BOLDO

(*Peumus boldus* Mol.)

Avances en la Investigación para el Desarrollo de Modelos Productivos Sustentables









INFOR

Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

CHILE LO HACEMOS TODOS

FIA

Fundación para la Innovación Agraria

BOLDO (***Peumus boldus*** Mol.). Avances en la Investigación para el Desarrollo de Modelos Productivos Sustentables

Editores
Benedetti, Susana y Barros, Santiago[1]

Instituto Forestal
Chile
2018

[1] Ingenieros Forestales. Instituto Forestal. Chile. sbenedet@infor.cl, sbarros@infor.cl



Instituto Forestal
Sucre 2397, Ñuñoa
Santiago, Chile
F. 56 2 223667115
www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-144-9
Registro de Propiedad Intelectual N° A-296890

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

Benedetti, S. y Barros, S. (Eds.), 2018. Boldo (*Peumus boldus* Mol.). Avances en la Investigación para el Desarrollo de Modelos Productivos Sustentables. Instituto Forestal, Chile. Pp 143.

ÍNDICE

Prólogo 05

Capítulo 1 07
Antecedentes Generales. Benedetti, Susana; Morales, Carolina y Soto, Daniel.

Capítulo 2 19
Caracterización de las Formaciones Naturales. Benedetti, Susana y Morales, Carolina

Capítulo 3 31
Caracterización de los Compuestos Activos de Boldo. Benedetti, Susana

Capítulo 4 43
Evaluación de Diversidad Genética y Búsqueda de Marcadores Moleculares Asociados a la Producción de Metabolitos en Genotipos Seleccionados de Boldo. Hasbun, Rodrigo; González, Jorge; Benedetti, Susana y Molina María Paz

Capítulo 5 57
Producción de Plantas y Propagación de Boldo. García, Edison y González, Marta

Capítulo 6 65
Propagación Vegetativa de Boldo. Koch, Laura; González, Jorge; Benedetti, Susana y Molina, María Paz

Capítulo 7 77
Ensayos de Establecimiento de Plantaciones. Delard, Claudia y Hormazabal, Marcos

Capítulo 8 103
Propuestas de Modelos de Plantaciones Productivas de Boldo. Hormazabal, Marco y Benedetti, Susana

Capítulo 9 115
Evaluación Económica del Negocio de Plantaciones de Boldo Destinadas a Producción de Biomasa Foliar. Valdebenito, Gerardo y Álvarez, Andrea

PRÓLOGO

Boldo es una especie nativa y endémica de Chile, representativa del bosque esclerófilo de la zona central del país y una de las especies nativas de uso más difundido a nivel nacional e internacional.

En Chile existe una larga tradición en su consumo, principalmente en infusiones de sus hojas, por su reconocido efecto hepatoprotector, que es precisamente el aspecto que ha promovido su uso en otros países. Las exportaciones de hojas de boldo se inician a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, y muestran en la actualidad un crecimiento exponencial.

Las fuentes de abastecimiento son las formaciones naturales de boldo, cuyo estado actual muestra una sobreutilización con impactos negativos en la estructura del bosque y la arquitectura propia de los individuos, y principalmente en su superficie y disponibilidad. Este hecho no solo pone en riesgo el negocio de la exportación, sino que además la sobrevivencia de la especie.

Producto de las investigaciones realizadas por INFOR sobre el estado actual de las formaciones naturales de boldo, su cadena productiva, los actores y negocios vinculados a la especie, es que surge la necesidad de investigar sobre su domesticación para la generación de plantaciones que sustenten no solo el negocio actual de exportación de hojas, sino además de avanzar en el conocimiento de su potencial químico y genético para la generación de productos con valor agregado, que representen una opción rentable y sustentable para pequeños y medianos propietarios.

En este contexto, INFOR ejecuta el proyecto “Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores”, financiado por la Fundación de Innovación Agraria (FIA), cuyos resultados y avances se presentan en esta publicación.



Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES GENERALES

Benedetti, Susana; Morales, Carolina y Soto, Daniel [1]

1. LA ESPECIE

Boldo *(Peumus boldus Mol*.) es una especie nativa y endémica de Chile del género monotípico *Peumus,* perteneciente a la familia *Monimiaceae*. Es una especie dioica que forma parte del bosque esclerófilo, presente en formaciones puras y también en conjunto con otras especies forestales como árboles, arbustos y enredaderas siempreverdes.

Boldo es una de las especies forestales nativas y endémicas de mayor valor económico y ambiental de Chile. Su popularidad y uso tradicional en el país se debe a sus reconocidas cualidades medicinales, especialmente en el ámbito de enfermedades hepáticas entre otras.

Estas cualidades han traspasado las fronteras, es así como desde fines del siglo XIX se iniciaron las exportaciones de hojas con un crecimiento exponencial en las últimas dos décadas. Se consume habitualmente las hojas para la preparación de infusiones, observándose en los últimos años un creciente interés por la exportación de su corteza.

El interés por esta especie radica en los principios activos presentes en sus distintos componentes, hojas, corteza, madera. Cabe destacar que es la única especie medicinal chilena descrita en farmacopeas europeas.

1.1. Distribución Natural

Según Donoso (1981) boldo se distribuye entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos, y otros autores acotan su distribución a las Regiones de Valparaíso a Bio Bio (Villar y Gómez-Serranillos, 2006). El Catastro de Bosque Nativo (CONAF, CONAMA, BIRF, 1999) en tanto indica una distribución más amplia; desde los 30° 20´ LS, bahía de Tongoy, Región de Coquimbo, hasta los 41°20´ LS, Río Las Damas, Región de Los Lagos.

De acuerdo al catastro la especie cubre una superficie total de 448.567 ha., siendo la Región de O'Higgins, la que posee la mayor superficie, con un 37% del total, luego se encuentran las Regiones Metropolitana, Maule, Valparaíso y Bio Bio, con 16%, 14%, 13% y 10%, respectivamente (Cuadro N° 1).

[1] Investigadores. Instituto Forestal, Santiago. Chile sbenedet@infor.cl

Cuadro N° 1
SUPERFICIE DE BOLDO POR REGIÓN

Región	Superficie (ha)
Coquimbo	23.162
Valparaíso	57.012
Metropolitana	73.316
O´Higgins	166.090
Maule	63.883
Bio Bio	45.649
La Araucanía	17.661
Los Ríos	1.050
Los Lagos	744
Total	**448.567**

(Fuente: Elaboración propia en base a CONAF, CONAMA, BIRF, 1999).

Las Regiones de O´Higgins, Metropolitana y Valparaíso experimentan la mayor actividad extractiva de hojas de esta especie, sin embargo, la Región del Maule en el último período se incorpora crecientemente a esta actividad.

Homann y Matte (1967) señalan que boldo se presenta dentro de un clima tipo mediterráneo en la región central de Chile, abarcando la Cordillera de Los Andes y la de La Costa, extendiéndose su distribución incluso hacia el Norte Chico, con climas semiáridos. Adicionalmente, indican que es una especie resistente a largos periodos de sequía, debido a que puede subsistir con precipitaciones menores a los 200 mm al año. Según Rodríguez y Quezada (2001) esta especie puede encontrarse entre los 5 y 1.000 msnm, con una extensión latitudinal cercana a 1.100 km.

1.2. Caracterización Botánica

Boldo presenta hojas perennes, simples, altamente aromáticas, de color verde grisáceo, de ápice corto, enteras, opuestas, ovaladas, de textura coriácea, dura y quebradiza, con bordes ligeramente enrollados hacia la cara inferior y con la cara superior cubierta de prominencias que le dan aspecto granuloso, rugoso o ásperas al tacto. El envés es liso, con las nervaduras prominentes (Villar y Gómez-Serranillos, 2006). Es una especie dioica, de flores masculinas y femeninas en diferentes individuos. Es difícil de clonar, ya sea por el método de enraizamiento o micropropagación (Vogel *et al.*, 1997). Las flores masculinas tienen un perianto amarillo pálido y las femeninas poseen un pistilo con numerosos carpelos uniovulados, su fruto corresponde a una drupa ovoide, carnosa y jugosa (Figura N° 1).

En su forma natural, boldo presenta un hábito arbóreo de copa globosa, que alcanza hasta 30 m de altura. Sin embargo, debido al uso histórico que se le ha dado debido al interés que presenta esta especie por sus cualidades medicinales, hoy la forma más frecuente es la arbustiva con una cantidad importante de vástagos, esto debido a que su aprovechamiento no siempre ha sido a través de intervenciones que aseguren su sustentabilidad, producto de lo cual actualmente la estructura de las formaciones de boldo y la arquitectura de los individuos se han visto modificadas. Así también se observa un efecto en la sanidad de las formaciones naturales, donde es común encontrar en un mismo individuo una gran cepa semienterrada, con uno o

varios fustes adultos con hojas viejas, afectados por plagas y semicaídos, y bajo ellos varios vástagos nuevos con hojas jóvenes.



Figura N° 1
FLORES Y FRUTOS

1.3. Requerimientos Ecológicos

INFOR (2011) describe a boldo como una especie rústica y de baja exigencia de humedad, cualidad que le permite crecer en diversas condiciones a lo largo de su distribución geográfica en el país, siendo resistente a periodos lagos de sequía, pero con reducida tolerancia a heladas y a fuerte insolación.

Se encuentra presente en tierras bajas y medias, en valles y quebradas con presencia de neblina costera y las exposiciones sur tienen influencia positiva en el desarrollo de sus coberturas. Sin embargo, al norte de su distribución esta especie se manifiesta preferentemente en la cordillera de la costa con exposiciones norte, con bajos requerimientos de humedad, y en suelos pedregosos y de textura gruesa. Desde San Fernando hacia el sur su presencia es relevante en la precordillera andina entre los 5 y 1.000 msnm. San Martin y Doll (1998) indican que las condiciones climáticas generales en que se desarrolla esta especie corresponden a temperaturas medias anuales de 13,7°C para la zona norte y 10,5°C para la zona sur, con precipitaciones que oscilan desde los 200 y 1.200 mm/año a lo largo de su distribución. Ruiz (1965) señala que el sustrato geológico dominante en que se desarrolla la especie es en general de rocas sedimentarias y metamórficas con incrustaciones de material granítico y volcánico.

San Martín y Doll (1998) caracterizan a esta especie como conservadora de recursos de suelo, ya que se desarrolla en suelos que presentan bajo contenido mineral, es decir muy pobres, asociados además a bajas disponibilidades hídricas.

La regeneración de la especie boldo es compleja debido a los cambios en la composición y estructura que han sufrido sus poblaciones, como producto de la sobreexplotación y degradación,

y además a los suelos con alto contenido de fósforo (Borie y Rubio, 1999). Asimismo, los incendios forestales son de importancia entre las variables que afectan la regeneración de esta especie, ya que además de quemar las especies forestales, afectan también la materia orgánica presente, deteriorando la estructura del suelo, aumentando la densidad aparente y disminuyendo los nutrientes (Fernández *et al.*, 2004; Llovet *et al.*, 2009; Certini, 2005).

2. EL MERCADO

El conocimiento existente sobre el mercado de boldo es sobre el de exportación. El Instituto Forestal lleva las estadísticas de exportación de Productos Forestales No Madereros (PFNM), entre los que se cuentan productos de boldo desde 1990. Sin embargo, se conocen datos de exportación de boldo desde 1981.

Los productos de boldo comercializados al exterior están representados en su mayor parte por las hojas, no obstante, existen otros productos con menor participación que muestran cierta regularidad, como la corteza y las bolsitas filtrantes para infusiones.

Otros productos se han exportado en forma puntual, como plantas de boldo en el año 2003 y aceite de boldo en el año 1991. No se tienen antecedentes de exportaciones de componentes activos derivados del boldo.

Pese a que la exportación de hojas de boldo supera por mucho la exportación de corteza, es interesante destacar la fuerte variación que registró este último producto en el año 2017, respecto del cual según los datos más recientes de exportaciones (2018) se estaría registrando una nueva alza de importancia.

En el Cuadro N° 2 se presentan los montos y volúmenes de exportación de hojas y corteza de boldo. Queda en evidencia que el producto de mayor importancia e incremento de los montos y volúmenes exportados es la hoja.

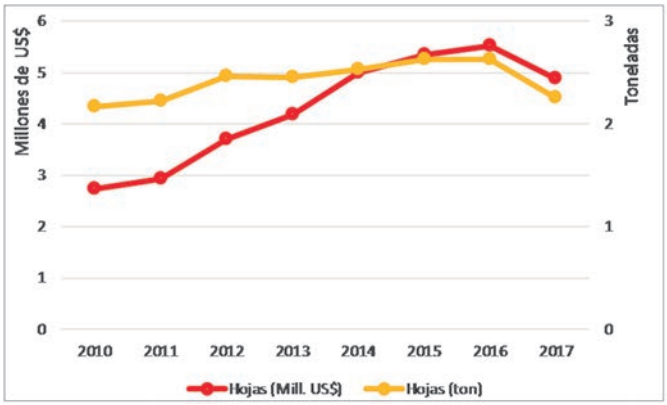
Cuadro N° 2
EXPORTACIONES DE HOJAS Y CORTEZA

Año	Hojas	Corteza	Hojas	Corteza
	(US$)		(kg)	
1981	241.915		639.000	
1982	237.800	3.806	570.000	4.000
1983	263.107	2.650	753.000	5.000
1984	275.359	3.050	812.000	6.000
1985	253.220	2.758	825.060	4.510
1986	220.110	3.708	755.010	7.950
1987	250.139	2.230	829.820	5.060
1988	208.424		570.323	
1989	194.902	2.076	584.059	4.720
1990	235.309		680.996	
1991	301.965	1.760	692.429	4.000
1992	706.689		1.073.984	
1993	908.215	6.028	1.473.259	10.267
1994	550.217	7.289	1.044.540	14.100
1995	687.718	2.348	1.263.770	4.430
1996	809.913		1.383.460	
1997	822.327	3.019	1.201.810	3.450
1998	939.503	22.180	1.473.120	23.450
1999	886.340	8.763	1.449.210	6.970
2000	929.029	5.768	1.311.756	4.159
2001	932.006	6.210	1.484.514	4.470
2002	850.463	11.505	1.539.883	7.670
2003	627.729	13.497	1.133.040	9.035
2004	847.265	6.640	1.524.490	6.640
2005	937.533		1.595.461	
2006	1.151.410	8.100	1.658.886	6.400
2007	1.815.044	9.845	1.849.505	6.520
2008	2.707.770	12.730	2.027.626	6.300
2009	2.783.367	11.448	2.246.647	6.200
2010	2.731.399	30.113	2.171.802	13.300
2011	2.926.931	16.735	2.220.793	6.500
2012	3.693.274		2.468.944	
2013	4.180.274	18.786	2.449.398	6.810
2014	5.004.295	19.954	2.530.788	7.100
2015	5.351.181	30.005	2.625.634	5.200
2016	5.523.155	18.770	2.634.580	2.500
2017	4.884.243	128.069	2.257.029	16.360

(Fuente: INFOR, 2018)

2.1. Exportación de Hojas

En el año 2017 las exportaciones de hojas de boldo llegaron a US$ 4,88 millones, monto que disminuyó respecto al año 2016, este último con el récord histórico de exportaciones. La disminución del monto se debió al menor volumen exportado (-14%) y no al precio medio, ya que este subió 3%. De hecho, en los últimos diez años el precio de exportación creció de manera mucho más acelerada que los volúmenes, relevando con ello que, pese a ser un producto con escaso valor agregado el mercado internacional le ha dado mayor valor.



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 2
EXPORTACIONES DE HOJAS

2.2. Países de Destino

Las hojas de boldo se destinan mayoritariamente al mercado sudamericano, que representa el 79% de las exportaciones, que es una región consolidada como demandante de este producto y que evidencia un crecimiento acelerado en el monto en los últimos diez años.

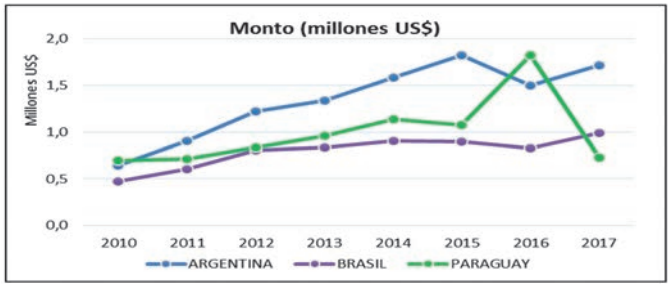
En segundo lugar se ubica la Unión Europea, con una participación de mercado del 18%, cuyo principal comprador es España.

Luego existe un conjunto de no más de ocho países de distintas regiones geográficas, que participan con menos del 3%, siendo los más regulares en sus compras México, Guatemala y Estados Unidos. Argentina, Brasil y Paraguay son los tres mercados más importantes para la hoja de boldo.

Argentina es el mayor demandante histórico y representó el 35% del monto total en el año 2017, luego Brasil (20%) y Paraguay (15%), este último registrando una brusca caída los dos últimos años. En las Figuras N° 3, N° 4 y N° 5 se ilustran las exportaciones a estos tres mercados desde el año 2010.

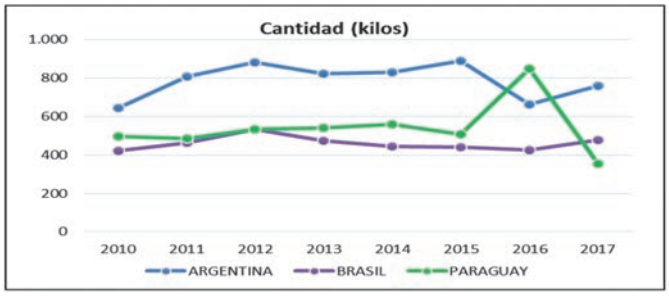
Las exportaciones de hojas de boldo a Paraguay crecieron fuertemente en 2016 para luego descender también bruscamente al año siguiente. La causa de esto sería el cese casi por

completo de las exportaciones de la empresa Atlas, que por ser el mayor abastecedor a ese país genera una influencia mayor. El consumo de boldo en Paraguay se encuentra principalmente asociado al segmento de las hierbas medicinales en bolsitas filtrantes, cuyo principal importador de materias primas y fabricante de bolsitas corresponde a la empresa local Laboratorio y Herboristería Santa Margarita, ubicada en Asunción. En la región europea destaca España como primer comprador de hojas, seguido por Francia (Cuadro N° 3).



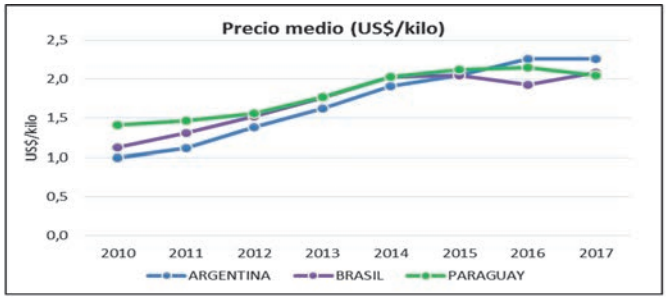
(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 3
EVOLUCIÓN DEL MONTO EXPORTADO DE HOJAS
A LOS TRES PRINCIPALES MERCADOS DE DESTINO



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 4
EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD EXPORTADA DE HOJAS
A LOS TRES PRINCIPALES MERCADOS DE DESTINO



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N°5
EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO DE EXPORTACIÓN DE HOJAS
A LOS TRES PRINCIPALES MERCADOS DE DESTINO

Cuadro N° 3
EXPORTACIONES DE HOJAS SEGÚN PRINCIPALES PAÍSES DE DESTINO
2010-2017

Región/País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	(US$)							
América del Sur	**2.017.648**	**2.467.916**	**3.216.322**	**3.454.931**	**3.992.438**	**4.229.419**	**4.491.791**	**3.859.035**
Argentina	642.461	901.162	1.222.047	1.338.862	1.584.629	1.821.248	1.495.214	1.712.553
Brasil	474.962	602.172	807.077	832.516	900.292	896.831	824.140	989.657
Paraguay	698.169	708.076	832.999	957.305	1.131.333	1.074.877	1.817.671	727.095
Perú	105.843	108.238	125.012	174.578	161.566	207.742	158.338	184.113
Ecuador	31.716	57.778	59.071	41.863	86.071	104.267	55.054	104.213
Colombia	41.391	39.138	70.889	76.154	69.248	91.530	99.914	92.448
Uruguay	23.105	51.352	99.226	33.654	59.300	32.925	41.459	48.956
Europa	**520.862**	**382.855**	**391.392**	**552.343**	**893.323**	**852.209**	**892.577**	**893.959**
España	390.208	199.976	252.485	364.111	505.337	528.482	472.522	571.172
Francia	83.100	119.411	119.440	96.381	163.988	83.354	185.928	233.888
Alemania	34.315	47.786	19.466	91.852	201.427	204.681	222.727	53.748
Italia	13.239	11.755			22.571	10.224	11.400	35.151
Portugal		3.927						
Reino Unido						168		
Austria						909		
Holanda						24.392		
América del Norte	**104.001**	**54.498**	**58.239**	**139.996**	**86.430**	**214.480**	**67.399**	**68.080**
México	90.709	45.007	45.139	121.218	71.202	191.788	53.865	51.440
Estados Unidos	13.292	9.491	13.100	18.778	15.228	22.693	13.534	16.640
América Central y El Caribe	**20.999**	**21.662**	**27.321**	**33.004**	**20.232**	**55.072**	**71.388**	**63.043**
Guatemala	20.186	19.296	23.107	29.175	11.594	47.572	63.588	52.536
Panamá				3.592	8.500	7.500	7.800	10.507
Territorio Holandés				236				
Cuba			218		138			
Costa Rica	814	2.366	3.996					
Asia					**11.871**			**125**
India					11.871			125
Total	**2.663.510**	**2.926.931**	**3.693.274**	**4.180.274**	**5.004.295**	**5.351.181**	**5.523.155**	**4.884.243**

(Fuente INFOR, 2018)

Durante los años 1981 a 2017 han participado del negocio exportador de hojas más de 100 empresas, aunque pocas de ellas con permanencia en el tiempo. En el año 2017, participaron 24 empresas.

En general, estas empresas exportadoras abastecen con igual importancia a los tres mayores destinos, Argentina, Brasil y Paraguay.

2.3. Precios de Exportación de Hojas

Desde 2010 el precio por kilo de las hojas de boldo enviadas al exterior muestra una tendencia creciente en los tres mayores compradores sudamericanos y no registra grandes diferencias entre ellos, las que en general fluctúan entre 7 y 10%.

Cuadro N° 4
PRECIOS DE EXPORTACIÓN DE HOJAS DE BOLDO PRINCIPALES DESTINOS
2010 - 2017

Pais de Destino	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	(US$/kg)							
Argentina	1,00	1,11	1,38	1,63	1,91	2,05	2,26	2,26
Brasil	1,13	1,30	1,52	1,76	2,02	2,05	1,93	2,08
Paraguay	1,41	1,46	1,56	1,77	2,03	2,12	2,15	2,04
España	1,56	1,62	1,51	1,62	1,93	1,82	2,05	2,17
Francia	1,20	1,33	1,42	1,40	1,60	1,52	1,56	1,98
Perú	1,36	1,73	1,74	2,13	2,26	2,06	2,20	2,76
Ecuador	1,32	1,64	1,82	1,95	2,13	2,36	2,23	1,78
Colombia	1,34	1,53	1,81	1,83	1,99	2,22	2,18	2,37
México	1,07	1,27	1,29	1,75	2,13	2,06	1,96	1,91
Alemania	1,44	1,58	1,49	1,54	2,10	2,04	2,00	2,07
Guatemala	1,26	1,48	1,66	1,64	1,77	1,89	1,92	2,25

(Fuente: INFOR, 2018)

2.4. Exportación de Corteza

La corteza de boldo tiene baja participación en las exportaciones. Desde 1982 se registran exportaciones con un promedio anual de 6.000 kilos. Italia ha sido el principal destino, con un aumento sostenido.

Compradores eventuales han sido Alemania y Brasil (Cuadro N° 5). Desde la primera mitad de los 90 los envíos solo han sido realizados por la empresa Atlas.

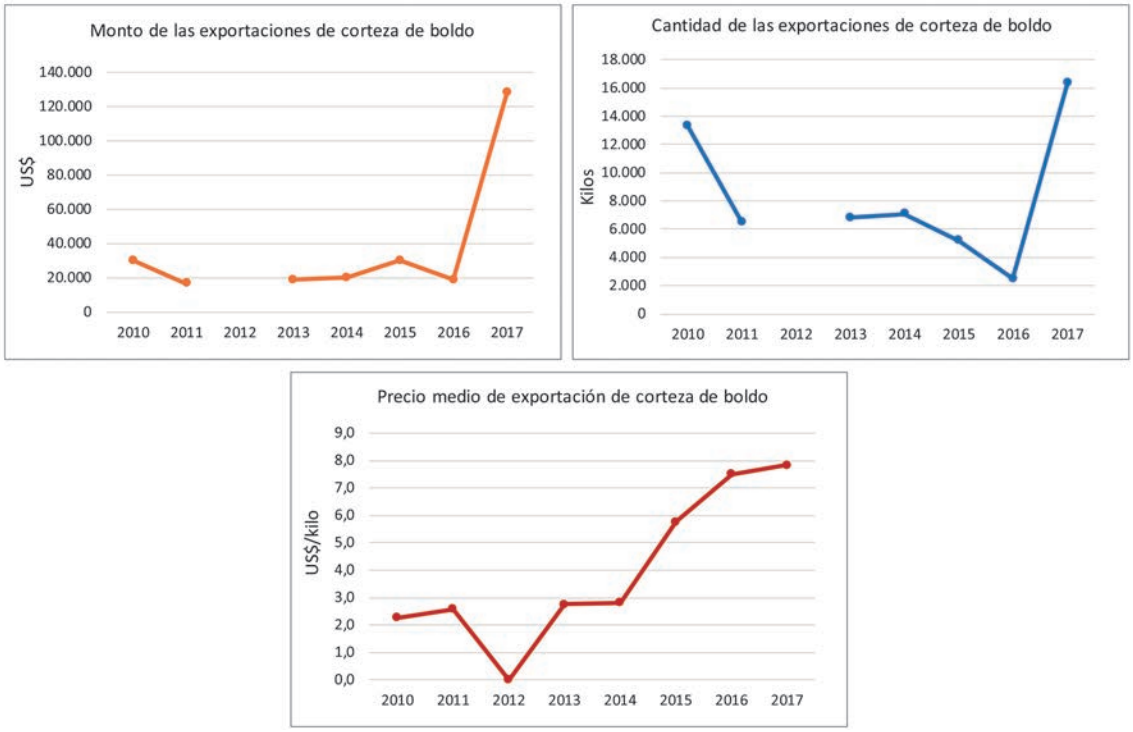
Destaca el 2017 con un incremento de 554% respecto al 2016. Italia fue el único comprador.

En la Figura N° 6 se presentan los datos de exportación en cuanto a monto. cantidad y precio.

Cuadro N° 5
EXPORTACIONES DE CORTEZA SEGÚN PAÍS DE DESTINO
2010 - 2017

País	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017
	(kg)						
Italia	6.200	6.500	6.500	6.100	5.200	2.500	16.360
Alemania	100		310	1.000			
Brasil	7.000						
Total	**13.300**	**6.500**	**6.810**	**7.100**	**5.200**	**2.500**	**16.360**

(Fuente: INFOR, 2018)



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 6
EXPORTACIONES DE CORTEZA

3. REFERENCIAS

Borie, F. y Rubio, R., 1999. Effects of arbuscular *mycorrhizae* and liming on growth and mineral acquisition of aluminumtolerant and aluminum-sensitive barley cultivars. Journal of Plant Nutrition 22(1): 121-137.

Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: A review. Oecologia 145(1): 1-10

CONAF, CONAMA, BIRF. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de chile. Disponible en: http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/10656/CONAF BD_21.pdf?sequence=1

Donoso, C., 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Santiago. FAO, PNUD, CONAF (FO: DP/CHI/76/003). 82 p.

Fernández, C.; Vega, J. A.; Gras, J. M.; Fonturbel, T.; Cuinas, P.; Dambrine, E. and Alonso, M., 2004. Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: Differences between logging slash disposal treatments. Forest Ecology and Management 195(1): 85-95

Homann, C. y Matte V., 1967. Para el conocimiento de la silvicultura del boldo (*Peumus boldus* Mol.). Boletín de la Universidad de Chile (078/079):19-24.

INFOR, 2018. Exportaciones de productos forestales. Disponible en: https://wef.infor.cl/index.php, Consulta en septiembre 2018.

INFOR, 2011. Boldo: Rescate de un Patrimonio Forestal Chileno - Manejo Sustentable y Valorización de sus Productos. Santiago. 235 pp.

Llovet, J.; Rulz-Valera, M.; Josa, R. y Vallejo, V. R., 2009. Soil responses to fire in Mediterranean forest landscapes in relation to the previous stage of land abandonment. International Journal of Wildland Fire 18(2): 222-232.

Rodríguez, R. y Quezada, M., 2001. Laurales. En Marticorena, C. y Rodríguez, R. (Eds), Flora de Chile Vol. 2. 10-19. Universidad de Concepción, Concepción.

Ruiz, C., 1965. Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. 305 pp.

San Martin, J. y Doll, U., 1998. *Peumus boldus* Mol. (*Monimiaceae, Magnoliopsida*), una especie silvestre promisoria de Chile. Stud. Bot. España. Vol. 17, p. 109-118. (6)

Villar, A. y Gómez-Serranillos, P., 2006. Boldo. Departamento de Farmacología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Revista Farmacia Profesional. Vol. 20. Núm. 4. Abril 2006. Disponible en: http://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=13087207&r=3

Vogel, H.; Razmilic, I. y Doll, U., 1997. Contenido de aceite esencial y alcaloides en diferentes poblaciones de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Revista Ciencia e Investigación Agraria 24(1). Santiago, Chile. 1-11 p.

CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMACIONES NATURALES

Benedetti, Susana y Morales, Carolina[1]

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento del estado actual de las formaciones naturales de boldo representa una información clave para el desarrollo de propuestas orientadas tanto a su conservación y recuperación, como al desarrollo de plantaciones productivas.

En el marco del proyecto de investigación *"Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores",* cuyo objetivo es sentar las bases para el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad química y biométrica en función de individuos selectos y técnicas de establecimiento intensivas, se llevó a cabo como primera acción, la identificación y caracterización de formaciones de boldo a lo largo de su distribución. El trabajo se realizó en base a la cartografía de formaciones de boldo, se seleccionaron las formaciones de mayor superficie en cada región y se identificaron y midieron los mejores individuos de cada formación.

2. DISTRIBUCIÓN DE LAS FORMACIONES NATURALES

A partir de la información del catastro de bosque nativo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (CONAF, CONAMA, BIRF, 1999), se identificó en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins, Maule, Bio Bio y La Araucanía, la localización y superficie de las formaciones naturales de boldo, en las que la especie presenta primera y segunda dominancia. (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
SUPERFICIE DE FORMACIONES NATURALES
CON DOMINANCIA 1 Y 2 DE LA ESPECIE POR REGIÓN

Región	Superficie (ha)
Coquimbo	23.162
Valparaíso	57.012
O´Higgins	166.090
Maule	63.883
Bio Bio	45.649
La Araucanía	17.661
Total	**373.457**

(Fuente: CONAF, CONAMA, BIRF, 1999)

[1] Investigadores, Instituto Forestal, Santiago. Chile. sbenedet@infor.cl

3. SELECCIÓN DE INDIVIDUOS SOBRESALIENTES

Una vez realizado el análisis en gabinete se identificaron aquellas formaciones de boldo que presentan las mayores superficies en cada región y se realizaron varias campañas de terreno con el objetivo de validar la existencia de cada una estas formaciones, su estado y densidad de individuos. A partir de esta información se determinaron las tres formaciones de mayor superficie y densidad para cada región.

En el caso de las regiones de Coquimbo y La Araucanía, se consideró solo una formación por región, ya que la representatividad de la especie en ellas es inferior en comparación con las demás regiones.

Posterior a la identificacíon y elección de las formaciones naturales de boldo por región, en cada una se seleccionaron 25 individuos en base a las mejores características biométricas, considerando altura, diámetro de cepa, diámetro de copa, densidad de follaje, cantidad y diámetro de vástagos, y estado fitosanitario.

En la Figura N° 1 se señala geográficamente la disposición de las formaciones de boldo seleccionadas.

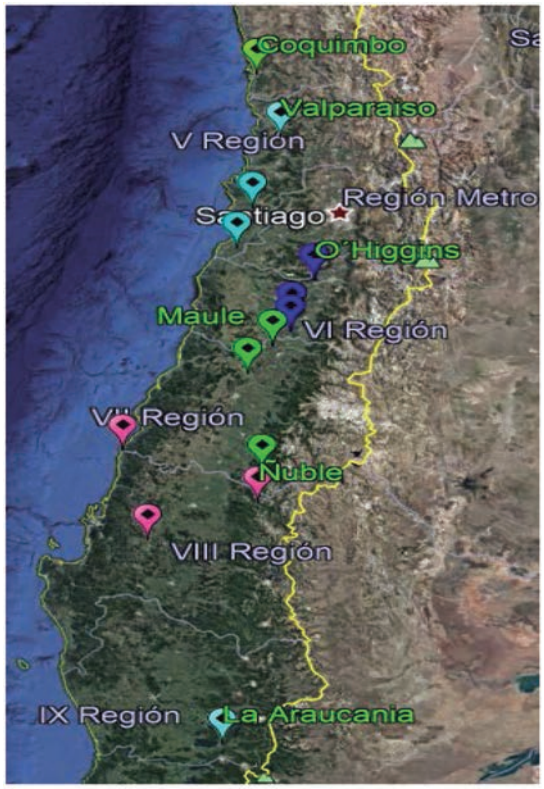


Figura N° 1
MAPA UBICACIÓN DE INDIVIDUOS SELECCIONADOS Y ANALIZADOS

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Estado de Las Formaciones Naturales Seleccionadas

Para describir y caracterizar el estado actual de las formaciones naturales seleccionadas de boldo en las regiones consideradas en el estudio, se realizó la medición de las variables biométricas anteriormente mencionadas de los 25 individuos seleccionados por formación, determinándose los valores promedios que se presentan en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS PROMEDIO DE LOS INDIVIDUOS SELECCIONADOS POR REGIÓN

Región	Sector	Altitud (msnm)	VARIABLES						
			Diámetro CEPA (cm)	Diámetro Copa (m)		Altura Total (m)	Altura Máxima Concentración Follaje (m)	Vástagos	
				N-S	E-O			Total (N°)	DAP (cm)
Coquimbo	Los Vilos	177	70,0	5,0	4,5	4,6	3,6	7	5,3
Valparaíso	Yali	22	25,7	4,2	4,2	5,9	3,3	7	6,0
	El Melón	390	69,1	6,0	5,6	7,4	3,8	9	7,6
	Casablanca	225	45,4	5,3	5,4	5,0	3,0	8	6,4
O´Higgins	Lo Miranda	438	60,7	5,6	6,2	6,3	3,7	13	5,6
	Chimbarongo	316	6,0	6,3	5,9	6,7	3,7	7	8,4
	Los Moscosos	299	67,5	4,9	4,8	5,7	3,4	12	4,9
Maule	Rauco	215	96,1	5,3	5,6	4,9	2,7	12	5,4
	San Rafael	121	59,4	6,0	6,3	6,3	3,8	8	8,7
	La Balsa	564	82,3	3,1	3,3	3,8	Homogéneo	6	2,9
Bio Bio	Yumbel	139	63,0	5,2	4,8	5,4	3,1	9	6,5
	San Fabián	563	95,1	8,0	7,9	9,2	5,o	10	10,7
	Pullay	10	87,8	7,0	6,8	7,5	5,0	5	12,6
La Araucanía	Quelhue	231	61,4	6,2	6,3	6,4	3,5	6	7,0

Esta información indica que las formaciones naturales seleccionadas, se encuentran en términos generales en altitudes entre 10 y 564 msnm. Sin embargo, si se considera cada formación, los individuos se concentran entre lo 200 y 300 msnm. En el Cuadro N° 3, se presentan las máximas y mínimas altitudes donde estos se ubican por regiones.

Los resultados muestran también que las variables medidas para los individuos seleccionados no describen una tendencia significativa en relación al desarrollo de la especie a lo largo de su distribución.

Sin embargo, al observar el diámetro de cepa y copa, en términos promedios, se podría decir que existe una mayor concentración de individuos que presentan mayores valores en las regiones del Maule, Bio Bio y La Araucanía.

En la Figura N° 2 se muestran algunos de los individuos seleccionados.

Cuadro N° 3
ALTITUDES MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE UBICACIÓN DE INDIVIDUOS

Región	Sector	Altitud (msnm)	
		Mínima	Máxima
Coquimbo	Los Vilos	164	182
Valparaíso	Yalí	12	39
	El Melón	346	405
	Casablanca	206	245
O´Higgins	Lo Miranda	422	443
	Chimbarongo	303	322
	Los Moscosos	285	309
Maule	Rauco	184	228
	San Rafael	114	132
	La Balsa	562	567
Bio Bio	Yumbel	112	152
	San Fabián	531	573
	Pullay	4	21
La Araucanía	Quelhue	226	234



Figura N° 2
VISTA DE ALGUNOS INDIVIDUOS SELECCIONADOS

Respecto del hábito, estas formaciones presentan estructura de monte bajo, en la que los individuos tienen mayoritariamente un hábito arbustivo, debido principalmente a las recurrentes intervenciones a las que han sido sometidos para el aprovechamiento de sus hojas. En general presentan una gran cepa semienterrada, con 5 a 13 vástagos por cepa, cuyos diámetros a la altura del pecho (DAP) están en el rango de 4,9 y 12,9 cm. Las alturas medias van desde los 4,6 a los 9,2 m., siendo la única excepción los individuos concentrados en el sector La Balsa de la Región del Maule, que presentan menores DAP de vástagos y alturas promedio, que no superan los 3,8 m de altura. Respecto del follaje, en general este se concentra en los individuos a una altura de 3 m. Sin embargo, sobresalen los individuos de la Región del Bio Bio, donde la máxima concentración del follaje está a los 5 m de altura.

Para esta caracterización se consideraron además otras variables descriptivas que permiten complementar la descripción del estado y el desarrollo de las formaciones naturales de la especie en distintas condiciones.

Se realizó una clasificación según su estado sanitario y la densidad de hojas, variable de relevancia al momento de pensar en su aprovechamiento, dado que son las hojas las de mayor demanda en los mercados de exportación. En el Cuadro N° 4, se presentan los resultados promedio para las variables consideradas; densidad, tamaño y forma de las hojas, y estado fitosanitario

Cuadro N° 4
DESCRIPCIÓN DE LAS OTRAS VARIABLES DESCRIPTIVAS PROMEDIO OBSERVADA EN LOS INDIVIDUOS SELECCIONADOS POR REGIÓN

Región	Sector	Variables									
		Densidad de Hojas			Tamaño de Hoja			Forma de Hoja			Estado Fitosanitario
		Baja	Media	Alta	Chico	Medio	Grande	Plana	Semi Corrugada	Corrugada	
Coquimbo	Los Vilos	21	4	0	12	13	0	6	19	0	BUENO
Valparaíso	Yali	3	11	11	3	12	10	18	3	4	BUENO
	El Melón	14	9	15	2	14	9	14	11	0	BUENO
	Casablanca	15	4	6	13	11	1	4	0	21	REGULAR
O´Higgins	Lo Miranda	5	16	4	13	12	0	20	1	4	BUENO
	Chimbarongo	5	20	0	5	18	2	8	0	17	BUENO
	Los Moscosos	12	12	1	10	15	0	16	0	9	BUENO
Maule	Rauco	3	13	9	6	19	0	4	0	21	BUENO
	San Rafael	4	12	9	5	20	0	8	0	17	BUENO
	La Balsa	0	2	23	20	5	0	0	0	25	BUENO
Bío Bio	Yumbel	12	9	4	6	18	1	8	1	16	BUENO
	San Fabián	1	13	11	2	17	6	10	3	12	BUENO
	Pullay	4	14	7	0	13	12	19	0	6	BUENO
La Araucanía	Quelhue	4	16	5	2	21	2	12	1	5	BUENO

Los individuos de las formaciones seleccionadas muestran una tendencia a presentar una densidad media de hojas, con hojas de tamaño medio entre 3 y 5 cm de largo, y hoja corrugada. En relación al estado sanitario, en general estos individuos presentan un buen estado fitosanitario, ya que se observó un follaje vigoroso y sano, con fustes sin daños evidentes ni pudriciones, lo que responde a los criterios de selección de los individuos.

En cuanto a las condiciones ambientales en que se presentan las formaciones e individuos estudiados, en el Cuadro N° 5 se indica la precipitación media anual registrada para los sectores en que se localizan las formaciones analizadas, donde se constata que la variación de norte a sur de precipitaciones es de alrededor de 2.000 mm, lo que ratifica la plasticidad y tolerancia de la especie frente a esta variable climática.

Cabe destacar que las precipitaciones de las regiones de Bio Bio y La Araucanía superan el monto máximo de precipitaciones descritas para la especie.

Cuadro N° 5
PLUVIOMETRÍA MEDIA EN LOS SECTORES DE LAS FORMACIONES NATURALES ANALIZADAS

Región	Precipitación Media (mm/año)
Coquimbo	238
Valparaíso	340
O´Higgins	423
Maule	784
Biobío	1.733
La Araucanía	2.117

(Fuente: DGA, 2016)

4.2. Análisis de Suelos

Dentro del estudio para las formaciones seleccionadas, adicionalmente se consideró análisis de suelo en una de las formaciones por región. El criterio de selección de la información para el análisis de suelo fue la densidad de masa boscosa y el estado general de la formación vegetal. Las muestras de suelo se recolectaron a una profundidad de 20 cm y posteriormente fueron analizadas en laboratorio.

Los parámetros de suelos analizados fueron pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, Na, suma de bases, S, Cu, Zn, Mn, Fe, Bo y Cl, y parámetros de textura (arena, limo y arcilla). Los resultados se muestran en los Cuadros N° 6 y N° 7.

El análisis de suelo de acuerdo a la definición del USDA *soil triangle*, indica que los sitios analizados presentan una textura franco arenoso (*Sandy Loam*) y franco (L*oam*), con una capacidad baja/media en retención de agua (Ks), sin considerar los sectores de San Fabián y Quelhue, que registran capacidades de retención altas.

Las variables físico-químicas muestran que los suelos de los sectores de San Fabián y Quelhue son deficitarios en Ca, Mg, Na, K y bases. Sin embargo, estas carencias pueden deberse a la falta de materia orgánica y a la mayor velocidad de infiltración de acuerdo a la textura del suelo.

Por su parte, el N observado de acuerdo a la distribución geográfica no presenta mayores variaciones. Con respecto al P, se observa un aumento de la concentración de norte a sur, al contrario de como se presenta el K que tiende a disminuir su concentración.

Cuadro N° 6
VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO EN LOS SITIOS ANALIZADOS

Variable	Medida	Coquimbo (Los Vilos)	Valparaíso (El Melón)	O´Higgins (Lo Miranda)	Maule (Rauco)	Bio Bio (San Fabián)	Araucanía (Quelhue)
pH en agua (1:2,5)	-	6,7	7,2	6,0	6,1	6,1	6,0
Cond. Eléctrica (1:2,5)	(mmhos/cm)	0,09	0,31	0,07	0,12	-	-
Materia Orgánica	(%)	2,4	3,1	4,3	6,1	-	-
N*Disponible	mg/kg	19	16	19	21	18	15
P Disponible (Olsen)	mg/kg	6	28	12	13	8	5
K Disponible	mg/kg	88	249	207	218	436	68
Ca intercambiable	cmol+/kg	4,61	11,81	6,48	10,55	-	-
Mg intercambiable	cmol+/kg	2,14	2,45	1,15	3,33	-	-
Na intercambiable	cmol+/kg	0,29	<0,10	<0,10	<0,10	-	-
K intercambiable	cmol+/kg	0,23	0,64	0,53	0,56	-	-
Suma de bases	cmol+/kg	7,27	14,95	8,18	14,49	-	-
S disponible	mg/kg	<2	<2	<2	<2	6	<2
Cobre	mg/kg	0,78	5,3	2,3	1,2	1,6	2,4
Zinc	mg/kg	1,1	5,3	1,0	1,8	2,3	1,4
Manganeso	mg/kg	14	20	10	12	9,5	2,9
Hierro	mg/kg	40	32	38	87	49	105
Boro	mg/kg	1,6	1,1	1,3	1,6	1,7	1,8
CIC	meq/100g	10,20	15,00	14,86	21,34	35,71	13,22
Sat. Bases	(%)	71,28	99,69	55,06	67,90	23,77	20,27

Cuadro N° 7
TIPOS DE SUELOS Y PROPIEDADES HIDRÁULICAS

Sector	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura	Θ_r (cm^3/cm^3)	Θ_s (cm^3/cm^3)	Ks (cm/min)
Los Vilos	66	10	24	Franco Arenosa	0,043	0,3937	0,0372
El Melón	54	14	32	Franco Arenosa	0,0502	0,4033	0,0245
Lo Miranda	52	12	36	Franca	0,0484	0,4188	0,0392
Rauco	46	14	40	Franca	0,0559	0,4498	0,0496
San Fabián	70	6	24	Franco Arenosa	0,0473	0,5855	0,2726
Quelhue	70	4	26	Franco Arenosa	0,0366	0,4555	0,1478

Θr: Contenido de agua residual Θs: Contenido de agua saturada Ks: Conductividad hidráulica

De acuerdo a esta información, no se aprecia una correlación clara entre el desarrollo de la especie y alguna condición física o climática.

A modo de ejemplo, en la Figura N° 3, se presenta el comportamiento de algunas variables por región.

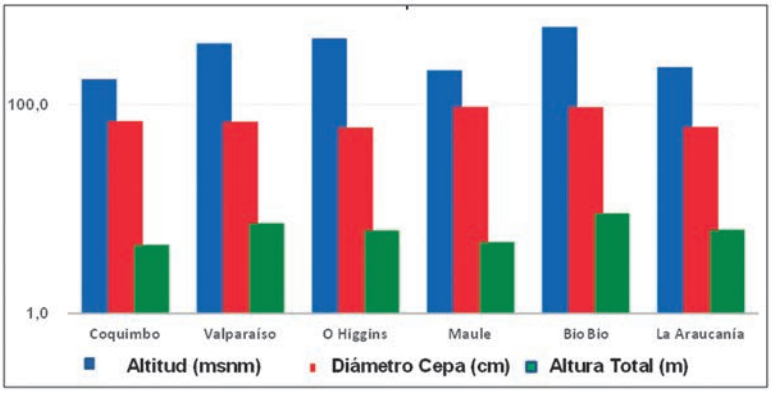


Figura N° 3
RELACIÓN DE VARIABLES FENOTÍPICAS CON LA ALTITUD

4.3. Asociación con Hongos Micorrícicos Arbusculares

Un elemento interesante de conocer es la asociación que presenta la especie con hongos micorrícicos, ya que este tipo de relación es un factor importante para el desarrollo y arraigo de distintas especies, incluyendo al boldo.

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son organismos que mueven nutrientes desde el suelo hacia la planta, ayudando al buen desarrollo vegetativo y fitosanitario de las especies, además de ser organismos que ayudan al control de la erosión.

Se realizó un estudio descriptivo y cuantitativo de hongos micorrícicos arbusculares presentes en nueve formaciones naturales de la Región de O´Higgins, región que concentra la mayor superficie de boldo (166 mil ha).

El estudio concluye que existe una alta dominancia de especies de HMA en los nueve sitios estudiados, identificando 23 especies de HMA de las familias *Acaulosporaceae* (*Acaulospora*), *Entrophosporaceae* (*Entrophospora*), *Glomeraceae* (*Funneliformis*, *Glomus, Rhizophagus* y *Sclerocystis*) y *Paraglomeraceae* (*Paraglomus aff. laccatum*), destacando las especies *Funneliformis badius* y *Funneliformis constrictus* por encontrarse presente en todos los sitios (Benedetti *et al.*, 2018).

Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en estudios anteriores de HMA en la especie (Urcoviche *et al.,* 2014).

Boldo en general prefiere especies de la familia *Glomeraceae*, específicamente del género *Funneliformis*.

Dentro de cada sitio, el contenido de especies varió de 5 a 14 (Viña Los Vascos 1 y La Quebrada, respectivamente) (Cuadro N° 8), con un promedio de 10 especies de HMA por sitio.

Cuadro N° 8
NÚMERO DE ESPORAS POR ESPECIES DE HMA ENCONTRADAS POR SITIO

ESPECIE	Viña Los Vascos 1	Viña Los Vascos 2	Nilahue	Potrero El Monte	Viña Vik	Convento Viejo	La Quebrada	La Viñuela	Lo Miranda
Acaulospora lacunosa		2				7			
Acaulospora mellea						7			2
Acaulospora morrowiae							14		
Acaulospora scrobiculata								60	
Acaulospora spinosa		32	4	27	9	39	485	83	
Acaulospora tuberculata						2		9	4
Entrophospora infrequens	7					2	57		2
Funneliformis badius	1357	113				98	118	317	35
Funneliformis constrictus	9	7				16	17	20	4
Funneliformis geosporus							57	125	23
Funneliformis mosseae	20					114	107	49	10
Glomus aggregatum								31	
Glomus albidum		2				32			
Glomus glomerulatum							33		
Glomus macrocarpum		5							19
Glomus microaggregatum		2				7	12	20	
Glomus multiforum	47					32	9		
Glomus pustulatum							2		
Rhizophagus diaphanus							31		
Rhizophagus intraradices							24		6
Rhizophagus irregularis		18	68	5	27		26	194	6
Sclerocystis sinuosa					34	201			
Paraglomus aff. laccatum									48

Por otra parte, una estrategia de reproducción importante a evaluar para la promoción de plantaciones productivas de boldo es la inoculación de plantas en vivero y su posterior desarrollo en plantaciones. De aquí surge el desafío de establecer evaluaciones de supervivencia y desarrollo de plantas inoculadas como técnica de establecimiento de plantaciones con miras a la productividad.

Finalmente, este estudio tiene como base el conocimiento de los tipos de HMA que ayudarán a optimizar las técnicas de establecimiento de boldo, mejorando la tasa de sobrevivencia y desarrollo de la especie bajo esquemas de plantación, así como para el enriquecimiento y rehabilitación de formaciones naturales y bosques degradados en que se encuentre la especie.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo observado en el comportamiento de la especie en las distintas formaciones que fueron seleccionadas para el estudio, se puede concluir que, al intentar un análisis comparativo entre las regiones, es muy difícil señalar la existencia de una tendencia en el desarrollo de la especie, principalmente porque en las formaciones naturales identificadas resulta evidente que han sufrido distintos grados de intervenciones. Se puede coincidir que en las regiones de Valparaíso, O´Higgins e incluso Maule, la especie presenta características fenotípicas similares y esto puede atribuirse a que efectivamente son las regiones con mayor intervención producto de la comercialización de hojas de boldo.

En términos generales, boldo se desarrolla en suelos de alta/media infiltración y de texturas gruesas a semi gruesas. Esto según las propiedades hidráulicas de los suelos analizados extraídas de ROSSETA (Schaap *et al.*, 2001).

Finalmente se ratifica que boldo es una especie de alta plasticidad, con comportamientos similares a lo largo de su amplia distribución y variadas condiciones ambientales.

6. REFERENCIAS

Benedetti, S.; Balocchi, F. y Hormazabal, M., 2018. Hongos micorrícicos arbusculares (HMA) asociados a poblaciones naturales de *Peumus boldus* en Chile Central. Gayana Botanica 75(1): 431-437.

CONAF, CONAMA, BIRF, 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de chile. Disponible en: http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/10656/CONAFBD_21.pdf?sequence=1

DGA, 2016. Estadísticas Estaciones DGA. Estadística Hidrológica en Línea. Disponible en: http://www.dga.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx

Schaap, M.; Leij, F. and Van Genuchten, M., 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology 251(2001): 163-176.

Urcoviche, R. C.; Castelli, M.; Gimenes, R. E. and Alberton, O., 2014. Spore density and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in medicinal and seasoning plants. African Journal of Agricultural Research 9(16): 1244-1251.

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS ACTIVOS DE BOLDO

Benedetti, Susana[1]

1. INTRODUCCIÓN

El uso tradicional de boldo en Chile así como el amplio y difundido uso en farmacopeas internacionales, se sustenta en las propiedades medicinales atribuidas a la especie, las que tienen directa relación con los compuestos activos presentes en sus hojas, corteza y madera. Sin embargo, la demanda comercial está orientada mayoritariamente a sus hojas y en bastante menor cantidad a la corteza, despreciándose el resto de la biomasa aérea rica en compuestos químicos. Estos compuestos presentan una gran cantidad de hidrocarburos monoterpénicos (limoneno, α-pineno, p-cimeno), monoterpenos oxigenados (ascaridol, alcanfor, cineol, linalol), flavonoides heterósidos (glucosa, ramnosa y arabinosa) de flavonoles comunes, derivados del ramnetol, isoramnetol y kaenferol (Bombardelli *et al*., 1976; Arzúa y Torres, 1984; Bruneton, 2001).

Los principios activos más destacados son alcaloides isoquinoleínicos, derivados de aporfina y noraporfina, de los que se han aislado más de 20. De estos, el mayoritario es boldina, el cual representa aproximadamente un tercio de los alcaloides totales, y es el producto que ya en el siglo XIX despertaba el interés mundial (Toral *et al*., 1988). Las recientes investigaciones médicas sostienen las propiedades de boldina en la acción protectora sobre afecciones hepáticas, cálculos biliares, cistitis y reumatismo, a través de la disminución de toxinas, estimulación de la vesícula biliar y disminución de la inflamación (Villar del Fresno y Gómez-Serranillos, 2006; Walstab *et al*., 2014; Vargas *et al*., 2014). Estudios actuales en Chile han demostrado que este alcaloide tiene propiedades terapéuticas contra enfermedades que desarrollan un estado inflamatorio como por ejemplo la distrofia muscular de Duchenne.

En 1875 se introdujo a los farmacéuticos británicos y estadounidenses como un tratamiento para las molestias leves del estómago, el hígado y la vejiga, y también como un sedante suave (Bastien, 1987). Por otra parte, la Comisión Alemana (http://cms.herbalgram.org), aprobó el uso de boldo como tratamiento para la dispepsia leve y las molestias gastrointestinales espásticas, otorgándole licencia médica para ser prescrito en Alemania, lo que ha aumentado el interés en boldo desde un punto de vista farmacológico. Los efectos antioxidantes, antiinflamatorio, hepatoprotector y la actividad teratogénica de los extractos de hojas y corteza de boldo han sido reconocidos por distintos autores tales como Schmeda *et al*. (2003) y Jiménez *et al*. (2000).

En este contexto, la investigación que da origen a esta publicación *"Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores*", realizó la caracterización de los compuestos bioactivos presentes en boldo a lo largo de su distribución, cubriendo las regiones de Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins,

[1]. Investigador. Instituto Forestal. Chile. sbenedet@infor.cl

Maule, Bio Bio y La Araucanía. Se analizaron polifenoles y flavonoides totales, y capacidad antioxidante en hojas, además los principales polifenoles y alcaloides en hojas, corteza y madera, y la concentración de aceites esenciales en hojas.

En cada región se seleccionó la formación natural de boldo de mayor superficie, donde se seleccionaron los 25 individuos de mejores características fenotípicas; altura total, diámetros de copa N-S/E-O, números y diámetro de vástagos, además de considerar las condiciones fitosanitarias. Para el análisis químico se tomaron muestras de hojas, corteza y madera (ramas menores a 2 cm), de los 25 individuos de cada región, 150 individuos en total. Los análisis químicos realizados, procesamiento de datos y resultados estuvieron a cargo del Laboratorio de Química Biodinámica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

Para los 150 individuos el Laboratorio determinó el contenido de polifenoles y flavonoides totales en hojas, a través de la metodología de extracción metanólica. Su cuantificación se realizó mediante *Folin-Ciocalteu* adaptado de Singleton y Rossi (1965) y el método de Chang et al. (2002). Adicionalmente a estos análisis, se midió la capacidad antioxidante a través de tres metodologías distintas; ABTS, FRAP, DPPH.

En base a los mayores valores obtenidos en los análisis antes descritos, considerando en primer lugar el contenido de polifenoles totales, seguido por el contenido de flavonoides totales, y por último, tomando en cuenta al menos uno de los mayores valores de capacidad antioxidante, se seleccionaron 10 individuos por región. Para cada uno de estos 10 individuos se determinó, mediante cromatografía líquida de alta precisión, los principales polifenoles y alcaloides presentes en hojas, corteza y madera. Finalmente, se cuantificaron los principales componentes de aceite esencial mediante cromatografía de gases en hojas.

2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES

Para la determinación de polifenoles y flavonoides totales, se utilizó la metodología descrita anteriormente, analizando los 25 individuos seleccionados por región. En la Figura N° 1 se presentan los promedios de los contenidos de polifenoles totales (TPC) y flavonoides totales (TFC) en hojas de los 25 individuos muestreados por región.

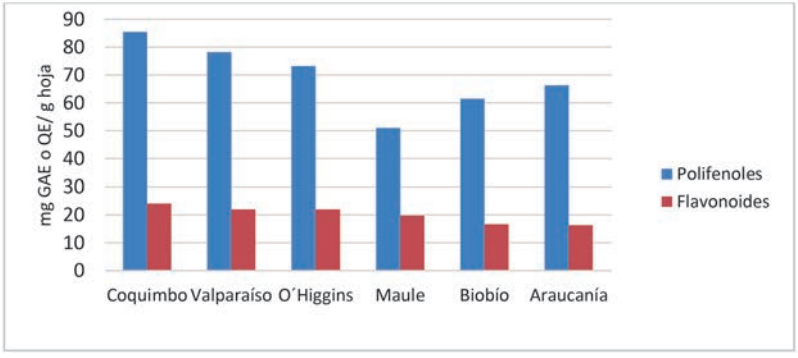


Figura N° 1
CONTENIDO DE TPC Y TFC EN HOJAS DE LOS INDIVIDUOS MUESTREADOS POR REGIÓN

Si bien en la Figura N° 1 se aprecia una tendencia de mayor concentración de polifenoles totales en las regiones del norte de la distribución natural de la especie, en Coquimbo, Valparaíso y O'Higgins, no es posible atribuir este desempeño solo a una influencia latitudinal, ya que estas concentraciones podrían estar influenciadas además por otras variables ambientales, toda vez que la concentración de metabolitos secundarios como los polifenoles dependen de las condiciones de sitio, de estrés abiótico como heladas, inundaciones, sequias, salinidad, metales pesados, pesticidas, entre otras variables.

Respecto del contenido de flavonoides en general, en todas las regiones se observa que la concentración es bastante inferior a la de polifenoles, lo que se explica porque los flavonoides son una subfamilia de los polifenoles. Sin embargo, aparentemente no existe una correlación entre el contenido de polifenoles y flavonoides.

3. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Al igual que para TPC y TFC, el análisis para determinar la capacidad antioxidante de los 25 individuos por región, se realizó en hojas.

Los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad antioxidante difieren bastante dependiendo de la metodología utilizada.

Así, en base a la metodología ABTS, los valores máximos se observan en los individuos de las regiones del sur del área analizada, que corresponden a las Regiones del Bio Bio y La Araucanía.

Mediante la metodología FRAP, los resultados son diametralmente opuestos, los mejores resultados se observan en las regiones del norte, Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins.

Los resultados obtenidos por la metodología DPPH, muestran que los individuos de las regiones de ambos extremos del área considerada en el estudio, son aquellos que muestran mayor capacidad antioxidante (Figura N° 2).

Estas diferencias podrían deberse a la existencia de nueve compuestos de diferente naturaleza química que tienen actividad antioxidante y que pueden reaccionar diferente frente a las distintas metodologías utilizadas.

Las diferencias de valores obtenidos en cada metodología requieren ser analizadas con mayor profundidad para conocer la correlación entre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de boldo.

Sin embargo, llaman la atención los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante de los individuos de la Región del Maule, las tres metodologías arrojan los valores más bajos en relación al resto de las regiones, lo que también se observa en relación al contenido de polifenoles totales.

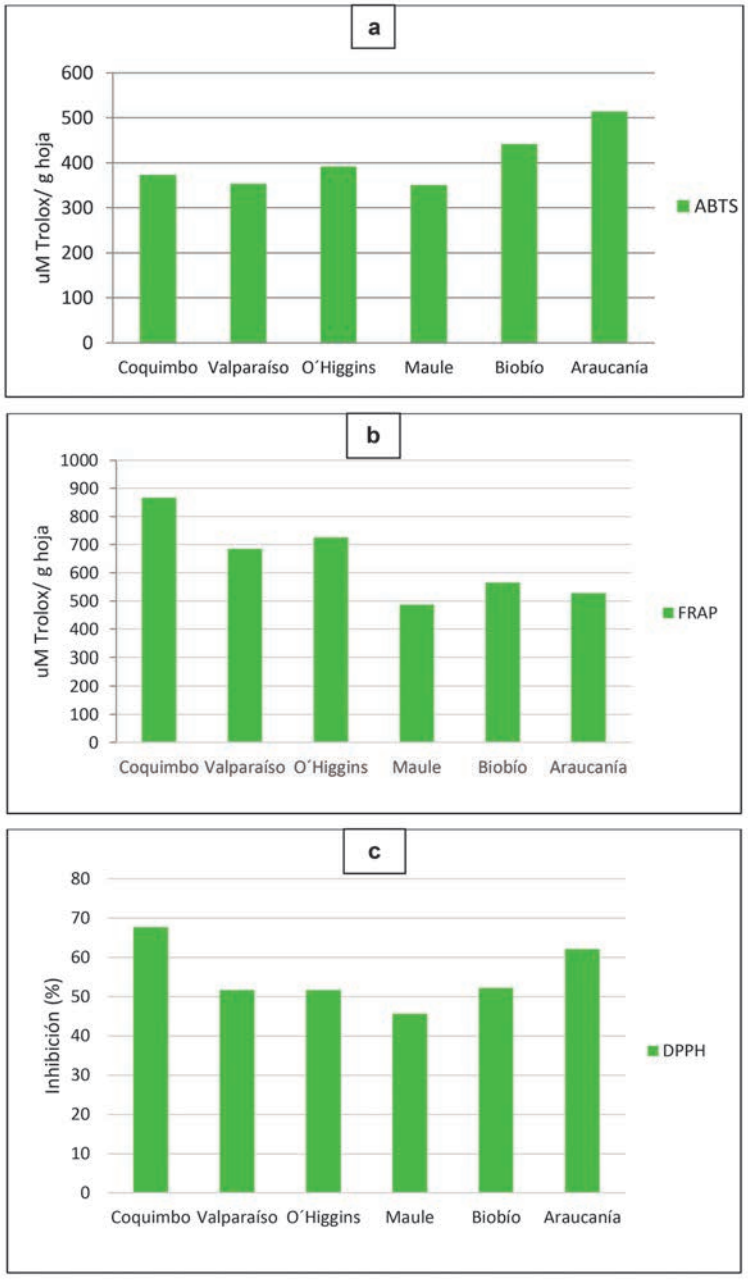


Figura N° 2
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ABTS POR REGIÓN (a), CAPACIDAD ANTIOXIDANTE FRAP POR REGIÓN (b) Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DPPH POR REGIÓN (c)

4. CONTENIDOS DE POLIFENOLES EN HOJAS, CORTEZA Y MADERA

A partir de los 10 individuos seleccionados en cada región, de acuerdo a la combinación de los mayores valores de polifenoles y flavonoides totales, además de la capacidad antioxidante, se identificaron los compuestos fenólicos y alcaloides en hojas, corteza y madera.

4.1. Contenido de Polifenoles en Hojas

Coincidente con el primer análisis de TPC y TFC en hojas realizado a los 25 individuos por región, en el Figura N° 3 se observa una disminución en la concentración total de polifenoles de norte a sur, lo que como se indicó podría estar influenciado por la latitud, por condiciones de sitio; variables climáticas, edáficas, o por razones genéticas. Sin embargo, como se mencionó, es necesario profundizar estos análisis para una mayor seguridad en estas afirmaciones.

Los valores máximos obtenidos se concentran en los individuos de la Región de Coquimbo y, a su vez, los mínimos valores se observan en individuos de la Región del Maule. De igual forma, respecto a los flavonoides presentes, estos se observan en concentraciones bastantes menores que los polifenoles, mostrando un declive desde la zona norte a la sur.

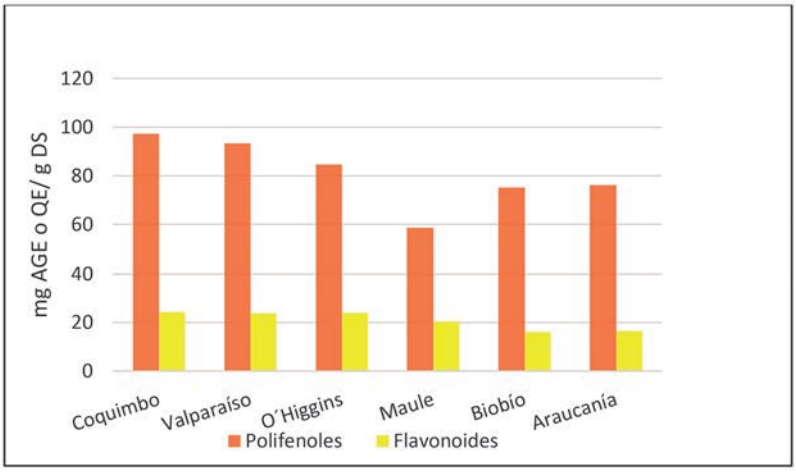


Figura N° 3
CONTENIDO DE TPC Y TFC EN HOJAS

Para el análisis de compuesto polifenólicos, el Laboratorio de Química Biodinámica de la Universidad de Chile realizó la selección de polifenoles de referencia en base a la bibliografía sobre compuestos identificados en boldo y que presentan cantidades relevantes, estos son: catequina, epicatequina, procianidina B1, B2 y C1, quercitrina y rutina. Los máximos valores de contenido de catequina en hojas se observan en los individuos provenientes de las regiones del norte; Regiones de Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins, ratificando lo observado en investigaciones anteriores (Schmeda Hirschmann *et al*., 2003; Quezada *et al*., 2004).

Por su parte, en las poblaciones del sur las cantidades de procianidinas presente en las hojas son mayores en relación a las cantidades de catequina y epicatequinas. Con respecto a las concentraciones de procianidinas B1 y B2, estas son levemente superiores en las Regiones de Coquimbo y Valparaíso, disminuyendo los valores hacia las regiones del sur. Observándose, además, que el menor valor encontrado pertenece a la Región de La Araucanía.

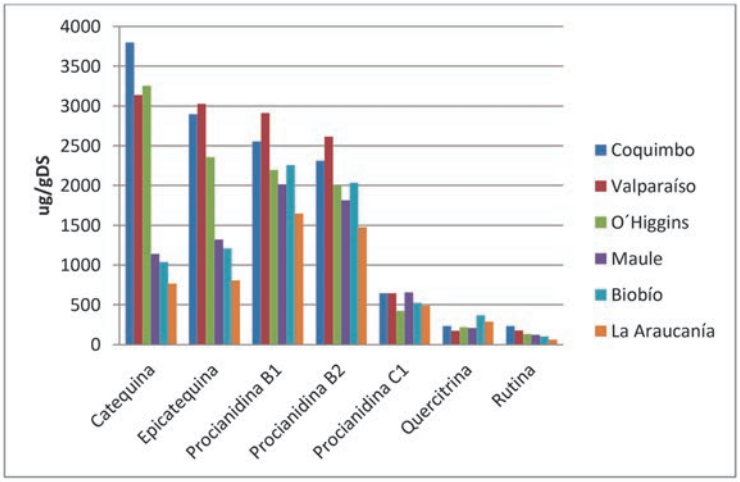


Figura N° 4
CONTENIDO DE LOS PRINCIPALES POLIFENOLES EN HOJAS

4.2. Contenido de Polifenoles en Corteza y Madera

En la corteza los individuos de la Región de Coquimbo presentan el mayor contenido de polifenoles totales, seguido por las Regiones de Valparaíso y Maule. En cambio, para los flavonoides totales, los individuos de la Región de Bio Bio presentan los mayores valores en promedio. A su vez, en la madera el contenido de polifenoles totales es variable, destacando los individuos de la Región de Valparaíso. Respecto del contenido de flavonoides totales, estos no presentan mayores diferencias según componente de biomasa.

Los valores de catequina y epicatequina en la corteza no muestran una tendencia clara, siendo superiores los valores promedio de los individuos de las regiones de los extremos norte y sur, es decir, en las Regiones de Coquimbo y La Araucanía, respectivamente. En relación al contenido de epicatequina, destacan los individuos de la Región del Maule.

Con respecto a los valores máximos del contenido de las procianidinas B1, B2 y C1, se observa que estos están concentrados en los individuos de las poblaciones del sur; Regiones de Bio Bio y La Araucanía. Asimismo, los mayores valores de catequina y epicatequina en la madera, se observan en individuos provenientes de las Regiones de La Araucanía, Maule y Valparaíso, y para las Regiones del Maule y La Araucanía, se encuentran los máximos valores del contenido de procianidinas B1 y B2.

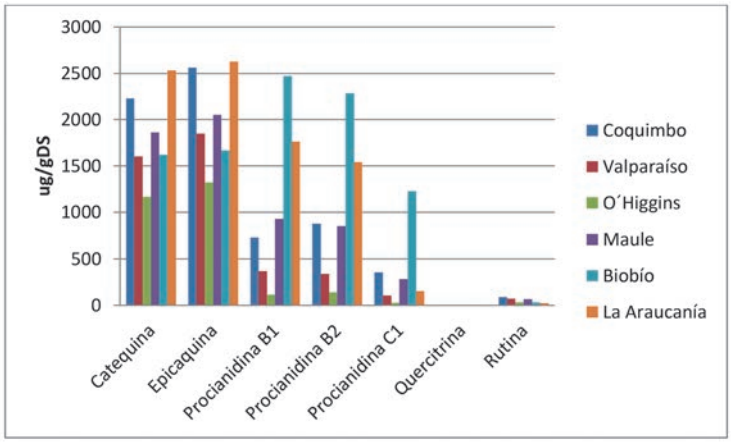


Figura N° 5
PRINCIPALES POLIFENOLES EN CORTEZA

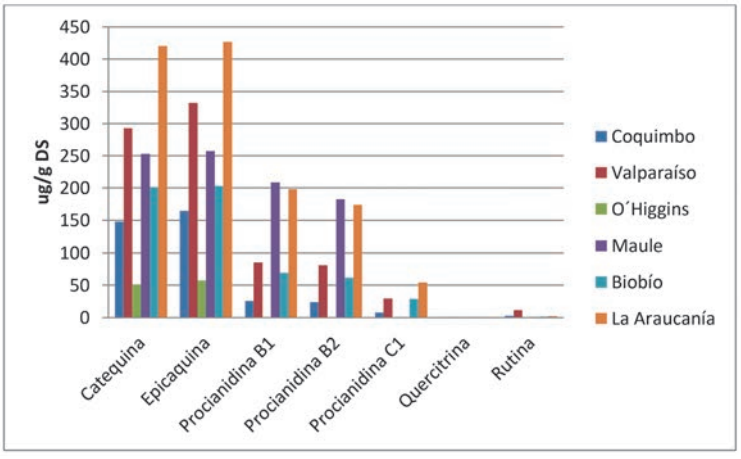


Figura N° 6
PRINCIPALES POLIFENOLES EN MADERA

Al comparar los valores de TPC de hojas, corteza y madera se concluye que los contenidos de TPC son similares entre tejidos hoja y corteza, siendo notablemente inferiores en madera (inferior en 20% del encontrado en hoja).

Se concluye que la hoja es el tejido con mayor contenido en flavonoides en comparación con corteza y madera.

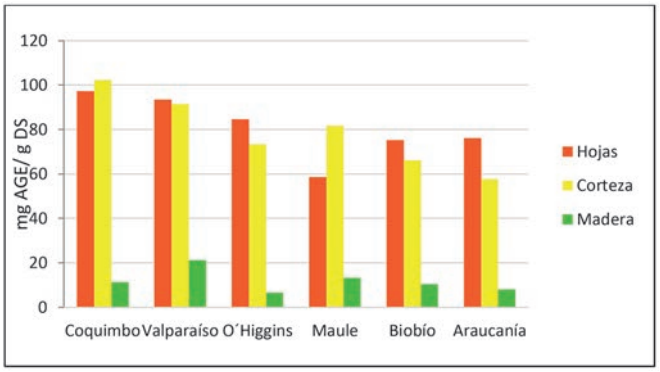


Figura N° 7
CONTENIDO DE TPC EN HOJAS, CORTEZA Y MADERA

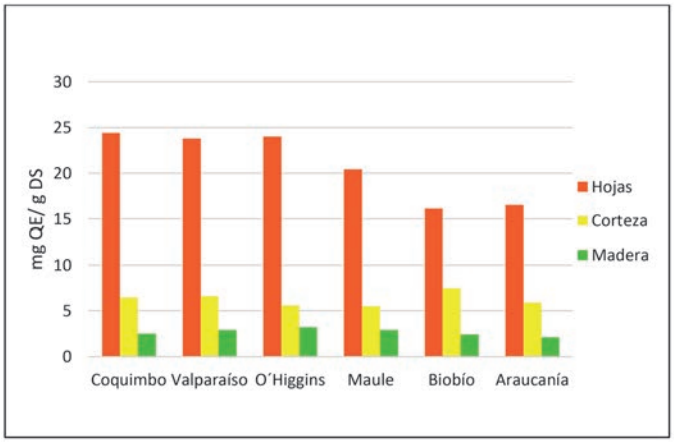


Figura N° 8
CONTENIDO DE TFC EN HOJAS, CORTEZA Y MADERA

4.3. Contenido de Alcaloides en Hojas, Corteza y Madera

A partir de los extractos de hojas, corteza y madera de boldo de los 10 individuos seleccionados por región, se determinó la concentración de 17 diferentes alcaloides.

En las hojas los alcaloides presentes en mayores concentraciones fueron N-Me-laurotetanina, laurotetanina y coclaurina. Respecto de la concentración de boldina, en comparación con los alcaloides analizados, esta fue menor en todas las regiones.

En relación a los alcaloides presentes en la corteza, aquellos observados en mayor concentración fueron boldina y coclaurina. Los individuos de las regiones del norte, Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins, presentan mayor concentración que los individuos de las regiones del sur, Maule, Bio Bio y La Araucanía.

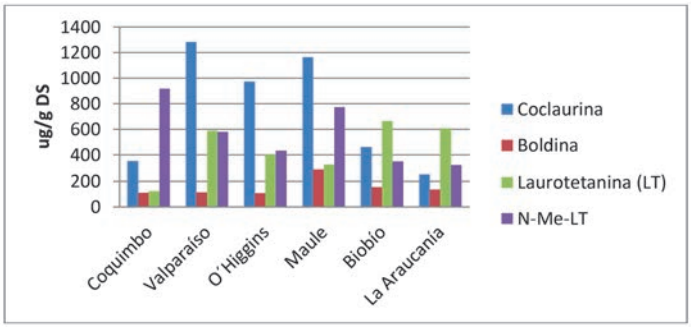


Figura N° 9
ALCALOIDES DE MAYORES CONCENTRACIONES EN HOJAS Y CONCENTRACIÓN DE BOLDINA

Por su parte, el alcaloide presente en mayor concentración en la madera fue laurolitsina. En madera destaca además la Región de Valparaíso con altas concentraciones de boldina y coclaurina

Comparando la concentración de este alcaloide en hojas, corteza y madera, se observa que es la corteza el componente de biomasa que presenta la mayor concentración de boldina, lo que concuerda con lo señalado por Cassels (2004), seguido por la madera y en último lugar por las hojas.

Respecto de las concentraciones de boldina por región, son las regiones del norte, Coquimbo, Valparaíso y O'Higgins, las de mayores valores, siendo esta última la que destaca con la mayor concentración, decayendo desde Maule a La Araucanía. Es importante destacar que las desviaciones estándar en estos análisis son muy grandes.

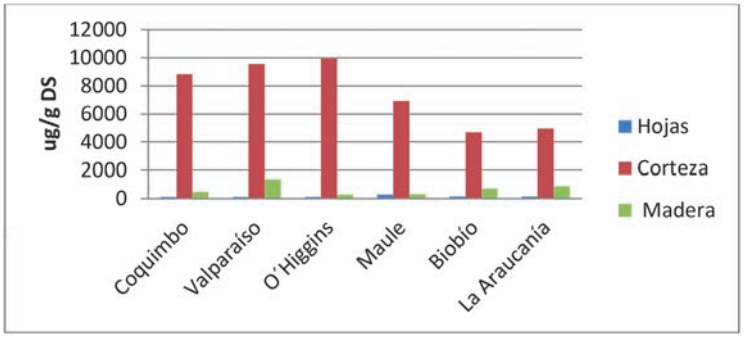


Figura N° 10
CONCENTRACIÓN DE BOLDINA EN HOJAS, CORTEZA Y MADERA

4.4. Determinación de Aceites Esenciales

El análisis de aceites esenciales de boldo se realizó solo en hojas para los 10 individuos seleccionados por región. El rendimiento máximo de la extracción de aceite esencial de las muestras fue 1,30%, el mínimo fue 0,05%, con un rendimiento medio de 0,46%. Los rendimientos mayores se observaron en las Regiones de Coquimbo y Valparaíso.

Los aceites esenciales identificados son p-cimeno y eucaliptol como los principales aceites presentes. Estos aceites esenciales fueron los únicos terpenos identificados en las 6 regiones analizadas. Se identificaron en niveles muy bajos, y solo en algunos individuos, terpinen4-ol, linalool, a-pineno, sabineno y b-pineno. Se observó además presencia de ascaridol, a concentración muy baja, en algunas muestras de Coquimbo, en todas las muestras de Valparaíso, O´Higgins y Maule, y también en muestras de Bio Bio y La Araucanía.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las mayores concentraciones de polifenoles y flavonoides totales, se observan en individuos procedentes de las regiones de Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins.

- Al comparar los valores de TPC de hojas, corteza y madera se concluye que los contenidos de TPC son similares entre tejidos hoja y corteza, siendo notablemente inferiores en madera. De la misma forma. al comparar los valores de TFC de hojas, corteza y maderas, se concluye que la hoja es el tejido con mayor contenido en flavonoides en comparación con corteza y madera.

- En relación a las concentraciones de los principales polifenoles en hojas, la mayor concentración promedio se observa en los individuos procedentes de las regiones del norte, Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins.

- En la corteza, similar a lo observado en hojas, la concentración de polifenoles es superior en los individuos procedentes de las dos regiones de Coquimbo y Valparaíso.

- En alcaloides, las hojas con los valores más altos se observan en los individuos del área norte, Coquimbo, Valparaíso y O´Higgins, los menores valores se observan en las regiones del sur, Bio Bio y La Araucanía.

- Comparando la concentración de boldina en hojas, corteza y madera, la mayor concentración se observa en la corteza, seguido por la madera y luego por las hojas.

- Se recomienda ampliar estos análisis a un mayor número de individuos y poblaciones, y analizar la relación de estos con condiciones de sitio y características de los individuos para dilucidar la relación genotipo/ambiente.

6. REFERENCIAS

Arzúa, A. and Torres, R., 1984. 7-dehydroboldine from the bark of *Peumus boldus*. *Journal of Natural Products*, 47:525-6.

Bastien, J., 1987. Healers of the Andes - Kallaway Herbalists and their Medicinal Plants. Salt Lake City: University of Utah Press.

Bombardelli, E.; Martinelli, E. and Musticha, G.,1976. New flavonol glycoside from *Peumus boldus*. *Fitoterapia*, 47:3-5.

Bruneton, J., 2001. Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas medicinales. Barcelona: Acribia.

Cassels, B., 2004. Investigaciones chilenas sobre la química del boldo. Ponencia presentada al Encuentro de Investigadores en Especies Medicinales Nativas. Organizado por FIA con colaboración de CYTED, Red RIPROFITO y CONICYT-Chile. Santiago, 23 de abril, 2004.

Chang, C.; Yang, M.; Wen, H. and Chern, J., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10(3): 178-182.

Jimenez, I.; Garrido, A.; Bannach, R.; Gotteland, M. and Speisky, H., 2000. Protective effects of boldine against free radical-induced erythrocyte lysis, Phytother. Res., 14,5, 339.

Quezada, N.; Asencio, M.; Del Valle, J. M.; Aguilera, J. M. and Gómez, B.**, 2004.** Antioxidant activity of crude extract, alkaloid fraction, and flavonoid fraction from Boldo (*Peumus boldus* Molina) Leaves. Journal of Food Science. 69(5): 371–376.

Schmeda-Hirschmann, G.; Rodriguez, J. A.; Theoduloz, C.; Astudillo, S. L.; Feresin, G. E. and Tapia. A., 2003. Free-radical Scavengers and Antioxidants from *Peumus boldus* Mol. ("Boldo"). Free Radical Research. 37(4): 447-452.

Singleton, V. and Rossi, J., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16:144-158.

Toral, M.; Kannegiesser, U. y Rosende, R., 1988. Biomasa y Boldina en Boldo (*Peumus boldus* Mol.) VII Región. *Ciencia e Investigación Forestal*, 2: (2) 15-25.

Vargas, C.; Aquino, R.; Henrique, D.; Boligon, A.; Athayde, M.; Kamdema, J.; Vargas, N. and Teixeira, J., 2014. Antioxidant activity of *Peumus boldus* extract and alkaloid boldine against damage induced by Fe (II) –citrate in rat liver mitochondria in vitro. *Industrial Crops and Products*, 54: 240-247.

Villar del Fresno, A. y Gómez-Serranillos, P., 2006. Boldo Indicaciones terapéuticas. *Farmacia Profesional*, 20 (4): 74-78

Walstab, J.; Wohlfarth, C.; Hovius, R.; Schmitteckert, S.; Roth, R.; Lasitschka, F.; Wink, M.; Onisch, H. and Niesler, B., 2014. Natural compounds boldine and menthol are antagonists of human 5-HT3 receptors: Implications for treating gastrointestinal disorders. Neurogastroenterol Motil , 26

CAPITULO 4. EVALUACIÓN DE DIVERSIDAD GENÉTICA Y BÚSQUEDA DE MARCADORES MOLECULARES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS EN GENOTIPOS SELECCIONADOS DE BOLDO

Hasbun, Rodrigo[1]; González, Jorge[2]; Benedetti, Susana[2] y Molina María Paz[2]

1. INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados de los análisis de compuestos activos de los individuos de boldo seleccionados en las seis regiones consideradas en el proyecto de investigación *"Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores"*, Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins, Maule, Bio Bio y La Araucanía, se propuso optimizar un método de extracción de ADN para su uso con marcadores moleculares AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*).

Se intenta así genotipificar 18 individuos de boldo, tres por cada región, seleccionados en base a los mayores valores de concentración de 9 alcaloides, utilizando al menos 200 AFLP, con el objetivo de cubrir parcialmente el genoma de la especie (*scanner genómico*) y encontrar algunos marcadores moleculares que estén en desequilibrio de ligamiento con los fenotipos previamente evaluados en el *scanner* químico.

2. OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ADN PARA SER UTILIZADO CON AFLP

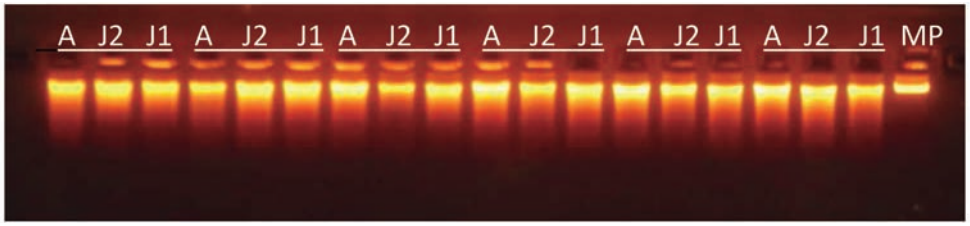
2.1. Puesta a Punto del Método de Extracción de ADN para *Peumus boldus*

Se realizaron variadas pruebas de extracción de ADN para las muestras de hoja de boldo, incluso evaluando las diferencias que se pudiesen encontrar entre tejido juvenil (J) y adulto (A) (Figura N° 1).

El método de extracción de ADN con mejores rendimientos fue obtenido mediante la modificación "A" del *buffer DNAeasy Plant mini kit*. Se observa un ADN íntegro y en alta concentración.

No se encontraron diferencias, en cuanto a la extracción de ADN entre tejido juvenil y adulto para los seis individuos utilizados.

[1] Investigador. Universidad de Concepción. Chile.
[2] Investigadores. Instituto Forestal. Chile sbenedet@infor.cl



Electroforesis en gel de agarosa 1% 70V 10min. MP: marcador de ADN lambda, A: hoja adulta; J: hoja juvenil.

Figura N° 1
INTEGRIDAD DEL ADN GENÓMICO EXTRAÍDO DESDE MUESTRAS COLECTADAS EN LAS REGIONES DE COQUIMBO Y EN LA DE VALPARAÍSO

La cantidad de tejido inicial utilizado es de 50 mg, el cual fue tomado como discos de hoja (0,3 cm). En la Figura N° 2 se observa que la cantidad de tejido indicado es posible extraerla desde una hoja de tamaño promedio.

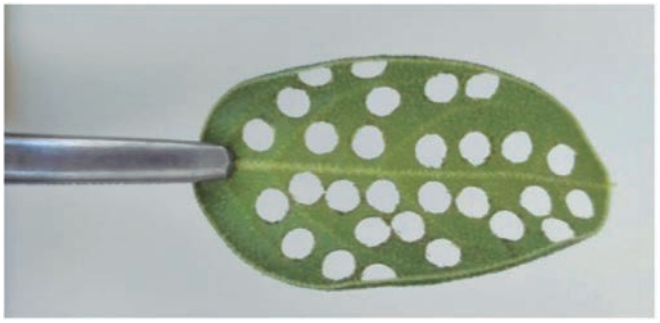
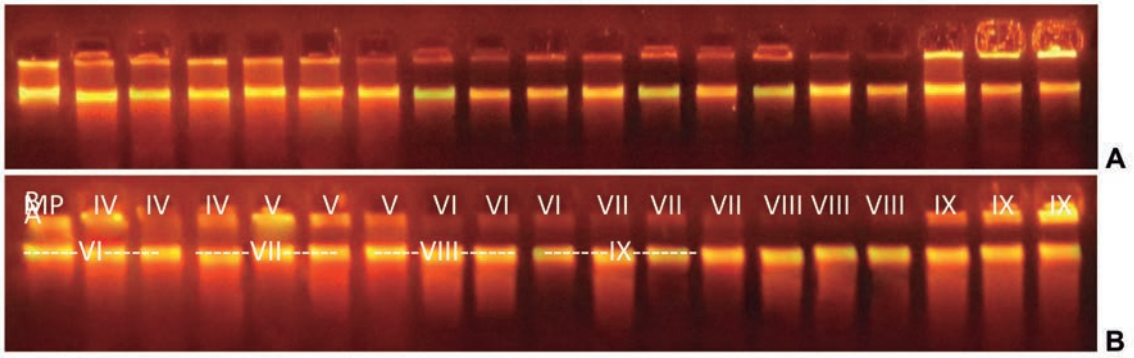


Figura N° 2
IMAGEN DE UNA HOJA DE BOLDO PERFORADA 30 VECES PARA OBTENER MUESTRA (50 mg)

2.2. Obtención de ADN en Réplicas para Todos los Individuos

Al realizar la extracción de ADN para el resto de los individuos considerados en el estudio se observan buenos resultados en todos los casos y para ambas réplicas (A y B de la Figura N° 3).

Existen leves diferencias en el rendimiento total del ADN extraído en función del sitio y el individuo, lo que probablemente responde a distintos estados fenológicos de los ejemplares muestreados.

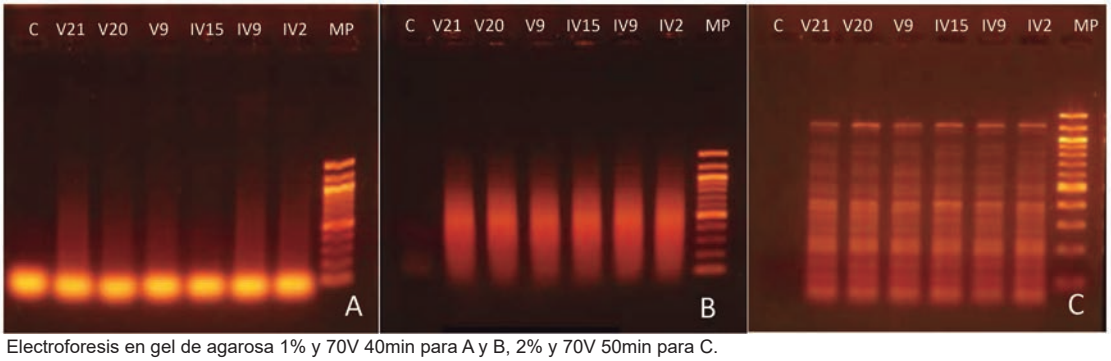


Electroforesis en gel de agarosa 1%, 80V, 10min. MP: lambda NEB. A y B son réplicas técnicas.

Figura N° 3
INTEGRIDAD DEL ADN GENÓMICO EXTRAÍDO EN TODAS LAS LOCALIDADES DESDE LA REGIÓN DE COQUIMBO A LA DE LA ARAUCANÍA

2.3. Validación del ADN para la Técnica AFLP

Se verificó mediante un proceso de AFLP completo que es posible emplear esta técnica con el ADN obtenido (Figura N° 4).



Electroforesis en gel de agarosa 1% y 70V 40min para A y B, 2% y 70V 50min para C.
MP: marcador de peso molecular de 100pb NEB. A: digestión/ligación. B: PCR preselectiva.
C: PCR selectiva, combinación de partidores de prueba E+ACA/M+CAT.

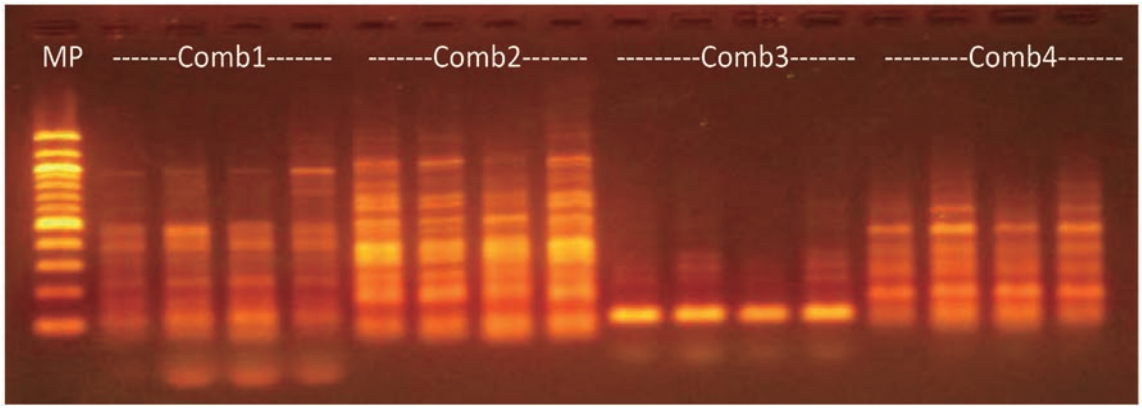
Figura N° 4
VERIFICACIÓN DE LA TÉCNICA MEDIANTE UN PROCESO DE AFLP COMPLETO

2.4. Genotipificación Mediante AFLP de las Muestras Incluidas en el Estudio

2.4.1. *Screening* de Combinaciones AFLP Informativas para la Especie Mediante Electroforesis en Agarosa

Se tomaron cuatro muestras de ADN de distintas poblaciones y se realizó un AFLP completo, probando 24 combinaciones de partidores selectivos que incluían bases selectivas Eco+3/Mse+3 y Eco+3/Mse+4. Mediante electroforesis en gel de agarosa se evaluó la efectividad

de cada pareja de partidores en las muestras y se discriminaron aquellas combinaciones que no es posible utilizar, como la combinación 3 (Figura N° 5).



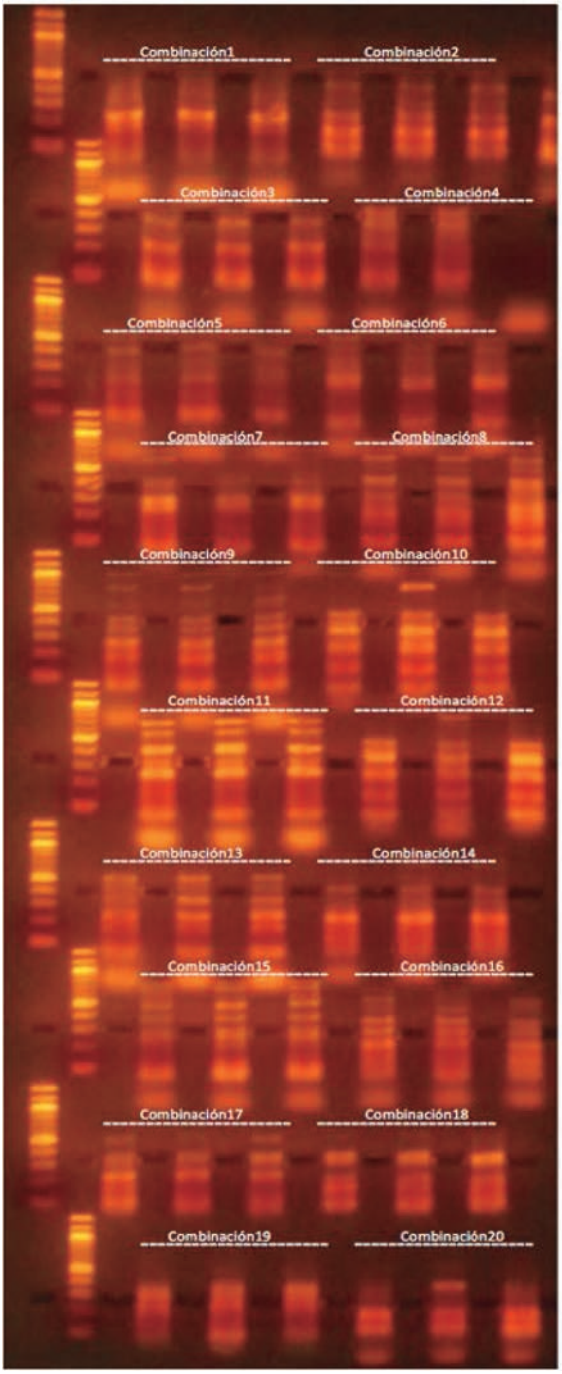
Electroforesis en gel de agarosa 2%, 70V, 50min. MP: marcador de peso molecular de 100pb NEB

Figura N° 5
IMAGEN REPRESENTATIVA DE LAS 24 COMBINACIONES SELECTIVAS PROBADAS

2.4.2. Selección de Combinaciones AFLP

Esta etapa consiste en analizar en un secuenciador capilar los productos de PCR selectiva ya preseleccionadas, con el fin de analizar minuciosamente el funcionamiento de cada combinación de partidores selectivos en el material de estudio, de modo de realizar la selección final de partidores mediante electroferogramas.

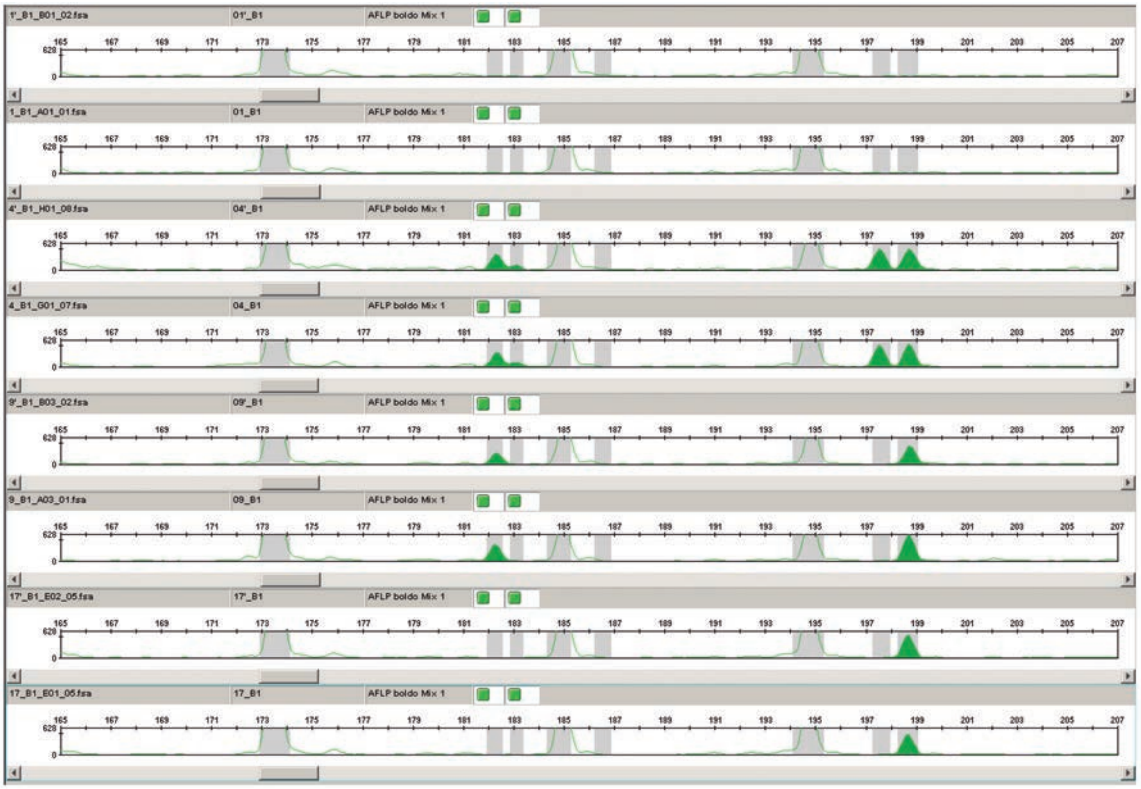
En desconocimiento del nivel de polimorfismo propio de la especie y con el objetivo de obtener al menos 200 marcadores moleculares AFLP polimórficos, se preseleccionaron 12 combinaciones selectivas mediante gel de agarosa (Figura N° 6).



Electroforesis en gel de agarosa 2% 70V 50min.
MP: marcador de peso molecular de 100pb NEB.

Figura N° 6
PRODUCTOS DE PCR SELECTIVA OBTENIDA A PARTIR DE 20 COMBINACIONES DE PARTIDORES

Las combinaciones selectivas preseleccionadas fueron; AGT-CTC, ACA-TCG, AGT-CCTA, ACA-CCTA, AGT-GGAC, ACT-CCT, AGT-CTG, ACA-CCT, AGT-TCGG, ACT-GCA, ATA-TCG y ACT-CTG, las que fueron analizadas mediante electroforesis capilar fluorescente. Las 12 combinaciones selectivas probadas en electroforesis capilar fluorescente rindieron resultados satisfactorios como los que se observan en la Figura N° 7. No obstante, las combinaciones selectivas AGT-GGAC, AGT-TCGG y ACT-GCA generan perfiles complejos de analizar, por lo que fueron descartadas para futuros análisis.



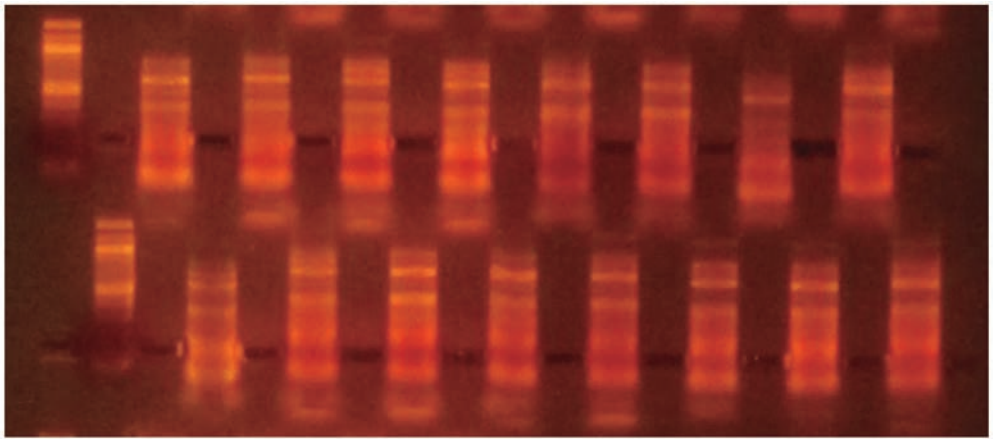
Se destacan con relleno verde los marcadores AFLP que son polimórficos en estas cuatro muestras.

Figura N° 7
ELECTROFEROGRAMA DEL PERFIL DE MARCADORES AFLP OBTENIDO MEDIANTE ELECTROFORESIS CAPILAR FLUORESCENTE CON LA COMBINACIÓN SELECTIVA ACA-TCG EN CUATRO MUESTRAS REPLICADAS

2.4.3. Aplicación de Protocolo de AFLP para Todas las Muestras Utilizando Combinaciones Seleccionadas

Se aplicó el protocolo de AFLP, previamente estandarizado para la especie, a todas las muestras de boldo. Se amplificaron 12 combinaciones selectivas, a un total de 36 muestras (18 muestras y sus réplicas técnicas).

En la Figura N° 8 se muestra una imagen representativa del resultado de la amplificación de PCR selectiva. Esta es una etapa de chequeo de PCR antes del análisis por secuenciador capilar.



Electroforesis en gel de agarosa 2% 160V 30min (placa). MP: marcador de peso molecular de 100pb NEB.

Figura N° 8
PCR SELECTIVA COMBINACIÓN AGT-CTC

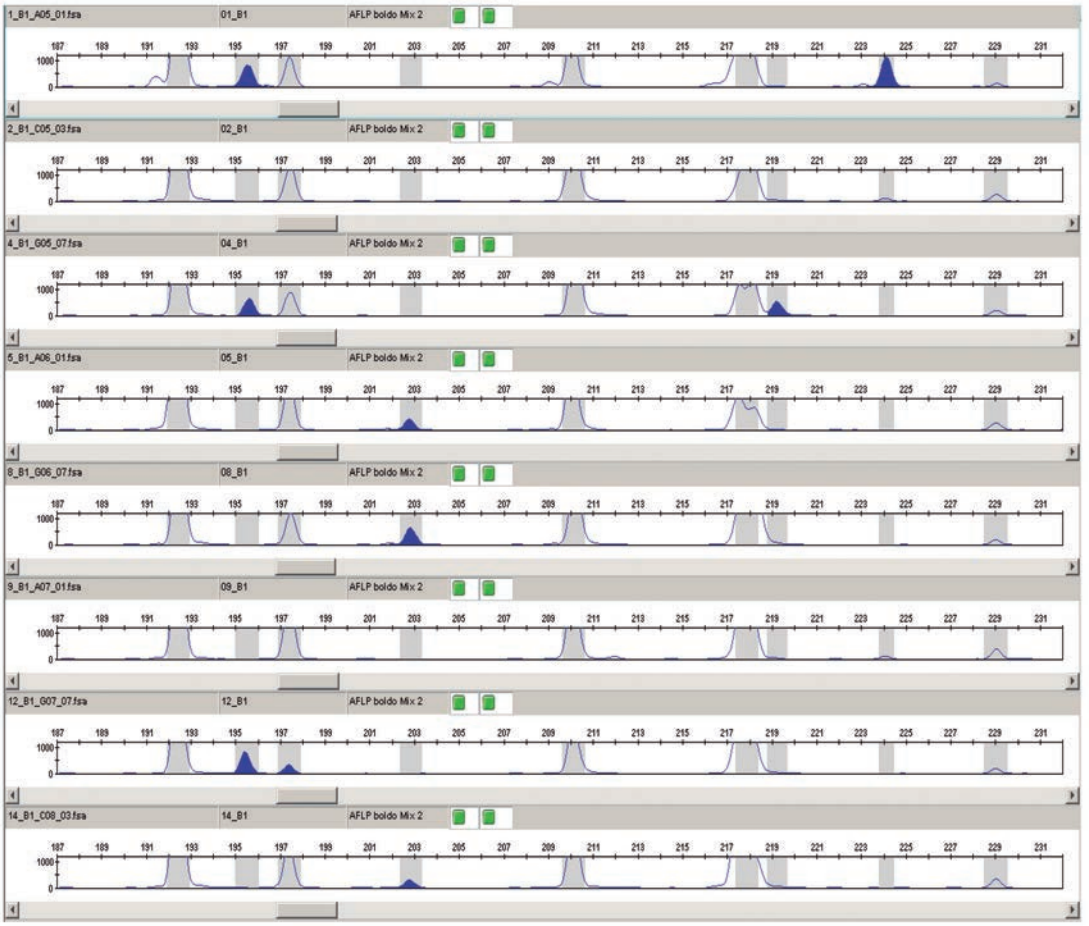
2.4.4. Análisis de Electroferogramas para Todas las Muestras Utilizando Combinaciones Seleccionadas

Se obtuvo un total de 629 marcadores AFLP, de los cuales el 67% (421) fue polimórfico, super (200 marcadores AFLP polimórficos). Además, se estimó el uHe (Índice promedio de diversidad genética de Nei insesgado) obteniéndose un valor de 0,20. Este resultado coincide con lo reportado previamente por Torres-Díaz *et al*. (2013) para esta especie, estudiando una formación boscosa en el Parque Coyanmahuida (Región del Bio Bio).

En la Figura N° 9 se observan algunos marcadores AFLP polimórficos.

Los 629 marcadores AFLP detectados se distribuyen de la siguiente forma en las distintas combinaciones selectivas utilizadas:

AGT-CTC	(83)
ACA-TCG	(58)
AGT-CCTA	(49)
ACA-CCTA	(49)
ACT-CCT	(45)
AGT-CTG	(101)
ACA-CCT	(82)
ATA-TCG	(91)
ACT-CTG	(71)



Se destacan con relleno azul los marcadores AFLP que son polimórficos en estas muestras

Figura N° 9
ELECTROFEROGRAMA DEL PERFIL DE MARCADORES AFLP OBTENIDO MEDIANTE ELECTROFORESIS CAPILAR FLUORESCENTE CON LA COMBINACIÓN SELECTIVA AGT-CCTA EN OCHO MUESTRAS

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICOS

Antes de realizar los análisis se aplicaron los siguientes filtros para trabajar en base a los marcadores AFLP polimórficos y más confiables:

- Marcador está presente en al menos 2 individuos de los 18 analizados
- Marcador está presente en un máximo de 16 individuos de los 18 analizados

El resultado final fue una matriz con 291 marcadores AFLP polimórficos, a partir de los cuales se obtuvieron parámetros generales de diversidad genética poblacional, entre otros (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
PARÁMETROS GENERALES DE VARIABILIDAD GENÉTICA INTRAESPECÍFICA ESTIMADOS A PARTIR DE 291 LOCI AFLP POLIMÓRFICOS ANALIZADOS EN INDIVIDUOS DE LAS REGIONES DE COQUIMBO A LA ARAUCANÍA

	N	Na	Ne	I	He	uHe
Promedio	18	2	1,487	0,463	0,299	0,307
Desv. Est.			0,018	0,010	0,008	0.008

N: Número de indivíduos analizados, Na: Número promedio de alelos diferentes, Ne: Número de alelos efectivos, I: Indice de información de Shannon, He: Indice promedio de diversidad genética de Nei, uHe: Indice promedio de diversidad genética de Nei insesgado.

Se observan índices de diversidad genética superiores a los presentados por Torres-Díaz *et al*. (2013), pero se debe considerar que se están usando solamente los marcadores AFLP altamente polimórficos.

Por otra parte, se estimaron las relaciones genéticas entre las poblaciones de las diferentes regiones, detectándose patrones claros de divergencia genética entre San Fabián (Región del Bio Bio) y Pucón (Región de La Araucanía).

Respecto del resto de las poblaciones de las Regiones de Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y Maule (Figura N° 10), el primer componente explica un 10% de toda la variabilidad y coincide con una reconocida barrera fitogeográfica localizada entre los paralelos 37 y 38° LS (Sérsic *et al*., 2011).

El segundo componente explica un 9,4% de toda la variabilidad y separa claramente también la población de San Fabián y la de Pucón, a pesar de estar geográficamente muy cercanas. Esto se puede explicar dado que la población de San Fabián es la ubicada a mayor altitud, probablemente habrá diferencias en algunos alelos que estén reflejando la respuesta de la especie a los diferentes entornos que componen los nichos que la población ocupa.

Actualmente existe una gran cantidad de trabajos, tanto teóricos como empíricos, que evidencian el rol de la diversidad genética en la evolución de las especies y cómo esta representa el primer nivel de biodiversidad (Saeed y Barozai, 2012; Fu, 2015; Govindaraj *et al*., 2015).

Los datos obtenidos en este estudio aportan valiosa información para la especie. Este tipo de trabajos, en un enfoque combinado con la información química existente, permitirá explorar las relaciones correlativas entre la diversidad metabólica y genómica, lo que facilitará la elucidación de redes reguladoras complejas y aquellas de importancia evolutiva en los sistemas metabólicos de boldo.

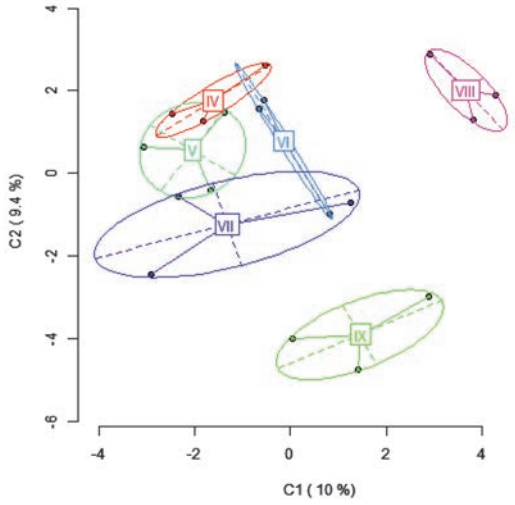


Figura N° 10
ANÁLISIS DE COORDENADAS PRINCIPALES (PCoA) REALIZADO A PARTIR DE 291 LOCI AFLP POLIMÓRFICOS GENOTIPIFICADOS EN INDIVIDUOS LOCALIZADOS ENTRE LAS REGIONES DE COQUIMBO Y LA ARAUCANÍA

Al realizar análisis de asociación entre fenotipo (contenido de metabolitos secundarios) y genotipo (marcadores polimórficos) con el paquete informático *Tassel 5.0* se observan marcadores AFLP que explican por si solos gran porcentaje de la varianza (Cuadro N° 2). Los metabolitos del tipo alcaloides mejor explicados por marcadores AFLP son Laurolitsina con 5 AFLP seguido de Boldina, Laurotetanina, Higenamina y Coclaurina con 2 AFLPsy finalmente N-Me-Co claurina con solo 1 AFLP. En todos los casos se observan coeficientes de correlación > R^2= 0.4.

Posteriormente se aplicaron herramientas de mapeo asociativo usando el software *Tassel 5.0* para detectar asociaciones entre los 291 marcadores AFLP y cada carácter fenotípico (concentraciones de distintos metabolitos del tipo alcaloide por cada individuo genotipificado).

Se utilizó el modelo lineal general (GLM) basado en los datos fenotípicos, genéticos y los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (PCA) como covariables para controlar la estructura de la población. También se utilizó el modelo lineal mixto (MLM), el que además tiene en cuenta la matriz de parentesco K (*Kinship matrix*) calculada utilizando el programa *Genalex* (Peakall y Smouse, 2012).

Como era de esperar, la aplicación de GLM entrega un mayor número de marcadores AFLP asociados a los distintos fenotipos que MLM (Cuadros N° 2 y N° 3). Esto se debe al efecto de la estructura poblacional sobre detecciones falsas de asociaciones fenotipo/genotipo. Con MLM se reduce el error Tipo I debido a la relación genética entre individuos y la estructura de la población.

Cuadro N° 2
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN GLM EN TASSEL 5.0 PARA LOS METABOLITOS RELACIONADOS CON ALCALOIDES EN COMPARACIÓN CON LOS 291 LOCI AFLP POLIMÓRFICOS GENOTIPIFICADOS EN INDIVIDUOS DE BOLDO

Rasgo	Marcador	Posición	Valor-p	Valor-p Promedio (999 permutaciones)	R^2 Marcador
Boldina	M6_B_52	37	6.00E-06	0.002	0.67949
Boldina	M2_G_19	97	0.00375	0.71872	0.40341
Boldina	M6_Y_25	111	0.00472	0.78579	0.38869
Boldina	M1_G_29	277	6.00E-06	0.002	0.67949
Isocoridina	M4_B_84	128	0.00768	0.91491	0.28899
Isocoridina	M3_Y_9	146	0.00212	0.4985	0.35523
Isocoridina	M1_G_1	164	0.00894	0.93694	0.28052
N-Me-LTT	M4_B_26	20	0.00763	0.91291	0.28903
N-Me-LTT	M4_B_11	169	0.00948	0.94294	0.27688
N-Me-LTT	M6_Y_18	220	0.003	0.62563	0.338
Laurolitsina	M6_B_29	74	0.00331	0.66266	0.24164
Laurolitsina	M4_B_60	216	0.00587	0.85085	0.22003
Laurolitsina	M6_Y_29	288	0.00148	0.4014	0.26957
Laurotetanina	M4_B_52	63	0.0037	0.71371	0.36531
Laurotetanina	M6_B_29	74	0.00334	0.66867	0.37112
Reticulina	M1_B_63	2	0.00849	0.92993	0.30723
Reticulina	M4_B_91	23	0.00849	0.92993	0.30723
Higenamina	M4_G_61	71	0.00684	0.88689	0.36772
Higenamina	M4_B_38	148	0.00645	0.87888	0.37169
Higenamina	M4_G_68	190	4.09E-04	0.15516	0.53041
Higenamina	M1_B_54	227	0.0015	0.4044	0.4622
Coclaurina	M2_G_34	13	1.32E-04	0.04605	0.55424
Coclaurina	M4_G_46	70	0.00311	0.64164	0.39977
Coclaurina	M4_G_56	104	0.007	0.8959	0.34926
N-Me-Co claurina	M6_Y_40	44	0.00305	0.63463	0.37763
N-Me-Co claurina	M2_G_45	122	0.00507	0.80981	0.34849
N-Me-Co claurina	M4_B_84	128	0.00289	0.61461	0.3806
N-Me-Co claurina	M6_Y_67	161	0.00622	0.86386	0.33625

Solo se presentan aquellos marcadores que muestran asociación con un valor-p < 0.01.
En rojo se remarcan aquellos marcadores con una valor-p excepcionalmente significativo, el cual en la mayoría de los casos es apoyado por permutaciones.

Cuadro N° 3
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN MLM EN *TASSEL 5.0* PARA LOS METABOLITOS RELACIONADOS CON ALCALOIDES EN COMPARACIÓN CON LOS 291 LOCI AFLPS POLIMÓRFICOS GENOTIPIFICADOS EN INDIVIDUOS DE BOLDO

Rasgo	Marcador	Posición	Valor-p	R^2 Marcador
Boldina	M6_B_52	37	0,00416	0,67944
Boldina	M1_G_29	277	0,00416	0,67944
Higenamina	M4_G_68	190	0,00944	0,53037
Coclaurina	M2_G_34	13	0,00715	0,55417

Solo se muestran aquellos marcadores que muestran asociación con un valor-p < 0.01.

Como se observa en el Cuadro N° 3, la boldina es uno de los metabolitos que presenta mayor coeficiente de correlación (R^2=0.67) con dos marcadores; M6_B52 y M1_G_29. Considerando que la boldina es uno de los productos más importante de la especie, se abre la posibilidad a comenzar estudios de selección asistida por marcadores moleculares como apoyo a programas de mejoramiento genético, lo que es materia de futuras investigaciones.

4. CONCLUSIONES

- Se identificó mediante GLM dos a cuatro marcadores AFLP asociados con cada metabolito evaluado.

- Del total de marcadores significativos con GLM, 2 de ellos resultaron ser multirasgo; M4_B_84 con AlcM2 y AlcM9, M6_B_29 con AlcM4 y AlcM5. Esto podría indicar que dicho locus tiene participación en un mecanismo general de regulación de distintos metabolitos.

- Al menos cuatro marcadores AFLP (M6_B_52, M1_G_29, M4_G_68 y M2_G_34) muestran asociación robusta mediante MLM con distintos metabolitos, lo que los transforma en buenos candidatos para futuros estudios de validación y selección asistida por marcadores moleculares. Dos de estos marcadores presentan asociación con boldina, siendo aquellos de mayor interés para futuras investigaciones.

- La identificación de genotipos con altos porcentajes de alelos favorables puede ser útil para emplearlos como parentales en programas de mejoramiento.

- Estos resultados entregan la base científica para continuar realizando estudios de asociación fenotipo/genotipo con los mismos marcadores moleculares y más individuos, con el fin de validar resultados o descubrir más asociaciones. Complementariamente, se puede buscar conocimiento o evidencia previa de que la acumulación de ciertos metabolitos particulares está controlada transcripcionalmente.

- Otra opción es usar marcadores moleculares de alto rendimiento del tipo SNP (mediante *Genotyping by Sequencing*). Esto permite generar matrices de 5.000 a 10.000 marcadores SNP que aumentan las probabilidades de encontrar más y mayor desequilibrio de ligamiento con las características fenológicas de interés como metabolitos u otros.

- Las altas correlaciones existentes entre los marcadores y el rasgo principal de la especie, contenido de boldina, serán una útil herramienta para la selección precoz de plantas en fase de vivero, o bien para la selección de nuevos árboles en la distribución natural de la especie de modo de aumentar la población base de los programas de mejoramiento genético.

- Se recomienda aplicar la metodología expuesta en este estudio preliminar a un mayor número de árboles seleccionados, incluyendo también un número mayor de poblaciones con el fin de confirmar las correlaciones detectadas.

5. REFERENCIAS

Fu, Y., 2015. Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. Theoretical and Applied Genetics, 128 (11): 2131–2142.

Govindaraj, M.; Vetriventhan, M. and Srinivasan, M., 2015. Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives. Genetics Research International, vol. 2015, Article ID 431487, 14 pages.

Peakall, R. and Smouse P., 2012. GenAlEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics 28, 2537-2539

Saeed, S. and Barozai, M., 2012. A review on genetic diversity of wild plants by using different genetic markers. Pure and Applied Biology, 1(3): 68-71

Sérsic, Alicia; Cosacov, Andrea; Cocucci, A.; Leigh, A.; Johnson, Ann; Pozner, Rául; Avila, Luciano; Jr Sites, Jack and Morando, Mariana, 2011. Emerging phylogeographical patterns of plants and terrestrial vertebrates from Patagonia.

Torres-Díaz, C.; Ruiz, E.; Salgado-Luarte, C,: Molina-Montenegro, M. A. and Gianoli, E., 2013. Within-population genetic diversity of climbing plants and trees in a temperate forest of central Chile. *Gayana Botánica*, 70: 31-38.

CAPITULO 5. PRODUCCIÓN DE PLANTAS Y PROPAGACIÓN DE BOLDO

García, Edison[1] y González, Marta[1]

1. INTRODUCCIÓN

Boldo posee una alta capacidad de rebrote (Donoso *et al*., 2015), no obstante, la propagación se realiza principalmente por semillas, mediante la acción de animales o aves, situación que ocurre de acuerdo con las características anatómicas y nutritivas de los frutos (San Martín y Doll, 1998; Howe y Smallwood, 1982, cit. por Figueroa, 2000).

A pesar de ello las semillas presentan dificultad en la germinación y en general requieren un largo período para que puedan emerger como plántulas (San Martín y Doll, 1998; Voguel *et al*., 2005). Esta característica es denominada como banco de semillas persistentes, que se refiere a las semillas que logran permanecer viables por largos períodos enterradas en el suelo (Thompson y Grime, 1979, cit por Figueroa y Jaksic, 2004). Antecedentes señalan que semillas de boldo sembradas en otoño o invierno no germinan hasta el invierno siguiente y en bajos porcentajes, razón por la cual se debe esperar hasta el invierno del segundo año para que se complete una nueva generación (Botti y Cabello, 1990, cit. por Duran 2005).

En general, las especies nativas chilenas, tanto arbóreas como arbustivas, presentan diversos tipos de latencia. En especies leñosas como litre (*Lithrea caustica*), espino (*Acacia caven*) y trevo (*Trevoa quinquenervia*), que dispersan sus semillas al inicio o durante la extensa sequia de verano, es frecuente encontrar una latencia física provocada por una testa dura o impermeable (Figueroa y Jaksic, 2004), la que podría asociarse a boldo por las características que presentan sus semillas.

Especies del género *Nothofagus* presentan en mayor o menor grado latencia fisiológica, producto de la presencia de ácido abscísico que actúa como un inhibidor de la germinación (Arnold, 1996, cit. por Quiroz *et al*., 2011).

En especies de climas templado-húmedos, como en Chiloé, se observa una germinación retardada provocada por una latencia fisiológica (Figueroa *et al*., 1996).

Las semillas de boldo, al igual que aquellas especies que crecen en climas estacionalmente severos, presentan un mecanismo de latencia que se asocia a la presencia desfavorable de condiciones ambientales durante el período de su diseminación y que, al contrario de activarse la germinación por las bajas temperaturas del invierno, requieren de las altas temperaturas provocadas durante el verano (Figueroa *et al.*, 1996; Figueroa y Jaksic, 2004).

La dificultad en la germinación de boldo ha sido asociada a la presencia de diversos compuestos químicos presentes en los distintos estados de desarrollo de la semilla, aceites

1 Investigadores. Instituto Forestal. Chile. egarcia@infor.cl

esenciales y fitorreguladores promotores, que causan desbalances en el sistema promotor-inhibidor, que incide no solo en el escaso porcentaje de semillas que germinan en forma natural, sino que también en su viverización (Muñoz, 1986; Rodríguez, 1997; Rodríguez *et al*., 1983, cit. por Duran, 2005).

En menor proporción contribuyen a la latencia de las semillas la resistencia mecánica del pericarpio al crecimiento y el escaso desarrollo morfológico del embrión (Muñoz, 1986).

2. ESTUDIOS SOBRE GERMINACIÓN

La producción de semillas en boldo puede variar desde 6.000 hasta 14.000 sem/kg (Donoso y Cabello, 1978; Vogel *et al.*, 2005; García *et al.*, 2010a). Esta diferencia puede ser explicada por la capacidad que poseen las especies para adaptarse a hábitats diferentes, la que se traduce no solo en las características morfológicas de los individuos, sino que también en el tamaño de las semillas que producen (Donoso, 1979).

En relación con la germinación, los porcentajes obtenidos han sido en general escasos. Homann y Matte (1967) obtuvieron porcentajes del orden del 19%, mientras que Donoso y Cabello (1978), en ensayos por periodos de 30 días, con régimen de 16 horas a 20 °C en oscuridad y 8 horas a 30°C de luz, registraron una nula capacidad germinativa. Vogel *et al.* (2005) obtienen un 34% de germinación a los 6 meses tratando las semillas con GA3 en concentraciones de 10 g/L durante 48 h.

Muñoz (1986) señala que es recomendable colectar semillas en diciembre y sembrar inmediatamente, ya que las semillas recolectadas en época estival (diciembre-febrero) y que son sembradas de inmediato, inician su germinación en promedio al tercer mes.

El autor agrega, además, que las semillas colectadas en diciembre son las que poseen mejor capacidad germinativa (44%) y energía germinativa (43,7% en 251 días). Si hay retrasos en la siembra, se recomienda lavarlas para extraer la pulpa, posteriormente secarlas al aire un par de días y luego almacenarlas en bolsas de plástico a 5 °C (Aguilera y Benavides, 2005).

García *et al*. (2010b) evaluaron semillas procedentes de dos localidades de la zona centro-sur de Chile (Hualqui, en la Región del Bio Bio, y San Clemente, Región del Maule), diferentes épocas de colecta (mediados de diciembre, principios y mediados de enero), y sembradas en dos condiciones (con y sin pulpa).

En cuanto a la capacidad germinativa por procedencia y condición de la semilla por fecha de colecta, los valores más altos se obtienen con semilla procedente de Hualqui colectada a mediados de enero, y a su vez con mayor porcentaje en el estado con pulpa (63 y 70%, respectivamente).

Un porcentaje interesante también lo muestran las semillas colectadas a fines del mes diciembre, sin embargo, ocurre una situación contraria, encontrándose el porcentaje mayor de germinación en semillas sin pulpa (57%) por sobre aquellas con pulpa (47%).

Para la primera época de colecta realizada en diciembre, los valores mostrados son muy escasos en ambos estados de la semilla, no obstante, el valor más alto se obtiene en semillas sin pulpa (Cuadro N°1).

Cuadro N° 1
CAPACIDAD GERMINATIVA, ENERGÍA GERMINATIVA Y PERÍODO DE ENERGÍA PARA DIFERENTES ÉPOCAS DE COLECTA, PROCEDENCIA, Y CONDICIONES DE SEMILLAS DE BOLDO

Procedencia	Fecha Colecta Semilla	Estado Semilla	Capacidad Germinativa (%)	Energía Germinativa (%)	Periodo de Energía (días)
Hualqui	15-12-2008	Sin Pulpa	5,6	5,6	218,3
Hualqui	15-12-2008	Con Pulpa	2,4	2,4	216,0
Hualqui	28-12-2008	Sin Pulpa	56,8	56,8	255,0
Hualqui	28-12-2008	Con Pulpa	47,0	45,5	244,3
Hualqui	10-01-2009	Sin Pulpa	63,1	59,8	217,5
Hualqui	10-01-2009	Con Pulpa	69,6	68,8	205,8
San Clemente	02-01-2009	Sin Pulpa	3,3	2,7	149,5
San Clemente	02-01-2009	Con Pulpa	30,4	30,4	212,3

Estos resultados concuerdan con estudios de germinación que indican que colecciones tempranas de semilla reducen el nivel de latencia y a medida que aumenta el nivel de madurez la germinación va disminuyendo (Gordon y Rowe, 1982, cit. por Muñoz, 1986).

3. PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN VIVERO

En la actualidad, aún parte de la producción de boldo se realiza en bolsas de polietileno negras, de diferentes volúmenes, con perforaciones en la base, empleando como sustrato una mezcla en partes iguales arena y suelo arcilloso.

No obstante, y a consecuencia de la demanda creciente por plantas de especies nativas para reforestación con objetivos de restauración y recuperación de formaciones vegetacionales naturales afectadas por la acción antrópica e incendios forestales, se está utilizando con mayor frecuencia para la producción en vivero la bandeja de poliestireno expandido o *speedling*, y sustrato de corteza de pino compostada.



Figura N° 1
PLANTAS DE UNA TEMPORADA (IZQ.) Y DOS TEMPORADAS (DER.)
PRODUCIDAS EN BANDEJA (*SPEEDLING*)

El Centro Tecnológico de la Planta Forestal (CTPF), del Instituto Forestal, produjo plantas de boldo para la temporada 2017-2018 en bandejas de poliestireno expandido en cavidades de 130 y 280 cm^3, con sustrato de corteza compostada de calibre G-10. La siembra se realizó en marzo del 2017, con un período de germinación de aproximadamente 6 meses. A agosto de 2018, los mejores indicadores de DAC (diámetro a la altura de cuello) y H (altura) se obtienen en la cavidad de mayor volumen (Cuadro N°2).

Cuadro N° 2
PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE PLANTAS
PRODUCIDAS EN DOS TAMAÑOS CONTENEDOR TEMPORADA 2017-2018

Contenedor (cm^3)	DAC (mm)	H (cm)
130 cc	2,94 ± 0,59	9,36 ± 1,67
280 cc	3,27 ± 0,66	12,86 ± 1,85

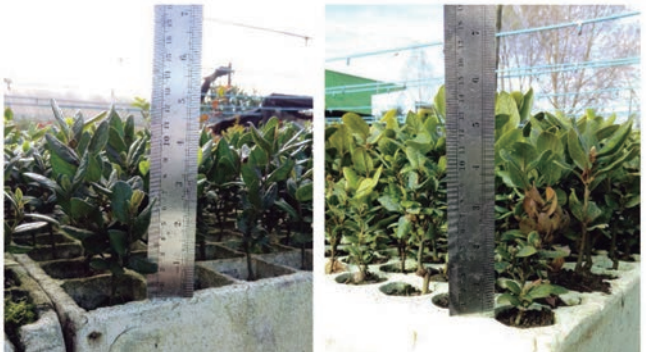


Figura N° 2
PLANTAS PRODUCIDAS EN CONTENEDOR DE 280 cm^3 (IZQ.) Y 130 cm^3 (DER.)
A AGOSTO DE 2018

Para esta producción, el criterio de riego aplicado se definió en función de la demanda hídrica, la que fue en términos aproximados a 0,20 m^3/m^3, que correspondió a valores cercanos al 50 % de pérdida de agua del sustrato. Se debe tener en cuenta que uno de los efectos no deseados que se producen por la falta de agua disponible es la desecación de la parte inferior del contenedor, lo que provoca la muerte de los extremos de las raíces o su reviramiento hacia arriba en busca de humedad (Montoya y Camara, 1996).

La importancia del agua se refleja en las características fisiológicas de las plantas, la disponibilidad de agua puede alterar en gran medida el área foliar, la tasa de fotosíntesis, el patrón de distribución de biomasa y, en consecuencia, la productividad de la planta (Kramer, 1983, cit. por Luna, 2006).

Ilabaca (2008) evaluó la respuesta de plantas de boldo de tres años a un régimen de déficit hídrico. Las plantas estaban dispuestas en bolsas de polietileno, como sustrato una mezcla de suelo del lugar, perlita y arena, bajo condiciones ambientales naturales, a cielo abierto. Los resultados obtenidos indican que boldo es una especie capaz de superar períodos de restricción hídrica severos, y frente a esta restricción realiza un ajuste elástico, para evitar pérdida de turgencia celular que afecte los procesos metabólicos, lo que causaría muerte celular.

En cuanto a la fertilización, en una producción realizada por el CTPF-INFOR temporada 2010-2011, la nutrición se basó en un programa de fertilización según su estado de desarrollo, empleando para ello fertilizantes de la línea ULTRASOL de SOQUIMICH, línea nutricional soluble en agua y libre de cloruro (excepto por ULTRASOL™ MOP) (Cuadro N° 3) (García, 2011; Benedetti y Hormazabal, 2011).

En la producción 2017-2018 del Centro Tecnológico de la Planta Forestal, señalada anteriormente, se aplicó un esquema nutricional más específico que consideró el uso de macro y micro elementos, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso, cobre y boro, en soluciones de sales químicas.

Las fuentes para los macronutrientes fueron urea ($CO(NH_2)_2$), sulfato de magnesio ($MgSO_4$), fosfato monopotásico (KH_2PO_4), nitrato de amonio (NH_4NO_3), nitrato de calcio ($CaNO_3$), y para los microelementos sulfato de cobre ($CuSO_4$), sulfato de manganeso ($MnSO_4$), sulfato de zinc ($ZnSO_4$), sulfato de fierro ($FeSO_4$) y borato de sodio ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$).

La aplicación del calcio se diferenció del resto de los elementos para evitar la precipitación de algunos de ellos.

Cuadro N° 3
PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE BOLDO EN VIVERO
TEMPORADA 2010-2011, CTPF-INFOR

Etapa de Desarrollo	Producto y Frecuencia	Dosis (g/L agua)	Ingredientes Principales
1ª etapa: Hasta una altura promedio de 10 cm	*Ultrasol Inicial* (15-30-15) Una vez por semana.	2	*Ultrasol Inicial*: Nitrógeno (N) (15%) Fósforo (P_2O_3) (30%) Potasio (K_2O) (15%) Magnesio (MgO) (0,5%) Azufre (S) (07%)
2ª etapa: Entre los 10 y 25 cm de altura	*Ultrasol Crecimiento* (25-10-10) Una vez por semana, alternando cada dos semanas con *Ultrasol Desarrollo* (18-6-18) en igual período.	3	*Ultrasol Crecimiento*: Nitrógeno (N) (15%) Fósforo (P_2O_3) (30%) Potasio (K_2O) (15%) Magnesio (MgO) (0,5%) Azufre (S) (0,7%) *Ultrasol Desarrollo*: Nitrógeno (N) (18%) Fósforo (P_2O_3) (6%) Potasio (K_2O) (18%) Magnesio (MgO) (1%) Azufre (S) (6%)
3ª etapa: Sobre 25 cm de altura	*Ultrasol Producción* (13-6-40) Una o dos veces por semana. *Nitrato de calcio* dos veces por semana.	2	*Ultrasol Producción*: Nitrógeno (N) (13%) Fósforo (P_2O_3) (6%) Potasio (K_2O) (40%) Magnesio (MgO) (0,5%)

Cuadro N° 4
ESQUEMA NUTRICIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE BOLDO EN VIVERO
TEMPORADA 2017-2018, CTPF-INFOR

Período Producción	Elemento											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
	(mg/L)											
13-11-2017 al 23-01-2018	200	90	120	80	60	77	6	4	1	6	-	0,06
23-01-2018 al 12-03-2018	200	90	120	80	60	77	6	4	1	6	4	4
23-01-2018 al 12-03-2018	300	150	195	100	80	100	6	4	1	6	4	4
Desde 12-03-2018	450	150	195	100	80	115	12	12	2	12	8	8

REFERENCIAS

Aguilera, M. y Benavides, C., 2005. Recopilación de experiencias silvícolas en el bosque nativo maulino. Proyecto Conservación y manejo sustentable del bosque nativo. Corporación Nacional Forestal, Región del Maule. Santiago, Chile. 144p.

Benedetti, S. y Hormazábal, M., 2011. Guía silvicultura, manejo y procesos para la obtención de hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Documento de Divulgación N° 33. Instituto Forestal-INNOVA CHILE. 44p.

Donoso, C. y Cabello, A., 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Ciencias Forestales 1(2):31-41.

Donoso, C. 1979. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (Nothofagus *obliqua* (Mirb.) Oerst.). Bosque 3 (1): 1-14.

Donoso, S.; Peña-Rojas, K.; Durán, S.; Pacheco, C.; Galdames, E. y Espinoza, C., 2015. Influencia del raleo en el crecimiento, la condición hídrica y la respuesta fotosintética de *Peumus boldus*: Pautas para la definición de su manejo silvicultural. Bosque (Valdivia), 36(3), p:457-466. Disponible en: https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300012

Duran, L., 2005. Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en un bosque esclerofilo de la Comuna de Maria Pinto, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Universidad de Chile, Fac. de Cs. For. Esc. de Cs. For. Depto. de Silv. Santiago, Chile. 65p.

Figueroa, J., 2000. Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. Chloris chilensis. Revista chilena de la flora y vegetación vol 2 (3).

Figueroa, J. y Jaksic, F., 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural 77:201-215.

Figueroa, J.; Armesto, J. y Hernández, J., 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69:243-251.

García, E., 2011. Folleto divulgativo Producción de plantas en vivero de *Peumus boldus* (boldo). Proyecto FIA 4035391151 Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores.

García, E.; González, M.; Quiroz, I. y Soto, H., 2010a. Semillas de Boldo (*Peumus boldus*), evaluación de su germinación. Chile Forestal 350:36-40.

García, E.; González, M.; Quiroz, I. y Soto, H., 2010b. Evaluación de la germinación de semillas de boldo (*Peumus boldus*) de diferentes épocas de colecta. Documento interno sin publicar. 9p.

Homann, C. y Matte, V., 1967. Contribución al conocimiento de la silvicultura del boldo (*Peumus boldus* Mol.). Asociación Chilena de Ingenieros Forestales. Actas de las terceras jornadas forestales. Valdivia, Chile. 23 al 25 de noviembre de 1967. Santiago, Chile. p:48-52.

Ilabaca, D., 2008. Respuestas ecofisiológicas desarrolladas por *Peumus boldus* Mol. frente a condiciones de restricción hídrica. Mem. Ing. Forestal Univ. de Chile. Fac. Cs For. Esc. Cs For. Depto de Silvicultura. Santiago, Chile. 32p.

Luna, G., 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* Mol. bajo condiciones de déficit hídrico. Mem. Ing. Forestal. Univ. de Chile. Fac. Cs For. Esc. de Cs For. Depto de Silvicultura. Santiago, Chile. 35p.

Montoya, J. y Camara, M., 1996. La planta y el vivero forestal. Madrid, España. 127p.

Muñoz, M., 1986. Cultivo de embriones y ensayo de germinación en boldo (*Peumus boldus* Mol.). Tesis de Título Ing. Forestal. Depto. de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Chile. 88p.

Quiroz, I.; García, E.; González, M.; Chung, P. y Soto, H., 2011. Vivero Forestal: Producción de Plantas Nativas a Raíz Cubierta. 2ª Edición. INFOR. Santiago, Chile. 128p.

Rodríguez, M., 1997. Efecto del acido giberelico (GA3) y tiempo de remojo sobre la germinación de semillas de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Talca (Chile). 87 p.

San Martín, J. y Doll, U., 1998. *Peumus boldus* Mol. (*Monimiaceae, Magnoliopsida*). Una especie silvestre promisoria de Chile. Stud. Bot. 17:109-118.

Vogel, H.; Rasmilic, I.; San Martín, J.; Doll, U. y González, B., 2005. Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de boldo, matico, bailahuén, canelo, peumo y maqui. Talca, Chile. 194p,

CAPITULO 6. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE BOLDO

Koch, Laura; González, Jorge; Benedetti, Susana y Molina, María Paz[1].

1. INTRODUCCIÓN

Boldo presenta limitaciones en cuanto a su cultivo a través de propagación vegetativa y sexuada, como bajas tasas de enraizamiento de estacas y limitada germinación de semillas. Jeldres (1998) evalúa en una primera instancia el comportamiento de esta especie en propagación vegetativa a diferentes concentraciones de IBA con estacas provenientes de individuos jóvenes y adultos de formaciones naturales (7 a 13 cm de DAP y 2 a 5 m de altura), y dos épocas de colecta (invierno y primavera), obteniendo bajos porcentajes de supervivencia (no mayor a 20 %).

En injertos los porcentajes de prendimiento no superan el 18% (en época de colecta de púas en verano y 2 a 4% de prendimiento en época de colecta otoño-invierno-primavera) (Koch y Gonzalez., 2018, datos sin publicar aún).

Existe escaso rejuvenecimiento de la especie en poblaciones naturales, lo que puede estar afectado por factores ambientales adversos, tales como la exposición a prolongados periodos secos o al pastoreo, y por la dificultad que presentan las semillas en la germinación, las que en general requieren un largo período para que puedan emerger como plántulas (San Martín y Doll, 1998; Voguel *et al*., 2005).

Hartmann y Kester (1990) señalan que en los casos de especies cuya germinación es escasa o que requieren largos períodos para este proceso, se prefiere una propagación asexual mediante estacas para conseguir individuos juveniles de importancia productiva.

La organogénesis somática es una alternativa muy útil cuando no se obtienen buenos resultados mediante enraizamiento de estacas o se requiere aumentar la tasa de multiplicación, o bien en el caso de árboles adultos para revertir y mantener su juvenilidad fisiológica (McComb y Bennet, 1986). También es una técnica adecuada para la conservación en un estado juvenil de genotipos forestales, mediante la utilización de técnicas de crecimiento retardado. Uno de los aspectos más difíciles de abordar en la organogénesis de árboles adultos es la introducción de material aséptico a condiciones *in vitro.* En general, la desinfección de brotes colectados directamente en terreno es difícil, debido a la gran cantidad de contaminación, tanto exógena como endógena, presente en este material (De Fossard *et al*., 1977).

Según Le Roux y Van Staden (1991) es virtualmente imposible esterilizar este material sin dañar severamente el tejido de los explantes iniciales. La edad del material es un factor importante que condiciona el establecimiento de cultivos asépticos (Grewal *et al*., 1980), idealmente este debiera tener muchas de las cualidades encontradas en brotes juveniles, por esta razón es común emplear técnicas de pre-tratamiento del material adulto, con el fin de obtener explantes iniciales adecuados para el cultivo *in vitro*.

[1] Investigadores. Instituto Forestal. Chile. lkoch@infor.cl

Se han establecido cultivos asépticos de árboles adultos, a partir de rebrotes de tocón (Furze y Cresswell, 1985), brotes de injertos (Franclet y Boulay, 1982; Durand-Cresswell *et al*., 1982; Goncalves, 1980), brotes epicórmicos (Oller *et al.* 2004, Ikemori, 1987), brotes de estacas enraizadas y brotes de ramas pretratadas, en especies caducifolias (Sabja *et al*., 2005; Ortiz *et al*., 2006).

En el marco del proyecto FIA *"Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores"*, el Laboratorio de Micropropagación de INFOR, desarrolló un protocolo efectivo de micropropagación de material adulto de boldo a través de inducción de brotes epicórmicos, con el fin de obtener plantas micropropagadas de individuos sobresalientes en base a variables fenotípicas y químicas de interés comercial.

2. REGENERACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* MEDIANTE ORGANOGÉNESIS DE BROTES EPICÓRMICOS DE ÁRBOLES MADUROS.

2.1. Material Vegetal

Los brotes epicórmicos son un material vegetal apropiado para la regeneración de plantas de boldo a través de micropropagación, los cuales son inducidos desde yemas durmientes situadas bajo la corteza del árbol (Figura N° 1a). Los brotes generados a partir de estas yemas presentan un crecimiento extremadamente rápido porque son fisiológicamente más jóvenes que otros tejidos, siendo especialmente aptos para la micropropagación (Yara, 1987; Borges *et al.,* 2004).

La utilización de este material puede potenciar la multiplicación y enraizamiento *in vitro* a partir de explantes obtenidos de árboles adultos, tal como ha sido reportado tempranamente en otras especies forestales (Fink, 1983; Ikemori, 1987; Yara, 1987; Sánchez *et al*., 1996).

Para obtener brotes epicórmicos de boldo, se utilizan varetas de 2 a 4 cm de diámetro y 30 a 35 cm de longitud aproximadamente, utilizando frascos con agua destilada y perlita previamente esterilizados en autoclave a 121 °C y 0,1 MPa de presión por 30 minutos, se disponen las varetas con un extremo de la rama sumergido en el agua y el otro extremo recubierto con un sellante comercial de poda, para evitar infecciones.

Durante el proceso es esencial controlar las condiciones ambientales dentro de la cámara de crecimiento para estimular la formación de brotes epicórmicos, se requiere una humedad relativa (HR) del 80%, una temperatura de 22 ± 2º C y un fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad, para lograr una cantidad considerable de brotes. Las diferencias en el número y altura de los brotes epicórmicos puede variar entre diferentes genotipos (Figura N° 2), época de colecta y estado sanitario de las varetas utilizadas.

El desarrollo inicial de los brotes epicórmicos siempre comienza desde pequeños grupos de células del parénquima en la corteza o desde los radios del floema dilatados, que se desdiferencian, transformándose en meristemáticos nuevamente mediante subdivisiones repetidas (Fink, 1983; Hernández *et al.,* 2003),



PC: puntos de crecimiento de los brotes; (izq); brotes epicórmicos generados a 45 días (der.)

Figura N° 1
BROTES EPICÓRMICOS GENERADOS DESDE VARETAS DE RAMAS DE ÁRBOLES

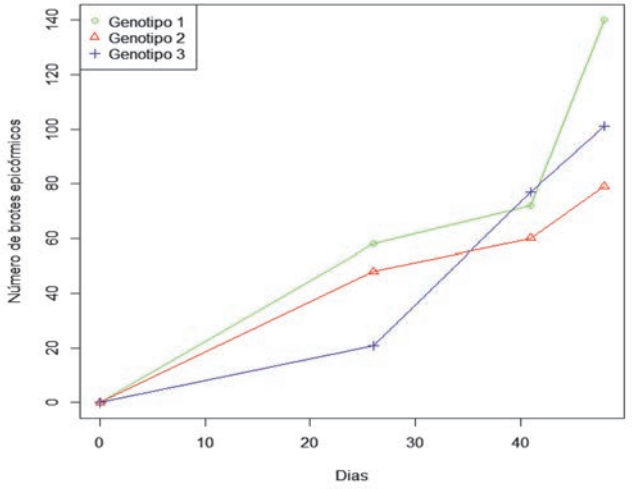


Figura N° 2
NÚMERO DE BROTES EPICÓRMICOS GENERADOS SEGÚN GENOTIPO



Brotes desarrollados bajo condiciones ambientales de 22 ± 2º C de temperatura, Humedad relativa 70%-80% y un fotoperíodo de 16/8 horas luz/oscuridad, respectivamente.

Figura N° 3
BROTES REJUVENECIDOS DE ÁRBOLES OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA INDUCCIÓN DE BROTES EPICÓRMICOS EN TROZOS DE RAMAS DE ÁRBOLES ADULTOS

2.2. Desinfección y Cultivo del Material Vegetal

Para el establecimiento *in vitro* se debe seleccionar brotes epicórmicos vigorosos, de 2 a 9 cm de longitud, con al menos 3 yemas de crecimiento y 2 pares de hojas expandidas. (Figura N° 3), estos se desinfectan superficialmente utilizando una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 10%, durante 5 minutos, seguido de cuatro enjuagues (aclareos) de 10 minutos cada uno, con agua destilada estéril (ADE), también es recomendable aplicar un remojo en una solución antioxidante, compuesta por ácido cítrico y ácido ascórbico en concentraciones al 1:1 de 500 mg/L, por unos 30 minutos.

En los trabajos llevados a cabo en el Laboratorio de Micropropagación de INFOR, se han logrado tasas de contaminación y oxidación <10%, utilizando los protocolos mencionados, La contaminación observada principalmente es fúngica y la oxidación se localiza en las hojas de los brotes, esto es común en algunas especies que presentan concentraciones elevadas de sustancias fenólicas (De Klerk *et al.*, 2011; Trueman *et al.*, 2013). Según Benson (2000), la oxidación es uno de los parámetros más importante en cualquier proceso de micropropagación, ya que impulsa el aumento de los radicales libres que son responsables del daño irreparable en el ADN, proteínas y enzimas de las células, causando una disfunción celular y por consecuencia la muerte de los explantes.

2.3. Medios de Cultivo y Condiciones Ambientales

La micropropagación de brotes epicórmicos de boldo se logra utilizando diferentes formulaciones de medios de cultivo, según las etapas de la organogénesis (establecimiento, multiplicación, elongación y enraizamiento), todos los medios utilizados se basan en modificaciones del medio MS (Murashige y Skoog, 1962) usando 0,07 % de agar bacteriológico como agente gelificante y 0,2% de sacarosa como fuente de carbono; el pH se debe ajustar a 5,7 ± 0,05, autoclavados a una temperatura de 121 ºC y 0,1 MPa de presión, durante 20 minutos. Los frascos con los brotes cultivados se mantienen en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas de temperatura a 22 ± 2º C y fotoperíodo de 16/8 horas luz/oscuridad.

2.4. Establecimiento del Material

En la etapa de establecimiento, los brotes epicórmicos seccionados se siembran, utilizando un medio de cultivo basal MS completo, sin adición de fitohormonas (Cuadro N° 1). Durante esta etapa se debe subcultivar los brotes cuidadosamente cada 20 días, sin subdividir el tejido y esto reduce la oxidación.

2.4.1. Multiplicación y Elongación de Brotes

En la etapa de multiplicación, el material sin contaminación u oxidación obtenido en la etapa de establecimiento se traspasa a un medio fresco, utilizando un medio basal MS completo suplementado con aminoácidos y vitaminas extra (Cuadro N° 1). También es necesaria la adición de fitohormonas, esencialmente el uso de 6-benzylaminopurine (BAP), las cuales estimulan la proliferación de múltiples puntos de crecimiento en tejidos no meristemático, debido a su efecto en la división celular (Sánchez *et al*., 1997; Guohua, 1998; Read y Preece, 2003, Collado *et al*., 2004; Sánchez-Olate *et al*., 2005; Jordán y Casaretto, 2006). Utilizando brotes epicórmicos es

necesaria la adición en un rango de 0,25 a 0,75 mg/L de BAP, complementado con 0,01 mg/L de ácido naftalenacético (ANA), con esto es posible obtener una gran cantidad de nuevos brotes *in vitro.* Sin embargo, al utilizar segmentos nodales y brotes nuevos como explante es necesario aumentar la concentración de BAP para permitir la multiplicación, tal como lo demuestran los resultados obtenidos por Ríos *et al.* (2010), quienes al utilizar segmentos nodales de árboles adultos requirieron de 0,5 mg/L de BAP y 0,1 de Ácido indol-3-butírico (IBA), para lograr la multiplicación de brotes. Resultados similares presenta el proceso desarrollado y patentado por Zúñiga (2014), quien utiliza brotes nuevos directo de árboles adultos, siendo necesario un rango de 0,1 a 1 mg/L de BAP y 0,1-0,5 mg/L de IBA para la multiplicación. Por consecuencia, evidentemente cuando se utilizan brotes epicórmicos las concentraciones requeridas de BAP son menores, siendo un material más revigorizado para el proceso, con menores requerimientos hormonales externos, lo que puede tener una ventaja en la producción a alta escala.

La elongación de los brotes se realizó solamente disminuyendo la adición de BAP, es recurrente disminuir gradualmente la concentración de la citoquinina como estrategia para permitir la elongación de los nuevos brotes, tal como ha sido reportado para otras latifoliadas utilizando brotes epicórmicos (Sánchez *et al*., 1997; Rodriguez *et al*., 2003; Collado *et al*., 2004; Sánchez-Olate *et al*., 2005; Akram y Aftab, 2009; Castro y Sánchez, 2010). Los sub-cultivos de estas etapas se deben realizar con un período máximo de 28 días entre cada repique, esto con el fin de mitigar la oxidación observada en la especie (Koch *et al*., 2016). Durante los subcultivos, eventualmente es recomendable adicionar agentes antioxidantes al medio de cultivo, el uso de polivinilpirrolidona (PVP) en concentraciones de 100 a 800 mg/L ha mostrado buenos resultados para combatir este problema, también se puede reemplazar el agente gelificante Gelrite ® a 0,025%.

2.4.2. Enraizamiento de Brotes

Para el enraizamiento de los brotes *in vitro* se utilizan brotes vigorosos y homogéneos de un tamaño de al menos 4 cm. Como medio de cultivo se emplea un MS, con los macronutrientes reducidos a la mitad (½ MS), y nitratos reducidos a un cuarto (¼ MS). Es esencial la adición externa de una auxina, la cual promueve el crecimiento de las plantas a través del incremento de la extensibilidad de la pared celular, debido a la secreción de iones que ayudan en la absorción de agua en células, además el uso de auxinas ayuda en el metabolismo del ácido ribonucleico (ARN), induciendo posiblemente la trascripción de moléculas de ARN mensajero, las cuales codifican proteínas necesarias para el desarrollo de las plantas (Castro y Sánchez, 2010). En el caso del boldo se observan resultados positivos cuando se usa 0,5 a 1 mg/L de IBA. Una vez traspasados los brotes a medio de enraizamiento, se deben mantener en oscuridad absoluta durante 7 días, luego se trasladan bajo condiciones controladas de temperatura 22 ± 2° C y fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad.

A los 60 días es posible observar las primeras raíces (Figura N° 4), esto parece ser común en la especie, la cual se caracteriza por presentar una baja capacidad de enraizamiento cercana al < 10%, incluso utilizando material juvenil (Jeldres, 1998; Santelices y Bobadilla 1997; Vogel, 2005). La respuesta tardía se explica debido a que en plantas leñosas la organogénesis resulta más difícil de lograr por su condición estructural y los procesos de la madurez asociados con la edad. La utilización de brotes epicórmicos, los cuales son ontogénicamente más jóvenes, conduce a una excelente respuesta morfogénica y fisiológica para el enraizamiento, debido a

que estos han sido generados a partir de tejidos meristemáticos latentes (Sanchez-Olate *et al*., 2005; Hasbún 2006). Este es el primer trabajo que muestra el enraizamiento *in vitro* de la especie. Resultados comparables se presentan en otros estudios de especies del bosque esclerófilo, tales como espino (*Acacia caven*) o quillay (*Quillaja saponaria*), donde se evidencia que las bajas concentraciones de auxinas aumentan el número de raíces nuevas (Abedini *et al*., 2000; Prehn *et al*. 2003; Vidal *et al*., 2016).



Figura N° 4
ENRAIZAMIENTO DE BROTES *IN VITRO*

2.4.3. Aclimatación

Es posible una adecuada aclimatación de plantas *in vitro* de boldo, con una supervivencia > 90%, cuando el proceso de trasplante se realiza bajo cámara de flujo laminar, en envases plásticos herméticos con una mezcla de sustrato compuesto por turba y perlita en una proporción de 2:1, previamente esterilizada en autoclave a 121 ºC y 0,1 MPa, durante 30 minutos.

Esta etapa requiere precaución, ya que el cambio de medio puede producir estrés en las vitroplantas o bien pueden contaminarse los explantes perdiendo gran parte del material vegetal.

El sustrato es enriquecido mediante la adicción de medio nutritivo líquido (sin gelificante) MS, reducido a la mitad (½ MS) y sin sacarosa, durante un período de 12 semanas. Durante este tiempo es necesario mantener las plantas bajo condiciones controladas de temperatura 22 ± 2 °C y fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad.

Cabe mencionar que la especie corresponde al grupo de especies semixeromórficas típicas del bosque esclerófilo (Schneeberger, 2001; Benedetti y Barros, 2011), es decir posee hojas perenne y duras, que les permiten resistir las sequías veraniegas y heladas de primavera, características del mediterráneo (Benedetti y Barros, 2011).

Para las condiciones climáticas mencionadas, las plantas regeneradas mediante organogénesis deberán ser endurecidas en vivero o invernadero antes de llevarlas a plantación, con esto se garantiza que la planta sobrevivirá a las condiciones adversas propias de estos ambientes, tales como heladas tempranas, alta radiación y sequía.



a) Brotes epicórmicos desde las varetas a los 40 días del montaje, se observan brotes sanos y vigorosos.
b) Segmentos de los brotes epicormicos inducidos en condiciones in vitro.
c) Multiplicacion y elongacion de los brotes.
d) Segmentos de brotes provenientes de la multiplicacion del material incial.
e) Enraizamiento de brotes multiplicados in vitro.
f) Aclimatación de plantas completas.

Figura N° 5
ESQUEMA TEMPORAL DE LAS ETAPAS PARA LA REGENERACIÓN DE PLANTAS *IN VITRO* MEDIANTE ORGANOGÉNESIS DE BROTES EPICÓRMICOS DE ÁRBOLES MADUROS

Cuadro N° 1
RESUMEN DE MODIFICACIONES DEL MEDIO MS PARA LA REGENERACIÓN DE PLANTAS MEDIANTE ORGANOGÉNESIS UTILIZANDO BROTES EPICÓRMICOS COMO FUENTE DE MATERIAL

Compuesto	Formula	Unidad	MS Basal	Etapa Establecimiento	Etapa Multiplicación	Etapa Elongación	Etapa Enraizamiento
Fosfato de Potasio	KH_2PO_4	mg/L	170	170	170	170	85
Nitrato de Amonio	NH_4NO_3	mg/L	1650	1650	1650	1650	412,5
Cloruro de Calcio	$CaCl_2$ ($2H_2O$)	mg/L	440	440	440	440	220
Sulfato de Magnesio	$MgSO_4$ ($7H_2O$)	mg/L	370	370	370	370	185
Nitrato de Potasio	KNO_3	mg/L	1900	1900	1900	1900	475
Sulfato Ferroso	$FeSO_4$ ($7H_2O$)	mg/L	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8
Etilendiaminotetraacético	Na EDTA	mg/L	37,3	37,3	37,3	37,3	37,3
Yoduro de Potasio	KI	mg/L	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Sulfato Cúprico	$CuSO_4 * 5H_2O$	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Sulfato de Manganeso	$MnSO_4*H_2O$	mg/L	22,23	22,23	22,23	22,23	22,23
Sulfato de Zinc	$ZnSO_4*7H_2O$	mg/L	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Cloruro de Cobalto	$CoCl_2 * 6H_2O$	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Ácido Borico	H_3BO_3	mg/L	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Mio-inositol	-	mg/L	100	100	100	100	100
G1 Tiamina HCL	-	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
G2 Acido nicotínico	-	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
G3 Piridoxina	-	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Glicina	-	mg/L	2	2	2	2	2
6-Benzylaminopurine (BAP)	$C_{12}H_{11}N_5$	mg/L	-	-	0,25 – 0,75	0,25	-
Ácido naftalenacético (ANA)	$C_{12}H_{10}O_2$	mg/L	-	-	0,01	0,01	-
Ácido Indol-3-butírico (IBA)	$C_{12}H_{13}NO_2$	mg/L	-	-	-	-	0,1 -0,5
Hidrolizado de caseína	-	mg/L	-	-	75	75	-
Pantotenato de calcio	$C_9H_{17}NO_5$	mg/L	-	-	1	1	-
Agar bacteriológico	-	%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Sacarosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	%	20	20	20	20	15

(Fuente: Murashige y Skoog, 1962)

3. CONCLUSIONES

Los antecedentes obtenidos en este estudio, muestran una de las primeras aproximaciones de clonación *in vitro* en árboles adultos de boldo.

Los resultados muestran que es posible regenerar plantas completas mediante técnicas de micropropagación (Figura N° 5), lo que dada las limitaciones que tiene la especie para la reproducción vegetativa tradicional como el estaquillado e injertos, se puede utilizar como metodología de masificación de material selecto en estudios de fisiología vegetal, programas de mejoramiento genético y/o conservación de germoplasma valioso en la especie.

4. REFERENCIAS

Abedini, W.; Boeri, P.; Marinucci, L.; Ruscitti, M. and Scelzo, L., 2000. Biotechniques used in native forest species. *Forest Systems*, 9(1), 31-43.

Akram., M. and Aftab, F., 2009. An efficient method for clonal propagation and in vitro establishment of softwood shoots from epicormic buds of Teak (*Tectona grandis* L.). *Forestry Studies in China*, 11(2): 105–110.

Benedetti, S. y Barros, S. (Eds.), 2011. Rescate de un Patrimonio Forestal Chileno Manejo Sustentable y Valorización de sus Productos. Instituto Forestal. Chile.

Benson, E., 2000. Special symposium: In vitro plant recalcitrance. Do free radicals have a role in plant tissue culture recalcitrance? In Vitro Cell Dev Biol Plant 36(3):163–170

Borges, N.; Martins-Corder, M.; Sobrosa, R. e Santos, E., 2004. Rebrota de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista* Árvore*,* 28: 611-615.

Castro, D. y Sanchez, R., 2010. Propagación clonal in vitro de *Eucalyptus pellita* F. Muell a partir de árboles *plus*. *Temas Agrarios*, 15:(1) 34 – 43.

Collado, R.; Barbón, R.; Agramonte, D.; Jiménez, F.; Pérez, M.; Gutiérrez, O. y Ramírez, D., 2004. Establecimiento in vitro de ápices y segmento nodales de *Swietenia macrophylla* King. *Biotecnología Vegetal*, 4 (3): 143-146,

De Fossard, A.; Broker, P. and Bourne, R., 1977. The organ culture of nodes of four species of *Eucalyptus*. *Acta Horticulturae*,78: 157-165.

De Klerk, G.; Guan, H.; Huisman, P. and Marinova, S., 2011. Effects of phenolic compounds on adventitious root formation and oxidative decarboxylation of applied indoleacetic acid in Malus 'Jork 9'. *Plant Growth Regulation* ,63(2):175–185

Durand-Cresswell, R.; Boulay, M. and Franclet, A., 1982. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. En: Bonga J., Dursan, D (Eds). Tissue culture in forestry. *Springer Science*, 99: 150-181.

Fink, S., 1983. The Occurrence of Adventitious and Preventitious Buds within the Bark of Some Temperate and Tropical Trees. *American Journal of Botany*, 70: 532-542

Furze, M. and Cresswell, C., 1985. Micropropagation of *Eucalyptus grandis* and *E. nitens* using tissue culture techniques. *African Journal of Agricultural Research*, 135:20-23.

Franclet, A. and Boulay, M., 1982. Micropropagation of frost resistant Eucalypt clones. *Australian Forest Research*, 13: 83-89.

Goncalves, A., 1980. Reversion to juvenility and cloning of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake in cell and tissue culture systems. IUFRO Symposium and Workshop on Genetic Improvement and Productivity of Fast Growing Tree Species. Sao Paulo, Brazil. 786-787 pp.

Grewal, S.; Ahuja, A. and Atal, C., 1980. *In vitro* proliferation of shoot apices of *Eucalyptus citriodora* Hook. Ind. *Journal of Experimental Biology*, 18:775-777.

Guohua, M., 1998. Effects of cytokinins and auxins on *Cassava* shoot organogenesis and somatic embryogenesis from somatic embryo explants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 54: 1-7.

Hartmann, H. y Kester, D., 1990. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México. 760pp.

Hasbún, R., 2006. Monitorización Epi-genética del desarrollo y producción de plantas de castaño (*Castanea sativa*). Tesis Doctor en Biotecnología. Universidad de Oviedo. Oviedo, España. 234 p

Hernández, I.; Celestino, C. and Toribio, M., 2003. Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis. II. Plant regeneration from selected Cork Oak trees. *Plant Cell Report*, 21:765-770.

Ikemori, Y., 1987. Epicormic shorts from the branches of *Eucalyptus grandis* as an explant source for *in vitro* culture. *The Commonwealth Forestry Review*, 66: 351-355.

Jeldres, P., 1998. Efecto del ácido Indolbutirico y época de colecta del material vegetal en el enraizamiento de estacas de *Peumus boldus* Mol. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Escuela de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Talca, Chile.

Jordán, M. y Casaretto, J., 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En: Squeo, F., Cardemil, L. (Eds). Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

Le Roux, J. and Van Staden, J., 1991. Micropropagation and tissue culture of *Eucalyptus. A*review. *Tree Physiology*, 9: 435-477

Koch, L.; Gonzalez, J.; Benedetti, S. and Molina, M. P., 2016. Generating epicormics shoots for vegetative propagation in vitro *Peumus boldus*. Mol. Trabajo modalidad de poster presentado en la Conferencia Internacional IUFRO “Embriogénesis somática y otras tecnologías de propagación vegetativa”. La Plata, Argentina.

Mc Comb, J. y Bennett, I., 1986. *Eucalyptus* (*Eucalyptus* spp). En: Bajaj, Y. P. S. (Ed). Biotechnology in Agriculture and Forestry, Volume 1: Trees 1. Springer-Verlag, Alemania. 340-362 pp.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with Tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15: 473-497.

Oller, J.; Toribio, M.; Celestino, C. and Toval, G., 2004. The culture of elite adult trees in a genetic improvement programme through *Eucalyptus globulus* Labill., clonal micropropagation. *Eucalyptus* in a Changing World. Proc.of IUFRO Conf., Aveiro 11-15 Octuber 2004.

Ortiz, O.; Sabja, A. y Koch, L., 2006. Protocolo de micropropagación de Lenga. En: Gutiérrez, B. (Ed). Cultivo *In Vitro* de Lenga (*Nothofagus pumilio*). INFOR. Chile. 76 pp.

Prehn, D.; Serrano, C.; Berrios, C. and Arce-Johnson, P., 2003. Micropropagación de *Quillaja saponaria* Mol. a partir de semillas. *Bosque*, 24(2), 3-12.

Read, P. and Preece, J., 2003. Environmental Management for Optimizing Micropropagation. *Acta Horticulturae*, 616:49-58.

Ríos, D.; Sandoval ,D .y Gómez, C.; 2010. In vitro culture of *Peumus boldus* Molina via direct organogenesis. IDECEFYN vol 21 January-April 2010, 70-72.

Rodriguez, R.; Daquita, M.; Capote, I.; Pina, D.; Lezcano, Y. y González-Olmedo, J., 2003. Nuevos aportes a la micropropagación de *Swietenia macrophylla* x *Swietenia mahogani* (Caoba híbrida) y *Cedrela odorata* (Cedro). Cultivos *Tropicales*, 24 (3):23-27

Sabja, A.; Ortiz, O. y Triviño, C., 2005. Micropropagación de árboles *plus* de raulí. En: Gutiérrez, B., Ortiz, O., Molina, M. (Ed). Clonación de raulí, estado actual y perspectivas. CEFOR, INFOR, UACH. 41-58 pp.

San Martín, J. y Doll, U., 1998. *Peumus boldus* Mol. (*Monimiaceae, Magnoliopsida*). Una especie silvestre promisoria de Chile. *Botanical Studies*, 17:109-118.

Sánchez, M.; San-Jose, M and Ballester, V., 1996. Requirements for in vitro rooting of *Quercus robur* and *Q. rubra* shoots derived from mature trees. *Tree Physiology* 16(8):673-80.

Sánchez, M.; San-Jose, M.; Ferro, E.; Ballester, A. and Vieitez, A., 1997. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoots of Chestnut. *Journal of Horticultural Science*, 72(3): 433-443

Sánchez-Olate, M.; Ríos, D. y Escobar, R., 2005. La Biotecnología Vegetal y el Mejoramiento Genético de Especies Leñosas de Interés Forestal y sus Proyecciones en Chile. In: Sánchez-Olate, M. y Ríos, D. (Eds.). Biotecnología Vegetal en Especies Leñosas de Interés Forestal. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 17-28.

Santelices, R. y Bobadilla, C., 1997. Arraigamiento de estacas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol. *Bosque* 18(2):77-85.

Schneeberger, R., 2001. Efecto de poda invernal e intensidad de luz sobre el crecimiento y concentración de principios activos en boldo (*Peumus boldus* Mol.) bajo cultivo. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Talca, Chile.

Trueman, S.; McMahon, T. and Bristow, M., 2013. Nutrient partitioning among the roots, hedge and cuttings of *Corymbia citriodora* stock plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(4):977–989

Vidal, J.; Ríos, D.**; Sabja, A.; Cartes, P. and** Sánchez **Olate, M., 2016.** Organogénesis directa para la propagación in vitro de *Quillaja saponaria* Mol. Sudamérica Austral. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(34):57-68.

Vogel, H.; Rasmilic, I.; San Martín, J.; Doll, U. y González, B., 2005. Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de boldo, matico, bailahuén, canelo, peumo y maqui. Editorial Universidad de Talca, Chile. 194pp.

Yara, K., 1987. Epicormic shoots from the branches of *Eucalyptus grandis* as an explant source for in vitro culture. *The Commonwealth Forestry Review,* 66 (4):351-356.

Zuñiga, G., 2014. Use of *Peumus boldus* extract obtained by means of in vivo culture and having anti-botrytis, allelopathic and antioxidant activity. United States, Patent Application Publication N° US2014/0287918A1, Sep. 25, 2014.

CAPITULO 7. ENSAYOS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

Delard, Claudia y Hormazabal, Marcos[1]

1. INTRODUCCIÓN

Boldo tiene una extensa distribución geográfica natural en el país, es una especie de baja exigencia de humedad en el suelo y de alta rusticidad, por lo que puede prosperar en muy diversas condiciones de sitio, desde las zonas semiáridas del norte como las de Región de Coquimbo hasta regiones más húmedas como Bio Bio y La Araucanía.

Escasos han sido los intentos por establecer plantaciones con esta especie y no existen experiencias exitosas de establecimiento de plantaciones con fines industriales.

En el marco del proyecto FIA: "Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores", fueron instalados tres ensayos establecimiento de plantaciones de boldo y sus resultados hasta ahora se entregan en el presente Capítulo.

2. DISEÑO E INSTALACIÓN DE ENSAYOS DE PLANTACIÓN

1.1. Lugares de Ensayos

- **Lomas del Yali, Región de Valparaíso**

El predio se ubica en la zona sur de la región, Comuna de Santo Domingo, Provincia de San Antonio. Se caracteriza por tener un clima mediterráneo con un periodo lluvioso invernal y un periodo de sequía en verano.

En general, en la costa se mantienen temperaturas templadas, con humedad en el aire, nubes bajas y brisa marina. La cercanía del océano modera las temperaturas. El verano no es excesivamente caluroso y el invierno es más suave que en el interior. No hay ocurrencia de nieve y las heladas son poco frecuentes. Esta zona presenta precipitaciones medias anuales de 375 mm y temperatura media anual de 14,1°C.

- ***Longaví, Región del Maule***

El predio está ubicado a 12 km hacia la precordillera de la Comuna de Longaví, Provincia de Linares. El sitio presenta clima mediterráneo templado de estación seca y lluviosa de igual duración. Los veranos son comúnmente cálidos y secos, al contrario de los inviernos que suelen ser lluviosos y frescos, con frecuentes heladas influidas por el efecto continental.

[1] Instituto Forestal. Chile. cdelard@infor.cl

Las precipitaciones van desde 700 mm en los valles hasta 2.140 mm en la cordillera. Las medias generales de temperatura en verano son de 20 °C, con una gran cantidad de días soleados y horas de luz. Los inviernos son templados con temperaturas medias de 7 °C, pudiendo llegar a temperaturas mínimas de -5 °C. La nieve es común en los sectores precordilleranos y cordilleranos, y es la principal fuente de riego posteriormente para la agricultura durante el periodo estival.

2.2. Plantas

Debido a la baja disponibilidad de plantas de boldo en el mercado, estas fueron obtenidas de dos viveros; Vivero El Roble de la Región de Valparaíso, correspondientes a plantas de una temporada con 20-25 cm de altura, y Vivero Puro Nativo de la Región del Maule, de dos temporadas de crecimiento, con altura ente 30 y 40 cm (Figura N° 1). Las primeras provienen de semillas colectadas en la zona de Calera y las segundas en la precordillera de Chillán.



Figura N° 1
PLANTAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS ENSAYOS
VIVERO EL ROBLE EN FEBRERO 2015 (IZQ.) Y PURONATIVO (DER.) EN ENERO 2015

2.3. Diseño Experimental

Con el diseño de los ensayos se busca la prueba de técnicas intensivas de establecimiento y los cuidados silviculturales adecuados para la plantación. Dos de los ensayos se diseñaron con la finalidad probar además espaciamientos de plantación. Se contemplaron tres tratamientos de densidades de plantación (1x1 m, 1x2 m y 1x3 m) y además tratamientos con y sin fertilización (Apéndice N° 1. Croquis Distribución Tratamientos). Este diseño factorial se estableció en el predio Lomas de Yali y Parcela 3 del predio en Longaví, en una superficie de 0,1 ha cada uno.

Un segundo diseño se realizó considerando una plantación bajo plástico de alta densidad, con un cultivo intensivo asociado a trabajo de suelo, fertilización, con protección contra heladas y bajas temperaturas. Se evaluaron distanciamientos de 30x30 cm, 40x40 cm y 50x50 cm en un diseño completamente al azar, en una superficie de 50 m^2.

Dada la disponibilidad adicional de plantas y superficie, se decidió realizar una pequeña prueba llamada “tala rasa”, que consistió en cortar las plantas a 10 cm desde el suelo inmediatamente después de plantadas.

Esta práctica se utiliza en otras especies que tienen la capacidad de rebrotar, ya que se ha visto que el rebrote es más vigoroso y de mayor velocidad de crecimiento (Apéndice N° 2. Croquis Distribución Tratamientos). El ensayo bajo plástico, incluida la prueba “tala rasa”, se instaló en Longaví.

2.4. Establecimiento Ensayos y Cuidados Culturales

El ensayo en Lomas del Yali fue establecido en el mes de agosto de 2015, incluyó una limpia del terreno a plantar, preparación de suelo mediante subsolado a 40 cm de profundidad y aplicación de herbicida de contacto pre plantación. Se prepararon casillas de plantación de 30x30x30 cm.

Se cercó utilizando postes impregnados, malla hexagonal en la parte inferior para impedir ingreso de conejos y dos hebras de alambre de púa en la parte superior del cerco. Dado que la especie es muy susceptible a insolaciones y heladas, el área se cubrió con malla raschel de 60% de cobertura a una altura de 3 m.

El ensayo de Longaví fue establecido en septiembre del 2015, se realizaron las mismas labores descritas para El Yali (Figura N° 2).



Figura N° 2
FAENAS DE ESTABLECIMIENTO ENSAYO LONGAVI

El ensayo bajo plástico fue establecido en Longaví, en septiembre de 2015, consistió en una limpia del terreno, trabajo de suelo manual, mullido, aplicación de herbicida de contacto y realización de casillas de 30x30x30 cm.

Se cercó con malla hexagonal en la parte baja. Con el objeto de estimular el crecimiento de las plantas, el ensayo se cubrió en su parte superior y lateral con plástico de invernadero (Figura N° 3).



Figura N° 3
ENSAYO BAJO PLÁSTICO EN LONGAVÍ

Una vez establecidos los tres ensayos se fertilizaron en primavera. En Yali y Longaví bajo sombra se aplicó urea (5 g/planta), fosfato diamónico (17 g/planta), nitrato de potasio (16 g/planta), y boronatrocalcita (11 g/planta).

En Longaví bajo plástico, se aplicaron los mismos fertilizantes a una menor dosis dada la mayor densidad de plantación; urea (3 g/planta), fosfato diamónico (9 g/planta), Nitrato de potasio (8 g/planta) y boronatrocalcita (6 g/planta). La fertilización se repitió en los tres ensayos en octubre de 2016.

Los cuidados culturales realizados incluyen el control de malezas, realizado periódicamente de forma manual, y riegos estivales. En El Yali y Longaví bajo sombra, los riegos se realizaron cada 20 días con un sistema de mangueras regando 10-15 L/planta desde diciembre a marzo de 2016. En Longaví bajo plástico, el riego fue semanal mediante aspersores.

En los tres ensayos se realizaron numerosas reparaciones al sistema de protección (mallas raschel y postes) debido a daños sufrido por viento, sobretodo en primavera.

En Longaví bajo plástico, debido a la proliferación de malezas durante todo el año y la dificultad para su eliminación por la alta densidad de plantación, se instaló un geotextil en hileras de plantación a principios de 2017. Luego en abril de 2018, se realizó un raleo del 50% de los individuos en todos los tratamientos.

Se evaluó la luminosidad en los ensayos, en febrero de 2016, bajo sombra esta se reduce en un tercio respecto de la exposición directa al sol, lo que puede incidir en el crecimiento de la especie (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
COMPARACIÓN DE LA LUMINOSIDAD EN LOS DIFERENTES ENSAYOS

Luminosidad	Bajo Sombra ($\mu mol/m^2/s$)	Al Sol ($\mu mol/m^2/s$)
Yali bajo sombra de malla	555,2	1.550,5
Longaví bajo sombra de malla	504,4	1.727,8
Longaví bajo plástico	784,8	1.611,7

3. RESULTADOS

3.1. Ensayo El Yali. Plantación Bajo Sombra

Al tercer año después de establecido el ensayo las plantas presentan una altura media de 44 cm, con una alta dispersión, ente 11 y 120 cm. El diámetro de cuello, DAC medio, es de 16,6 mm, variando entre 5 y 35 mm. El diámetro de copa medio alcanza 29 cm también con alta variabilidad entre 5,5 y 66 cm. Las plantas presentan en promedio 8 ramas, habiendo aumentado en 6 desde el establecimiento.

El índice de productividad medio (D^2H) es de 476 cm^3. El incremento total en altura en este período de evaluación alcanza 27 cm y el incremento en DAC 12 mm. La supervivencia es 80%.

Desde el punto de vista fenológico, en otoño, en el mes de abril, el 67% de las plantas presenta desarrollo de hojas y un 33% brotes, y en invierno, en el mes de agosto, un 50% de los individuos presentó yemas latentes y un 50% presencia de brotes.

- **Altura**

  La altura de las plantas a los tres años en este ensayo, no presenta diferencias significativas en relación al distanciamiento de plantación utilizado, pero si se observan diferencias significativas respecto de fertilización, con resultados contrarios a los esperados (Cuadro N° 2).

  Cabe destacar que las plantas se han visto afectadas por heladas primaverales e insolación, con mermas de más de 30 cm en altura. Desde el punto de vista de la fertilización, probablemente esta se aplicó en dosis muy bajas en relación al requerimiento de las plantas, debiéndose estudiar en profundidad el requerimiento y los efectos de la fertilización.

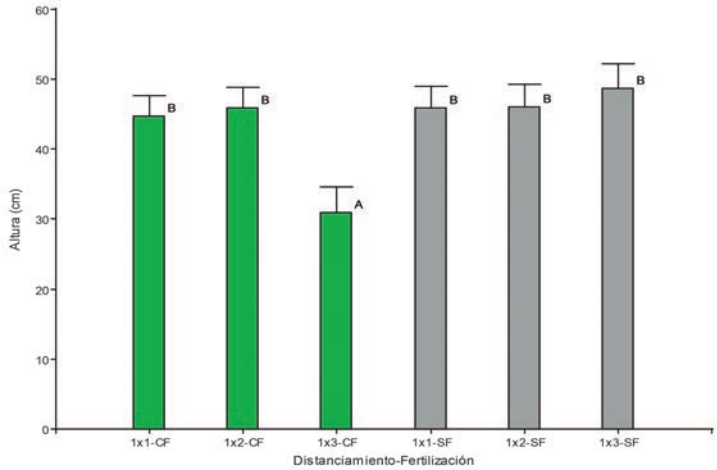
Cuadro N° 2
EVALUACIÓN DE LA ALTURA A 3 AÑOS DESDE EL ESTABLECIMIENTO
ENSAYO EL YALI

Distanciamiento (m)	Altura Media (cm)
1 x 1	45,30 ± 2,14 a
1 x 2	46,00 ± 2,14 a
1 x 3	39,82 ± 2,50 a
Fertilización	**Altura Media (cm)**
Con Fertilización	40,51 ± 1,83 b
Sin Fertilización	46,91 ± 1,87 a

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

En la Figura N° 4 se aprecia la altura obtenida para la interacción de los tratamientos de distanciamiento y fertilización. En ninguno de los distanciamientos probados se aprecia un efecto positivo de la fertilización sobre la altura de las plantas. Tampoco se aprecia un tratamiento de distanciamiento superior, solo el tratamiento de distanciamiento mayor, de 1 x 3 m, con fertilización, es diferente con una altura menor.

Dados estos resultados, se debe continuar la realización de evaluaciones periódicas para observar la evolución de las plantas en un mayor periodo de tiempo.



CF: Con fertilizante SF: Sin fertilizante

Figura N° 4
ALTURA SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y FERTILIZACIÓN
ENSAYO EL YALI – AGOSTO 2018

Los incrementos totales de crecimiento en altura obtenidos en 3 años de evaluación se aprecian en el Cuadro N° 3. El mayor crecimiento se observó en el distanciamiento de 1x2 m, pero sin diferencias significativas. La fertilización no tuvo un efecto en el crecimiento total, como se indicó anteriormente.

El crecimiento anual promedio no superó los 10 cm, producto de heladas y daños por sol. En la Figura N° 5 se aprecia la evolución de esta variable. Las mermas observadas obedecen a la presencia de plantas heladas, lo que se traduce en menor altura de las plantas en algunos períodos evaluados.

Cuadro N° 3
INCREMENTO TOTAL EN ALTURA ENSAYO EL YALI

Distanciamiento (m)	Incremento Altura Media (cm)
1x1	27,53 ± 2,05 a
1x2	29,08 ± 2,06 a
1x3	23,46 ± 2,47 a
Fertilización	**Incremento Altura Media (cm)**
Con Fertilización	22,59 ± 1,76 b
Sin Fertilización	30,79 ± 1,83 a

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

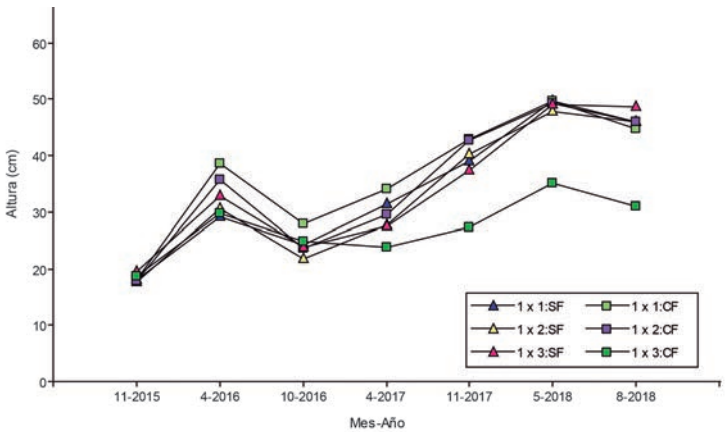


Figura N° 5
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA EN ENSAYO EL YALI

- **Diámetro a la Altura del Cuello DAC**

El DAC de las plantas a los tres años presentó diferencias significativas en relación al distanciamiento, siendo superior en los distanciamientos 1x1 m y 1x2 m. No se observaron diferencias producto de la fertilización (Cuadro N° 4).

Este resultado es contrario al esperado (a mayor densidad, se esperaría un menor desarrollo en DAC), esto obedece al pequeño tamaño de las plantas durante el período evaluado, donde aún no se observa competencia producto de la densidad.

Cuadro N° 4
EVALUACIÓN DEL DAC A LOS TRES AÑOS ENSAYO EL YALI

Distanciamiento (m)	DAC Medio (mm)
1 x 1	17,70 ± 0,62 a
1 x 2	16,81 ± 0,62 a
1 x 3	14,58 ± 0,72 b
Fertilización	**DAC Medio (mm)**
Con Fertilización	16,04 ± 0,53 a
Sin Fertilización	16,69 ± 0,54 a

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

Como se aprecia en la Figura N° 6, el mayor DAC se obtuvo en el distanciamiento 1x1 m en la parcela fertilizada, seguida de la de distanciamiento 1x2 m también fertilizada, el menor valor se obtuvo en el distanciamiento 1x3 m con fertilización.

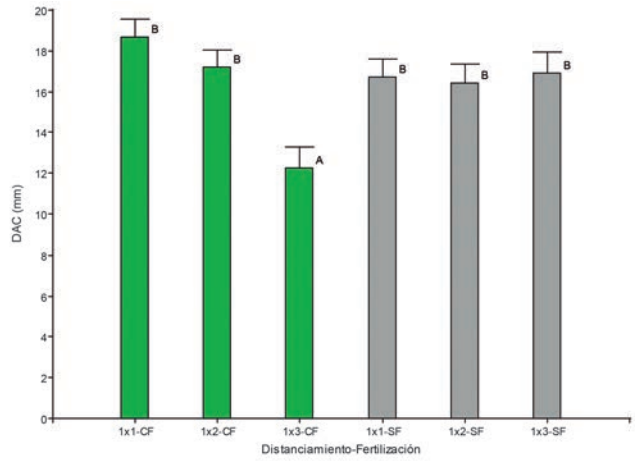


Figura N° 6
DIÁMETRO DE CUELLO SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y FERTILIZACIÓN
ENSAYO EL YALI - AGOSTO 2018

El mayor incremento en DAC se obtuvo en el distanciamiento menor, sin diferencias significativas entre ellos (Cuadro N° 5). Los tratamientos con fertilización muestran el menor crecimiento total para esta variable, aunque sin diferencias significativas. Este aspecto debiera evaluarse en el futuro, ya que contradice lo esperado.

Cuadro N° 5
INCREMENTO TOTAL EN DAC ENSAYO EL YALI

Distanciamiento (m)	Incremento Total Medio DAC (mm)
1x1	9,48 ± 0,46 a
1x2	9,36 ± 0,46 a
1x3	8,18 ± 0,53 a
Fertilización	**Incremento Total Medio DAC (mm)**
Con Fertilización	8,86 ± 0,39 a
Sin Fertilización	9,16 ± 0,40 a

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

En la Figura N° 7 se aprecia la evolución del diámetro de cuello en el ensayo, el tratamiento de mayor densidad con fertilización muestra un mayor desarrollo del DAC, aun cuando no se observa un efecto claro de la fertilización.

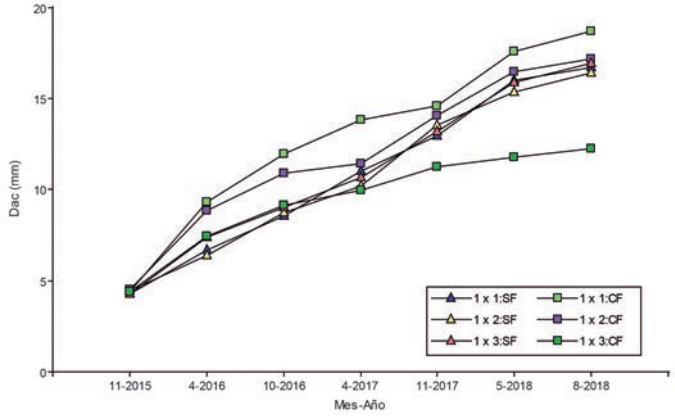


Figura N° 7
EVOLUCIÓN DEL DAC ENSAYO EL YALI

- **Productividad**

El índice de biomasa, D^2H, se presenta en el Cuadro N° 6, se observa una superioridad en los distanciamientos 1x1 m y 1x2 m, aunque sin diferencias estadísticas significativas, y en los tratamientos sin fertilización, contrario a lo esperado y similar a lo encontrado para la altura.

Esta variable ha aumentado más de 15 veces desde la medición inicial. Particularmente el año 2 se estimó la cantidad de materia seca de hojas, obteniéndose un promedio de 30 g/planta, lo que, llevado a una hectárea, significa 150 kg/ha de hojas secas.

Cuadro N° 6
ÍNDICE DE BIOMASA DE LAS PLANTAS ENSAYO EL YALI

Distanciamiento (m)	D^2H (cm^3)
1x1	498,69 ± 63,14 a
1x2	491,14 ± 63,21 a
1x3	418,55 ± 73,61 a
Fertilización	**D^2H (cm^3)**
Con Fertilización	388,46 ± 53,96 b
Sin Fertilización	550,46 ± 55,17 a

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

En las Figuras N° 8 y N° 9 se aprecia la evolución de las plantas en el ensayo.



Figura N° 8
VISTA GENERAL ENSAYO EL YALI BAJO MALLA RASCHELL (IZQ.)
Y DETALLE DE PLANTA (DER.) NOVIEMBRE DE 2015



Figura N° 9
VISTA GENERAL DEL ENSAYO EL YALI (IZQ.) Y DETALLE DE REBROTE DE PLANTA HELADA (DER.) FEBRERO 2016

3.2. Ensayo Longaví. Plantación Bajo Sombra

A los tres años del establecimiento las plantas presentan una altura media de 41 cm, con una alta dispersión ente 12 y 83 cm. Esta altura es similar a la alcanzada en el ensayo de El Yali (44 cm). El DAC medio alcanza 12,4 mm, levemente inferior a los 16,6 mm de El Yali, aunque también con una alta variación, entre 2 y 25 mm.

El diámetro de copa medio alcanza 23 cm presentando una variabilidad entre 4 y 66 cm. Las plantas presentan 6 ramas en promedio y un índice de productividad medio (D^2H) de 86,5 cm^3, casi 5 veces menor que en El Yali. El incremento total en altura en este período de evaluación alcanza 26 cm y el incremento en DAC 9 mm. Actualmente la supervivencia es del 89%.

En términos fenológicos, se ha observado que en otoño las plantas aún se encuentran con desarrollo de hojas, en agosto se aprecian yemas latentes, para octubre se presentan brotes nuevos y en noviembre ya el desarrollo de hojas.

- **Altura**

La altura de las plantas, a diferencia de El Yali, presenta diferencias significativas respecto del distanciamiento, no así respecto de la fertilización. El distanciamiento 1x1 m es el que presenta la mayor altura, con una media de 51 cm (Cuadro N° 7).

Cuadro N° 7
EVALUACIÓN DE LA ALTURA A LOS 3 AÑOS DESDE EL ESTABLECIMIENTO
ENSAYO LONGAVÍ BAJO SOMBRA

Distanciamiento (m)	Altura Media (cm)
1x1	51,03 ± 1,55 a
1x2	38,49 ± 1,49 b
1x3	34,37 ± 1,44 c
Fertilización	**Altura media (cm)**
Con Fertilización	41,00 ± 1,22 a
Sin Fertilización	41,59 ± 1,21 a

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

En la Figura N° 10 se aprecia la altura obtenida para la interacción del distanciamiento y el tratamiento de fertilización, donde el tratamiento de distanciamiento 1x1 m independientemente de la fertilización, muestra los mayores valores para esta variable. El tratamiento 1x3 m sin fertilización obtuvo el menor valor.

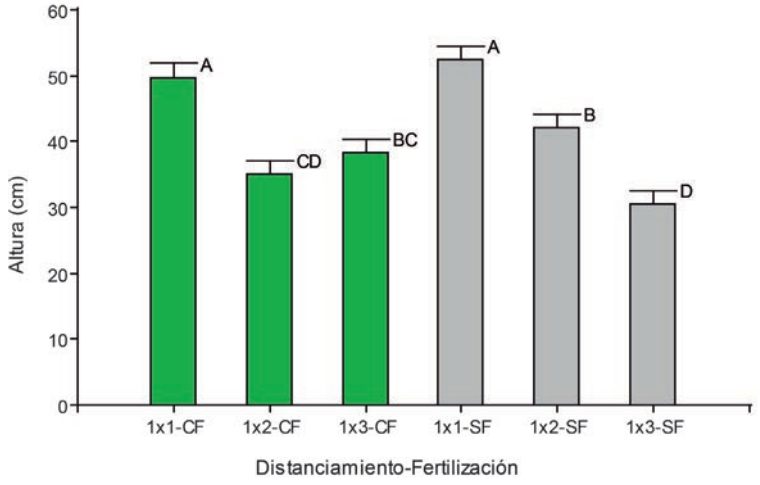


Figura N° 10
ALTURA SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y FERTILIZACIÓN ENSAYO LONGAVÍ

Para evaluar el crecimiento real de las plantas y no confundir el posible efecto de diferencias de altura iniciales en los tratamientos, se analizan los incrementos totales de crecimiento obtenidos desde el establecimiento (Cuadro N°8).

Al igual que para la altura total, los incrementos para esta variable son superiores en el tratamiento 1x1 m (36 cm), seguidos por 1x2 m y 1x3 m. La fertilización no incidió en diferencias en el crecimiento total de las plantas.

Cuadro N° 8
INCREMENTO TOTAL EN ALTURA ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (m)	Incremento Altura Media (cm)
1 x 1	36,22 ± 1,57 a
1 x 2	23,65 ± 1,51 b
1 x 3	19,44 ± 1,46 c
Fertilización	**Incremento Altura Media (cm)**
Con Fertilización	25,55 ± 1,25 a
Sin Fertilización	27,32 ± 1,23 a

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

En la Figura N° 11 se aprecia la evolución de la altura, constatándose que en el período estival es donde se observa la mayor tasa de crecimiento y donde se empieza a observar el efecto del distanciamiento en el desempeño de la altura (a mayor densidad mayor altura).

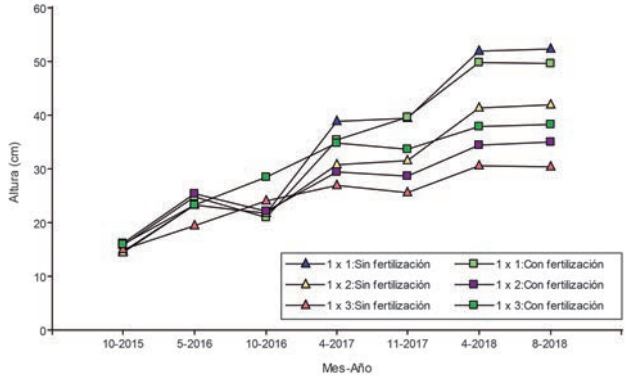


Figura N° 11
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA EN ENSAYO LONGAVÍ BAJO SOMBRA

De acuerdo a lo observado hasta ahora el crecimiento de boldo es lento. Sin embargo, es necesario destacar que el daño provocado en el sistema de protección por los temporales de viento, especialmente a fines de invierno y primavera, que ocurrieron en los años de evaluación de estos ensayos, afectaron los brotes apicales incidiendo en el crecimiento de las plantas, sobretodo en altura.

- **Diámetro a la Altura del Cuello**

Al igual que para la altura, el DAC de las plantas fue estadísticamente superior en el tratamiento de mayor densidad, alcanzando 14,6 mm, pero no hubo diferencias significativas respecto de la aplicación de fertilizante (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
DAC A LOS 3 AÑOS DESDE EL ESTABLECIMIENTO ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (m)	DAC Medio (mm)
1 x 1	14,57± 0,48 a
1 x 2	11,54 ± 0,47 b
1 x 3	11,40 ± 0,45 b
Fertilización	**DAC Medio (mm)**
Con Fertilización	12,62 ± 0,38 a
Sin Fertilización	12,39 ± 0,38 a

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

Como se aprecia en la Figura N° 12, el mayor DAC se obtuvo en el distanciamiento 1x1 m en la parcela sin fertilización, pero no fue diferente al distanciamiento 1x1 m con fertilización. Al igual que para la altura, los tratamientos que arrojaron menor DAC fueron 1x2 m, con fertilización y 1x3 m sin fertilización.

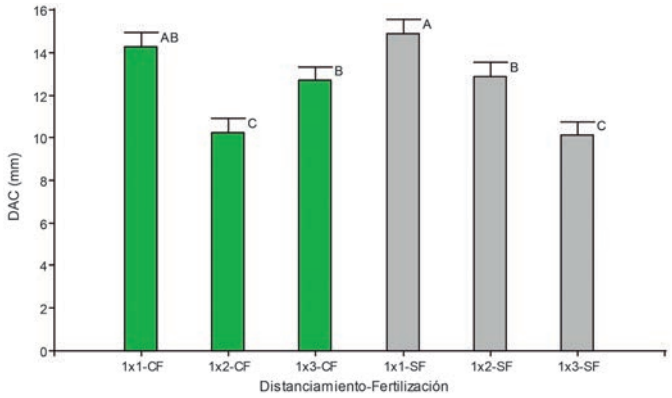


Figura N° 12
DAC SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y FERTILIZACIÓN ENSAYO LONGAVÍ

El mayor incremento anual en DAC, al igual que para altura, se obtuvo en el tratamiento 1x1 m, seguido por 1x2 m y 1x3 m, iguales estadísticamente entre sí (Cuadro N° 10). Los tratamientos con fertilización no muestran mayor incremento total para esta variable. En la Figura N° 13 se aprecia la evolución del DAC, los tratamientos de 1x1 m, con y sin fertilización, presentan la mayor dimensión para esta variable, al igual que para la altura. No obstante, se considera necesario continuar evaluando el desarrollo de los individuos, de manera de contar con resultados más concluyentes.

Cuadro N° 10
INCREMENTO TOTAL EN DAC - ENSAYO LONGAVÍ BAJO SOMBRA

Distanciamiento (m)	Incremento Medio DAC (mm)
1 x 1	11,48 ± 0,49 a
1 x 2	8,31 ± 0,47 b
1 x 3	8,26 ± 0,46 b
Fertilización	**Incremento Medio DAC (mm)**
Con Fertilización	9,19 ± 0,39 a
Sin Fertilización	9,52 ± 0,39 a

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

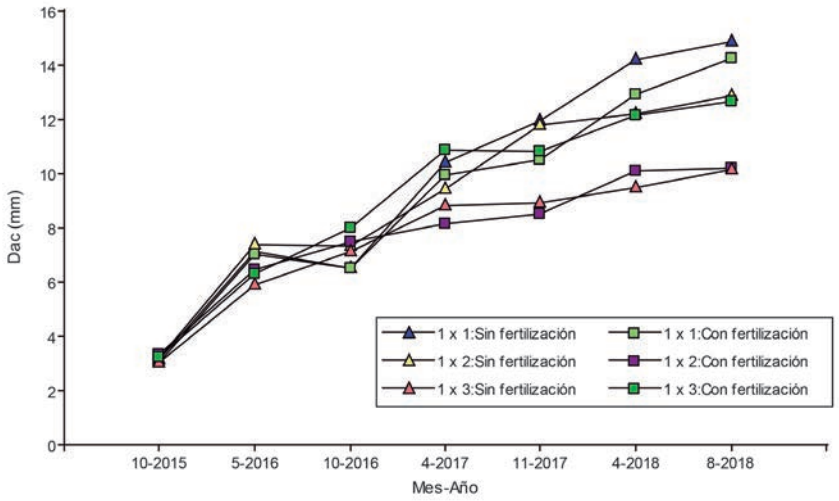


Figura N° 13
EVOLUCIÓN DEL DAC EN ENSAYO LONGAVÍ

- **Productividad**

El índice de biomasa (D^2H) de las plantas arrojó los resultados que se presentan en el Cuadro N° 11, se observa un valor superior en el distanciamiento 1x1 m (135 cm^3), esperable dado el mayor crecimiento en DAC en este tratamiento.

Sin embargo, al igual que para las otras variables, no se observaron diferencias producto de la fertilización.

Cuadro N° 11
ÍNDICE DE BIOMASA DE LAS PLANTAS ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (m)	D^2H (cm^3)
1 x 1	134,76 ± 8,76 a
1 x 2	69,95 ± 8,45 b
1 x 3	59,87 ± 8,12 b
Fertilización	**D^2H (cm^3)**
Con Fertilización	86,06 ± 6,92 a
Sin Fertilización	90,32 ± 6,87 a

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

Este indicador de productividad ha aumentado más de 7 veces desde el inicio de la plantación. Cabe destacar que, al segundo año de plantación, 2017, al realizar una evaluación preliminar de biomasa de hojas, se obtuvo en esta unidad 22 g/pl de materia seca de hojas, lo que proyectado a una hectárea se traduce en 110 kgMS/ha, cantidad bastante significativa.

3.3. Ensayo Longaví. Plantación Bajo Plástico

La altura de las plantas en este ensayo alcanza en promedio 109,83 cm, variando entre 68 y 160 cm. Este valor es 168% superior al obtenido en el ensayo de Longaví bajo sombra. El DAC medio de las plantas es de 13 mm, con mínimo de 3 y máximo de 35 mm, valor muy similar a los logrados en el ensayo bajo sombra.

El diámetro de copa medio es de 50,78 cm, también con alta variabilidad (28-90 cm). El índice de productividad es de 197 cm^3. El incremento total en altura para el periodo evaluado es de 54 cm y en DAC 8 mm.

A agosto 2018, la supervivencia es de 99%. Las plantas presentan en promedio 3 ramas y están en fase de formación de yemas.

Respecto de la fenología, en el mes de octubre 2018, el 62% de las plantas presentó hojas nuevas.

- **Altura**

La altura de las plantas en la última evaluación presentó diferencias significativas en los tratamientos 50x50 y 40x40 cm de distanciamiento, como se observa en el Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12
EVALUACIÓN DE LA ALTURA A LOS 3 AÑOS DEL ESTABLECIMIENTO ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (cm)	Altura Media (cm)
30 x 30	109,17 ± 2,28 ab
40 x 40	105,38 ± 3,15 b
50 x 50	117,15 ± 1,12 a
Fertilización	**Altura Media (cm)**
Con Fertilización	109,73 ± 3,04 a
Sin Fertilización	111,41 ± 2,12 a

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

En la Figura N° 14 se aprecia la altura obtenida para la interacción del distanciamiento y tratamiento de fertilización. El tratamiento de distanciamiento 50x50 cm con fertilización muestra la mayor altura de las plantas (122 cm) aunque no es diferente al tratamiento de igual distanciamiento sin fertilización, tampoco al de 30x30 cm con fertilización y al de 40x40 cm sin fertilización. Estos resultados indican la necesidad de continuar las evaluaciones para poder concluir al respecto.

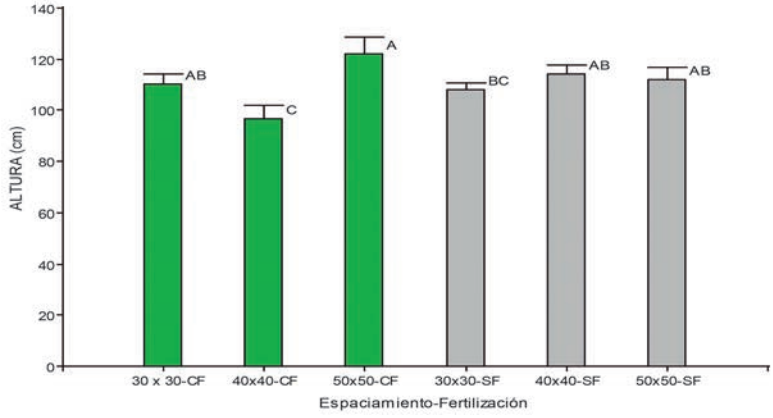


Figura N° 14
ALTURA SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y TRATAMIENTO DE FERTILIZACIÓN ENSAYO LONGAVÍ

Los incrementos totales de crecimiento obtenidos en el período evaluado se aprecian en el Cuadro N° 13. El mayor crecimiento se obtuvo en el distanciamiento mayor, 50x50 cm, aunque sin diferencias significativas con el tratamiento más denso. La fertilización no muestra un efecto de un mayor crecimiento de las plantas. Es necesario aclarar que, si bien las plantas establecidas en este ensayo provenían de un vivero diferente (Puronativo), donde las plantas tenían aproximadamente 40 cm v/s 20 cm de aquellas utilizadas en el establecimiento de ensayos en El Yali y Longaví bajo sombra, el incremento total en altura para estas plantas bajo plástico fue superior.

Cuadro N° 13
INCREMENTO EN ALTURA TOTAL ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (cm)	Incremento Altura Media (cm)
30 x 30	53,43 ± 2,34 ab
40 x 40	50,77 ± 3,22 b
50 x 50	61,07 ± 4,06 a
Fertilización	**Incremento Altura Media (cm)**
Con Fertilización	54,12 ± 3,11 a
Sin Fertilización	56,05 ± 2,17 a

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

Las evaluaciones intermedias realizadas indicaron que el efecto de la fertilización es positivo solo en la evaluación siguiente a su aplicación, ya que luego desaparece, probablemente por ser una dosis baja para el requerimiento de las plantas. En la Figura N° 15 se observa la evolución de la altura en este ensayo. Como se indicó anteriormente, el tratamiento de 50x50 cm con fertilización es el superior hasta ahora. Sin embargo, no se aprecia claridad en el resto de los tratamientos tanto para distanciamiento como para fertilización, motivo por el cual se recomienda continuar con las evaluaciones por un mayor período.

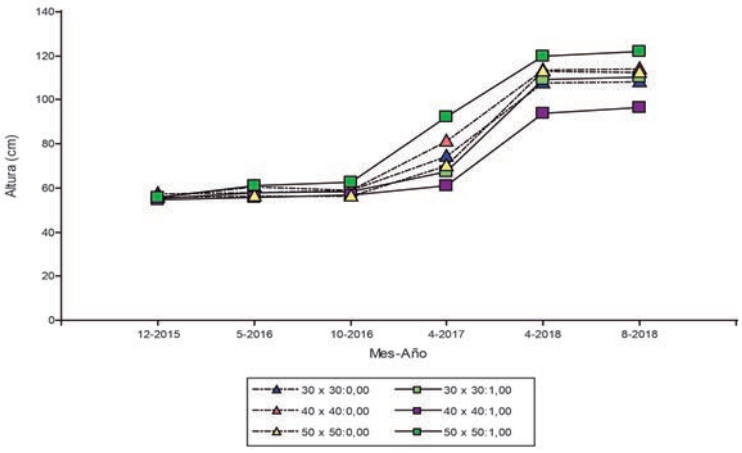


Figura N° 15
EVOLUCIÓN DE LA ALTURA ENSAYO LONGAVÍ

- **Diámetro a la Altura del Cuello**

En DAC no se observan diferencias significativas, tanto en los tratamientos de distanciamiento como de fertilización. El mayor DAC se observó en el tratamiento 40x40 cm, alcanzando 15 mm (Cuadro N° 14).

Cuadro N° 14
EVALUACIÓN DEL DAC A LOS 3 AÑOS DESDE EL ESTABLECIMIENTO ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (cm)	DAC Medio (mm)
30 x 30	12,71 ± 0,83 a
40 x 40	14,93 ± 1,13 a
50 x 50	11,72 ± 1,28 a
Fertilización	**DAC Medio (mm)**
Con Fertilización	13,42 ± 1,01 a
Sin Fertilización	12,82 ± 0,76 a

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

En la Figura N° 16 se aprecia la interacción de los tratamientos, donde en la última evaluación la densidad intermedia es la que muestra los mayores valores.

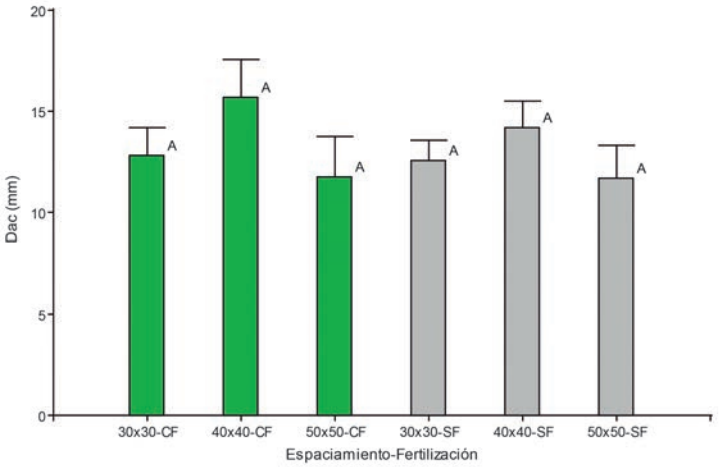


Figura N° 16
DIÁMETRO DE CUELLO SEGÚN DISTANCIAMIENTO Y TRATAMIENTO DE FERTILIZACIÓN ENSAYO LONGAVÍ

El mayor incremento total en DAC se obtuvo en el distanciamiento 40x40 cm, aunque sin diferencias significativas (Cuadro N° 15). No se observó un efecto de la fertilización sobre esta variable.

Cuadro N° 15
INCREMENTO TOTAL EN DAC ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (cm)	Incremento Medio DAC (mm)
30 x 30	7,44 ± 0,89 a
40 x 40	9,10 ± 1,11 a
50 x 50	8,63 ± 1,59 a
Fertilización	**Incremento Medio DAC (mm)**
Con Fertilización	8,69 ± 1,19 a
Sin Fertilización	8,08 ± 0,79 a

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

Los valores obtenidos no deben considerarse como negativos, dado que al poner el geotextil como control de malezas los cuellos de las plantas quedaron en su mayoría bajo nivel y debe medirse sobre el nivel real de cuello. Por ello y también probablemente por efecto de la densidad de plantación, los incrementos observados son contenidos. Otro elemento que distorsionó esta variable fue la cantidad de vástagos; al principio del ensayo las plantas en su mayoría tenían un solo tallo, pero en su evolución aparecieron nuevos rebrotes, y en mediciones intermedias se consideró solo el de mayor valor para tener correspondencia con la medición anterior, pero en la última evaluación se consideró el promedio de ellos. Por lo anterior, los incrementos obtenidos son levemente inferiores que los obtenidos en los ensayos bajo sombra, aspecto que debiera evaluarse a futuro, considerando que esta densidad antes del raleo es aproximadamente 8 veces superior.

En la Figura N° 17 se aprecia la evolución del DAC en el ensayo, observándose que el tratamiento 40x40 cm, con fertilización, presenta la mayor dimensión para esta variable, como se indicó anteriormente. La caída entre abril de 2017 y 2018 obedece a la instalación del geotextil con el efecto anteriormente indicado.

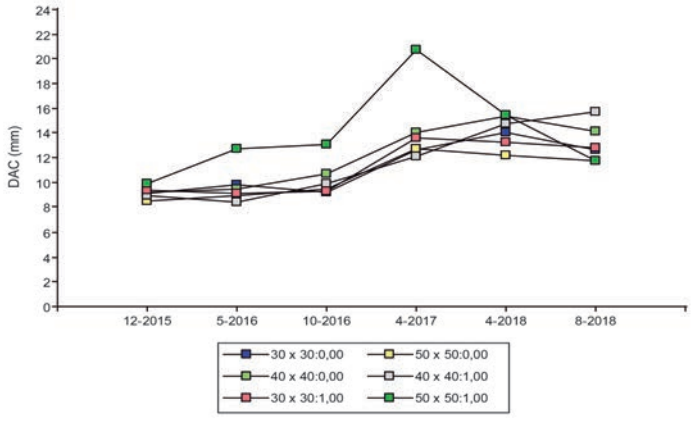


Figura 17
EVOLUCIÓN DEL DAC ENSAYO LONGAVÍ

- **Productividad**

El índice de biomasa de las plantas arrojó los resultados que se presentan en el Cuadro 16, no observándose una superioridad de alguno de los tratamientos ensayados.

Cuadro N° 16
ÍNDICE DE BIOMASA DE LAS PLANTAS - ENSAYO LONGAVÍ

Distanciamiento (cm)	**D^2H (cm^3)**
30 x 30	200,70 ± 23,48 a
40 x 40	218,42 ± 32,34 a
50 x 50	187,95 ± 40,82 a
Fertilización	**D^2H (cm^3)**
Con Fertilización	223,70 ± 31,22 a
Sin Fertilización	181,01 ± 21,81 a

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

En la Figura N° 18 se muestra el estado actual del ensayo Longaví bajo plástico.



Figura N° 18
ESTADO ACTUAL DE ENSAYO LONGAVI BAJO PLÁSTICO

3.4. Ensayo Longaví Tala Rasa

Como se indicó anteriormente, se emplearon plantas sobrantes del diseño del ensayo bajo plástico que fueron establecidas a 40x40 cm y de inmediato sometidas a una poda de su parte aérea a 10 cm de altura. En agosto 2018, estas plantas presentaron una altura media de 73,8 cm, DAC medio de 13,8 mm, diámetro de copa medio de 37,6 cm e índice de productividad de 169,5 cm^3. Si bien la altura aún no alcanza la media del ensayo general bajo plástico, 109,8 cm, en los tres años evaluados las plantas crecieron 61 cm en altura, el mayor incremento de todos los ensayos realizados.

El incremento en DAC total fue de 7,8 mm, similar al ensayo bajo plástico. El número de ramas fue de 4,5 por planta, superior a la media del ensayo de distanciamiento y fertilización.

En la Figura N° 19 se observa la evolución del DAC, con una merma en el período octubre 2016 - abril 2017, que se explica por la instalación del geotextil, que al no ser posible destapar los cuellos para la medición de esta variable en abril, se aprecia una aparente disminución.

En esta experiencia la altura y el incremento en altura son prácticamente el doble que los observados en los ensayos de Longaví y El Yali bajo sombra, por lo que esta práctica podría ser interesante de aplicar para obtener un crecimiento inicial acelerado, no obstante, se deben continuar las evaluaciones y disminuir la densidad para permitir un mayor aumento del DAC, variable que mayormente incide en la productividad.

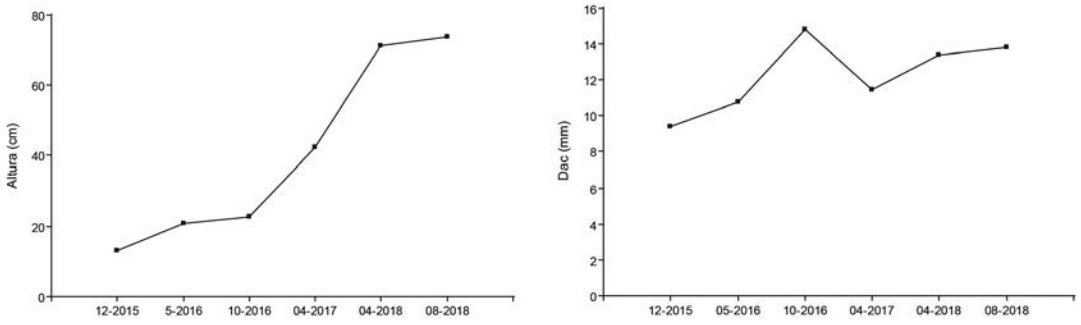


Figura N° 19
EVOLUCIÓN DE ALTURA Y DAC EN ENSAYO TALA RASA

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hasta ahora no se han observado grandes diferencias en los efectos de las densidades de plantación y de la fertilización. En el Cuadro N° 17 se presenta un resumen de las variables evaluadas en los distintos ensayos.

Cuadro N° 17
RESUMEN DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN LOS DISTINTOS ENSAYOS

Variable	El Yali (sombra)	Longaví (sombra)	Longaví (plástico)	Longaví (plástico-tala rasa)
Supervivencia (%)	80,0	89,0	99,0	99,0
Altura (cm)	44.0	41,0	109,8	73,8
DAC (mm)	16,6	12,4	13,0	13,8
Diámetro de copa (cm)	29,0	23,0	50,8	37,6
Ramas (N°)	8,0	6,0	3,0	4,5
D^2H (cm^3)	476,0	86,5	197,0	169,5
Crecimiento total altura (cm)	27,0	26,0	54,0	61,0
Crecimiento total DAC (mm)	12,0	9,0	8,0	7,8

La supervivencia en todos los ensayos supera el 80%, por lo que se consideran un éxito las técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones como las de estos modelos probados.

Los ensayos se encuentran en buenas condiciones y las plantas se observan sanas y vigorosas. No obstante, se destaca la relevancia de la protección superior, cuando esta se daña las plantas sufren de inmediato por heladas y/o insolación, con pérdidas principalmente en la altura de las plantas.

El ensayo El Yali, presenta en promedio un índice de productividad medio (D^2H) casi 5 veces superior al del ensayo Longaví bajo sombra, constatándose la importancia del crecimiento en DAC en la productividad.

El efecto positivo de la fertilización se observa en el primer año, posteriormente no se aprecia ningún efecto, no parece adecuado sacar conclusiones a la edad actual, respecto de este tratamiento, así como de los tratamientos de densidades de plantación.

Los resultados obtenidos en el ensayo de tala rasa en Longaví bajo plástico, presentan el mayor incremento en altura, diámetro de copa similar al bajo plástico, y a pesar que el incremento en DAC fue el menor, este podría solo deberse a la alta densidad probada. Se considera necesario seguir evaluando esta experiencia. El incremento mayor en DAC del ensayo en El Yali, arroja una productividad 4,5 veces superior al ensayo de Longaví bajo sombra, y casi 1,4 veces superior a Longaví bajo plástico.

Ambos ensayos bajo sombra presentaron incrementos medios inferiores a los descritos para individuos adultos en formaciones naturales por Toral *et al.* (1988), quienes indicaron un incremento promedio en altura de 0,17 m. Sin embargo, estas plantas aún se están estableciendo en terreno y es esperable para este período un menor crecimiento inicial en altura. No obstante, los ensayos bajo plástico superaron este valor, por lo que se espera un mejor valor futuro para esta variable.

Estos ensayos bajo sombra presentaron valores similares de crecimiento en DAC a los descritos por Kannegiesser (1987) y Toral *et al*. (1988), para bosques adultos (0,36 cm). Probablemente la alta densidad de los ensayos bajo plástico no permitió alcanzar este valor, pero deberá evaluarse en la próxima temporada y siguientes la evolución del diámetro después del raleo realizado en abril de 2018.

Uno de los pocos ensayos de plantación existentes, realizado por Vogel *et al*., (2005), corresponde a un cultivo agrícola bajo invernadero, con la finalidad de maximizar el rendimiento de hojas secas por unidad de superficie más que por individuo. Los autores indican que una vez plantado boldo demora casi un año para iniciar el crecimiento aéreo; esto solo ocurrió en el ensayo de Longaví bajo plástico, donde se debe evaluar si la mayor productividad a la fecha se compensa con el mayor número de plantas probado.

En igual sentido, se debe evaluar lo indicado por Berríos (2003), quien abre la alternativa del cultivo de boldo a altas densidades con riegos bajos, utilizando menores superficies de terreno y reduciendo costos de mantención. La producción de hojas/planta que él obtuvo indicó que una menor densidad produce mayor producción de hojas/planta, pero con rendimientos por hectárea no estadísticamente distintos, aspecto que deberá continuar evaluándose para llegar a un modelo comercial de producción de boldo.

5. REFERENCIAS

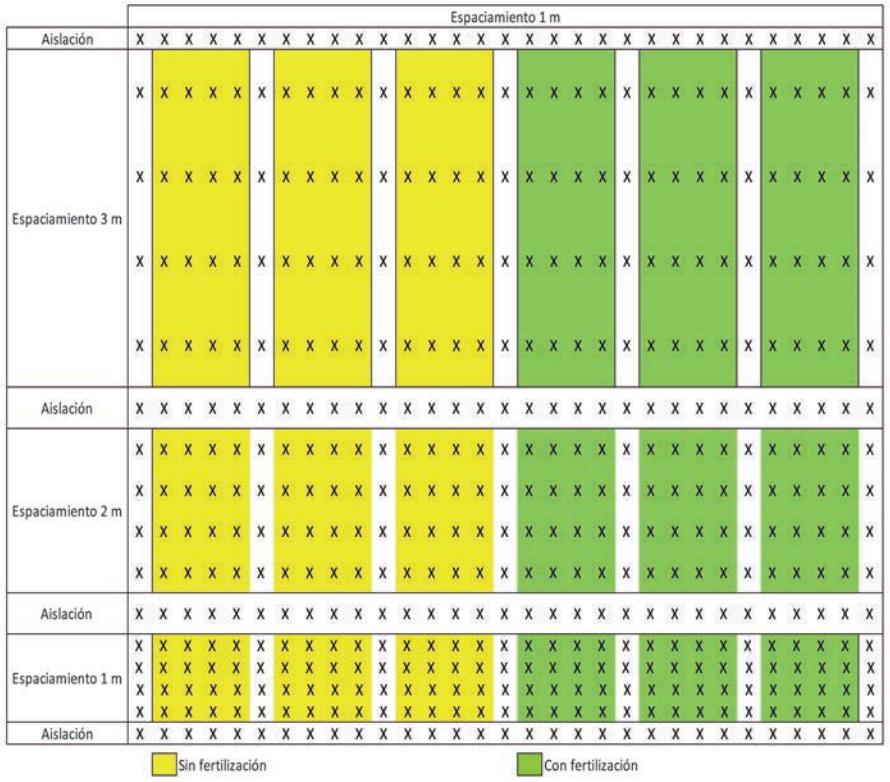
Berríos, C., 2003. Efecto de la densidad de plantación y dos niveles de riego sobre el rendimiento y los principios activos en boldo (*Peumus boldus* Mol). Memoria de título. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca. Talca, Chile. 39 p.

Kannegiesser, U., 1987. Evaluación de biomasa y boldina en Boldo (*Peumus Boldus* Mol.), VII Región. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 97 p.

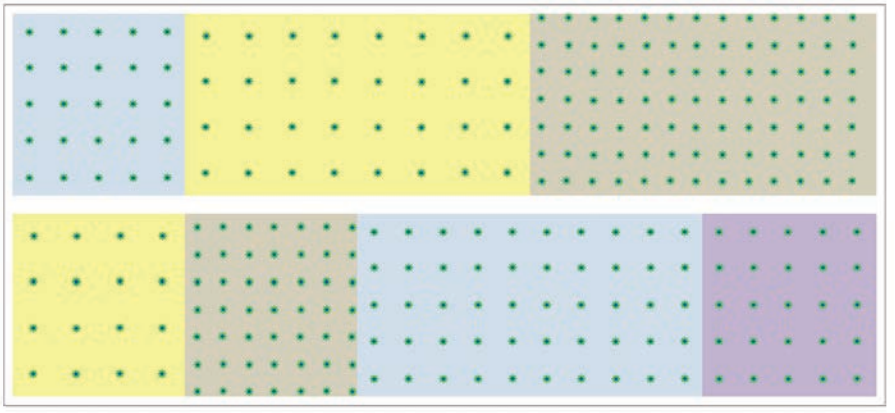
Toral, M.; Kannegiesser, U. y Rosende, R., 1988. Biomasa y boldina en Boldo (*Peumus boldus* Mol). Ciencia e Investigación Forestal (Chile). Vol. 4: 15-25.

Vogel, H.; Razmilic, I.; San Martín, J.; Doll, U. y González, B., 2005. Boldo. En: Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de boldo, matico, bailahuén, canelo, peumo y maqui. Editorial Universidad de Talca. Talca, Chile. pp: 23-54.

Apéndice 1
DISEÑO ENSAYO ESPACIAMIENTO Y FERTILIZACIÓN



Apéndice 2
DISEÑO DE ESTABLECIMIENTO DE LA UNIDAD BAJO PLÁSTICO



Tratamientos		Plantas Parcela	Plantas Tratamiento
Espaciamiento	30 x 30 cm	49	147
Espaciamiento	40 x 40 cm	25	75
Espaciamiento	50 x 50 cm	165	48
Tala Rasa	40 x 40 cm	25	25
			295

CAPITULO 8. PROPUESTAS DE MODELOS DE PLANTACIONES PRODUCTIVAS DE BOLDO

Hormazabal, Marco y Benedetti, Susana[1]

1. INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado en capítulos anteriores, boldo es una especie representativa del bosque esclerófilo, con una amplia distribución geográfica, que latitudinalmente alcanza alrededor de 1.000 km de norte a sur, entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Es así una especie de gran plasticidad que se adapta a una variedad de condiciones climáticas a lo largo de su extensa área de distribución en el país.

Sus hojas tienen un uso histórico y tradicional en Chile, son de gran interés en los mercados de exportación desde fines del siglo XIX y en los últimos 20 años estas ventas al exterior muestran un crecimiento exponencial.

La creciente demanda por sus hojas ha sometido a la especie a una sobreutilización que hoy se traduce en bosques degradados, formados mayoritariamente por individuos de monte bajo, con gran número de vástagos jóvenes y fustes avejentados, semicaídos y afectados por alguna plaga, situación que pone en riesgo tanto el negocio en torno a la especie como la sustentabilidad del recurso.

Con el objeto de entregar alternativas que reduzcan la presión que existe sobre las formaciones naturales de boldo y sobre la base de los resultados de los ensayos de plantación establecidos en el marco de la investigación que da origen a esta publicación; "*"Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores";* en este capítulo se presentan técnicas de establecimiento de plantaciones de boldo y se proponen tres modelos para la generación de plantaciones productivas, con sus respectivos costos.

2. TÉCNICAS DE ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

Se entregan pautas de trabajo que permiten establecer plantaciones de la especie bajo distintos modelos productivos. Se analizan y describen las actividades necesarias durante cada etapa del establecimiento, así como los cuidados silviculturales posteriores requeridos para lograr el éxito de la plantación.

2.1. Caracterización de los Sitios a Plantar

Se identifica y caracteriza el terreno en que se trabajará de manera de obtener toda la información del sitio con sus ventajas y limitantes.

[1] Instituto Forestal, Chile. sbenedet@infor.cl

Las condiciones de sitio, dadas principalmente por el clima, el suelo y la topografía del lugar, evidentemente no son modificables en forma permanente, pero existen diferentes técnicas que permiten atenuar limitantes del sitio para el establecimiento de la plantación.

Se debe estudiar el terreno, revisar los recursos con que cuenta el predio y las condiciones de sitio que puedan representar limitaciones. Esta revisión previa debe considerar aspectos como:

- Disponibilidad de agua para riegos de establecimiento.
- Existencia o no de cercos y su estado.
- Presencia de materiales inertes que puedan ser utilizados en contención o mejoras del sitio a trabajar (infraestructura en desuso, terraza de cultivos abandonadas, materiales rocosos, otros).
- Vegetación presente y desechos que deberán ser eliminados u ordenados.
- Análisis de suelo para detectar carencias de importancia en materia de nutrientes.
- Selección de los lugares de plantación, en lo posible planos o de escasa pendiente, con un mínimo de erosión y que permitan una buena preparación del suelo. De preferencia sitios de exposición sur, que cuentan con mayor sombra, menores temperaturas medias y mayor humedad.
- Se deben considerar factores climáticos, como temperaturas y precipitaciones medias, probabilidades de heladas y otros, con el fin de planificar riegos de establecimiento y protección contra heladas o contra exceso de insolación.

Seleccionado y caracterizado el sitio a plantar es preciso considerar previo al establecimiento de la plantación algunos otros factores de importancia, como el modelo de plantación a emplear, el abastecimiento de plantas, su selección y transporte, y la época de plantación.

- Modelo de plantación: Definición del esquema o arreglo espacial y de la densidad plantación. El modelo de plantación a establecer dependerá del sistema productivo que se desee establecer; pueden ser modelos productivos a pequeña escala, tipo huerto casero; plantación bajo plástico; plantación a escala media con fines semindustriales; o también plantaciones con fines ambientales sean de rehabilitación de bosques degradados, de compensación ambiental por otras actividades u otros fines.

  Dependiendo del modelo, la densidad de plantación puede variar entre cifras tan distintas como 200 a 60.000 pl/ha.

- Época de plantación: Esta se define en función de aprovechar lo mejor posible el agua de las precipitaciones de manera de evitar o reducir gastos adicionales de laboreo del suelo y de riegos iniciales de establecimiento.

  Se debe plantar cuando el suelo cuente con humedad suficiente para evitar un estrés hídrico innecesario para la planta y facilitar su arraigamiento.

Para las regiones de la zona norte, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, esta actividad se debe realizar con las primeras lluvias para aprovechar al máximo las precipitaciones.

En la zona central, O´Higgins, Maule y Bio Bio, se debe esperar la caída de al menos 60 mm de precipitación, ya que esta condición permite realizar adecuadamente las faenas de establecimiento a menor costo, en particular la preparación de suelo.

En la zona sur, Regiones La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, el establecimiento puede realizarse hasta la salida de invierno tratando de evitar posibles heladas.

- Selección y transporte de plantas: Las plantas deben ser de procedencia conocida y similar al sitio de plantación, producidas en contenedores apropiados, tener un aspecto sano y vigoroso, tallos resistentes y firmes, abundantes raíces y bien distribuidas en un cepellón adecuado, idealmente solo un ápice principal, sin brotes tiernos que puedan sufrir deshidratación durante el transporte o los primeros días después de la plantación, y sin problemas sanitarios ni daños en su estructura.

  Las plantas deben ser seleccionadas previamente en el vivero, de acuerdo a las características descritas, y posteriormente transportadas al lugar de plantación en vehículos cerrados para evitar la deshidratación por viento durante el transporte.

2.2. Faenas Previas a la Plantación

- **Limpieza y Control de Malezas**

La limpieza del terreno consiste en la eliminación de la vegetación no deseada y sus desechos con el fin de facilitar las faenas posteriores.

En el control de malezas se deben eliminar pastos y matorrales que puedan competir con la nueva planta por nutrientes, luz y agua, ocasionando problemas para su crecimiento y desarrollo.

Esta actividad se realiza antes y después de la plantación de manera de mantener libre de competencia la nueva plantación al inicio y en los primeros años.

- **Preparación del Suelo**

Se trata de lograr las condiciones de suelo que favorezcan el establecimiento, arraigo y desarrollo de la plantación.

Lo ideal es remover totalmente el suelo en 40 a 50 cm de profundidad, esto puede realizarse con subsolador o, si no es posible, con arado de tracción mecánica o animal (Figura N° 1) aunque en este último caso la remoción será a menor profundidad.

Posteriormente, se realiza la marcación de la plantación, acorde al arreglo espacial y densidad del modelo de plantación definido, y se construyen las casillas de plantación (al menos 40x40x40 cm).



Figura N° 1
PREPARACIÓN DE SUELO CON SUBSOLADOR



Figura N° 2
MARCACIÓN DE PLANTACIÓN PARA MODELO BAJO PLÁSTICO A ALTA DENSIDAD

- **Cercado**

Es necesario proteger la plantación contra ganado y animales silvestres menores, principalmente lagomorfos.

Se sugiere utilizar postes impregnados y malla hexagonal enterrada a al menos 5 cm, con tres a cuatro hebras de alambre de púa; una en el medio de la malla, otra en la parte superior de la malla y dos sobre la malla, a 20 cm de distancia cada una.

En el caso de plantaciones pequeñas y posiblemente complementarias a otro sistema productivo, estas pueden ser incorporadas en una superficie que ya cuente con cerco y solo se requiere reforzarlo o repararlo.

En el caso de no poder instalar un cerco perimetral, es posible proteger a nivel individual cada planta, una vez plantada.

En este último caso se recomienda una protección de forma triangular de malla raschel de 40 a 50 cm de altura sostenida por tres tutores, aunque este sistema no será protección suficiente frente a ganado (Figura N° 3).



Figura N° 3
PLANTAS ESTABLECIDAS CON PROTECTOR INDIVIDUAL PARA LAGOMORFOS

- **Protección Superior**

Boldo es una especie muy sensible en sus primeras etapas al sol directo y a heladas, se recomienda considerar una protección superior con malla de entre 50 y 65% de sombra, a unos dos metros de altura sobre estructura de alambre y postes impregnados (Figura N° 4).



Figura N° 4
SISTEMA DE PROTECCIÓN DE MALLA PARA INSOLACIÓN Y HELADAS

2.3. Plantación

La plantación es una de las faenas más importantes dentro del establecimiento de una plantación, corresponde al momento en que la planta se coloca en el lugar específico que se ha marcado y trabajado para instalación y se debe cumplir la siguiente secuencia:

- Remover y airear lo más posible el fondo de la casilla.

- Aplicar en el fondo de la casilla todos aquellos elementos que pueden favorecer al establecimiento y desarrollo de la planta en sus inicios, como gel hidratante, fertilizantes, materia orgánica u otros.

- Rellenar la casilla unos 5 a 10 cm con el sustrato extraído o tierra vegetal de manera de formar una barrera libre de compuestos que pueden dañar las raíces de la planta.

- Depositar la planta en la casilla, para ello se debe desprender la planta de su contenedor o bolsa en que fue producida con el cuidado de no dañar las raíces, luego se deposita la planta en la casilla lo más derecha posible.

- Rellenar la casilla, en lo posible con una porción de tierra vegetal proveniente ojalá de formaciones naturales de boldo, ya que, además de aportar materia orgánica a la planta, proporciona micorrizas que favorecen al desarrollo y crecimiento de ella. Cabe destacar que boldo se asocia a una cantidad importante de hongos micorrícicos arbusculares. Finalmente se debe rellenar la casilla con tierra hasta el nivel del cuello de la planta, cuidando de no dejar espacios o bolsas de aires alrededor de las raíces, presionando ligeramente la tierra hacia el fondo de la casilla.

- Construir tazas de riego, las que deben tener una capacidad promedio de 10 a 15 L para acumular agua de lluvia y para recibir riego en el periodo estival.

2.4. Cuidados Culturales y Mantención

- **Fertilización**

Siempre es conveniente efectuar análisis de suelo para determinar contenidos de macro y microelementos contenidos en el suelo con el fin de definir fertilizaciones que suplan carencias que puedan limitar el desarrollo de las plantas. Una fertilización básica se puede realizar al momento de la plantación, para favorecer en una primera fase el desarrollo radicular, y posteriormente para impulsar un buen crecimiento.

- **Control de Competencia**

Se recomienda mantener la práctica de eliminación de malezas durante los dos primeros años de la plantación, preferentemente en septiembre-octubre cuando emerge la vegetación herbácea, y se debe repetir toda vez surja nuevamente vegetación competidora.

Se puede realizar un control manual con azadón, limpiando una zona de un metro de diámetro alrededor de la planta. No se recomienda control químico debido a la alta densidad de plantas que se propone para estos modelos de producción.

- **Riego de Establecimiento**

Se recomienda establecer una secuencia de riegos para los dos primeros años durante la época estival, comprendida entre octubre y marzo. La dosis de riego ya probada para el primer año es de 10 a 15 L de agua cada 20 días y, para el segundo año, de 5 a 10 L una vez por mes.

En condiciones excepcionales, de años muy secos, se puede ampliar el período considerando septiembre a abril.

- **Otros Cuidados**

En plantaciones con protección de mallas, estas deben se permanentemente revisadas y reemplazadas si es necesario, e igual cosa ocurre con los cercos o las protecciones individuales según sea el caso.

3. MODELOS PRODUCTIVOS PROPUESTOS

3.1. Modelo de Producción Tipo Huerto

Se plantea un modelo tipo huerto, de pequeña escala y fácil instalación, que puede jugar un rol importante en el huerto familiar. No cubre una gran superficie y puede utilizarse como una plantación mixta de boldo y cultivos agrícolas. Si bien este modelo no generará una gran producción de biomasa, es propuesto para la obtención de hojas de calidad para la producción de infusiones gourmet, que pueden constituir una opción para incrementar el ingreso predial.

La idea de este modelo, es poder realizar un establecimiento a muy bajo costo, utilizando espacios libres o en desuso, que cuente con cercos y disponibilidad de agua, cercano a la vivienda del propietario. El modelo consiste en realizar plantaciones pequeñas, de 36 a 49 plantas, a un espaciamiento de 1 x 1 m o 1,3 x 1,3 m, en arreglos espaciales que el propietario estime conveniente y no alteren su sistema de producción predial (Figura N° 5).

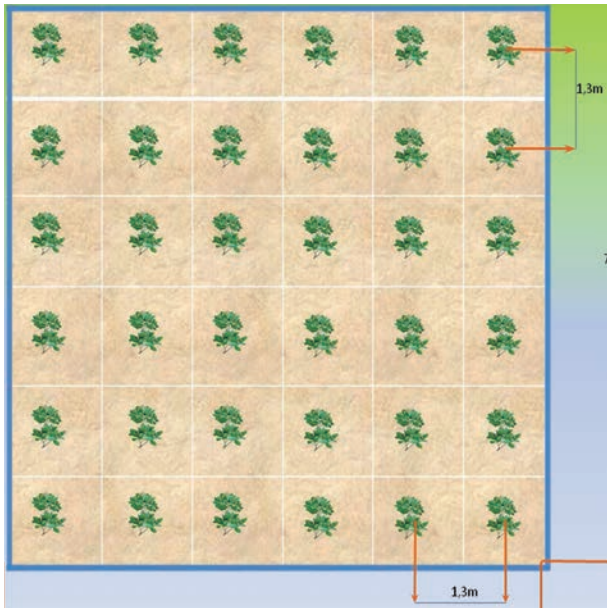


Figura N° 5
ESQUEMA DE PLANTACIÓN DE MODELO TIPO HUERTO CASERO (7,8 x7,8 m)

En el Cuadro N° 1, se muestra el cálculo de costos (a 2018) de la instalación de este modelo. En este costeo se considera el costo total del establecimiento del huerto. El objetivo de este modelo es que los propietarios puedan usar parte de su huerta o sitio disponible y que cuenten con herramientas, cercos, mallas, mano de obra y otros de manera de incurrir solo en reducidos gastos.

Cuadro N° 1
COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE MODELO PRODUCTIVO TIPO HUERTO CASERO

Ítem	Insumos	Cantidad	Unidad	Costos	
				Unitario ($)	Total ($/huerto)
Cerco	Alambre de Púas	64	m	80	5.120
	Grapas 1 1/4"	1	kg	2700	2.700
	Postes Impregnados 3" a 4"	18	u	2000	36.000
	Malla contra conejo hexagonal	32	m	1000	32.000
Subtotal					**75.820**
Protección	Coligues	36	u	80	2.880
	Protector (raschel o malla frutera)	36	u	300	10.800
	Corchetes	1	u	1000	1.000
Subtotal					**14.680**
Trabajo Suelo Manual	Pala	1	u	5000	5.000
	Chuzo	1	u	10000	10.000
	Martillo	1	u	2000	2.000
	Alicate	1	u	2000	2.000
Subtotal					**19.000**
Insumos	Plantas	36	u	536	19.296
	Gel	108	g	10	1.080
	Fertilizante (superfosfato triple)	3	kg	420	1.260
Subtotal					**21.636**
Mano de Obra	Cerco	1	jornal	10000	10.000
	Protectores	0,5	jornal	10000	5.000
	Trabajo Suelo Casilla	1,5	jornal	10000	15.000
	Plantación	0,5	jornal	10000	5.000
Subtotal					**35.000**
Total					**166.136**



Figura N° 6
HUERTOS CASEROS ESTABLECIDOS EN PREDIOS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES EN CHILLÁN

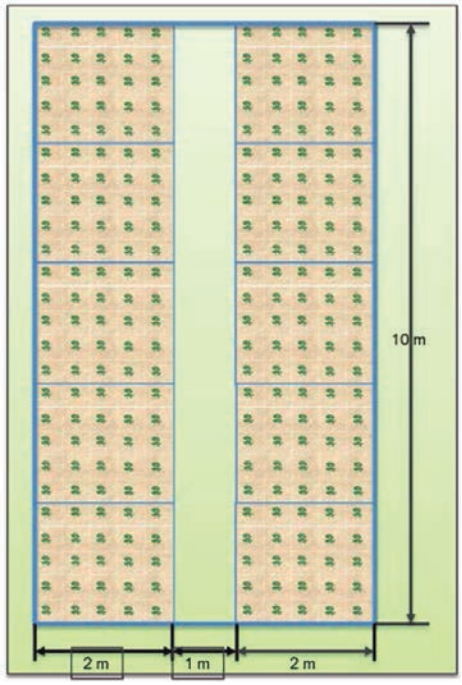
3.2. Modelo de Producción Bajo Plástico a Alta Densidad

Este modelo corresponde a una plantación bajo plástico, tipo invernadero, y para este se propone una infraestructura de 5 x 10 m. Se debe considerar un pasillo en el centro que posibilite la realización de las actividades necesarias para su mantención y aprovechamiento.

La plantación es a alta densidad, con espaciamientos de plantación de 50 x 50 cm; 40 x 40 cm o 30 x 30 cm, lo que significa densidades de 40.000 a 110.000 pl/ha.

El trabajo de suelo se debe realizar en toda de la superficie a plantar, a una profundidad media de 50 cm, luego se realizan las casillas de plantación según el espaciamiento considerado, seguido de la plantación misma.

Se propone la instalación de una malla control de malezas entre hileras de plantación ya que debido a las altas densidades que se propone para esto modelo, se dificulta este control.



(Ej. 40 x 40 cm)

Figura N° 7
ESQUEMA DE PLANTACIÓN BAJO PLÁSTICO A ALTA DENSIDAD

En el Cuadro N° 2 se presentan los costos de establecimiento de una unidad bajo plástico a alta densidad, en este caso de 250 plantas a un espaciamiento de 40 x 40 cm y en una superficie de 50 $m^{2.}$



(Izq. Establecimiento. Der. Estado actual, 2018)

Figura N° 8
PLANTACIÓN A ALTA DENSIDAD BAJO PLASTICO

Cuadro N° 2
COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO PRODUCTIVO BAJO PLÁSTICO

Ítem	Insumos	Cantidad	Unidad	Costos	
				Unitario ($)	Total ($/50 m²)
Infraestructura	Malla hexagonal	30	m	592	17.760
	Grapas 1"	1	kg	2.700	2.700
	Clavos 3",4"	3	kg	2.100	6.300
	Tapas Techo	32	u	510	16.320
	Tapas laterales	30	u	510	15.300
	Plástico invernadero 8m ancho	30	m	5.950	178.500
	Postes Impregnados 3" a 4", 3 m	3	u	4.200	12.600
	Postes Impregnados 3" a 4", 2,4m	11	u	2.285	25.133
	Malla control de malezas	50	m	298	14.875
Subtotal					**289.488**
Riego	Planza 1/2"	30	m	150	4.500
	Aspersores	20	u	200	4.000
	Arranque de matriz + llave	1	u	10.000	10.000
Subtotal					**18.500**
Trabajo Suelo Manual	Pala	1	u	5.000	5.000
	Azadón	1	u	14.000	14.000
	Martillo	1	u	2.000	2.000
	Alicate	1	u	2.000	2.000
Subtotal					**23.000**
Insumos	Plantas (40 x 40 cm)	2.000	u	250	500.000
	Fertilización	2	kg	600	1.200
Subtotal					**501.200**
Mano de Obra	Construcción	4	jornal	18.000	72.000
	Trabajo Suelo	3	jornal	18.000	54.000
	Trabajo Suelo Casilla	2	jornal	18.000	36.000
	Plantación	2	jornal	18.000	36.000
	Malla control de malezas	1	jornal	18.000	18.000
Subtotal					**198.000**
Total					**1.030.188**

3.3. Modelo de Producción Bajo Sombra

Este modelo considera una superficie mayor, la propuesta es 450 m^2, espaciamiento 1 x 1 m, plantas de una temporada, sobre suelo trabajado con subsolador hasta 50 cm y casillas de 40 x 40 x 40 cm. Cerco perimetral y estructura de sombra (Figura N° 9).

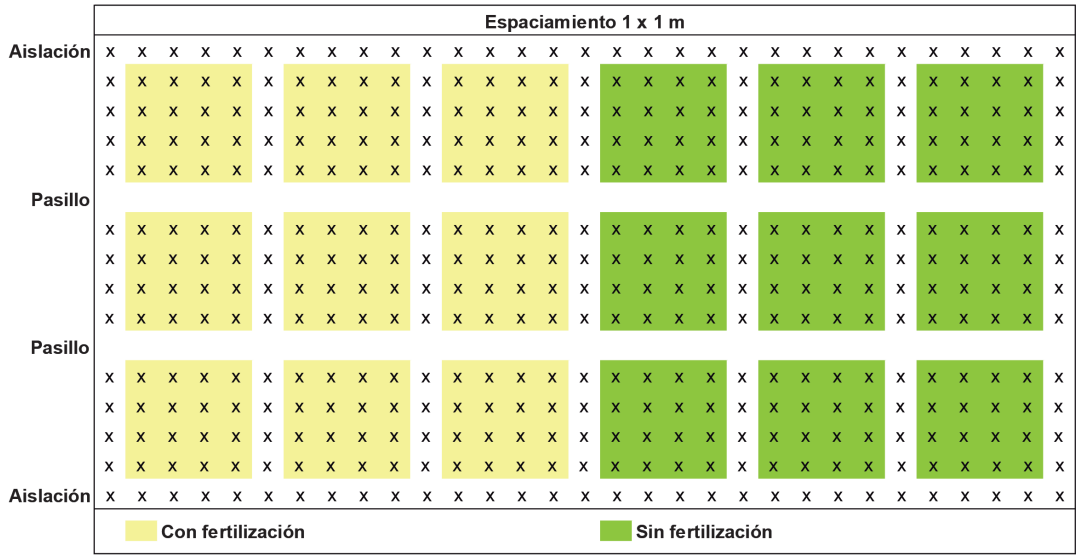


Figura N° 9
DISEÑO MODELO DE PRODUCCIÓN BAJO SOMBRA

En la Figura N° 9 se presenta el diseño de establecimiento de este modelo, el espaciamiento de 1 x 1 m es el equivalente a 10.000 pl/ha.

Se consideran pasillos o caminos en su interior que permitan el acceso a la plantación para realizar los trabajos de cuidados, mantención y posteriormente su cosecha.

El objetivo de este modelo de plantación es lograr un cultivo con plantas con características de seto.

En el Cuadro N° 3 se presentan los costos del modelo bajo sombra.

Cuadro N° 3
COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE MODELO PRODUCTIVO BAJO SOMBRA

Ítem	Insumos	Cantidad	Unidad	Costos	
				Unitario	Total
				($)	($/450m²)
Cerco	Alambre de Púas	270	m	77	20.795
	Grapas 1"	2	kg	2700	5.400
	Postes Impregnados 3" a 4"	43	u	2285	97.920
Subtotal					**124.115**
Protección	Malla hexagonal 1" (Conejos)	90	m	592	53.280
	Malla Sombra (Raschel, 65%)	450	m²	231	103.950
	Alambre Galvanizado (N°12)	1	u	54500	54.500
	Poste Impregnado 6" X 3,5m	6	u	9758	58.548
Subtotal					**270.278**
Herramientas y	Pala	1	u	5000	5.000
maquinaria	Chuzo	1	u	10000	10.000
	Martillo	1	u	2000	2.000
	Alicate	1	u	2000	2.000
	Subsolado con tractor	1	ha	47600	47.600
Subtotal					**66.600**
Insumos	Plantas (1 x 2m)	434	u	536	232.407
	Urea	24	Kg/ha	373	895
	Sulfato Diamonico	85	Kg/ha	535	4.548
	Nitrato Potasio	78	Kg/ha	814	6.349
	Boronatro Calcita	54	Kg/ha	340	1.836
Subtotal					**246.035**
Mano de Obra	Cerco	3	jornal	18000	54.000
	Protección	4	jornal	18000	72.000
	Trabajo Suelo Casilla	3	jornal	18000	54.000
	Plantación	3	jornal	18000	54.000
Subtotal					**234.000**
Cuidados culturales	Desmalezado localizado a la taza (uno x mes)	2	jornal	18000	36.000
	Riego 1º temporada (uno x mes)	1	jornal	18000	18.000
Subtotal					54.000
Total					**995.028**

CAPITULO 9. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL NEGOCIO DE PLANTACIONES DE BOLDO DESTINADAS A PRODUCCION DE BIOMASA FOLIAR

Valdebenito, Gerardo y Álvarez, Andrea[1]

1. INTRODUCCIÓN

El boldo (*Peumus boldus* Mol.), árbol endémico de Chile, se encuentra asociado principalmente con quillay, peumo, litre y maitén, entre otras, constituyendo el Tipo Forestal Esclerófilo, con presencia territorial para fines comerciales, entre las Regiones de Valparaíso y del Maule. El producto central es la hoja deshidratada, existiendo en menor medida otros productos como corteza de boldo y ramillas para la producción de polvo, los cuales no superan el 1% del total de productos comercializados.

La cadena de valor vinculada a productos derivados de boldo se inicia en los predios que poseen bosques con presencia de la especie. La cadena productiva es simple, con bajos niveles de agregación de valor, un conjunto limitado de actores y altamente concentrada a nivel de operadores (pequeñas empresas formales e informales que realizan las faenas de cosecha, procesamiento y transporte de hojas deshidratadas, y de empresas acopiadoras procesadoras y exportadoras.

El presente estudio se desarrolla en el marco del proyecto “Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores”, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR), que tiene por finalidad realizar un análisis de rentabilidad del negocio vinculado a la recolección y comercialización de hojas de boldo considerando diferentes escenarios actuales y futuros, los cuales forman parte de las investigaciones que se están desarrollando en el marco del citado proyecto.

El producto central donde el proyecto instala su foco es la hoja deshidratada de alta calidad y concentración de activos químicos y farmacéuticos, para satisfacer la demanda nacional e internacional en torno a esta importante materia prima. En función de esto, los estudios de rentabilidad abordan aspectos como la evaluación económica del actual modelo de intervención en formaciones naturales de boldo; la evaluación económica de un modelo de plantación forestal intensiva de boldo, incorporando aspectos de investigación y desarrollo, y la evaluación económica de un modelo de plantación de boldo de alta densidad, bajo invernadero, los dos últimos aspectos con la finalidad de obtener biomasa foliar de alta calidad.

El documento se estructura en tres partes; la primera describe y caracteriza el proceso de comercialización actual de hojas de boldo y analiza el escenario futuro en base a la implementación de innovaciones al modelo de negocio, tendientes a mejorar los niveles de sostenibilidad en el

[1] Investigadores, Área Diversificación Forestal, Línea Productos Forestales no Madereros. Sede Metropolitana. Instituto Forestal. Chile. gvaldebe@infor.cl

mediano y largo plazo. La segunda parte aborda los estudios de rentabilidad y generación de indicadores económicos y la tercera parte entrega inferencias y conclusiones.

2. CARACTERIZACIÓN DEL NEGOCIO Y ESCENARIOS PRODUCTIVOS

2.1. Caracterización del Proceso Productivo y la Oferta de Boldo

El recurso forestal donde se encuentra presente la especie *Peumus boldus* (boldo) se distribuye desde la Bahía de Tongoy, en la Región de Coquimbo, hasta Osorno, en la Región de Los Lagos. Se desarrolla principalmente en laderas bajas y asoleadas de ambas cordilleras y también en el valle central (Hoffmann, 1981; Sfeir, 1990). Su distribución en altitud fluctúa entre los 5 y los 1200 msnm (Sfeir, 1990).

La superficie total nacional cubierta con boldo, considerando a dicha especie presente en los dos primeros estratos de dominancia, es de 446.774 ha. Es posible observar que la mayor presencia de boldo se da en la Región de O'Higgins, que concentra el 46% del recurso disponible a nivel país. La siguen con porcentajes inferiores las Regiones del Maule y Valparaíso (15% y 14%, respectivamente), y es de mayor relevancia comercial, por concentración y cercanía con los puertos marítimos, el recurso localizado en la Región de Valparaíso.

Diversos estudios han determinado la productividad de hojas de boldo en formaciones naturales de bosque esclerófilo donde se encuentra presente la especie. Montecinos (2001) realizó estudios en la localidad de Peumo, Región de O'Higgins, y estimó productividades de biomasa en torno a 1,2 t/ha de materia seca, en rodales con densidades de 462 árboles/ha. Durán (2005), en la localidad de Melipilla, obtuvo rendimientos de 2,22; 1,29 y 1,22 t/ha de materia seca en rodales con 1420, 580 y 480 árboles/ha, respectivamente. Espic (2007) evaluó la producción de biomasa en la comuna de Papudo, Región de Valparaíso, determinando producciones del orden de 0,8 y 1,9 t/ha de materia verde, para el bosque ralo y semidenso, respectivamente.

Es importante destacar que estos estándares de rendimientos, explican el valor total de productividad, no representan la situación real de la actividad, la cual está sujeta a restricciones vinculadas a la normativa vigente, que regula la explotación de la especie, y a condiciones evolutivas y adaptativas del recurso, por factores climáticos y antrópicos. En base a los antecedentes levantados en este este estudio, los rendimientos de cosecha reales, considerando las restricciones mencionadas con anterioridad, fluctúan en promedio entre los 300 y 400 kg por hectárea de materia seca.

Considerando el recurso productivo presente en las Regiones de Valparaíso, O'Higgins y el Maule (312.692 ha), territorio con mayor impacto productivo de esta actividad, es posible dimensionar que dichas formaciones de boldo poseen un *stock* de 469.038 toneladas de materia seca (valor potencial máximo considerando la explotación de todo el recurso), considerando como valor de rendimiento el promedio de las estimaciones mínimas y máximas obtenidas por los estudios citados con anterioridad. (1,51 t/ha de materia seca). De igual forma, considerando las restricciones técnicas de cosecha estipuladas en la normativa vigente y los cambios experimentados en el territorio donde crece boldo, es posible inferir que la disponibilidad máxima comercial (teórica) sería de 109.442 t de materia seca de hojas de boldo, considerando un rendimiento comercial de 350 kg de hojas seca por hectárea.

Al respecto, es relevante mencionar que las exportaciones totales de hojas de boldo para el año 2017 fueron de 2.274 t de hojas deshidratadas y para el año 2016 de 2.637 t de hojas deshidratadas.

El proceso de corta de bosques con presencia de boldo y de cosecha de hojas de boldo se encuentra regulado y reglamentado por el D.L. 701, donde se especifican los métodos silviculturales factibles de aplicar al Tipo Forestal Esclerófilo, definidos como cortas de protección y cortas selectivas. El primer método señala que el propietario del bosque intervenido deberá establecer 3.000 plantas por hectárea como mínimo, de las mismas especies cortadas del tipo, homogéneamente distribuidas. El segundo método, señala que solo podrá extraerse hasta el 35% del área basal del rodal, debiendo establecerse como mínimo 10 plantas de la misma especie por cada individuo cortado, o 3.000 plantas por hectárea del tipo correspondiente; en ambos casos homogéneamente distribuidos. Una nueva corta selectiva en el mismo rodal, solamente se podrá efectuar una vez transcurridos 5 años.

Adicionalmente, existen regulaciones de fechas de corta. Las cortas pueden efectuarse entre los meses de diciembre y marzo (Decreto N° 251 de 1955, que modifica el Decreto N° 366, de 1944) y las regulaciones estipuladas en la a Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal del año 2008, donde se establecen métodos y técnicas de intervención del Tipo Forestal Esclerófilo para incentivar su manejo. Con la finalidad de manejar el bosque para fines no madereros (objeto de la presente evaluación) es posible realizar intervenciones del tipo: Siembra directa, limpias posteriores, corta sanitaria, clareo monte bravo alto, poda de latizal y plantación suplementaria.

Cabe destacar que la extracción de este recurso sin una técnica adecuada termina disminuyendo fuertemente las productividades por unidad de superficie con el paso del tiempo, convirtiéndose en un sistema de cosecha no sustentable. En la actualidad no existen estudios formales que den cuenta del porcentaje de boldo cosechado al margen de la ley, sin embargo, se observa en algunas localidades que la informalidad supera el 50% del recurso comercializado anualmente.

El proceso de extracción de hojas de boldo bajo un esquema productivo se caracteriza por presentar una línea claramente definida (Figura N° 1), con una serie de actividades secuenciales necesarias para llegar finalmente a un producto con las propiedades y características deseadas por el comprador. Las ramas o renuevos se cortan entre diciembre y marzo y luego se apilan en terreno por algunos días para que las hojas pierdan humedad y se sequen. Posteriormente, las ramas son sacudidas para que se desprendan todas las hojas, las cuales son apiladas, seleccionadas, pesadas y almacenadas en sacos, para luego ser comercializadas en el predio o transportadas a otros centros de acopio o plantas exportadoras.

2.2. Características del Proceso Comercial Interno y Externo

2.2.1. Proceso Comercial Interno

La cadena de comercialización de hojas y otras materias primas proveniente de boldo se caracteriza por estar integrada por tres agentes centrales de comercialización, que explican más del 80% de la gestión comercial del producto tranzado en el país (Valdebenito *et al*., 2015), los cuales se representan esquemáticamente en la parte central de la Figura N° 1.

Recolectores y operadores forestales: Corresponden a los primeros actores de la cadena de comercialización, los cuales, previo a negociar el valor de derecho a puerta con el dueño del bosque, elaboran los planes de manejo, realizan las faenas de corta, secan el producto y lo empaquetan en sacos, para luego ser vendido a comercializadores o empresas procesadoras y exportadoras. En menor medida, estos operadores tranzan productos con otros intermediarios (compra o venta), realizan gestiones de exportación directa y/o comercializan parte de sus productos en el mercado interno, orientado a ferias y mercados públicos, supermercados, centros naturistas y algunas farmacias del rubro, siendo esta actividad muy puntual y de bajo volumen.

Intermediarios y acopiadores: Son agentes de comercialización que poseen capacidades económicas y de gestión comercial para abrir poderes de compra y adquirir materias primas (hojas secas), gran parte de este producto proviene de la recolección informal y a esto se suma la compra de hojas a otros operadores. Este recurso luego es revendido a otros intermediarios y/o empresas exportadoras. Estos agentes, en menor medida, también suelen realizan procesos de venta al mercado interno.

Empresas procesadoras y exportadoras: Están al final de la cadena de comercialización interna y son los responsables de realizar procesos de transformación y agregación de valor, como clasificación, prensado, pulverizado y mix de corte fino, entre otros, previo al empaquetamiento y venta en los mercados internacionales. La Figura N° 2 presenta el total de empresas exportadoras de hojas y otros productos del boldo para el año 2017.

Los recolectores informales, además de proveer de materias primas a intermediarios, comercializan sus productos en el mercado interno, entregándolos en ferias, supermercados, mercados locales, ferias ambulantes y yerbaterías locales, entre otros puntos de venta.

En algunas ocasiones (generalmente en ferias ambulantes) son los propios recolectores los que venden sus productos, casos en los que logran obtener mejores precios de venta. Este mercado, por sus características, carece de todo tipo de registro en cuanto a volúmenes y precios, sin embargo, su magnitud es muy pequeña, comparado con el negocio principal, orientado a las exportaciones.

Por último, en menor medida existen propietarios forestales medianos y grandes, que poseen las capacidades de gestión para desarrollar autónomamente el negocio, abordando toda la cadena de producción. En este caso, el destino final de las materias primas va directamente a las plantas exportadoras e incluso a compradores finales en los mercados internacionales. Últimamente, algunos operadores forestales con experiencia en el rubro han generado capacidades para vincularse con los mercados internacionales y generar exportaciones directas, logrando de esta forma mejorar sus márgenes de comercialización.

El mercado interno se ha caracterizado por ser un mercado estable, con leves aumentos en el crecimiento. La demanda interna está integrada por dos sectores claramente diferenciables; el mercado de las infusiones presente en supermercados y farmacias, y el sector conformado por la venta en locales comerciales o yerbaterías establecidas, las que ofrecen una amplia gama de especies e infusiones en bolsas de distintos tamaños (generalmente en bolsas de 50 a 100 g) (Roach, 2001).

El mercado interno demanda preferentemente dos tipos de productos principales:

Hojas. En el mercado nacional, el consumidor final compra en algunos locales de venta del rubro de los productos naturales, principalmente en yerbaterías establecidas en mercados mayoristas, ferias libres y puestos callejeros.

Extractos. Algunos laboratorios que fabrican productos a base de hierbas medicinales y otros distribuidores de productos naturales que venden gotas o ungüentos para el tratamiento de afecciones de salud.

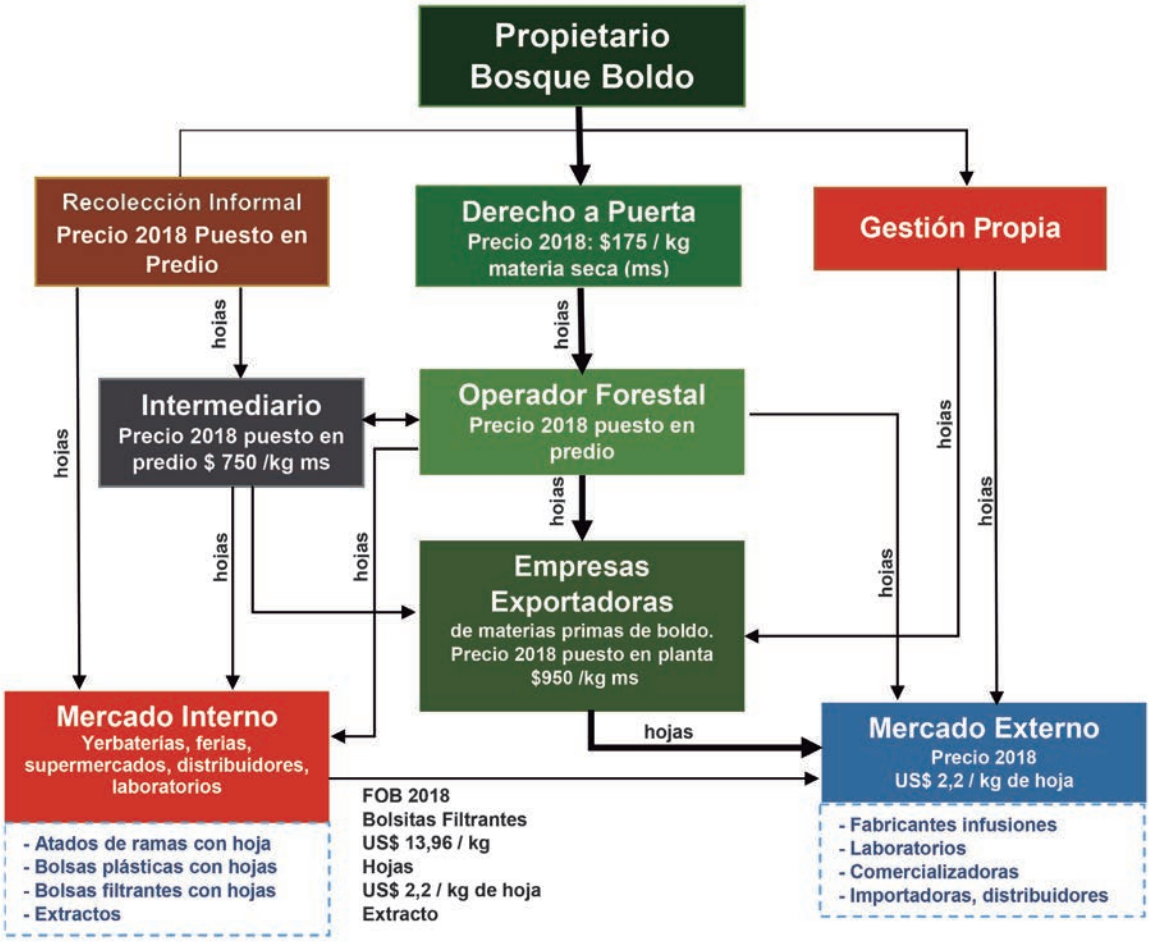


Figura N° 1
FLUJO COMERCIALIZACIÓN DE HOJAS DE BOLDO

Adicionalmente, también es posible encontrar otros productos de la línea de alimentos o suplementos, como cápsulas digestivas de boldo, licores y jarabes, y del ámbito estético como jabones que contienen aceite de boldo.

El mayor uso del boldo en este mercado es para infusiones, que diferencia básicamente dos tipos de productos (Benedetti y Gonzalez, 2011):

Bolsitas filtrantes listas para servir: Producto incorporado al mercado nacional hace no más de 20 años, que en la actualidad se ha convertido en una importante línea de negocios para las grandes empresas fabricantes de té, como son Lipton, de Unilever, y Supremo, de Cambiaso.
Las bolsitas filtrantes son elaboradas utilizando pequeñas cantidades de hoja triturada, que se conoce como el corte de la hoja, generalmente en cantidad de 1,2 g, la que a su vez se envuelve en un sobre de papel o de polietileno.

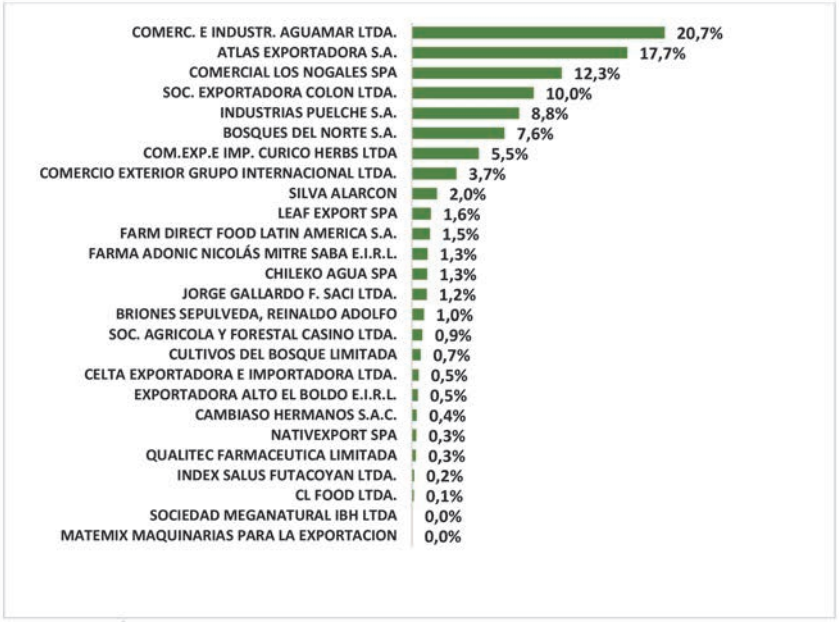
Hojas enteras: Frecuentemente se encuentran en puestos de ferias libres y mercados centrales y varían en presentación y precios.

La primera presentación, sencilla y tradicional, son hojas de boldo envasadas en bolsa plástica sellada, que se encuentra fácilmente en yerbaterías tradicionales, puestos callejeros o en ferias libres, donde se ofrecen además variedades de otras hierbas, solas y mezcladas, en la misma presentación.

Una segunda presentación son las hojas de boldo en bolsitas que se encuentran más frecuentemente en grandes cadenas de supermercados, tiendas especializadas y restaurantes.

Las empresas exportadoras son el último eslabón de la cadena de comercialización interna. El mercado externo es abastecido por un número significativo de empresas exportadoras, las cuales se detallan la Figura N° 2.

Del total, las empresas Comercial e Industrial Aguamar Ltda., Atlas Export. e Import. Ltda., Comercial Los Nogales SPA, Soc. Exportadora Colon Ltda., Industrias Puelche SA y Bosques del norte SA, son las principales empresas exportadoras de hojas de boldo y concentran el 77% del volumen exportado durante el año 2017.

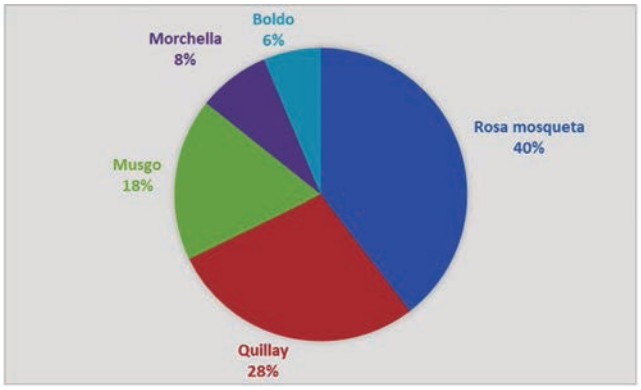


(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 2
EXPORTADORES DE HOJAS DE BOLDO 2017
(TOTAL: US$ 5,03 MILLONES)

2.2.2. Demanda Externa

Las exportaciones de boldo en el año 2017 alcanzaron los US$ 5.029.552, representando el 5,5% respecto de las exportaciones de productos forestales no madereros del país (PFNM), ubicando a boldo como la quinta especie más exportada después de la rosa mosqueta, quillay, el musgo y el hongo comestible morchella (Figura N° 3).



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 3
EXPORTACIÓN PFNM AÑO 2017

En el Cuadro N° 1 se muestran los países de destino de las exportaciones de hojas de boldo durante el período 2007 - 2017 en términos de los retornos asociados en US$ FOB) y del monto en toneladas.

Cuadro N° 1
EXPORTACIONES DE HOJAS DE BOLDO PRINCIPALES PAÍSES DE DESTINO 2007-2017

País	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	(Miles US$)										
Argentina	578.566	713.031	725.228	642.461	901.162	1.222.047	1.338.862	1.584.629	1.821.248	1.495.214	1.712.553
Brasil	433.717	469.258	517.179	490.712	602.172	807.077	832.516	900.292	896.831	824.140	989.657
Paraguay	268.942	780.972	873.771	698.169	708.076	832.999	957.305	1.131.333	1.088.641	1.830.503	732.928
España	100.910	161.310	267.787	390.208	199.976	252.485	364.111	505.337	528.482	472.522	571.172
Francia	83.982	135.794	86.028	83.100	119.411	119.440	96.381	163.988	83.354	185.928	233.888
Perú	72.954	88.299	48.155	105.843	108.238	125.012	174.578	161.566	207.742	187.668	184.113
Italia	68.560	43.631	17.048	27.349	28.491	0	16.678	40.180	40.229	30.170	163.220
Ecuador	20.084	66.294	23.697	31.716	57.778	59.071	41.863	86.071	104.267	55.054	104.213
Colombia	23.492	54.774	53.288	41.391	39.138	70.889	76.154	69.248	91.530	99.914	92.448
Otros	121.316	152.284	122.431	181.814	176.687	200.184	291.253	359.114	494.655	398.836	223.389
Total	**1.772.522**	**2.652.683**	**2.727.755**	**2.693.623**	**2.943.666**	**3.693.274**	**4.199.929**	**5.024.249**	**5.427.820**	**5.614.926**	**5.029.552**

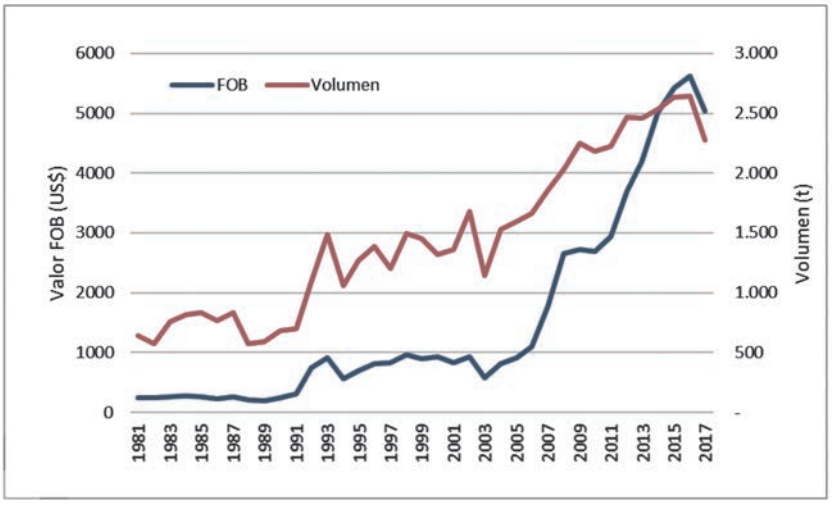
País	(t)										
Argentina	712	739	748	645	808	883	824	832	889	661	759
Brasil	446	0	466	429	461	532	472	445	438	427	476
Paraguay	224	480	588	495	484	534	542	558	508	848	356
España	114	100	162	250	123	167	225	261	291	231	263
Francia	87	109	74	70	90	84	69	102	55	119	118
Perú	68	67	45	78	62	72	82	72	101	77	67
Ecuador	16	38	17	24	35	32	21	40	44	25	59
Otros	187	165	149	193	162	164	220	224	290	253	172
Total	**1856**	**2034**	**2248**	**2185**	**2227**	**2469**	**2456**	**2538**	**2633**	**2644**	**2274**

(Fuente: INFOR, 2018)

En la Figura N° 4 se presenta la tendencia en los últimos 30 años del negocio exportador de hojas de boldo. En los años noventa, se inicia un crecimiento importante de las exportaciones, principalmente como consecuencia del significativo aumento en el precio de venta que comenzó a experimentar la hoja de exportación y también por la fuerte demanda por parte de Brasil, que llegó a triplicar sus compras de hojas.

Esta situación de mejoría en el precio y de mayor demanda fue en general mejor aprovechada por los grandes exportadores de la época, que son naturalmente los que pueden acceder a mayores volúmenes de cosecha y asegurar un adecuado abastecimiento a sus clientes internacionales.

Durante los 16 años siguientes los retornos anuales presentaron una tendencia creciente a excepción del año 2017 que presentó un descenso, lo que podría deberse a los grandes incendios forestales del año 2017 que afectaron zonas productoras de boldo, y también, según entrevista a actores de mayor relevancia en el mercado de hojas de boldo, a la disminución del recurso por el déficit hídrico que afecta al país. Sin duda inciden también las malas prácticas de cosecha.



(Fuente: INFOR, 2018)

Figura N° 4
EXPORTACIONES DE HOJAS DE BOLDO 1981 - 2017

2.2.3. Caracterización del Proceso Productivo Actual

La realidad tecnológica y productiva de los pequeños propietarios que poseen y comercializan las hojas de boldo es precaria y de subsistencia, la utilización del recurso se realiza en muchos casos de forma extractiva, e incluso sin contar con permisos legales de corta.

El ciclo de cosecha debe efectuarse durante los meses de verano y estar contemplado en un plan de manejo aprobado por CONAF. El proceso es simple e implica los siguientes pasos:

Recolección: El sistema de cosecha es realizada fundamentalmente por familias campesinas propietarias del recurso, previo cumplimiento de las normas que regulan la explotación del recurso, ya que la extracción del boldo está reglamentada por el D.L. 701 de octubre de 1974 sobre especies protegidas aplicado por CONAF. En consecuencia, la corta de la corteza y hoja de boldo se realiza siempre a través de planes de manejo que incluyan uso del suelo forestal, características del terreno y cantidad esperada en kilos de hojas, además de una autorización final de explotación del SAG. El nivel de recolección ilegal es difícil de cuantificar, aunque se presume que existe sin conocerse su real dimensión.

En el caso del intermediario, estos buscan predios donde ya han trabajado antes y calculan que el bosque supere los 5 años desde la última intervención.

Secado: Proceso fundamental para eliminar rápidamente el agua de las hojas, evitando la hidrolisis y oxidaciones que perjudican la actividad terapéutica, además de impedir la proliferación de hongos y bacterias. Este secado además reduce significativamente el volumen y el peso del producto, lo que facilita una mayor eficiencia en el transporte, embalaje y almacenamiento del material vegetal, con una consecuente reducción de costos (Vogel y Berti, 2003).

El sistema de secado tradicional y más común es el de secado al sol (Benedetti y Barros, 2011) y es llevado a cabo por los mismos recolectores o intermediarios en el campo.

Selección y extracción de las hojas: Luego del secado se procede al apaleado de las ramas con el objetivo de separar las hojas de las ramas, previo al ensacado se realiza una limpieza a mano realizando la selección de hojas, eliminando hojas en mal estado, impurezas peciolos y ramillas finas.

Embalaje: Después de la limpieza y selección las hojas limpias y enteras se envasan en sacos de 30 a 40 kg. Este producto es el que se entrega al intermediario o exportador.

No existe aún un desarrollo de plantaciones de boldo y no se conocen experticias en el país. Solo se conocen experiencias puntuales en torno a plantación de árboles individuales para fines ornamentales. Hay importantes avances ahora con las investigaciones que desarrolla INFOR desde hace unos años.

En términos generales, el recuso forestal nativo presente en la zona central se ha visto afectado por una drástica disminución, producto del continuo proceso de explotación destructiva a la cual se ha visto sometido en el último siglo, acentuado por una demanda internacional creciente de sus hojas. Las causales de esta disminución son de variada índole y complejidad, involucrando aspectos sociales y económicos, siendo los de mayor relevancia la habilitación de tierras para la ganadería o la agricultura en sectores rurales, la conversión a plantaciones forestales con especies exóticas, la industria inmobiliaria y la presión para obtener recursos energéticos (leña y carbón) por parte de los habitantes de estas zonas.

En el caso específico del boldo, históricamente ha estado sometido a una demanda superior a su capacidad de producción natural. Esta sobreexplotación ha aumentado el riesgo de agotar el recurso, provocando un fuerte impacto sobre su sistema de regeneración, llevando a cambios importantes en la composición y estructura de las poblaciones naturales de la especie.

La situación actual del recurso se caracteriza por una carencia de opciones de manejo sustentable que permitan compatibilizar las necesidades económicas y sociales que genera el recurso en los sectores rurales e industriales con la conservación de la especie y su actividad económica vinculante, permitiendo, a la vez, recuperar e incrementar el estado actual de las formaciones naturales existentes.

Un segundo elemento está relacionado con la inexistencia de valor agregado. Históricamente se ha comercializado hojas de boldo secas al aire. El sistema de comercialización presenta importantes asimetrías de información, provocando situaciones de inequidad entre los propietarios, recolectores y poseedores de las materias primas, en relación con los demás agentes que intervienen en el proceso comercial, agravado por una alta dispersión de oferentes, carentes de capacidades de gestión que faciliten una oferta ordenada y estructurada.

La ausencia de organizaciones de recolectores y/o productores, la falta de disponibilidad de información sobre mercados y precios, y el nulo acceso a crédito/financiamiento para hacer frente al proceso de comercialización del producto y generar valor agregado, son factores determinantes del bajo nivel de rentabilidad que logran por su recurso, siendo ello una resultante

que induce a extraer mayores volúmenes de hojas, más allá de la capacidad de recuperación natural de recurso. Es un mercado de *commodities*, con bajos precios y sin diferenciación, con bajo nivel de sostenibilidad.



Figura N° 5
UNIDAD EXPERIMENTAL DE PRODUCCIÓN DE BOLDO EN PLANTACIÓN BAJO INVERNADERO



Figura N° 6
INVESTIGADORES DE INFOR EVALUANDO UNIDADES EXPERIMENTALES DE BOLDO

2.3. Caracterización de Actores, Procesos y Negocios

Con el objetivo de caracterizar el proceso productivo de recolección y venta de hojas de boldo y obtener información actualizada y de primera fuente para sustentar los parámetros de evaluación económica, se realizó un estudio de levantamiento de información de fuentes primarias entre las Regiones de Valparaíso y Maule, durante los meses de noviembre y diciembre del año 2017.

La selección de actores buscó obtener la mayor representatividad respecto del total de actores, propietarios y pequeñas empresas que desarrollan la actividad de recolección de hojas de boldo, considerando que dichos emprendimientos y emprendedores gestionan una cartera de productos, donde cobran relevancia además otros productos, como corteza de quillay, biomasa de quillay, hongos y frutos silvestres, entre otras especies y PFNM. El universo de actores que operan en las regiones mencionadas no supera las diez entidades o personas. Se seleccionaron para las entrevistas dos de las más importantes, utilizando como criterio los años de experiencia en el negocio y la magnitud del negocio medido en volúmenes transados.

Respecto de las empresas exportadoras. fueron seleccionadas y visitadas la empresa Atlas Exportadora SA, líder nacional y mundial en exportaciones de productos derivados de boldo (17,7% del mercado exportador año 2017), la empresa Bosques del Norte y la empresa Natural Response SA. esta última considerando su modelo de gestión de manejo sostenible de formaciones naturales de quillay y su modelo de plantaciones de quillay, base de la propuesta que se busca desarrollar para boldo, en el contexto del proyecto que desarrolla INFOR.

2.3.1. Empresa Cosechadora de Boldo Región de O'Higgins, Comuna de Lolol

Micro empresario que gestiona y dirige una dotación de 20 a 25 trabajadores en forma permanente, ubicado en la Comuna de Lolol, opera entre las Regiones de O'Higgins y Maule. Más de 50 años de experiencia en la cosecha y comercialización de hojas de boldo, actividad además heredada de sus padres y abuelos. Ha dedicado toda su vida a la recolección y venta de hojas de boldo y corteza de quillay, colaborando con otras empresas familiares que operan en el territorio.

- **El Recurso y su Manejo**

"*Los bosques de boldo producen menos hojas cada año, se demoran en regenerar, esto ya que las lluvias han disminuido siendo ello uno de los principales factores, como también el uso de la motosierra, el ramoneo de animales, las malas prácticas de cosecha (cosecha ilegal sin plan de manejo) y los métodos de corta que exige CONAF en los planes de manejo, donde se cosecha por vástagos y no por cepa, logrando que los árboles y los bosques se envejezcan*".

Según su visión, basado en los años de experiencia, el modelo de manejo debería intervenir la cepa completa, eliminando todos los vástagos viejos, dejando unos dos o tres pies, los cuales después de dos a tres años, una vez recuperado el árbol de la primera intervención, se eliminan renovando de esta forma la totalidad de la biomasa del árbol.

Por otra parte, también se puede ejecutar un modelo de manejo donde *"del total de individuos existentes, realizas intervenciones sucesivas cada 2 años, manejando el 25% de los individuos bajo el concepto de corta de cepa completa, donde al 8 año vuelves a intervenir los arboles cosechados en la primera etapa, con el concepto de vástagos remanentes*".

Su método de cosecha se basa en cuadrillas de 3 a 4 personas por predio, dependiendo del tamaño. Actualmente poseen faenas en Colbún, Sagrada Familia, Chépica, Chimbarongo, y el sector "El Huique". Previo a la cosecha realizan un marcaje, donde para un predio de 25 a 50 hectáreas demoran dos días en realizarlo. Los rendimientos son variables: 3 jorn/ha en manejo (corta de vástagos), trabajo en la era y ensacado 1 a 2 jorn/ha, más el tiempo de espera para el

deshidratado de la hoja que en general es de 4 a 5 días. En Colbún, una cuadrilla de 4 personas demora 4 días en producir 30.000 kg de materia seca (1.875 kg/jorn).

El rendimiento por hectárea es muy variado, dependiendo del tipo de bosque. "*En un predio cercano el año pasado se intervinieron 140 hectáreas con un 90% de presencia de boldo, obteniendo 50 mil kg de hojas secas de boldo (promedio 357 kg/ha)*". En términos generales de algunos predios se obtienen 800 kg de hoja seca por hectárea, otros buenos generan un rendimiento de 1.000 kg/ha, y los más ralos no superan los 300 kg/ha. En promedio hoy se está obteniendo un rendimiento de 400 a 500 kg/ha de hoja seca de boldo.

En otro predio de 10 hectáreas, según "*mis métodos de manejo proyecté sacar 8 mil kg de hoja seca (800 kg/ha), sin embargo, con el método propuesto por CONAF, donde se exigía dejar 15 vástagos por cepa, se proyectó sacar 3 mil kg de materia seca (300 kg/ha). Finalmente ejecutamos el plan de manejo en base a mis criterios y obtuvimos 7.500 kg de hoja seca (750 kg/ha)*".

En relación con las acciones de manejo permitidas por CONAF, solo se autoriza la corta selectiva (se eliminó la corta sanitaria) y ello implica que, para árboles con 50 pies, solo se pueden extraer el 25% de ellos, donde muchas veces se dejan vástagos secos e incluso sin hojas. "*Cuando no se postula a la bonificación, es posible realizar labores de entresaca o clareos, donde está permitido extraer el 50% de los boldos*". "*Igual conviene más hacer las intervenciones con plan de manejo, pues existe la ayuda de los extensionistas de CONAF. Es bueno porque se trabaja en conjunto y así no existen diferencias de criterio, en la aprobación final y posterior pago de las bonificaciones*".

"CONAF tiene poca experiencia de terreno y no visitan mucho a los propietarios y sus predios, además tiene una alta rotación de funcionarios en cada administración (jefes), existe disparidad de criterios en sus respectivas reparticiones y muchos funcionarios no poseen los conocimientos técnicos. Respecto de desarrollar plantaciones de boldo, es una pérdida de tiempo. No resulta nada."

- **El Negocio**

"Yo le vendo mi producto principalmente a la empresa Aguamar, cuyo propietario es el Sr. Jorge Mellado. Tenemos un trato de confianza, donde no existe mucha formalidad y me respaldan muchas veces con anticipos de 10 o 20 millones de pesos, los cuales son transferidos a mi cuenta corriente y yo en 10 días les envío los camiones", "los arreglos ya se hacen en junio, se calcula y la plata ya está en la cuenta, no trabajamos con nuestra plata, luego se hacen los descuentos al final de la temporada".

En promedio este operador procesa y comercializa 100 a 200 mil kilos de hoja seca de boldo por temporada, pero dados los incendios forestales en 2017 se vendieron 80.000 kilos; *"15.000 a la quincena de enero, 8 mil a fin de mes y de ahí no se sacó hasta el 22 de febrero"*, producción que fue tranzada en la temporada a 750 $/kg en promedio. Dicho valor se mantiene en toda la temporada, sin embargo, todos los años el producto ha experimentado un incremento en su valor a razón de 100 $/kg al año de hoja seca de boldo.

El costo de mayor relevancia en esta actividad es la mano de obra, la cual se paga a 300 $/kg de hoja seca puesta en sacos en el predio. Los trabajadores más especializados o con más experiencia reciben un monto adicional de 70 $/kg de hoja seca.

El monto pagado contempla la faena de corta de vástagos, ordenamiento y acopio de ramas, sacudido (una vez seca la hoja), limpieza y ensacado. En ocasiones se incrementa el pago, cuando el producto es de mejor calidad (limpieza y color) o para capturar buenos negocios en el futuro. Cuando existe bonificación del Estado el precio pagado puede mejorar.

Adicionalmente se paga el derecho a puerta, donde el propietario del predio recibe en promedio 200 $/kg de hoja seca cosechada precio que no ha subido en los últimos años. *"la gente que trabaja con nosotros posee boldo de buena calidad, por lo tanto, hay que pagarles bien"*

La mayoría de las veces se vende el boldo en el predio y con menor frecuencia se entrega en la planta procesadora en Viña del Mar. En promedio el transporte se pagaba a 40 o 50 $/kg de hoja seca, considerando el tramo Lolol a Viña del Mar, ahora con transporte propio el costo es de 15 $/kg en camión de 30.000 kg, incluido el chofer".

Respecto de la última temporada 2016 – 2017 "*no fue buena, producto de los incendios, ya que donde se pensaba sacar 50.000 kg se sacó 15.000 kg, perdimos todo, alcanzamos a sacar un camión y se quemó el predio, era el trabajo de la temporada, tuvimos que orientarnos a los predios chicos y con el quillay, como se hace con el subsidio del Estado*"

El operador solo trabaja con planes de manejo, "*no se compra ni se saca sin planes de manejo, en las empresas no se reciben si no tienen plan de manejo, ya que las empresas piden la guía de CONAF, hasta el camionero exige la guía de CONAF"*

En este negocio existen varios monopolios y operadores con mucho poder. Por ejemplo, no es posible competir con Polo Valdés, quien cosecha y comercializa más de 600 mil kg de hoja seca de boldo por temporada y tiene el respaldo financiero para pagar por anticipado a los propietarios y a los trabajadores, asegurándose así la materia prima. Generalmente anticipa el 70% del pago total, según la proyección de rendimiento del predio, asegurando de esta forma que los trabajadores y dueños de predios no se comprometan con otros operadores. También de esta forma, ofrece un precio menor al de mercado, considerando el concepto de anticipo, logrando de esta forma un mayor margen de utilidad. *"Yo también tengo mi modelo y mantengo a mis mejores trabajadores y propietarios cautivos. Hay que cuidarlos.*"

La empresa Atlas Exportaciones tiene un monopolio con los otros contratistas, donde les exige exclusividad en las ventas, ofreciendo por esta deferencia un mejor precio, el cual fluctúa en los 700 a 800 $/kg de hoja seca de boldo puesto en la planta de Viña del Mar. Las empresas exportadoras también tienen sus riesgos y en ocasiones se quedan con grandes volúmenes sin vender, a pesar que las hojas deshidratadas de boldo bien guardadas en bodega conservan sus propiedades y es posible venderlo en la temporada siguiente. *"El dólar es otro factor de incertidumbre, a veces ganan bien y otras pierden".*

"Respecto del negocio de las exportaciones lo veo muy difícil para mí. Creo que cada uno tiene su rol en este negocio y para mi este rol es bueno. El pago es justo y el negocio es bueno. No conozco el uso final que se le da al boldo. Sé que se envía a Argentina, Colombia y otros países de la región, como hoja prensada y también molido".

2.3.2. Empresa Cosechadora de Boldo Región de O'Higgins, Comuna de Santa Cruz

- **El Recurso y su Manejo**

"*Cada vez aumenta más la competencia por cosechar hojas de boldo. En la región existen al menos unos 6 contratistas que trabajan el boldo, son más pequeños que nosotros, pero igual en forma conjunta son de importancia. El boldo se está agotando al igual que el quillay, el boldo en los campos rinde menos, plantar es muy necesario."*

Se requiere más fomento y desarrollar el negocio, buscar nuevos proveedores, trabajar en redes y abrir el mercado. Este negocio es muy cerrado y solo ganan unos pocos.

En promedio esta empresa cosecha y comercializa 200 mil a 300 mil kg de hoja seca de boldo por temporada, por lo mismo se requiere buscar nuevos negocios para otros productos del boldo como las ramas, biomasa y la corteza que comenzó a venderse nuevamente.

"La corta de la corteza y hoja de boldo se realiza siempre a través de planes de manejo, en general los individuos intervenidos de boldo se recuperan muy bien de la corta. El caso del quillay es diferente y se constata que en la región ya es difícil encontrar buenos bosques de esta especie. Incluso es necesario buscar nuevos campos para el sur."

Respecto del rol de CONAF, se visualiza el concepto de que los funcionarios buscan que *"cada vez se intervenga menos el bosque y se saquen menos productos"*, o *"mejorar cada día más los métodos de intervención sin inyectar recursos adicionales y endosando esos costos al contratista u operador".* pero cada oficina de CONAF tiene un criterio técnico distinto para un plan de manejo en un mismo predio (Pichilemu, San Fernando, Curicó y Talca). "*Los tiempos para resolver un plan de manejo son muy largos y utilizan el total de días dispuestos por ley (120 días) y muchas veces se pasa la temporada, siendo necesario concurrir a sus oficinas a suplicar para que se agilicen los procesos, aunque este año ha estado un poco más agilizado que la temporada anterior".*

- **El Negocio**

"El boldo es rentable pero los que se llevan la plata son los exportadores. Nosotros estamos muy perdidos con nuestra pyme". Este negocio requiere mucha especialización, cuesta encontrar mano de obra, los métodos de trabajo son muy informales y nuestra empresa mantiene el mismo patrón. No tenemos una personalidad jurídica, marca, logo, contabilidad, etc. y funcionamos intuitivamente y con mucha improvisación, a pesar de transar grandes volúmenes de dinero.

"Nuestra actividad cada día es más compleja, por la proliferación de competidores que, dentro de esta informalidad, muchas veces trabajan sin plan de manejo ofreciendo precios más elevados a los dueños de los predios y un salario superior a los trabajadores". Nos falta mucha información y profesionalizar nuestra actividad. Es necesario tener conocimiento de los predios que tienen disponibilidad de boldo. Cada año la búsqueda de predios es un poco improvisada, recorremos los territorios buscando a los propietarios. También visitamos los predios donde hemos trabajado años atrás, cuando estos bosques superan los 5 años desde la última intervención.

"*El negocio es bueno porque siempre existe demanda y el proceso productivo es muy simple: Una motosierra, un harnero, clasificadores y al saco*". Estos productos no tienen desarrollo

tecnológico ni utilizan maquinaria especializada, como ocurre en el rubro de la agricultura tradicional. Por lo tanto, genera mucho empleo al no estar mecanizada, aun así, la mano de obra igual fue un problema, pues existe mucha competencia de otros contratistas de boldo y quillay, y por las faenas de la actividad agrícola.

"*En promedio estamos cosechando 300 kg de hoja seca por hectárea. La temporada pasada se inició en enero y terminó el 15 de marzo y mantuvimos una masa crítica de 30 trabajadores, esta temporada no tuvimos más de 15 personas, con ellas nos damos vuelta el año, los 6 meses productivos que serían corteza, biomasa y hoja de boldo*".

El derecho a puerta se paga a 150 $/kg., sumado esto a los costos de mano de obra, traslados, insumos y campamentos, llegamos a un costo de 600 $/kg de hoja seca, en sacos puestos en el predio. Los trabajadores logran ingresos totales en la temporada de 2 millones de pesos (2,5 meses de trabajo). *Nuestra empresa recibe un margen promedio de 130 $/kg de hoja seca.*

Nuestro poder comprador es la empresa Aguamar, pero fue muy beneficioso que llegara la empresa BASF como poder comprador en quillay, porque mejoró el precio. Corteza de quillay y hoja de boldo son nuestro negocio central. Natural Response compra el árbol completo, no compra la corteza.

"Nosotros hacemos todo legal". "Esa es nuestra forma de trabajo, vinculándonos con CONAF y SAG a pesar de lo dificultoso que es. Pero necesitamos ayuda porque queremos crecer y llegar a exportar. También creemos que es necesario buscar nuevos negocios para los desechos que quedan en el campo, ramilla y biomasa de boldo, hojas de quillay y cascote de quillay".

"Es importante destacar que efectivamente los incendios forestales que hubo acá afectaron no tan solo a los propietarios con plantaciones de pino. Aquí sabemos que hubo una destrucción total y existen campos que no tienen absolutamente ni un árbol hoy día".

"En algún minuto pedimos que se pudiera resolver haciendo un tipo de plantación bonificable con árboles nativos para recuperar lo perdido, porque la gente no tiene los recursos para poder hacerlo solos."

2.3.3. Empresa Atlas Exportadora SA, Región de Valparaíso, Comuna de Viña del Mar

Atlas Exportadora SA, creada el año 1975, comercializa y exporta principalmente legumbres, hierbas medicinales y otros productos deshidratados provenientes de la actividad agrícola. En la actualidad es líder nacional y mundial en exportaciones de hojas de boldo, dando empleo a más de 50 personas. Adicionalmente exporta quillay, frutos de rosa mosqueta y hongos silvestres deshidratados, entre otros productos.

La empresa trabaja en base a proveedores e intermediarios, que se hacen responsables del proceso de manejo del recurso, cosecha, deshidratado y transporte. La fortaleza y posicionamiento de los productos elaborados por Atlas en base a boldo, se sustentan en complejos protocolos de calidad, desarrollados en base a la implementación de sistemas de clasificación y selección de materias primas.

El producto se comercializa en distintos formatos: Polvo pulverizado de boldo envasado en sacos de 25 kg (de 100 a 400 micrones), hoja entera harneada y prensada, corteza de boldo y mix de corte fino extra limpio, siendo este último producto, el más importante.



Figura N° 7
ÁREAS DE BOLDO BAJO MANEJO

- **El Proceso de Comercialización**

"Mi idea es mantener los precios, ya que estos subieron demasiado, no sé si habrá mucho palo blanco, y no creo que tenga que ver con los incendios ya que estos no afectaron a boldo que se quemó muy poco"

Durante la temporada 2016 la empresa compró 900 t de boldo deshidratado entre los meses de diciembre y marzo, pagando en promedio un precio de 750 $/kg de hojas secas de calidad puestas en la planta de Viña del Mar, además esta temporada se les sumo la corteza de boldo a 1.600 a 2.000 $/kg en planta también. Todo el boldo comprado proviene de bosques intervenidos con plan de manejo aprobado por CONAF, *"Se trabaja con empresas que tienen responsabilidad ambiental, estamos trabajando muy fuerte para que el boldo se trabaje legalmente".* El tema de la calidad es importante para la empresa, razón por la cual el precio de compra es superior al de la competencia, considerando las exigencias de calidad que se informan al operador/recolector. *"Nuestro gran proveedor es el Polo Valdés".*

"Nuestros productos son de calidad de exportación y cumplen con las exigencias de los mercados más demandantes, lo cual nos hace reconocidos a nivel mundial. Actualmente somos el principal exportador a nivel nacional de hojas de boldo secas gracias a la rigurosidad de cada uno de los procesos de nuestra línea de producción".

En la actualidad la empresa se abastece de 200 predios, concentrados entre las Regiones de Valparaíso y O'Higgins principalmente, llegando hasta la Región del Maule y límites de la del Bio Bio. Todo el proceso vinculado a la elaboración del plan de manejo, corta, secado y ensacado es ejecutado por el contratista. La mayor parte de los recolectores son conocidos en la zona y poseen una amplia experiencia en el rubro, conocen la normativa vigente y las técnicas de intervención de los bosques. Al margen de ello, existe un alto nivel de informalidad en los compromisos y procesos de cosecha y comercialización. Los recolectores no confían en sus pares, lo cual complica los procesos de asociatividad. Gracias a programas y proyectos de Difusión y Transferencia Tecnológica de INFOR y CONAF, los propietarios han logrado conocer los valores de mercado que pagan los exportadores, sin embargo, no logran romper la barrera de gestión y asociatividad, tomando la decisión de recibir un menor valor y entregar el bosque a un intermediario, recibiendo solo el pago por derecho a puerta.

"Este año compraré mucho menos que el año pasado ya que quedé con mucho stock, por lo tanto estoy bajando cantidades, este año pienso comprar entre 400 a 600 t".

2.3.4. Empresa Natural Response SA. Región de Valparaíso, Comuna de Quilpué

Natural Response SA es una empresa dedicada a la producción y comercialización de extractos naturales derivados de la especie nativa quillay (*Quillaja saponaria*) y tiene por finalidad desarrollar productos de alto valor agregado en base a materias primas nacionales (quillay, boldo, canelo, maqui, peumo, otras). Desarrollan procesos productivos y cadenas de abastecimiento de extractos naturales ricos en saponinas para diseñar a partir de ellos, en conjunto con Desert King Chile SA, soluciones innovadoras, resguardando la sostenibilidad de los recursos naturales, la calidad, inocuidad, seguridad y salud ocupacional de las personas, teniendo especial cuidado en no dañar la disponibilidad de estos recursos.

La empresa nace como resultado de varias iniciativas de investigación ejecutadas por la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile el año 1986, en torno al desarrollo de productos en base a saponina de quillay. Posteriormente, el año 1996 en alianza con la empresa Desert King Internacional se da inicio al proceso productivo y comercial de extractos de quillay, aplicando un innovador mecanismo de extracción de saponina, basado en la utilización de la totalidad de la biomasa de la especie, reemplazando el tradicional sistema donde se ocupaba solo la corteza. Esta innovación da un paso sustancial en la sostenibilidad del recurso forestal involucrado, mejorando los métodos de intervención de los bosques e incrementando la rentabilidad social y privada de quienes se vinculan a este importante recurso natural, mediante la generación de productos finales con un alto valor agregado.

Actualmente, Natural Response S.A. posee capacidades instaladas de alto impacto tecnológico y productivo, con una dotación de 180 empleados en su planta de procesos, sumado a más de 50 personas naturales o jurídicas, vinculadas a las tareas de cosecha y transporte. Adicionalmente, cuenta con una red estable de 100 propietarios de bosques, en convenio directo de manejo de sus bosques.

- **El Modelo de Negocio**

La empresa tiene un innovador modelo de gestión, trabajando un vínculo directo con el propietario del bosque, mediante un contrato que regula el compromiso de ambas partes y una

tarifa asegurada en pie que optimiza la rentabilidad, bajo criterios estrictos de sustentabilidad e intereses de ambas partes, con intervenciones silvícolas de bajo impacto. La empresa gestiona el proceso de extracción del producto, realiza los estudios técnicos (plan de manejo y cosecha), contrata y coordina empresas externas que realizan la cosecha y transporte del quillay a la planta, cumpliendo todas las normas técnicas, sociales y ambientales.

Las actividades productivas vinculadas a la cosecha de materias primas son ejecutadas bajo altos estándares de sostenibilidad, fundamentados en los principios y criterios del FSC (*Forest Stewardship Council*), y además un porcentaje de los productos es cosechado bajo Certificación Orgánica, normas chilenas, NOP y EU.

Natural Response desarrolla y promueve plantaciones de quillay consciente de que es uno de los caminos para el abastecimiento sostenido de materia prima. Para ello la empresa ha desarrollado y mantiene líneas de investigación enfocadas a los requerimientos agroecológicos del quillay como cultivo, logrando avanzar en su proceso de domesticación. Las plantaciones son desarrolladas a través de convenios de forestación con dueños de predios agroforestales, en donde se establece un vínculo de largo plazo con estos, para el abastecimiento futuro de materia prima. En base a este mecanismo, actualmente existen 350 ha plantadas, sumadas a una importante superficie destinada a labores de investigación y monitoreo para mejorar las técnicas de establecimiento e investigar las propiedades químicas de la especie, vinculadas al entorno, su genética y la saponina.

La innovación permanente vinculada a los recursos naturales, los procesos y los productos es sello de sustentabilidad que destaca en este emprendimiento, sumado a la política de hacer bien las cosas para perdurar en el tiempo.

Adicionalmente, cuenta con una línea de abastecimiento en base a empresas contratistas que realizan faenas de cosecha de biomasa y corteza de quillay en predios particulares monitoreadas por la empresa, y estas intervenciones deben estar sometidas a todos los procedimientos que estipula la normativa vigente.

Respecto a las proyecciones para este año, hay un 30% adicional de consumo, en base a las proyecciones de venta, *“nuestro promedio de crecimiento está en el orden del 8 al 10% y con esto se está cumpliendo”.* Los precios se mantienen estables salvo reajustes por IPC.

“El efecto de los incendios forestales no afectó la producción que teníamos programada para esta temporada, ya que de lo que se quemó hubo una parte importante que ya se había trabajado, sin embargo, a futuro puede generar alguna merma”.

2.3.5. Empresa Bosques del Norte SA. Región de Valparaíso, Comuna de Casablanca

Bosques del Norte SA nace el año 2011 ante la necesidad de generar una mayor gestión ambiental y forestal en la zona central del país, donde el bosque nativo es del tipo esclerófilo y mediterráneo, una formación escasa en el mundo, pero a la que localmente se le ha dado escaso valor y tiene un gran potencial.

“Las instituciones públicas que tienen relación con esta área tienen diversos objetivos. Algunas profundizan en la investigación, otras fomentan el desarrollo forestal y fiscalizan el cumplimiento de las normas, etc. Sin embargo, la diversidad de los desafíos es tan grande

y dinámica, que es imprescindible la colaboración para que se generen sinergias en pos del desarrollo sustentable.

"Una fortaleza de nuestra empresa, es la amplia red de contactos con los propietarios de predios de la zona, por lo que hemos concebido como propósito, colaborar con las instituciones públicas, de forma que las acciones concretas que responden a sus misiones corporativas lleguen a los propietarios de predios y a sus bosques, y juntos podamos impulsar desarrollos y proyectos sustentables en la zona central de Chile".

A noviembre del 2017, han logrado firmar Convenios de Colaboración Mutua con instituciones, tales como el Instituto Forestal (INFOR) y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), ambas perteneciente al Ministerio de Agricultura.

- **El Modelo de Negocio**

El modelo de negocio de Bosques del Norte contempla dos modalidades de trabajo; explotan directamente o compran en puerta. Los precios son 750 $/kg puesto en planta y 150 a 200 $/kg en puerta de hoja de boldo seca. El operario que realiza el plan de manejo y cosecha se lleva 450 $/kg más el costo que cobra por el transporte que sería de 50 $/kg.

La producción de quillay asciende a 400 t al mes (12 meses al año) y de hoja de boldo 100.000 a 120.000 kg por temporada. Los rendimientos en boldo son 300 a 500 kg/ha de hojas secas.

En quillay trabajan la biomasa total, no se cosecha solo la corteza dejando el árbol herido, se cosechan las varas a cortar y de ahí se obtiene la corteza. Los rendimientos son 111 kilos de corteza diarios por persona. *"Acabamos de sacar 4 mil kilos de corteza en 3 semanas entre 2 personas".* La biomasa rinde 6.000 kg/ha, *"se cosechó recién 30.000 kg con 3 personas por semana; 10.000 kg por persona a la semana de lunes a sábado"*

Respecto a la mano de obra*, "trabajamos con 20 a 30 personas que trabajan en boldo y quillay, en la temporada de boldo entra más gente*". En quillay se trabaja todo el año y boldo de diciembre a abril. Nada se trabaja sin plan de manejo, todo tiene que ir reglamentado. El Quillay se entrega a 3 empresas que compran hoy, Natural response, BASF y Chile Botanics, el boldo lo comercializan directamente con los clientes finales en el exterior.

3. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO BAJO NUEVOS ESCENARIOS DE INNOVACIÓN

En la zona de impacto del proyecto existe un total de 417.637 ha de bosque nativo con presencia de boldo como especie dominante o codominante, bosque que se encuentra altamente fragmentado y degradado, producto de extracción carente de criterios técnicos y en la mayoría de las veces sustraído al margen de regulaciones.

Los resultados esperados con una nueva iniciativa se traducirían en un cambio significativo en el modelo de negocio, transformando la industria, basada en un modelo de recolección de

materia prima proveniente de formaciones naturales, a un modelo de generación de materias primas mediante sistemas de plantaciones semiindustrializadas, dando con ello un giro sustancial hacia la sostenibilidad al lograr revertir la tendencia negativa de impacto medioambiental que hoy tiene el actual modelo de negocio.

Se espera de la innovación tecnológica, un modelo de plantación a pequeña escala con *boldo*, no extensivo, concentrado, con atributos de alta replicabilidad y nivel de tecnificación en la calidad de planta (con potencial genético superior) y los requerimientos de calidad de suelo, riego y fertilidad. Esta dimensión, permite una adopción rápida y eficaz por parte de pequeños y medianos productores rurales y empresarios silvoagrícolas.

La evaluación económica bajo nuevos escenarios innovativos considera intervenir en la zona central del país donde se encuentra la mayor proporción del recurso boldo en formaciones naturales, con énfasis en las regiones de Valparaíso y O'Higgins.

Para este territorio se evalúan tres escenarios productivos:

- Evaluación económica del actual modelo de intervención en formaciones naturales de boldo.

- Evaluación económica de un modelo de plantación forestal intensiva de boldo, incorporando aspectos de investigación, desarrollo e innovación.

- Evaluación económica de modelos de plantación de boldo de alta densidad y bajo invernadero, con la finalidad de obtener biomasa foliar de alta calidad.

Específicamente, se modifica el modelo productivo tradicional extractivo del pequeño productor incorporando sistemas alternativos de producción regulada, con propuestas técnicas vinculadas a productos de elevada y creciente demanda (hojas, productos activos, frutos), con tecnologías de alta apropiabilidad, adicionando estrategias y actividades concretas de gestión que permitan concretar y hacer viable una nueva estrategia de desarrollo productivo en el tiempo.

El análisis de escenario futuro plantea abordar dicho problema en forma integral, generando herramientas tecnológicas que contribuyan a una mejor medición y evaluación del recurso, perfeccionar los criterios de intervención y propiciar la generación de nuevas herramientas que apunten a perfeccionar las normas de manejo, su implementación y fiscalización.

4. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

4.1. Análisis de Rentabilidad de Cosecha de Hojas de Boldo en Formaciones Naturales

Se considera y evalúa en este análisis el modelo tradicional de cosecha y comercialización de hojas de boldo proveniente de formaciones naturales de bosque esclerófilo ubicadas entre las Regiones de Valparaíso y O'Higgins. El producto final evaluado considera la obtención de materia seca (MS hojas) de boldo en sacos puestos en plantas exportadoras ubicadas en la Comuna de Quilpué.

La cadena de producción se inicia con el acuerdo de pago por derecho de puerta al propietario, luego se elabora el plan de manejo, el cual una vez aprobado da inicio a la corta acorde con las prescripciones técnicas establecidas por CONAF. Las ramas y vástagos de individuos de boldo son cortadas y expuestas al sol, para luego realizar el proceso de deshojado, ensacado y acopio en predio o bodega. Finalmente, el proceso termina con el proceso de carguío y flete con destino final a las plantas de procesamiento y exportación.

Cuadro N° 2
VARIABLES FINANCIERAS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE HOJAS DE BOLDO

Variables	Unidad	Monto
Precio hojas secas puesto en planta San Antonio	$/kg	950
Precio hojas secas puesto en predio Región de O'Higgins	$/kg	750
Rendimiento medio cosecha hojas boldo materia seca	kg/ha	525
Costo derecho a puerta hojas secas	$/kg	175
Costo cosecha (en saco, puesta en el predio)	$/kg MS	400
Costo de transporte	$/kg MS	50
Ciclo de intervención (cortas sucesivas)	años	5
Bonificación Ley Nº 20,283 Bosque Nativo	UTM/ha	5
Valor UTM (09/2018)	$	47.920
Monto bonificable Clareo no Maderero	$	215.640
Pérdida de productividad (rendimiento) cada 5 años	%	10
Tasa de interés del capital	%	5
Horizonte de evaluación	años	30

La evaluación considera rendimientos y costos recopilados los años 2017 y 2018 en la Región de O'Higgins, mediante entrevistas semiestructuradas a propietarios y operadores forestales dedicados a la cosecha de este recurso. Se incorporan como ingresos, las bonificaciones estipuladas en la Ley 20.238 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal y se asume como horizonte de evaluación un periodo de 15 años, considerando explotaciones sucesivas cada 5 años, con pérdida de productividad entre cada intervención de un 10%, aspecto constatado en todas las entrevistas, respecto de la pérdida de rendimiento de los bosques, y observado por los operadores de boldo en los últimos 50 años.

Los indicadores económicos utilizados son el Valor Actual Neto (VAN) y el Valor Económico del Suelo (VES). Considerando la condición cíclica del proceso productivo cada 5 años, se incorpora como valor residual, el Valor Económico del Suelo calculado al año 15, para reflejar el valor actual de infinitas rotaciones.

El siguiente cuadro presenta los resultados obtenidos del análisis financiero para cinco escenarios, donde los dos primeros consideran la gestión directa del propietario del bosque en toda la cadena de producción, desde el bosque hasta la planta exportadora, con y sin incentivo de la ley 20.238.

El tercer y cuarto escenario evalúan la rentabilidad del operador forestal, con y sin incentivo de la ley 20.238, el cual ejecuta todo el proceso productivo y paga el derecho a puerta.

Por último, el quinto escenario presenta la rentabilidad del propietario del bosque, solo cuando recibe por concepto de explotación de su predio, el valor por derecho a puerta.

Cuadro N° 3
ANÁLISIS FINANCIERO PARA LOS CINCO ESCENARIOS

Escenario	VAN (5%)* ($/ha)	VES (5%)** ($/ha)	Horizonte (años)
1. Propietario con incentivo Ley 20.238	1.349.491	1.809.885	15
2. Propietario sin incentivo Ley 20.238	1.153.899	1.809.885	15
3. Operador con incentivo Ley 20.238	955.623	1.238.966	15
4. Operador sin incentivo Ley 20.238	789.908	1.238.966	15
5. Propietario derecho a puerta	371.648	582.927	15

* Valor Actual Neto año 15, considerndo valor residual de infinitas cosechas
** Valor Económico del Suelo rotaciones infinitas a partir de año 15

Los resultados obtenidos reflejan la significativa pérdida de rentabilidad del propietario del bosque al no poseer las capacidades de gestión para explotar y comercializar los productos de su propio predio, generando una pérdida neta de 977.843 y 782.252 $/ha para las condiciones con y sin incentivos que provee la Ley 20.238, respectivamente. El incentivo que paga el Estado, a través de dicha ley, no refleja diferencias significativas en la rentabilidad del negocio, sin embargo, en muchos casos se implementa con el objetivo de lograr generar intervenciones adicionales (Limpias posteriores, Cortas sanitarias y Clareo de Monte Bravo), aumentado de eta forma la posibilidad de lograr extraer mayor volumen de materia seca (hojas).

Valores equivalentes fueron descritos por Aguilera (2011), evaluando escenarios a tasas de interés de 10%, quien obtuvo Valores Actuales Netos cercanos al 50% de los de este estudio (tasa de interés equivalente a 5%), con valores de venta de materia seca puesta en planta de 400 $/kg, pero con rendimientos de productividad de bosques (1.000 kg MS/ha), muy por sobre la media observada en la actualidad, la cual no supera en promedio los 500 kg MS/ha.

Igual situación se observa en Valdebenito (2009), quien además evalúa la rentabilidad de una plantación obteniendo un VAN por sobre los 700.000 $/ha para una tasa de interés del 10%, horizonte de 30 años, cortas sucesivas cada 5 años y productividad al año 15 de 5,2 t de materia seca por hectárea.

Del análisis global del ejercicio económico de este negocio se desprende que es una actividad con bajos niveles de riego, no posee barreras de entrada al contemplar un bajo nivel de inversión y puede generar utilidades significativas, donde destaca el corto periodo de tiempo que implica el proceso productivo, el cual en promedio tarda de 1 a 2 días en cosechar 1 ha de boldo en base a una cuadrilla de 3 personas.

El negocio es rentable, pero presenta problemas relevantes de sostenibilidad, que comprometen el futuro de esta especie y de las formaciones naturales que la contienen. Se ha constatado en base a evidencia empírica que la productividad en kg/ha de materia seca disminuye en cada rotación (cosecha) y que un volumen importante del recurso se cosecha al margen de la ley sin plan de manejo.

Se han evidenciado problemas de manejo en los cuidados culturales pos cosecha (ramoneo de animales) y el precio internacional de la materia prima crece a tasas constantes, duplicando su valor en los últimos 10 años.

4.2. Análisis de Rentabilidad Plantaciones Futuras de Boldo

En este caso, se evalúa la factibilidad económica de implementar plantaciones forestales de boldo, con la finalidad de obtener biomasa a partir de la cosecha y deshidratación de sus hojas, bajo diferentes métodos de establecimiento, técnicas de manejo e inversión. La información de costos y rendimientos se desprende de los resultados preliminares obtenidos del proyecto "Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores", financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), y ejecutado por el Instituto Forestal INFOR.

Un primer escenario de evaluación considera un modelo intensivo de forestación a densidad completa de 2.500 *árb*/ha, espaciados a 2 m entre hileras y 2 m en la hilera. Dicho modelo considera la implementación de un sistema de riego por goteo, el cual opera en los 4 meses más secos del año. El horizonte de evaluación es de 30 años, se consideran cosechas sucesivas cada 5 años y una vida útil de la plantación de 60 años. El siguiente cuadro presenta los principales supuestos de evaluación.

Cuadro N° 4
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN PLANTACIONES DE BOLDO EN MODELO INTENSIVO

Variables	Unidad	Monto
Horizonte de evaluación	años	30,0
Precio hojas secas puesto en planta San Antonio	$/kg	950,0
Precio hojas secas puesto en predio región de O'Higgins	$/kg	750,0
Costo cosecha (en saco, puesta en el predio)	$/kg	100,0
Costo de transporte	$/kg	50,0
Ciclo de intervención (cortas sucesivas)	años	5,0
Densidad de plantación (2 x 2 m)	plantas/ha	2.500,0
Costo de plantación	$/ha	1.000.000,0
Vida útil plantación	años	60,0
Costo sistema de riego	Unidad	1.200.000,0
Proyección de productividad al año 15	tMS/ha	1,6
Proyección de productividad al año 30	tMS/ha	5,0
Tasa de interés del capital	%	5,0

El segundo escenario de evaluación está orientado al sector objetivo de pequeños propietarios y considera el establecimiento de una plantación de alta densidad bajo invernadero, con sistema de riego por goteo. La inversión inicial contempla la construcción de un invernadero de 200 m^2, sistema de riego por gravedad y el establecimiento de 2000 plantas a una densidad de 0,3 x 0,3 m, manejadas como setos productores de biomasa foliar, los cuales se intervienen cada 5 años. El horizonte de evaluación es de 30 años, se consideran cosechas sucesivas cada 5 años y una vida útil de la plantación de 60 años. El siguiente cuadro presenta los principales supuestos de evaluación.

Cuadro N° 5
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN PLANTACIONES DE BOLDO MODELO PLANTACIÓN ALTA DENSIDAD BAJO INVERNADERO

Variables	Unidad	Monto
Horizonte de evaluación	años	30,0
Precio hojas secas puesto en planta San Antonio	$/kg	950,0
Precio hojas secas puesto en predio región de O'Higgins	$/kg	750,0
Costo cosecha (en saco, puesta en el predio)	$/kg	100,0
Costo de transporte	$/kg	50,0
Ciclo de intervención (cortas sucesivas)	años	5,0
Densidad de plantación (0,3 x 0,3 m)	pl/200 m^2	2.000,0
Costo de plantación	$/200 m^2	400.000,0
Vida útil plantación	años	60,0
Costo sistema de riego	Unidad	350.000,0
Costo invernadero 200 m^2	Unidad	800.000,0
Proyección de productividad al año 15	tMS/ha	1,3
Proyección de productividad al año 30	tMS/ha	2,0
Tasa de interés del capital	%	5,0

En el Cuadro N° 6 se presentan los resultados obtenidos para ambos sistemas productivos en evaluación, considerando un escenario altamente probable de incremento en el precio del kilo de hoja seca de boldo de un 20%.

El valor actual neto calculado a una tasa de interés del 5%, para ambos sistemas productivos entrega retornos conservadores y claramente inferiores a los observados en sistemas productivos de cosecha de hojas en formaciones naturales.

Los factores de mayor relevancia que explican esta diferencia son el nivel de las inversiones iniciales y la necesidad de implementar sistemas de riego, aspecto esencial para lograr viabilidad en el crecimiento de boldo bajo sistemas de domesticación.

Cuadro N° 6
PARÁMETROS E INDICADORES DE RENTABILIDAD PARA PLANTACIONES DE BOLDO EN MODALIDAD INTENSIVA Y DE ALTA DENSIDAD BAJO INVERNADERO

Escenario	VAN (5%) ($/ha)	VES (5%) ($/ha)	TIR (%)	Horizonte (años)
Plantación Intensiva				
1. 2.500 pl/ha	4.236.403	6.644.776	9,3	30
2. 2.500 pl/ha 20% incremento precio	5.296.974	8.308.276	10,2	30
	($/200 m²)	($/200 m²)	(%)	Años
Invernadero Plantación Alta Densidad				
3. 2.000 pl/200m²	781.366	1.225.569	6,8	30
4. 2.000 pl/200m² 20% incremento precio	1.401.015	2.197.485	8,1	30

Los resultados están determinados principalmente por las proyecciones de productividad de las plantaciones, las cuales son conservadoras considerando que dicha información emana de los estudios iniciales que desarrolla el presente proyecto, donde los ensayos establecidos no superan los tres años de vida. Destaca en ambos modelos productivos, la sensibilidad positiva que manifiestan los indicadores frente a variaciones de precios, siendo un escenario altamente probable, frente a la proyección de creciente demanda, el crecimiento exponencial del precio internacional en los últimos años y la manifiesta caída de productividad de las formaciones naturales de boldo, sumado a la progresiva disminución del recurso producto de la expansión de la frontera agrícola o urbana y por efectos de los incendios forestales.

Si bien la rentabilidad observada en los modelos productivos basados en plantaciones es inferior al obtenido en cosecha de bosques naturales (ver párrafo bajo Cuadro N° 5), el impacto que genera la inversión inicial es significativa, siendo necesario considerar un largo periodo de tiempo para recuperar el capital invertido, situación que no ocurre en los bosques naturales, donde la materia prima no requiere tiempo ni recursos de formación.

Los indicadores de rentabilidad, son altamente sensibles al incremento de precio del producto evaluado, siendo ello un factor interesante de analizar, frente a nueva tendencia del mercado mundial de productos derivados de boldo y de avances científicos y tecnológicos que generen demandas incrementales, en un escenario futuro de clara contracción de la oferta de materias primas.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los análisis de rentabilidad ratifican la tendencia observada en los antecedentes aportados por el proyecto, frente a la hipótesis de evidente riesgo de sostenibilidad que posee el actual modelo de intervención al cual están sometidas las formaciones naturales de boldo, el cual posee un carácter extractivo de alta rentabilidad, donde en la mayoría de los casos no se consideran acciones tendientes a manejar las masas boscosas post intervención, internalizar costos de manejo de pre y post cosecha e incorporar asesoría técnica especializada.

Adicionalmente, se ha constatado que existen cortas efectuadas al margen de la normativa vigente, lo que se suma al efecto de factores externos como el fenómeno del cambio climático, los incendios forestales y la expansión de las fronteras agrícolas y urbanas.

Al observar los indicadores de rentabilidad del actual modelo de intervención en formaciones naturales (VAN 5% = $1.349.491) en comparación con el obtenido en el escenario de plantaciones de boldo bajo técnicas de silvicultura intensivas (VAN 5% = $ 4.236.403), es posible apreciar que las diferencias económicas son importantes, sin embargo, para que dicho cambio tecnológico ocurra se requiere avanzar en aspectos de relevancia, que se relacionan con:

Consolidar el paquete tecnológico de plantaciones de boldo, el cual está en etapas preliminares, existiendo incertidumbre respecto de la proyección de rendimientos futuros.

Acortar el periodo de retorno del capital invertido.

Internalizar los costos ocultos del actual modelo de cosecha en formaciones naturales, generando un nuevo punto de equilibrio donde el nuevo precio permite mejoras significativas de rentabilidad de las plantaciones de boldo.

La opción de cultivar boldo en espacios reducidos, a alta densidad y bajo ambientes controlados en invernaderos, es una actividad rentable para pequeños propietarios que hoy no cuentan con dicho recurso, considerando además los apoyos que entregan instituciones como INDAP para generar infraestructura y asesoría técnica. Los resultados de productividad obtenidos en el proyecto, demuestran que con pequeñas inversiones es posible generar disponibilidad de materia prima permanente, con bajos niveles de utilización de insumos y mano de obra. Dicho recurso, por las condiciones de cuidado e inocuidad puede aspirar a capturar mercados de nicho más exigentes, orientados a la industria química y farmacéutica, mejorando sustancialmente la rentabilidad del negocio, bajo este formato.

El precio internacional de las hojas secas de boldo se ha duplicado en los últimos 10 años, pasando de 955 US$/t en el año 2007 a 2.164 US$/t en el año 2017 y los volúmenes exportados crecieron de 1.856 t el año 2007 a 2.637 t el año 2016, con una caída a 2.256 t el año 2017, producto de los incendios forestales que afectaron las zonas productoras de boldo.

Si bien los resultados obtenidos en este estudio, no son lo suficientemente atractivos en la actualidad para motivar la inversión privada, la evolución del mercado de productos derivados de boldo proyecta crecimientos significativos para el futuro, sumado a una proyección acelerada de disminución de oferta de materia primas provenientes de las formaciones naturales, como lo observado el año 2017, producto de los incendios forestales. Ambos escenarios, dan garantías que los parámetros relevantes del negocio vinculado a plantaciones forestales de boldo serán promisorios en el futuro, con altas rentabilidades privadas.

Finalmente, se ratifica la estrategia de domesticación en el rubro de los PFNM como mecanismos de sostenibilidad respecto de los recursos que provienen de las formaciones naturales, cuando los procesos económicos escalan productivamente, impulsados por fenómenos de alta demanda de materias primas, dando de esta manera sostenibilidad futura a procesos productivos que generan impactos positivos significativos en los territorios.

Esta estrategia de domesticación en PFNM no es excluyente con las opciones productivas que existen o puedan existir, que generan o generen PFNM provenientes de formaciones boscosas o ecosistemas boscosos naturales, en base a demandas específicas de productos naturales u orgánicos que responden a mercados altamente especializados o de nicho. En función de ello, es necesario seguir desarrollando investigación y transferir conocimientos, que permitan manejar y mejorar la generación de PFNM en formaciones naturales y desarrollar métodos de colecta con criterios de sostenibilidad, como en el caso de boldo.

Plantar boldo hoy será un excelente negocio en el futuro. Existe evidencia emp*írica de la caída sistemática de los rendimientos en las formaciones naturales de* boldo, la superficie del recurso natural de boldo disminuye, los rendimientos en plantaciones de boldo serán superiores y la demanda internacional de materias primas, en volumen y precios, crece a tasas del 7% y 10%, respectivamente.

6. REFERENCIAS

Aguilera, M., 2011. Análisis de Rentabilidad del Negocio de Hojas de Boldo. En: Benedetti, S. y Barros, S. (Eds), 2011. Boldo: Rescate de un patrimonio forestal chileno. Manejo sustentable y valorización de sus productos. Instituto Forestal. Chile. 235 p.

Benedetti, S. y Gonzalez, M., 2011. Productos y procesos de boldo. En: Benedetti, S. y Barros, S. (Eds), 2011. Boldo: Rescate de un patrimonio forestal chileno. Manejo sustentable y valorización de sus productos. Instituto Forestal, Santiago, Chile. 235 p.

Durán, L., 2005. Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en un bosque esclerófilo de la comuna de María Pinto, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 65 p.

Espic, M., 2007. Evaluación de la producción de biomasa aérea y del rendimiento en aceite esencial y boldina, de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en la Comuna de Papudo, V Región. 33 p.

Hoffman, A., 1981. Seasonal growth rhythms in *Peumus boldus*, a dioecious tree of the Chilean Mediterranean vegetation. Acta Oecológica/Oecológica Plantarum 2 (16): 31-39.

INFOR, 2018. Portal Estadísticas Forestales INFOR. Consulta en línea. [Consultado 09-2018] Disponible en: https://wef.infor.cl/consultas_linea/consultaenlinea.php?opcion=2&subopcion=1

Montecinos, V., 2001. Influencia del hábito de crecimiento de boldo (*Peumus boldus* Mol.) sobre la producción de fitomasa foliar. Tesis Ingeniería forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 78 p.

Roach, F., 2001. Análisis prospectivo del mercado de hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.) y sus posibilidades de desarrollo. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 87 p.

Sfeir, J., 1990. Evaluación de la Fitomasa y Metabolitos de Interés Comercial en boldo (*Peumus boldus* Mol.), Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y Eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) en la VII Región.

Vogel, H. y Berti, M., 2003. Cómo producir y procesar plantas medicinales y aromáticas de calidad. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

Valdebenito, G., 2009. Evaluación económica del negocio vinculado a las hojas de boldo. Análisis de rentabilidad bajo distintos escenarios: Estudio Preliminar. 17 p. En línea. [Consultado 09-2018]. Disponible en: http://www.gestionforestal.cl/boldo/publicaciones/evaluacion_economica_hojas_boldo.pdfb

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



INFOR