triploide estéril del *M. sacchariflorus* y *M. sinensis*. Una vez que están establecidos, los rizomas producen un crecimiento anual de los vástagos que alcanzan una altura madura de 3 m o más y que se pueden cosechar en invierno.

Las especies de *Miscanthus* son leñosas, perennes, originarias de Asia y con un alto potencial de crecimiento. Los rendimientos a partir del segundo año pueden ser entre 4-10 t/ha, y para el tercer ciclo se esperan producciones de entre 10 -13 t/ha o más. El máximo esperado, y registrado en varios sitios, es de 20 t/ha. Estos rendimientos dependen de las distintas densidades de plantación, tipo de suelo y clima. Durante los primeros 2 o 3 años después de plantar, los aumentos anuales de la producción del vástago como del cuerpo del rizoma, que acumula bajo tierra, son importantes. Pocos estudios se han sido realizados que incluya en medidas del rizoma. En Gran Bretaña las producciones del vástago han demostrado la acumulación de 1-2 toneladas de materia seca por hectárea (t/MS/ha) en la primera estación a un máximo sobre de 17 t MS/ha del año 4 o 5 hacia adelante. En Irlanda del Norte, un estudio ha indicado producciones sobre 15 tMS/ha en el año 4. Estas producciones fueron alcanzadas sin el uso del fertilizante agregado después del año 2, debido a la capacidad de la cosecha de reciclar los alimentos en los rizomas de los vástagos y se reutilizan la estación siguiente, o se vuelven al suelo a partir de la caída de la hoja.

Como antecedente se puede señalar que, cuando se considera como biomasa para combustible, *Miscanthus* tiene un contenido de calor similar al sauce, pero tiene una densidad a granel más baja. Esto lo hace menos económico para transportar en distancias significativas a su punto del consumo. *Miscanthus* tiene un contenido alto de sílica, produciendo una proporción de ceniza alta. Algunos ensayos británicos reconocen que *Miscanthus* podría ser utilizado como complemento de la leña en algunas centrales eléctricas, aspecto que motiva su cultivo y cosecha en el Reino Unido e Irlanda¹⁶. *Miscanthus* tiene un poder calorífico neto, en base seca, de 17 MJ/kg, con un 2,7% volumen de ceniza. Comparativamente, el valor de energía producida por 20 t de *Miscanthus* seco es equivalente a 12 t de carbón.

Paulownia

Paulownia es uno de los árboles de mayor y más rápido crecimiento del mundo. Los árboles pueden ser dañados por la helada y requerir un lugar abrigado para el crecimiento, requiriendo de suelos profundos e intensas medidas de establecimiento inicial junto con riego estival. La madera de *paulownia* tiene muchas aplicaciones, incluyendo construcción, puertas, muebles, cocinas, etc. El sistema de arraigo profundo de *paulownia*, conjuntamente con el índice

¹⁶ <http://www.afbini.gov.uk/index/services/services-specialist-advice/gru-about-us/gru-publications>

de crecimiento rápido, le permite tomar más nutrientes que otras especies. Su cultivo de manera alterna con trigo es una práctica común en China, donde es importante utilizar la tierra para la producción alimentaria además de propósitos de la madera de construcción.

El interés en paulownia está ganando ímpetu en todo el mundo, debido a su naturaleza de crecimiento rápido, especialmente en España y Reino Unido. Es así como en Irlanda del Norte está siendo considerada, dado que la mayoría de la biomasa viene del *Salix*. Igual situación se plantea en España, con un alto interés por invertir en plantaciones con esta especie para su uso como biomasa dendroenergética.

Un detalle importante con esta especie se refiere a que, debido al alto contenido de celulosa de Paulownia, el etanol celulósico se puede producir como combustible en la forma de energía renovable. El etanol celulósico presenta emisiones de gases de efecto invernadero menores en comparación al etanol producido vía un azúcar o fermentación a base de almidón¹⁷.

Sauces (*Salix spp.*)

Especies de *Salix* han sido plantadas en Suecia desde 1960 como cultivos de energía para el abastecimiento de plantas térmicas y energéticas. Se cultivan en régimen de monte bajo de corta rotación para obtener biomasa para la producción de energía. Se trata de cultivos comerciales, principalmente en tierras agrícolas, y la biomasa producida se utiliza en centrales térmicas de distrito para la producción combinada de calor y energía. Actualmente se cultivan en Suecia unas 20.000 hectáreas de sauces¹⁸ en plantaciones bajas de corta rotación, compuestas principalmente de diferentes clones e híbridos de *Salix viminalis*, *S. dasyclados* y *S. schwerinii*. El cultivo del sauce está totalmente mecanizado desde la plantación hasta la recolección. En la fase inicial, se plantan unos 15.000 esquejes por hectárea en dobles filas, para facilitar posteriormente la escarda, la fertilización y la recolección. La producción actual aproximada de biomasa de sauce cultivado comercialmente en Suecia es de unas 6 a 12 t/ha/año, según las condiciones del terreno.

En Chile, en *Salix viminalis* con fines de cestería (Región de O'Higgins), se ha obtenido rendimientos de hasta 12 t/ha/año de material seco. El poder calórico determinado para maderas y cortezas de distintas procedencias de *Salix* varía entre 3,91 a 4,36 kcal/g (Durán, 2001). Recientes estudios realizados por INFOR concuerdan con estos valores, obteniendo para el poder calorífico de *Salix* un valor de 4.300 Kcal/kg, lo que confirma la aptitud de esta especie para su uso en la generación de energía (Pinilla y Navarrete, 2011).

Estos resultados, más los relacionados con el rendimiento en materia seca por hectárea, generan la necesidad de obtener más información acerca de las mejores especies y variedades y de los sitios potenciales para el establecimiento de este tipo de recurso.

CONCLUSIONES

Se reconoce en el país la creciente demanda energética y la inseguridad de los escenarios para su suministro, por lo que una de las soluciones a nivel de gobierno y productores es considerar las opciones que entregan las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Además de la energía solar y eólica, la biomasa y en especial las plantaciones dendroenergéticas, constituyen una de las opciones más interesantes desde el punto de vista

¹⁷ <http://www.afbini.gov.uk/index/services/services-specialist-advice/gru-about-us/gru-publications/gru-publications-7.htm>

¹⁸ <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/JS%202009/Trabajos/2%20Trabajos%20Tecnicos/21%20Utilizaci%F3n%20ambiental/Bustamante1.pdf>

económico y ambiental. Estas últimas son plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento y corta rotación destinadas a suministrar un abastecimiento seguro y sustentable de biomasa frente a la creciente demanda de energía que requiere el desarrollo nacional.

Para la generación de una adecuada base de conocimiento sobre la ERNC se requiere generar un debate técnico y líneas de acción en el tema, y mantener actualizada la situación y proyecciones de demanda en cuanto al suministro y consumo de energía; la proyección de oferta y disponibilidad de biomasa para energía y, fundamentalmente, avanzar en antecedentes técnicos de especies forestales dendroenergéticas de interés para el país.

Una premisa importante es que las plantaciones dendroenergéticas no utilicen suelos de aptitud agrícola y no disputen terrenos con las plantaciones forestales tradicionales, para lo cual se debe identificar las especies más acordes según cada localización geográfica y sus características de sitio. Estos es identificar las especies potenciales para cada sitio, los modelos de manejo más apropiados y las herramientas de gestión correspondientes.

Junto con lo anterior, se requiere iniciar la investigación acerca de maquinaria para establecimiento y cosecha especializada según densidades de plantación y sitio.

INFOR ha identificado algunas especies como un primer paso de esta investigación, ha establecido diversos ensayos y estudia los modelos para conocer y adoptar herramientas de gestión y apoyo que sean útiles para esta investigación.

Los resultados iniciales obtenidos son un primer antecedente para el diseño de esquemas de manejo sustentable para plantaciones dendroenergéticas, los cuales deben ser validados con futuras evaluaciones. La información resultante debe ser relacionada con estudios del poder calorífico de la madera de las especies en diferentes densidades y edades, de modo de obtener la relación óptima entre cantidad de biomasa y poder calorífico, escenario que permitirá definir los esquemas de manejos sustentables según especie para plantaciones destinadas a energía.

Desde este tipo de estudio se deben obtener los antecedentes de producción de materia seca por hectárea, la cual constituye el producto final para energía, resultados que deben ser correlacionados con los valores que se obtengan a partir de los ensayos de espaciamiento para dendroenergía, ya que los resultados en materia seca por hectárea permitirán precisar el real potencial para el uso de algunas especies en la generación de bioenergía.

Hay empresas que han generado algunos conocimientos acerca de la utilización de biomasa en sus procesos industriales (principalmente aserrín), como lo hacen Stücker e Hijos y Regnans Ltda. Otras empresas como MASISA, Arauco, CMPC y Energía Verde, cuentan con calderas de combustión para generación de energía. Adicionalmente, están las empresas de servicios dedicadas a la comercialización de máquinas y equipos para el mejor aprovechamiento del residuo forestal o a la fabricación de equipos de recolección, extracción y conversión de biomasa.

El Instituto Forestal ha iniciado investigaciones en el tema de la bioenergía, constituyendo un grupo de trabajo para esto efecto. Inicialmente aborda la selección de especies de especies forestales y la generación de información en torno a crecimiento y manejo, pero falta aún información validada respecto de herramientas de gestión, para empresas y propietarios particulares, para la selección, uso y manejo de plantaciones dendroenergéticas basadas en el concepto de la mejor especie para cada sitio en particular.

Los requerimientos de material combustible de consumo domiciliario o industrial, las restricciones de uso del bosque nativo y el conocimiento del crecimiento y aptitudes de especies forestales para generación de energía, generan un escenario atractivo en el mercado para la producción y comercialización de energía.

El conocimiento del crecimiento de especies, bajo diferentes condiciones de sitio y manejo, asociado a la información sobre calidad de la biomasa producida para energía, permitirá establecer los esquemas silviculturales que permitan la producción sustentable de biomasa. Sin embargo, a esto debe agregarse estudios ambientales sobre su uso y desarrollo de tecnologías eficientes de conversión energética, que aseguren la sustentabilidad de la generación de energía por este medio.

REFERENCIAS

Baeting, R., Yáñez, M., Albornoz, M., 2010. Cultivos dendroenergéticos de híbridos de álamo para la obtención de biocombustibles en Chile: Estado del arte. Revista Bosque 31(2): 89-99.

Campino, J., 2006. Disponibilidad de biomasa en Chile. Concepción: Seminario Generación de Energía con Biomasa. FINPROLIGNUM.

Chile Forestal, 2009. Especial Bioenergía. Revista N° 339.

CNE, GTZ, INFOR, 2007. Comisión Nacional de Energía, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Instituto Forestal. Residuos de la industria primaria de la madera. Disponibilidad para uso energético. Santiago, Chile. 120 p.

CNE, 2008. Comisión Nacional de Energía. Balance Nacional de Energía 2007. Consultado 27 de marzo 2012. Disponible en <http://www.cne.cl>.

CORMA, 2010. Uso de la Biomasa Forestal con Fines Energéticos. Consultado el 02 de Abril 2012. Disponible en: <http://www.corma.cl/corma.asp?id=18>

Durán, C. 2001. Contenido de extraíbles y capacidad energética total en *Salix viminalis*. En Silvicultura y Producción Sauce – Mimbre. INFOR, 2001.

Hall, P. y Jack, M., 2010. Los grandes bosques como fuentes de energía: Uso de la tierra y repercusiones económicas y medioambientales. Unasylva N° 235/235

INFOR, 1986. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo, CORFO AF 86/32. 167 pág.

INFOR, 1988. Silvicultura del Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon* R. Br). Informe de Avance Proyecto INFOR-CORFO. Diciembre de 1988. 40 p.

INFOR, 1989. *Eucalyptus*: Principios de Silvicultura y Manejo. Instituto Forestal, Santiago, Chile.

INFOR, 1997. Investigación silvicultura *Acacia melanoxylon* y otras acacias. Informe Final. INFOR-CORFO. Concepción. 146 p. más anexos.

INFOR, 2002. Masificación y Desarrollo de Opciones Productivas en Base a especies de *Acacia* Probadas en Chile. Formulario de presentación proyecto FDI. INFOR-CORFO. INFOR-Concepción 150 p.

Kauter, D, Lewandowski, I. and Claupein, W., 2003. Quantity and quality of harvestable biomass from *Populus* short rotation coppice for solid fuel use - a review of the physiological basis and management influences. Biomass and Bioenergy 24: 411-427.

Ministerio de Energía, 2010. BNE, 2010. Balance Nacional de Energía. Disponible en: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14_portal_informacion/06_Estadisticas/Balances_Energ.html

Ministerio de Energía, 2012. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Consultado el 28 de Marzo 2012. Disponible en: <http://www.minenergia.cl/estrategia-nacional-de-energia-2012.html>

National Academy of Sciences. 1980. Firewood crops. Shrubs and tree species for energy production. Vol. 1. Washington D.C. National Academy Press. 237 p.

NRDC - BNEF & Valgesta Energía, 2011. El futuro de la energía limpia en Chile. Consultado el 29 de Marzo 2012. Disponible en: http://www.nrdc.org/laondaverde/international/files/chilecostofenergy_sp.pdf

Pinilla, J. C., 2000. Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii*. Revisión bibliográfica. Santiago, Chile, INFOR-CORFO. Informe Técnico 147. 49p.

Pinilla, J. C., 2000a. Manejo, Crecimiento y Rendimiento. En: Pinilla, J. C.; Molina, M. y Gutiérrez, B. (editores). Investigación con *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* y *A. mearnsii* en Chile. INFOR-CORFO. Concepción, Chile. pp.: 67- 98.

Pinilla, J. C., 2005. Antecedentes Generales Acerca del Manejo de Monte Bajo de *Eucalyptus globulus*. INFOR. Patrocinado por FONDEF. Concepción, Chile, INFOR. 44p. ilus, tabl.

Pinilla, J. C. y Hernández, G., 2010. Poder calorífico de *Acacia dealbata* Link crecida en Chile. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Volumen 16(3): 353-377. Santiago, Diciembre 2010.

Pinilla, J. C. y Navarrete, M., 2011. Informe a MINAGRI. Proyecto 1: Desarrollo productivo de los bosques, de la industria forestal y fomento del uso de la madera. Promoción del uso dendroenergético de los productos forestales madereros. INFOR – MINAGRI, Diciembre 2011.

PUCH, 2011. Energía de biomasa forestal, lecciones internacionales y su potencial en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Rodríguez, M., Corvalán, P. y Gutiérrez, M., 2004. La utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía. Segundo Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Roman, R., y Hall, S., 2011. El Futuro energético de Chile está en la Eficiencia Energética y las Energías Renovables. Consultado el 03/04/2012. Disponible en <http://www.futurorenovable.cl>.

MARCO LEGAL DEL USO SILVOPASTORIL DE BOSQUES DE ÑIRE Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY NACIONAL 26.331 EN CHUBUT Y TIERRA DEL FUEGO. Picco, Omar Aníbal.

Universidad Nacional de la Patagonia –UNPSJB- Centro de Investigación y Extensión Andino Patagónico – CIEFAP

RESUMEN

Los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oersst.), ocupan aproximadamente un millón y medio de hectáreas en la Patagonia. El 70 % de esta superficie se utiliza para la ganadería bovina, que se desarrolla, principalmente, sobre las pasturas naturales que ofrece el bosque, sin un plan de manejo que asegure la integridad del sistema. Esta actividad se acompaña con el uso forestal como fuente de productos leñosos.

El objetivo de este trabajo es indagar en la estructura legal vigente a nivel nacional y en las provincias de Tierra del Fuego y Chubut; y analizar si constituye un marco apropiado para la implementación de las medidas previstas en la nueva Ley 26.331.

Se realizó la recopilación bibliográfica de la legislación vigente en esas jurisdicciones y su contenido fue contrastado con las pautas técnicas propuestas por organismos científico-técnicos, verificándose la correspondencia o divergencia en los conceptos relevantes que aseguran el mantenimiento del ecosistema.

La nueva Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, N° 26.331, induce una actividad legislativa específica para llegar a su implementación, con la necesidad de leyes provinciales complementarias, entre ellas una ley que apruebe el ordenamiento territorial de bosques nativos para cada jurisdicción. De igual manera origina la necesidad de adecuar el sistema normativo existente en concordancia con el principio de congruencia de la Ley General del Ambiente N° 25.675.

La normativa vigente en las provincias es bastante clara para la utilización forestal del bosque, pero no cubre las necesidades para el manejo ganadero del pastizal acompañante que, de hecho, constituye el uso más frecuente de este tipo de formación leñosa. También se analizan las consideraciones normativas sobre la tenencia de la tierra, con mayor profundidad para la provincia de Chubut, donde se presentan situaciones variadas de propiedad que pueden influir en la aplicación de la normativa que regule el uso del recurso, en especial en el silvopastoreo.

A través del análisis de los ejes conceptuales, se puede concluir que el marco legal vigente resulta insuficiente para cubrir todos los aspectos necesarios para la gestión de los bosques de ñire según los criterios técnicos conocidos al presente.

El conjunto de normas que hacen referencia a los bosques nativos debe ser revisado ante la puesta en vigencia de la Ley 26.331, adecuándose a lo preceptuado por esta ley, en especial en lo referente a la regulación de las actividades silvopastoriles. Esta necesidad de reordenamiento legislativo vinculado a la regulación del bosque nativo significa un desafío para las provincias, que deben implementar actividades de “complementación” y “adecuación” normativa.

En ambas provincias, la reglamentación para la presentación de Planes de Conservación y uso Sustentable a nivel predial será elaborada y monitoreada por la autoridad provincial. La aplicación de los beneficios económicos previstos en la ley, que podrían utilizarse para la implementación de prácticas silvopastoriles en bosques de ñire, deberá basarse en normas técnicas consolidadas, ajustadas al mantenimiento de la cobertura, garantizando la regeneración arbórea y protegiendo el ciclo del agua. Esto debe implementarse con normativas legales acompañadas por procedimientos de monitoreo y seguimiento técnico y administrativo efectivo, que

van necesariamente vinculados al fortalecimiento institucional por parte de la autoridad forestal, de modo de superar y conciliar los intereses de distintos sectores que son, en cierta forma, contrapuestos.

Palabras Clave: Bosques de ñire, *Nothofagus antarctica*, Normativa, Uso silvostoril.

SUMMARY

The Ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oersst.) forests cover around one and half million hectares in the Patagonia, 70% of this area is used in cattle breeding, developed mainly over natural pastures related to the forests without a management plan to ensure the system sustainability. Simultaneously there is a forest use to obtain wood products.

The objective of the present paper is to review the in force legal structure at the national level and at the Tierra del Fuego and Chubut provincial level to analyze if it constitutes an appropriate frame to the new law N° 26,331 measures implementation.

A bibliographical review on the current legislation was carried out and the contents was matched with the technical standards suggested by the technical and scientific institutions in order to verify connections and divergences on relevant concepts to guarantee the ecosystem sustainability.

The new Native Forests Environmental Protection Minimum Budget Law, N° Budget Law, N° 26,331, induces a specific legislative activity to arrive to its implementation and complementary provincial laws are needed, among them a law which approves the native forests territorial zoning plan for each jurisdiction. Although creates the needs to the current regulations system adecuacion accordingly to the Environment General Law, N° 25,675, congruence principle.

The provincial current normative is enough clear regarding to the forest utilization, but does not cover the accompanying pastures management needs, which in fact is the common use of this kind of forest. Regulations on land possession are reviewed as well, mainly regarding the Chubut province where a variety of property situations are present and could affect the normative application on the resources use, especially on agroforestry practices.

Through the conceptual axis analysis it is possible to conclude that the current legal frame is not enough to cover all the necessary matters to the Ñire forests management accordingly to the present known technical criteria. Current regulations on native forests should be reviewed facing the Law N° 26,331 promulgation adjusting them to the normative of this law, mainly on agroforestry regulation. In consequence, there is a challenge to the provinces in order to a legislative reordering and adecuacion on native forest regulations

In both provinces, Tierra del Fuego and Chubut, regulations to present Conservation and Sustainable Use Plans will be elaborated by the provincial authority. The application of the expected economic benefits by the law, which could be used for agroforestry practice implementation on Ñire forests should be based on consolidated technical rules, adjusted to the forest cover maintainance, the forest regeneration and the water cycle protection. The rules will have to be accompanied with effective technical and administrative monitoring procedures which are necessarily linked to a institutional strengthening to overcome and reconcile different stakeholders interests that could be often opposed.

Key words: Ñire forests, *Nothofagus antarctica*, Regulations, Agroforestry.

INTRODUCCION

Con la sanción de la Ley nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos se abre una gran expectativa para mejorar la gestión de las masas forestales nativas del país. La Patagonia posee alrededor de 751.643 ha de bosques de ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Foster) Oerst.), que se amplía al doble considerando la categoría arbustales del Inventario Forestal Nacional, que también incluyen a los ñirantales, aunque no resultan claramente identificados (SAyDS, 2005). El 70% de esta superficie es utilizada para la ganadería bovina, que se desarrolla principalmente sobre pasturas naturales que ofrece el bosque sin un plan de manejo que asegure la integridad del sistema. Esta actividad es acompañada del uso forestal como fuente de productos leñosos (Peri, 2004).

Dado que el ñire prospera en ambientes con suelos que van desde muy húmedos, con drenaje impedido, hasta los secos y pobres del ecotono bosque-estepa, constituye el tipo de bosque que presenta la mayor superficie de masas forestales nativas bajo uso silvopastoril en la Patagonia.

Los ñirantales, como bosques de montaña, cumplen una función de protección del suelo y de regulación hídrica, en especial cuando se desarrollan con porte achaparrado, siempre dependiendo de factores de sitio como pendiente y exposición a los vientos, entre otros (Donoso, 1993).

En el área de distribución natural de los ñirantales, la actividad forestal convive con la ganadera. Estos bosques se usan para el aprovechamiento de leña y como áreas de pastoreo. Así por ejemplo, en la provincia del Chubut, el 72 % de las existencias bovinas se concentran en el NO provincial donde el ñirantal constituye el área de cría (Guitart *et al.*, 2004).

El uso ganadero y el aprovechamiento forestal generalmente traen, como efecto combinado de ambas prácticas, distintos niveles de degradación, desde coberturas arbóreas incompletas hasta suelo totalmente desnudo o cubierto de especies indeseables por su escaso valor forrajero como *Acaena sp* (Hansen *et al.*, 2008).

En España se desarrollan formaciones de cierto parecido, denominadas *dehezas*, que cubren alrededor de 2.500.000 ha. La dehesa constituye un ecosistema de tipo mediterráneo, en el que dominan sobre los pastizales encinas y alcornoques, que permite una intensa actividad del hombre, que protege el entorno mientras se aprovecha de los recursos forestales, cinegéticos y ganaderos. El término hace referencia tanto a un ecosistema seminatural, como a un tipo de gestión humana sobre un ambiente. Campos Palacín (1992) define la dehesa como “*un sistema agroforestal cuyos componentes leñosos, pascícolas, ganaderos y agrícolas interactúan beneficiosamente en términos económicos y ecológicos en determinadas circunstancias de gestión*”, no obstante, advierte que las “*circunstancias actuales*” predominantes son las degradantes del suelo y la vegetación, debido a que priman los intereses económicos. A pesar de los años de uso tradicional tienen problemas en su conservación, por lo que algunas comunidades autónomas están revisando la legislación en los últimos años.

La Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, N° 26.331, induce a una actividad legislativa específica para llegar a su implementación, con leyes provinciales complementarias, entre ellas una ley que aprueba el ordenamiento territorial de bosques nativos para cada jurisdicción. De igual manera origina la necesidad de adecuación del sistema normativo existente sobre la regulación del bosque nativo ante el principio de congruencia de la Ley General del Ambiente N° 25.675. Esta necesidad de reordenamiento legislativo vinculado a la regulación del bosque nativo significa un desafío para las provincias, generando actividades de “*complementación*” y “*adecuación*” normativa. Se analizará esta situación planteada respecto a los bosques de ñire en las provincias de Tierra del Fuego y Chubut, que sustentan la mayor superficie de estos bosques en la Patagonia.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es observar la estructura legal vigente a nivel nacional y en las provincias de Tierra del Fuego y Chubut, y analizar si resulta un marco apropiado para la implementación de las medidas previstas en la Ley 26.331, con el fin de adecuar la gestión de los bosques de ñire contemplando los usos tradicionales y los conocimientos técnicos actuales, de modo de asegurar la persistencia y mejora de este bosque nativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se basa en la técnica de Legislación Comparada, que consiste en la recopilación, revisión y análisis, tanto de los cuerpos jurídicos que norman la acción sobre la materia en estudio, como de otros trabajos o antecedentes. Es decir, este método de estudio se sustenta en la comparación de las distintas soluciones que ofrecen los diversos ordenamientos jurídicos para los mismos casos planteados.

Se focalizó el trabajo en la legislación vigente en la Argentina y las provincias patagónicas de Tierra del Fuego y Chubut en lo referente al tratamiento de esta temática. El contenido de la normativa se comparó con pautas técnicas propuestas por organismos científico-técnicos, verificando la correspondencia o divergencia en los conceptos relevantes que aseguren la integridad ambiental del ecosistema.

Se analizó los siguientes textos:

Nivel nacional:

-Ley N° 13.273 "Defensa de la Riqueza Forestal".

-Ley N° 26.331 "Presupuestos mínimos para la protección ambiental de los bosques nativos".

Nivel provincial:

-Provincia del Chubut: Ley N° 124, Ley N° 3765, Decreto N° 712/04 y su modificatorio 74/05 y Decreto N° 764/04.

-Provincia de Tierra del Fuego: Ley N° 145, Ley N° 202, Decreto N° 852/95.

Pautas y recomendaciones científico-técnicas:

-Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los Bosques de Patagonia. INTA.

RESULTADOS

Marco Nacional

Se hace referencia a los artículos de las leyes N° 13.273 y 26.331 que tienen su aplicación directa en las prácticas que pueden aplicarse a los sistemas silvopastoriles, sin profundizar en un análisis exhaustivo de estas normas.

-Ley N° 13.273 de “Defensa de la Riqueza Forestal”.

En esta ley se considera bosque a *“toda formación leñosa ... declarada en los reglamentos respectivos como sujeta al régimen de la presente ley”* y tierra forestal a aquellas no útiles para la agricultura o pastoreo, susceptible de forestar. (Art. 1)

Establece cinco clases de bosque según su función, pudiéndose encuadrar a las formaciones leñosas con ñiire en los denominados: Bosques protectores, permanentes, experimentales y de producción.

Prohíbe la devastación de bosques y la utilización irracional de los productos forestales. (Art. 11)

Instituye la obligación del plan de trabajo y solicitud de permiso para la explotación del bosque. (Art. 12).

Para bosques protectores requiere autorización previa para pastoreo o cualquier trabajo en el suelo. (Art. 20, Inc. d).

Prohíbe la ocupación de bosques fiscales y el pastoreo sin permiso de la autoridad forestal. Los intrusos pueden expulsarse con auxilio de fuerza pública. (Art. 33).

Deja abierta la posibilidad del desmonte habilitando tierras para la agricultura o implantación de bosque de otro tipo y la construcción de infraestructura cuando no se trate de bosques experimentales, permanentes o de protección.

Considera como contravención forestal la introducción de ganado en infracción a los reglamentos en bosques y tierras forestales (Art. 45)

Estos conceptos básicos que pueden aplicarse al uso ganadero de los bosques están contenidos en las legislaciones de las provincias, por la adhesión a la norma nacional a través de sus propias leyes.

-Ley N° 26.331 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos”.

Instaura el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos a través de un proceso participativo, que debe realizar cada jurisdicción de acuerdo a criterios de sustentabilidad, en un plazo de 1 año. (Art. 6). Debe estar sancionado por ley Provincial para acceder a los beneficios que prevé la Ley.

Establece tres categorías de conservación de los bosques nativos (Art. 9):

- *Categoría I (rojo): Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse.*

- *Categoría II (amarillo): Sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados... y que podrán ser sometidos a los siguientes usos: Aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.*

- *Categoría III (verde): Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad aunque dentro de los criterios de la presente ley.*

Las intervenciones de manejo sostenible (en categorías II o III) o desmonte (únicamente en categoría III) en la masas nativas debe contar con la autorización de la autoridad provincial (Art. 13). Se deberán hacer con una planificación técnica previa, materializada en un Plan de Manejo Sostenible de Bosques Nativos (Art.16) para el primer caso o en el segundo caso con un Plan de

Aprovechamiento del Cambio de Uso del Suelo (Art. 17). Éstos deberán elaborarse de acuerdo a la reglamentación que para cada región y zona establezca la Autoridad de la jurisdicción correspondiente. (Art. 18)

Estos proyectos deberán reconocer y respetar los derechos de las comunidades indígenas originarias que tradicionalmente ocupen esas tierras. (Art. 19).

Se ordena el procedimiento de evaluación de impacto ambiental obligatorio para el desmonte y para el manejo sostenible cuando tenga el potencial de causar impactos ambientales significativos. (Art. 22).

El Estudio de Impacto Ambiental-EIA debe realizarse según los procedimientos establecidos por la Ley 25.675 –Ley General del Ambiente- en sus artículos 11, 12 y 13. (Art. 23). Además los contenidos del EIA están detallados en el Art. 24, consignando las propuestas para prevenir y mitigar los impactos ambientales adversos y optimizar los impactos positivos, acciones de restauración ambiental y mecanismos de compensación (Inc. c) o el análisis de la relación espacial entre áreas de desmonte y áreas correspondientes a masas forestales circundantes, (Inc. d).

Crea el Fondo para la Conservación de los Bosques Nativos que las Jurisdicciones aplicarán en un 70 % para compensar a los titulares de las tierras en cuya superficie se conservan bosques nativos públicos o privados, otorgando un aporte no reintegrable, a ser abonado por hectárea y por año, de acuerdo a la categoría, renovable anualmente sin límite de períodos.

El titular debe realizar y mantener actualizado un Plan de Manejo y Conservación de los Bosques Nativos (Art. 35, inc. a)

Considera por separado a pequeños productores y/o comunidades campesinas relacionadas a los bosques nativos, que en el caso que puedan desarrollar actividades no sostenibles, previendo la asistencia técnica y financiera para orientar las mismas hacia prácticas sustentables, a través de programas implementados por la autoridad provincial, (Art. 21).

Para financiar estos programas se debe destinar parte del 30 % del Fondo para la Conservación de los Bosques Nativos (Art. 35, inc. b, 2).

También considera el fortalecimiento institucional de las autoridades jurisdiccionales, aplicando parte del 30 % del Fondo nombrado para desarrollar y mantener una red de monitoreo y sistemas de información de sus bosques nativos. (Art. 35, inc. b, 1).

Traslada la fiscalización del cumplimiento de la Ley y de las autorizaciones de desmonte o manejo sostenible de bosques nativos a las a Autoridades de cada jurisdicción. (Art. 28).

De igual modo sucede con las sanciones al incumplimiento de la ley y de las reglamentaciones, que serán fijadas por las jurisdicciones, según una base mínima monetaria estipulada en la ley (Art. 29).

Nivel Provincial

-Marco Regulatorio de la Provincia del Chubut

Constituciones Provinciales

En la Constitución de 1958 se establecía la “*propiedad inalienable de los Bosques*”. En la Constitución Provincial actual, promulgada en 1994, el artículo 105 establece que *el bosque nativo es de dominio de la Provincia*, y debe dictarse una ley general para regular la enajenación del recurso, que debe aprobarse con 4/5 de votos de la Legislatura. La

misma ley debe establecer “...las restricciones en interés público que deben constar expresamente en el instrumento traslativo de dominio, sin cuyo cumplimiento éste es revocable”.

Ley Nº 124

Adhiere a la Ley 13.273, haciéndola propia, creando la Dirección Provincial de Bosques y Parques como autoridad de aplicación requerida. Es reglamentada por sucesivos Decretos, actualmente está vigente el Nº 764/04 y las Disposiciones ejecutivas de la Dirección General de Bosques y Parques (DGBYP) como autoridad de aplicación.

Ley Nº 3765

Establece como organismo administrador de las tierras fiscales al Instituto Autárquico de Colonización y Fomento Rural (IACFR) (Art 1). Entre sus funciones está: *...promover la formación de explotaciones económicamente rentables. A estos efectos organizará y llevará un registro permanente de establecimientos rurales, que deberá contemplar su extensión, capacidad, producción ganadera y todo otro dato que fuera necesario a sus fines.*

Crea distintos grados de tenencia antes de alcanzar el título de propiedad. Los títulos jurídicos otorgables son: a) Permiso de ocupación, b) Depósito de mejoras, c) Adjudicación en venta y/o Adjudicación sin contraprestación pecuniaria en el caso de aborígenes, d) Propiedad. (Art 15)

Entre los requisitos para resultar Adjudicatario se cuentan: *a) Residencia, b) Introducir mejoras, cultivos y/o ganados que aseguren la efectiva explotación del predio...*, (Art. 19):

Los pobladores, en las etapas intermedias, pagan al IAC un “derecho de pastaje” por el usufructo del recurso.

Ley Nº 92

Esta norma del año 2010 le brinda estatus legal al Ordenamiento Territorial de los bosques nativos de la provincia, presentados en documentación y cartografía anexa a la Ley. La mayor parte de la superficie de bosques de ñire se encuentra en la Categoría II, de uso sostenible.

En esta categoría, además de Planes de Conservación podrán ejecutarse Planes de Manejo Sostenible. Debe tenderse a la sostenibilidad en todas y cada una de las actividades realizadas en bosques nativos categorizados en amarillo. Si bien es difícil cuantificar el concepto de sostenibilidad, se han realizado importantes avances en el ámbito forestal en la definición de distintos tipos de Principios, Criterios e Indicadores que permitan evaluarlo. En este sentido, puede considerarse Manejo Sostenible a aquel que cumpla con los siguientes principios:

1. La productividad de bienes y servicios comercializables se mantiene o se incrementa.
2. El bienestar de las comunidades asociadas se mantiene o incrementa.
3. La integridad de los ecosistemas y los servicios ambientales derivados se mantienen.
4. El marco legal, político e institucional conduce al manejo sustentable del recurso.

El cumplimiento de estos principios en la realización de actividades en áreas incluidas en esta categoría debería evaluarse mediante indicadores y verificadores adecuados.

Decreto N° 712/04

Delimita como bosque nativo al *“ecosistema natural dominado por árboles de especies originarias de la región (...) el cual se encuentra formando tipos forestales”*. El mismo decreto define “tipo forestal” a la *“agrupación arbórea caracterizada por la presencia de especies de importancia ecológica”*. Incluye al ñire cuando este supera una cobertura del 75% con árboles mayores a tres metros de altura. Si por causas naturales o antrópicas el bosque nativo desapareció, las tierras que este cubría son incluidas como bosques.

Declara de dominio Provincial las tierras fiscales con bosque nativo hasta la reglamentación del artículo N° 105 de la Constitución de la Provincia. Para la venta de tierras fiscales, la DGBY P, deslinda la superficie con bosque nativo declarado en el “Inventario Forestal Provincial”, incluyéndose entre las cláusulas de venta una restricción al uso según el interés público y la reglamentación vigente.

En el Inventario se clasifican como “bosque bajo” a aquellos que no produce madera rolliza debido a las características del fuste, siendo de menor altura que el bosque alto. En esta clase predominan las formaciones de ñire.

Decreto N° 764/04

Contiene el *“Reglamento Único de Aprovechamiento Forestal de los Bosques de la Provincia del Chubut”*, con algunas especificaciones sobre la gestión de ñirantales.

Considera *“Producto Forestal Secundario”*, a la leña y el poste para alambrado, los principales productos madereros del bosque de ñire. El aprovechamiento puede realizarse por Pequeños o Grandes Permisionarios, denominándose así cuando la cantidad a extraer sea excepcionalmente grande, caso en que debe presentarse previamente el “Plan de Manejo”.

Entre otros ítems, establece que la construcción de vías de saca, playas de acopio y caminos, secundarios o primarios, deben hacerse al mínimo posible y la apertura de nuevos debe ser autorizada.

Considera Bosque de Protección *“...aquellos menores a los 10 m, los ubicados en pendientes mayores a 70% o por sobre los 1300 msnm, o aquellos que la autoridad de aplicación considere necesario y como protección de espejos y cursos de agua manteniendo una franja de vegetación.”*

Para planes de manejo de bosque nativo, el titular, el técnico y el motosierrista son responsables en forma solidaria del cumplimiento del mismo y de la normativa vigente. La clausura al ganado de áreas con bosque nativo degradado por acción del fuego o pastoreo excesivo, por quince años, se entiende como obra forestal compensatoria por la extracción de productos.

Considera las pasturas como productos no maderables del bosque y la introducción de ganado dentro del mismo debe ser autorizada por la DGBYP, caso contrario se penaliza monetariamente.

Decreto N° 74/05

Modifica al decreto 712/04, eliminando de la declaración del dominio Provincial las tierras fiscales con bosque nativo, y exceptúa de la obligación del deslinde del bosque nativo a las superficies con ocupaciones con derechos previos reconocidos (derechos precarios,

adjudicaciones en venta) o en caso de tierras sin ocupantes cuando se destinen a colonización.

-Marco Regulatorio de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

La utilización del recurso forestal se realiza conforme la ley provincial N° 145 de 1994 y el decreto reglamentario N° 852/95.

Ley N° 145

Regula a las explotaciones forestales “...en el marco de los principios de desarrollo sustentable..., procurando la mayor industrialización posible del bien, a fin de generar riqueza, trabajo y bienestar para la sociedad.”. Adhiere a la ley 13.273, creando la Dirección de Bosques como autoridad de aplicación dependiente del Ministerio de Economía.

Define como bosque a los ecosistemas donde los árboles sean organismos dominantes. Las tierras fiscales con bosques son inajenables y si la transferencia es anterior a la sanción de la ley, el propietario debe pagar por el bosque.

Crea la figura de de “Bosque Degradado”, como el que se ha devastado por causas naturales o por explotación irracional, cuando queden vestigios o testimonios de su existencia histórica.

Establece que la autoridad de aplicación deberá aprobar el plan de manejo para las áreas sujetas a uso silvopastoril, de acuerdo al bosque y el tipo de ganado.

Los bosques privados declarados protectores, permanentes, experimentales o degradados imponen al propietario su conservación y reforestación si es él quien lo degradó. Debe solicitarse autorización para cualquier uso del suelo o subsuelo, permitiendo a la autoridad forestal realizar los trabajos que esta considere necesarios. La explotación solo puede hacerse para su mejora.

Se considera delito la devastación de bosques y el pastoreo en áreas de regeneración o de bosques degradados, así como también arrancar, abatir o dañar árboles en contravención a lo legislado.

Decreto N° 852/95

Reglamenta la ley N° 145, estableciendo regulaciones para el aprovechamiento de los bosques en función de la capacidad de uso en forma permanente, considerando además de la producción forestal, la ganadera. Insta la necesidad de tomar las medidas técnicas y económicas necesarias a fin de revertir la situación de los bosques degradados.

La autoridad de aplicación debe establecer las pautas para el uso silvopastoril del bosque, protegiendo la integridad de este, limitando o prohibiendo la carga ganadera.

Considera infracción el desarrollo de la actividad ganadera sin la presentación y el cumplimiento del plan de manejo silvopastoril, así como el pastoreo en áreas degradadas o de regeneración y la quema de pastizales.

Nota: Hasta el 30 de Junio, fecha establecida por la SAyDS para el año 2010, la provincia de Tierra del Fuego no sancionó la Ley de Ordenamiento Territorial de los bosques nativos.

Pautas y Recomendaciones de Organismos Científicos-Tecnológicos

Las propuestas técnicas para desarrollar sistemas silvopastoriles en ñirantales se centran en la elaboración de Planes de Manejo de largo plazo que contemplen la práctica de raleos que mejoren el desarrollo de los árboles y la instalación de regeneración, permitiendo aumentar la producción de forraje y adecuando la carga ganadera. Estos deben contemplar la incorporación de Criterios /Indicadores de Sustentabilidad que persigan conservar los servicios ambientales junto a los objetivos productivos. Deben contemplar la "Evaluación de Pastizales" antes y después del raleo, determinando la cantidad de forraje disponible y su repuesta al raleo. Al planificar el sistema de pastoreo se debe contemplar la receptividad de los potreros, la demanda y tipo de animal. (Peri, 2004).

Se debe proteger los cauces hídricos y una determinada cantidad de renovales de ñire por hectárea por año, obteniendo un sistema mixto de pastizal y bosque, en lugar de un pastizal puro que derive en un erial en los ambientes muy secos (Iglesias, 1989 citado por Peri, 2004).

La protección de cursos de agua y humedales se logra adoptando criterios de manejo particulares. Se menciona la necesidad de definir un área intangible a la actividad forestal, el apeo hacia afuera de la "Zona de Manejo de Cuenca", manipular combustibles y/o agroquímicos a una distancia de 30 a 40 m del cauce, minimizar las aberturas hechas en la vegetación circundante para el acceso del ganado evitando la degradación por pisoteo y monitorear la calidad del agua para detectar cambios sustantivos. La red caminera se ubicará fuera de sitios arcillosos, inundables, cóncavos o frágiles y aquellos con pendiente mayor al 65% (Gayoso, Schelegel y Acuña, 2000).

DISCUSIÓN

Resulta interesante hacer algunas consideraciones sobre la propiedad del recurso, que condiciona la aplicación práctica de las normas, según las diferentes situaciones de tenencia que se pueden dar. En la Provincia de Chubut, el cambio de la calificación de los bosques considerados como "*propiedad inalienable de la provincia*", que se daba en la constitución de 1958, a la actual que se establece "*el bosque nativo es de dominio de la Provincia*", con que se trata en la Constitución de 1994 hoy vigente, no solo significa un cambio semántico sino que implica la aceptación de la posibilidad de enajenarlos, vedada en el anterior texto. Para esta privatización debe aprobarse una ley general que regule esta transferencia con 4/5 de votos de la Legislatura, que aún no se sancionó.

Conviene recordar entonces que esta imposición constitucional de 50 años de vigencia, determinó que los títulos de propiedad otorgados por la provincia, desde su creación en 1958, lo sean por el régimen de tierras (Leyes N° 823, N° 3681 y N° 3765 y sus decretos reglamentarios), buscando diferentes interpretaciones del significado de bosque para permitir la titularización de los predios. Esto varió desde considerar como bosque solo a las masas de especies arbóreas de primer magnitud (ciprés, lenga, coihue) y no las arbustivas (Dec. 904 /81) o incluir todas las especies leñosas como bosque (Dec. 1465/2001) o también utilizar los porcentajes de cobertura de la superficie de bosques del predio (Dec. 904 /81), o el deslinde del bosque alto dejándolo fuera del predio a titularizar (Dec. 712/2004).

Esta búsqueda de argumentos tendientes al loable objetivo de propiciar el desarrollo de la actividad privada facilitando el acceso a la propiedad de la tierra, debía salvar la restricción constitucional. Esto se lograba con la inclusión de una cláusula en todo título de propiedad otorgado sobre predios fiscales que exprese que la propiedad de los bosques espontáneos o formaciones leñosas espontáneas posibles de explotación pertenecen a la provincia y su explotación queda sujeta a la jurisdicción de la DGBYP.

Pero esto en realidad permite salvar el obstáculo que constituía el bosque alto nativo para el acceso a la propiedad de la tierra por parte del ocupante ganadero, instaurando de este modo un “*derecho real de superficie*” encubierto, instituto prohibido en el Código Civil redactado por Vélez Sarfield, por considerarlo completamente negativo para el buen manejo del recurso. Con este artilugio se daba cumplimiento al precepto constitucional de *inalienabilidad de los bosques*, entendiendo por “*bosque*” solo al *vuelo*, que de este modo quedaban en manos del Estado, mientras que el suelo puede transferirse a manos privadas.

El bosque de ñire entonces es del estado o no, alternativamente según el decreto vigente que lo considere bosque o no para la titularización de la tierra, y siempre está bajo jurisdicción administrativa forestal, ya sea de propiedad estatal o privada.

La ley 3765 del año 1992 es la que aún rige en todo lo referente a tierras fiscales de la Provincia, abarcando desde su Órgano administrativo denominado IACFR, hasta el reconocimiento de diferentes situaciones jurídicas con respecto a la tenencia de la tierra. *Queda en evidencia que la ley solo trata al uso del suelo con una visión productiva, característico del Derecho Agrario, pues solo requiere mejoras, cultivos y ganados como una demostración efectiva de la explotación del predio.*

El IACFR obtiene recursos de las ventas de tierras fiscales y del cobro de pastaje, incentivando la actividad ganadera como principal uso de la tierra fiscal. Es decir, no distingue los diferentes ecosistemas espontáneos que se sustentan en los suelos, considerando de igual modo todas las tierras. Solo hace referencia a: *...” requerir a los organismos competentes informes actualizados respecto al cumplimiento de las normas legales referentes a condiciones de explotación de los predios rurales (sanidad vegetal y animal)”* (art. 2).

De este modo, en el marco legal se desmiembra al sistema natural en dos componentes (suelo y vuelo) que se consideran y administran por separado, aún cuando todavía es propiedad estatal, como el caso de los bosques fiscales, considerados como “*tierras fiscales*” por la ley de tierras. Mientras son fiscales, están administrados por el IACFR, que cobra el derecho de pastaje, sin requerir pautas técnicas de manejo de la componente herbácea y el vuelo es jurisdicción de la DGBYP, con regulaciones bastante estrictas en su manejo silvícola leñero y sin ocuparse del estrato herbáceo.

A partir del decreto 704/04 las pasturas son consideradas como Productos Forestales No Madereros-PFNM, y sujetos a esta autoridad, con lo que se plantea claramente una superposición de dos autoridades que actúan sobre la misma materia, en el mismo espacio.

Si bien por el Dec. N° 712/04 para la venta de tierras fiscales de la Provincia la DGBYP debe deslindar la superficie con bosque nativo según el Inventario Provincial, este escenario parece haber variado drásticamente con el Decreto N° 74/05, que detalla una serie de excepciones a este deslinde, que abren a un amplio abanico de actores institucionales, sociales y económicos la posibilidad concreta de acceder a la propiedad del vuelo. (Carabelli, 2005). Es decir prácticamente deja de tener efecto el deslinde por que abarca a la mayor parte de los ocupantes con derechos reconocidos.

En estas condiciones se desarrolla la actividad productiva ganadera, sobre la que conviene recordar que la herbivoría y ramoneo del ganado pueden impedir la regeneración natural del bosque, comprometiendo el futuro del componente forestal del sistema.

Ningún modelo de gestión forestal sostenible es compatible con la presencia de ganadería extensiva si no se considera en alguna de sus etapas la implementación de eficaces medidas de control de las cargas animales tendientes a garantizar la regeneración natural (Reque et al., 2007).

CONCLUSIONES

El conjunto de normas que hacen referencia a los bosques nativos ante la puesta en vigencia de la Ley 26.331 debe ahora ser revisado y adecuado a lo preceptuado por esta ley, en especial en lo analizado respecto a la regulación de las actividades silvopastoriles.

Chubut

Cuando el bosque de ñire es privado o está en tierras titularizadas, sobre el recurso forrajero ya no habría un organismo estatal como autoridad legal específica, sino que se podría considerar como única autoridad a la DGByP, en virtud del Dec. N° 704/04. En la actualidad esto aún no sucede, la autoridad forestal solo se ejerce en el contralor leñero. Esto debería cambiar cuando se implemente la nueva Ley N° 26.331, que alcanza a los bosques de ñire que están incluidos en las categorías II y III del OT, abarcando mayoritariamente las aproximadamente 600.000 ha de bosques dominados por esta especie.

Según lo previsto en esta ley deberá confeccionarse un Plan de Manejo Sostenible de Bosques Nativos, (Cat. II y III) o un Plan de Aprovechamiento del Cambio de Uso del Suelo cuando se incluyan desmontes (Cat. III).

Tierra del Fuego

La normativa vigente en la provincia de Tierra del Fuego contempla la posibilidad del uso silvícola y ganadero del bosque, exigiendo la presentación de un plan de manejo para el aprovechamiento silvopastoril del bosque.

También crea la figura de "Bosque Degradado", asegurando que la zona donde hubo bosque y que por causas naturales o antrópicas desapareció, se ajusten a normativas de uso especiales. De igual forma se establecen prescripciones básicas respecto a los recursos hídricos.

La normativa vigente en las dos provincias está dirigida a la utilización silvícola del bosque, con suficiente reglamentación para su contralor, pero no cubre las necesidades vinculadas al manejo del pastizal acompañante, que en realidad constituye el uso más frecuente de estas formaciones leñosas.

En ambas provincias la reglamentación para la presentación de los diferentes Planes será elaborada y monitoreada por la autoridad provincial. La reglamentación legal, deberá estar basada en normativas técnicas consolidadas, ya que la normativa vigente, según lo analizado en este trabajo y anteriores (Picco y Escalona 2008) el uso silvopastoril del bosque no se contempla en la normativa con suficiente atención. Puede mencionarse que en Chubut el Decreto N° 712/04 incluye las pasturas que prosperan bajo el dosel de ñire, como producto no maderable, y es la DGByP la encargada de autorizar o no el ingreso del ganado o Tierra del Fuego establece la necesidad de Planes de Manejo para la actividad silvopastoril, pero sin entrar en detalles técnicos que brinden soporte legal para un contralor del uso ganadero.

Entonces resulta necesario una nueva legislación que integre las distintas normativas que regulan los usos y aprovechamientos, considerando los aspectos sectoriales (agro-ganadero, forestal y ambiental) para hacerlas totalmente compatibles, de acuerdo con un modelo de gestión única. Esto es esencial para el buen manejo de estos ecosistemas de gran fragilidad por un lado y gran importancia por otro, en especial como reguladores ambientales del ciclo del agua en las áreas de montaña de la cordillera.

La aplicación de los beneficios económicos previstos en la ley para la implementación de prácticas silvopastoriles en bosques de ñire deberá basarse en normas técnicas ajustadas al mantenimiento de la cobertura, garantizando la regeneración arbórea y protegiendo el ciclo del

agua, con indicadores técnicos que permitan un monitoreo objetivo. Si esto no resulta posible de implementar con normativas legales acompañadas por procedimientos de monitoreo y seguimiento técnico y administrativo efectivos, que obviamente van de la mano de un fortalecimiento institucional muy sólido, puede suceder que la medidas de fomento obtengan resultados contrarios a los perseguidos por la ley, es decir que se esté subvencionando la degradación del bosque nativo por prácticas ganaderas no adecuadas, con las consecuencias negativas que esto acarrea.

REFERENCIAS

Carabelli, Francisco, 2005. Connotaciones del marco legal para el manejo de bosques en la provincia de Chubut, Patagonia, Argentina. Actas Tercer Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. AFOA. Corrientes. Pág. 26.

Campos Palacín, P., 1992. Reunión Internacional sobre sistemas agroforestales de dehesas y montados. Agricultura y Sociedad, 62. MAPA. Madrid. Pp. 197-202.

Donoso, C., 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ed. Universitaria. Sgo. de Chile, Chile.

Gayoso, J., Schlegel, B. y Acuña, M., 2000. Guía de conservación de agua. UACH. 56 Chile.

Guitart et al., 2004. Programa para el desarrollo local y competitividad de pequeñas empresas. BID-ATN/ME7295-AR. Componente N° 1: Fortalecimiento y diversificación productiva.

Hansen, N., Fertig, M. y Tejera, L., 2008. Silvopastoreo en ñire. Patagonia Forestal. CIEFAP. Esquel.

Peri, Pablo, 2004. Alternativas de Manejo Sustentable para el manejo Integral de los bosques de Patagonia - Tomo II. PIARFON – BAP. Autores varios. 2004-2005.

Picco, Omar. A. y Escalona, M., 2008. Sistemas Productivos de *Nothofagus antarctica* en la Patagonia Argentina; Análisis de la Legislación Vigente. Actas de Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en Patagonia. CIEFAP, CFI y UNPSJB. Esquel, Chubut, 22 al 24 de abril de 2008.

Reque, J., M., Sarasola, J., Gyenge, M. y Fernández, E., 2007. Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. Bosque 28(1): 33-45, 2007.

SAyDS, (Autores varios), 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación – Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. Pág. 86.

REGLAMENTO DE PUBLICACION

CIENCIA E INVESTIGACION FORESTAL es una publicación técnica, científica, arbitrada y seriada, del Instituto Forestal de Chile, en la que se publica 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 y de diversos países, de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor. De acuerdo al tema de cada trabajo, estos son enviados por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. Los autores no son informados sobre quienes arbitran los trabajos.

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 y ocasionalmente en inglés o portugués, redactadas 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. Vargas Rojas, Víctor. 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: (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 acepta 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 Norma NCh 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se empleará en todo caso el sistema métrico decimal. Al respecto es conveniente recordar que la unidades se abrevian en minúsculas, sin punto, con la excepción de litro (L) y de aquellas que provienen de apellidos de personas como grados Celsius (°C). Algunas unidades de uso muy frecuente: metro, que debe ser abreviado **m**, metro cúbico **m³**, metro ruma **mr**; o hectáreas **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 Metarchivo Mejorado.

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
RESGATE, CONSERVAÇÃO E CLONAGEM DE MATRIZES DE <i>Eucalyptus benthamii</i> MAIDEN & CABBAGE. Francisco Baccarin, Gilvano Ebling Brondani, Israel Gomes Vieira, Marcilio de Almeida. Brasil	7
EFFECTO DEL TAMAÑO DE CONTENEDOR SOBRE EL CRECIMIENTO EN VIVERO Y COMPORTAMIENTO EN TERRENO DE PLANTAS DE <i>Quillaja saponaria</i> Mol. ESTABLECIDAS EN FLORIDA, REGIÓN DEL BIOBÍO. Ivan Quiroz M.; Marta González O.; Andres Hernández C, Hernán Soto G.; Edison García R.; Matias Pincheira. Chile.	21
INTRODUCCIÓN DEL PINO PIÑONERO (<i>Pinus pinea</i> L.) EN CHILE. Verónica Loewe, Claudia Delard, Marlene González, Sven Mutke y Verónica Fuentes. Chile.	39
APUNTES	
MANEJO DE PRADERAS PERMANENTES EN SISTEMAS SILVOPASTORALES LOCALIZADOS EN EL SECANO CENTRO-SUR DE CHILE. Squella, Fernando; Ovalle, Carlos; Ruiz, Carlos, y Fernández, Fernando. Chile	53
ALGUNOS ANTECEDENTES EN LA BÚSQUEDA DE OPCIONES ECONÓMICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE BIOMASA DENDROENERGÉTICA EN CHILE. Juan Carlos Pinilla Suárez y Carolina Valenzuela Ibarra. Chile.	69
MARCO LEGAL DEL USO SILVOPASTORIL DE BOSQUES DE ÑIRE Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY NACIONAL 26.331 EN CHUBUT Y TIERRA DEL FUEGO. Omar Picco. Argentina.	91
REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN	105

