

Volumen 26 N° 1
Abril 2020

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

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL



**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**



VOLUMEN 26 N° 1

**CIENCIA E
INVESTIGACION
FORESTAL**

Abril 2020

**INSTITUTO FORESTAL
CHILE**

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

Director	Fernando Raga	INFOR	Chile
Editor	Santiago Barros	INFOR - IUFRO	Chile
Consejo Editor	Santiago Barros	INFOR - IUFRO	Chile
	Braulio Gutiérrez	INFOR	Chile
	Juan Carlos Pinilla	INFOR - IUFRO	Chile
	Marlene González	INFOR - IUFRO	Chile
Comité Editor	Mónica Gabay	MAYDS - IUFRO	Argentina
	Leonardo Gallo	INTA	Argentina
	José Bava	CIEFAP	Argentina
	Heinrich Schmutzenhofer		Austria
	Marcos Drumond	EMBRAPA	Brasil
	Sebastiao Machado	UFPR	Brasil
	Sergio Donoso	UCH	Chile
	José Antonio Prado	CONAF	Chile
	Glenn Galloway	CATIE	Costa Rica
	Carla Cárdenas	MA - IUFRO	Ecuador
	Isabel Cañelas	INIA - IUFRO	España
	Ignacio Díaz Maroto	USC	España
	Markku Kanninen	CIFOR	Indonesia
	Concepción Luján	UACH	México
	Oscar Aguirre	UANL	México
	Margarida Tomé	UTL - IUFRO	Portugal
Zohra Bennadji	INIA - IUFRO	Uruguay	
Florencia Montagnini	UYALE - IUFRO	USA	
John Parrotta	USDAFS - IUFRO	USA	
Oswaldo Encinas	ULA - IUFRO	Venezuela	

Dirección Instituto Forestal
 Sucre 2397 - Casilla 3085. Santiago. Chile
 Fono 56 223667115
 E-Mail sbarros@infor.cl
www.infor.cl/index.php/revista-cifor

La Revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas, estas no reflejan necesariamente la posición de INFOR en las distintas materias.

Se autoriza la reproducción parcial del contenido de esta publicación siempre que se cite como fuente Ciencia e Investigación Forestal, INFOR, Chile

EFFECTO DEL USO DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO (OCAS) EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN LA RESPUESTA EN CRECIMIENTO DE PLANTAS AGROFORESTALES EN SECANO. REGIÓN DE COQUIMBO

Hernández, José¹; Gacitúa, Sandra¹; González, Marlene¹;
Silva, Sergio¹; Toro, Jorge² y, Montenegro Jaime¹.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del uso de Obras de Conservación de Agua y Suelo (OCAS) en las propiedades físico-químicas e hídricas del suelo y su relación con el crecimiento y sobrevivencia de plantas agroforestales en zonas de secano de la región de Coquimbo, se estudió el crecimiento y sobrevivencia de plantas establecidas dentro de sectores con aplicación de OCAS y en sectores que no recibieron estas obras de conservación.

Se realizaron mediciones de crecimiento en altura ($\pm 0,1$ cm), diámetro ($\pm 0,1$ mm) y Supervivencia de las plantas (%) cada 3 meses, durante 17 meses, y se registraron propiedades físico – químicas e hídricas de los suelos. Las OCAS mostraron un efecto significativo en las variables mencionadas y también en las propiedades físicas e hídricas del suelo, reduciendo la densidad aparente independiente de la profundidad del suelo y mejorando los parámetros hídricos relacionados con la capacidad de retención de agua y la sobrevivencia de las plantas.

Palabras clave: Conservación de Suelos y Agua, Agroforestería, Zonas de Secano

SUMMARY

In order to evaluate the water and soils conservation practices effect on the physical, chemical and hydrological soil properties, and its relationship to the growth and survival of seedlings planted in agroforestry systems in the dryland zone of the Coquimbo region, experimental plantations were studied under these practices and without soil treatments as a control.

Plant responses in height (cm) and diameter (mm) growth, and survival average, were evaluated in 3 months periods during 17 months and soil physical, chemical and hydric properties were registered. The conservation practices showed a significative effect on the mentioned variables and also on the soil properties, reducing the apparent density, independently of soil depth, and improving the hydrological parameters related to water retention capacity and plants survival.

Key words: Soils and Water Conservation, Agroforestry, Dryland Zones

¹ Investigadores, Instituto Forestal, Chile. sgacitua@infor.cl

² Profesor Área Agroindustrial, Ingeniería Agrícola. INACAP, Sede Temuco.

INTRODUCCIÓN

En la zona norte de Chile, en particular en el secano de la región de Coquimbo, es necesario desarrollar una agricultura sustentable, dado que la actividad silvoagropecuaria depende principalmente de los niveles de precipitación. Este factor es la principal limitante climática y está caracterizada por presentar una fuerte estacionalidad, con precipitaciones concentradas en la época invernal y con recurrentes y prolongados períodos de sequía, situación que se ha visto agudizada por el cambio climático.

La agricultura de secano es desarrollada principalmente por pequeños propietarios campesinos y comunidades agrícolas, que en base al trabajo familiar generan distintos productos, siendo la ganadería la principal fuente de ingresos, complementada con algunos cultivos de cereales como trigo y cebada. Sin embargo, la productividad de sus unidades prediales ha disminuido gradualmente debido a una significativa pérdida de suelo causada por la aplicación de malas prácticas silvoagropecuarias.

En este contexto, el Instituto Forestal está desarrollado exitosamente diversos programas y proyectos asociados a la aplicación de tecnologías que permiten aprovechar al máximo la escorrentía superficial de las aguas lluvia, concentrando su disponibilidad en diferentes tipos de obras de conservación de agua y suelos (OCAS), con el propósito de mejorar su infiltración, evitar la erosión y aumentar la productividad en algunos sectores con especies forrajeras y madereras (Perret *et al.*, 2011).

A la fecha, no existen antecedentes técnicos sobre efecto del uso de las OCAS en las propiedades del suelo, factor abiótico importante en la gestión de los ecosistemas. Un manejo adecuado de este recurso permitiría, que las formaciones vegetales naturales prosperen y los cultivos obtengan los nutrientes y la humedad necesaria para su completo desarrollo.

OBJETIVOS

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del uso de Obras de Conservación de Agua y Suelo (OCAS) sobre las propiedades físico-químicas e hídricas del suelo y su relación con crecimiento y supervivencia de plantas agroforestales en zonas de secano de la región de Coquimbo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Unidad de Estudio

El estudio se estableció al sur de la región de Coquimbo, provincia de Choapa, comuna de Canela, en un sector correspondiente a la Comunidad Agrícola Carquindaño (Figura N° 1).

Los suelos de la comuna de Canela se encuentran entre los más antiguos del país, debido a lo cual la acumulación de arcillas que se observa en el perfil adquiere gran importancia, llegando a constituir duripanes que limitan la penetración de las raíces.

Además de esta condición general de baja productividad natural, la topografía dominante agrega riesgos de erosión y alteraciones locales a los patrones imperantes en el orden regional (CIREN, 2012).

Los suelos de la comuna en su mayoría son de clase IV, VI, VII y VIII, solo en algunos sectores cercanos a los drenes importantes del sistema hídrico como el río Choapa, quebrada de Atelcura, estero Millahue y estero Canela, se localizan en forma muy reducida suelos con mayor capacidad de uso, que en todo caso no superan la clase IIIs (GORE Coquimbo, 2016).

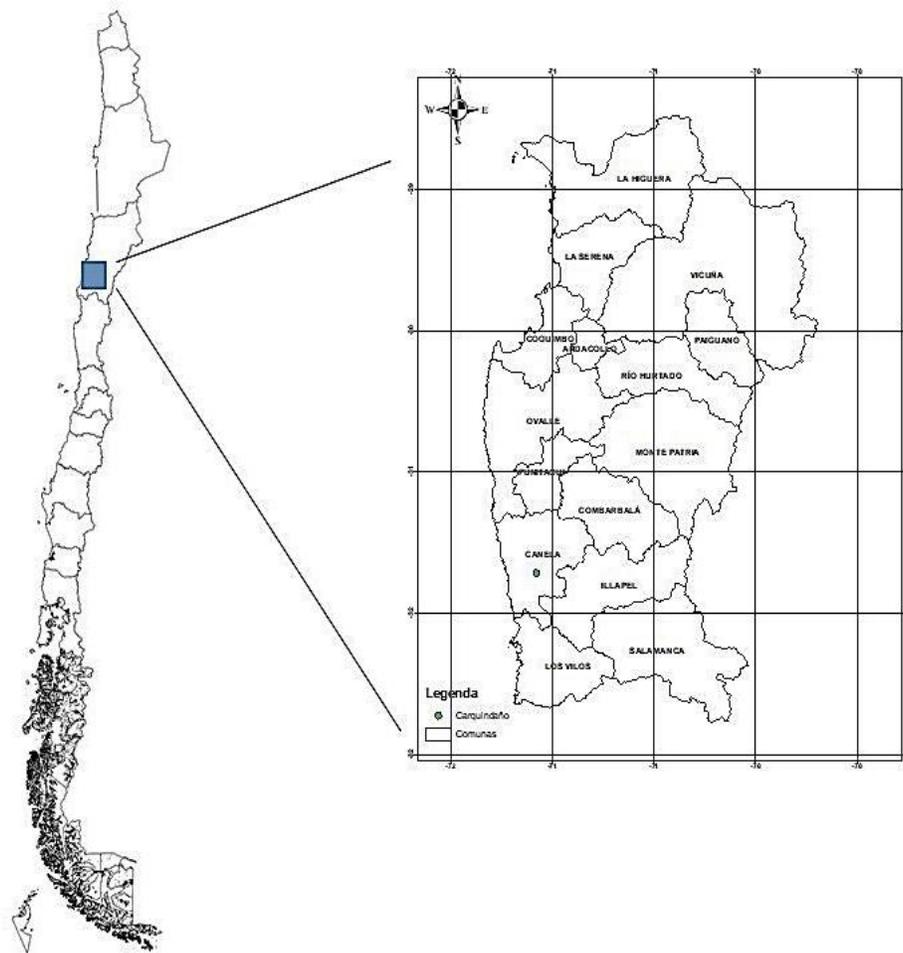


Figura N° 1
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO DE ESTUDIO
(COMUNIDAD AGRÍCOLA CARQUINDAÑO)

La erosión se presenta en la mayor parte de los suelos de la comuna, generando la pérdida de material orgánico en su estructura superficial, todo esto como resultado en gran medida del mal manejo dado por el sobrepastoreo, la extracción de leña, la aradura de suelos en pendientes y el monocultivo de cereales.

Todos estos factores inciden en la degradación del recurso, ya que quedan potencialmente expuestos a los efectos de la lluvia y escurrimiento superficial (GORE Coquimbo, 2016).

En julio del 2017 se seleccionó un área de una superficie aproximada de 1,0 ha donde se diseñaron y construyeron diferentes obras de conservación de agua y suelo (OCAS), entre ellas surcos en media luna, zanjias de infiltración y limanes (Figura N° 2).

En estas obras se forestó con diferentes especies vegetales seleccionadas mediante la colaboración de los integrantes de la Comunidad a través de encuestas y consultas (Figura N° 3).



Figura N° 2
DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA- SUELO



A. Área de estudio. B. Día de campo con integrantes de las Comunidad.
 C.Trabajo directo con la Comunidad Agrícola. D.Surco en media luna.
 E. Zanja de Infiltración. F. Liman

Figura N° 3
ACTIVIDADES CON LA COMUNIDAD AGRÍCOLA DE CARQUINDAÑO

En la unidad de estudio se registraron variables ambientales y de suelo, como humedad relativa (%), temperatura ambiental (°C), precipitación (mm), radiación PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$), humedad (m^3/m^3) y temperatura del suelo (°C).

Estas variables fueron registradas mediante el uso de sensores marca DECAGON conectados a un *logger* de la misma marca. Para la variable humedad del suelo los sensores fueron instalados a 60 cm de profundidad del suelo (Figura N° 4).



Figura N°4
INSTALACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Tipos de OCAS y Especies Vegetales Usadas

En cada OCA construida se establecieron diversas especies agroforestales, tales como *Portieria chilensis* I. M. Johnst. (Guayacán), *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz Emend. Burkart var. Chilensis (Algarrobo), *Cordia decandra* Hooker et Arn. (Carbonillo), *Senna candolleana* (Vogel) Irw. & Barn (Quebracho chileno), *Acacia caven* (Mol.) Mol (Espino), *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. (Acacia azul), *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. (Tara), *Schinus molle* var. *Areira* (L) (Molle), *Ficus carica* L. (Higuera) y *Olea europea* L. (Olivo) (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
TIPO, NÚMERO DE OCAS INSTALADAS Y PLANTAS ESTABLECIDAS

Tipo Ocas	Ocas (N°)	Plantas (N°)
Surco en media luna	30	37
Zanja de infiltración	31	35
Liman	2	8
Sin OCAS	0	31
Total	63	111

Diseño Experimental

- Altura, Diámetro y Supervivencia de las Plantas

Cada tres meses, durante 17 meses (30 de octubre del 2018 hasta el 30 de marzo del 2020), fueron realizadas mediciones de crecimiento en altura ($\pm 0,1$ cm), diámetro de cuello ($\pm 0,1$ mm) y supervivencia (%).

Las diferencias entre obras (surco en media luna, zanja de infiltración y liman) se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANDEVA). El análisis se realizó por obra y no se consideró la especie utilizada (Cuadro N° 1).

La homogeneidad de varianza fue evaluada mediante la prueba de Levene ($P < 0,05$). El supuesto de normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks ($P < 0,05$). Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey, con un 95 % de confianza.

- **Análisis Químico, Físico de Suelos (Densidad Aparente) e Hídrico (Curva de Retención de Humedad).**

Corresponde a un diseño completamente aleatorio con tres repeticiones, considerando como factor las OCAS (con Ocas y sin OCAS) y la profundidad de suelo (0-20 y 20-40 cm). La unidad muestral está compuesta por una muestra de suelo de 200 g para la realización de los análisis químicos, repetida 3 veces.

Las muestras con y sin OCAS fueron colectadas en el año 2019, y secadas a 65 °C hasta llegar a peso constante. Para el análisis de nitrógeno se utilizó un analizador de nitrógeno y carbono NC 2100 (NC 2100 Soil, CE Instruments Ltd., Hindley Green, Wigan, UK), y en el caso de fósforo con espectrómetro UV/VIS (marca Perkin). Para el potasio y el magnesio se realizó una digestión en ácido nítrico mediante el método descrito por Jones y Case (1990) y las concentraciones de determinaron mediante un espectrómetro de emisión atómica (marca Perkin).

El carbono se registró mediante IRMS (espectrómetros de masas de relaciones isotópicas) de marca Sercon. La determinación de materia orgánica en el suelo fue realizada mediante el método de pérdida de peso por ignición WLOI (*Weight-Loss-On-Ignition*), (Magdoff, 1995). Para ello, una alícuota de 10 g de suelo ($\pm 0,01$ g) fue secada por 24 horas en horno a 105 °C para obtener el peso seco del suelo ($\pm 0,01$ g).

Posteriormente, las muestras fueron calcinadas en una mufla a 450 °C por 24 horas y pesadas ($\pm 0,01$ g) para obtener el peso calcinado. Previo al pesaje, se permitió que las muestras alcanzaran temperatura ambiente en un desecador. Se realizó un replica cada 10 muestras como medida de control del procedimiento. El contenido de materia orgánica (MO %) se determinó utilizando la fórmula:

$$MO(\%) = \frac{PSS - PSC}{PSS} * 100$$

Dónde: PSS: Peso seco del suelo (g)
PSC: Peso calcinado del suelo (g)

La densidad aparente (D_a) se determinó mediante muestras por unidad experimental a profundidades de 0 a 20 cm y 20 a 40 cm, tomadas con un barreno para muestreo de D_a con cilindros de 5 cm de diámetro.

Determinando el volumen de cada cilindro midiendo el diámetro y el alto de cada cilindro ($\pm 0,01$ mm) y el peso seco del suelo ($\pm 0,1$ g), la D_a se estimó mediante la fórmula:

$$Da = \frac{PSS}{VC}$$

Dónde: PSS: Peso seco del suelo (g)
Vc: Volumen del cilindro (cm³)

Los análisis de curva de retención de humedad (punto de marchitez permanente y capacidad de campo) se realizaron según la metodología descrita por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2004).

Al final del período fueron realizados análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar el efecto de las OCAS en crecimiento en altura (cm) y diámetro de cuello (mm), en la supervivencia (%), en el de punto marchites permanente, en la capacidad de campo y en los macronutrientes del suelo.

La homogeneidad de varianza fue evaluada mediante la prueba de Levene ($P < 0,05$). El supuesto de normalidad de los residuos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks ($P < 0,05$).

Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple Tukey, con un 95 % de confianza.

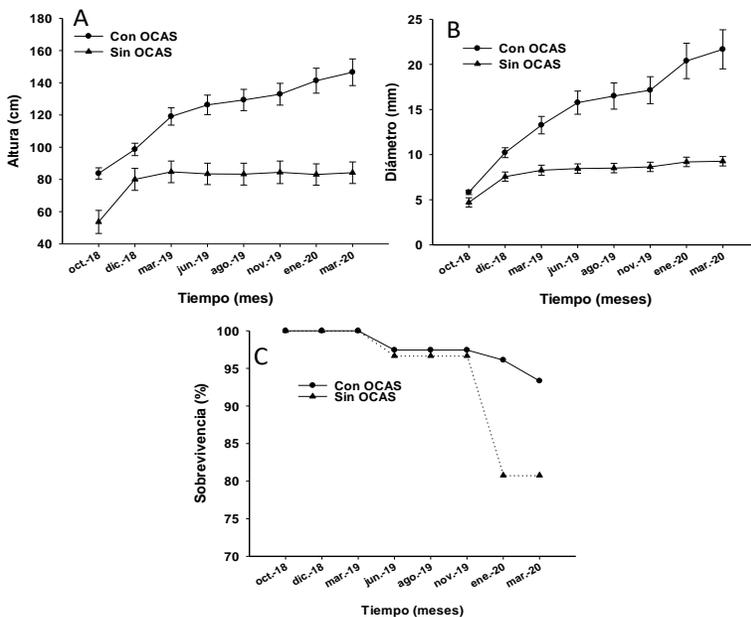
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de las OCAS en el Crecimiento y Supervivencia de las Plantas

Las variables crecimiento en altura (cm), en diámetro (mm) y la supervivencia (%) de las plantas durante el periodo de evaluación (17 meses) se incrementaron significativamente (ANDEVA, $P \leq 0.001$) en las OCAS, variando desde 84 cm 9,2 mm y 81 % en plantas no establecidas en OCAS hasta 146 cm, 21,6 mm y 93 % en plantas establecidas en OCAS; un aumento de un 73%, 134 % y 14 % en el crecimiento altura, diámetro y sobrevivencia de las plantas, respectivamente (Figura N° 5).

Considerando el escenario edafoclimático existente, los resultados evidencian que los tratamientos utilizados en sectores intervenidos con OCAS generan un efecto significativo en la supervivencia (%) y en los crecimientos en diámetro (mm) y altura (cm), al ser comparados con aquellos sectores donde se realizó una plantación tradicional en casilla, es decir, sin OCAS (Figura N° 5).

El crecimiento de las plantas muestra una relación directa con las OCAS, reflejando la alta sensibilidad de las plantas a los posibles aumentos de contenido de humedad del suelo producto de estas obras.



- A. Efecto de las Ocas en el Crecimiento en Altura (cm)
- B. Efecto de las Ocas en el Crecimiento del Diámetro a la Altura de Cuello (mm)
- C. Efecto de las Ocas en la Supervivencia de las Plantas (%)

Figura N° 5
EFFECTO DE LAS OCAS EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LAS PLANTAS

Investigaciones realizadas en la microcuenca del estero Barroso, en la región del Bio Bio arrojaron resultados similares a los obtenidos en este estudio, donde el contenido de humedad es superior en las situaciones donde se realizaron obras de conservación de aguas y suelo. A una profundidad de 15 cm, el contenido de humedad del suelo obtenido para las zanjas de infiltración y subsolado se incrementó en un 41% y 37%, respectivamente, al compararlos con áreas sin intervención (Pizarro y Saavedra, 1999).

Este incremento de la humedad tuvo un efecto significativo de las obras implementadas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de *Pinus radiata*, el diámetro basal promedio y la altura de los árboles fue superior en el sector con zanjas en un 50% y un 64%, respectivamente (Pizarro y Saavedra, 1999). El patrón descrito por Pizarro y Saavedra (1999) fue reforzado por un estudio de Pérez (2001), quien documenta un incremento de 61% en la situación con zanjas de infiltración respecto a zona no intervenida.

Los resultados del presente estudio siguen el patrón descrito para el pino, y de esta manera refuerza la factibilidad técnica y los beneficios asociados al uso de estas obras para desarrollar y diversificar la productividad mediante modelos agroforestales.

Desde esta perspectiva, las OCAS son una estrategia que permite recuperar la capacidad productiva de los suelos altamente erosionados, permitiendo la oasisificación agroforestal de las zonas del secano de la región de Coquimbo, rescatando a su vez especies patrimoniales valiosas, con fines multipropósito (*Portieria chilensis*, *Cordia decandra*, *Prosopis chilensis*, *Senna Candolleana*, *Acacia caven*, *Acacia saligna*, *Caesalpinia spinosa* y *Schinus latifolius*, *Ficus Carica* y *Olea europea*).

Lo anterior, es de la mayor importancia considerando que, a nivel nacional, la Región de Coquimbo es una de las más afectadas por la desertificación y erosión de sus suelos (CIREN, 2012) siendo directamente afectados las comunidades agrícolas y pequeños agricultores quienes desarrollan y viven de la agricultura a familiar campesina en esta parte del país.

Por tanto, tras este estudio esta situación puede reconvertirse masificando, fomentando y fortaleciendo el capital productivo y social a través del uso de las OCAS y la Agroforestería, herramientas tecnológicas de Adaptación al cambio climático en zonas de secano para la región de Coquimbo.

Efecto de las OCAS en las Propiedades del Suelo y su Relación con Variables Climáticas

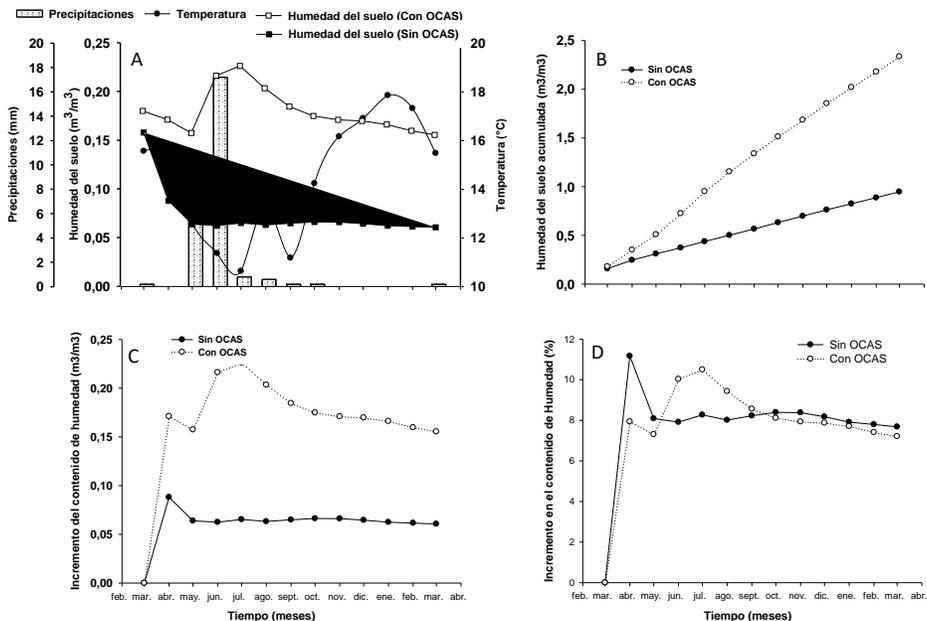
- Propiedades Hídricas del Suelo

Las variables edafoclimáticas evaluadas en el sector de estudio; temperatura ambiental, precipitación y humedad del suelo, presentaron fluctuaciones que inciden directamente en la disponibilidad del recurso hídrico en el suelo. En el año 2019, entre los meses de mayo y junio, se registraron las mayores precipitaciones (23,4 mm) y las menores temperaturas (2,6°C), con ello el mayor contenido de humedad en el suelo se registró en las OCAS en julio de 2019 (0,22 m³/m³), valor que disminuye a una tasa mensual promedio de 0,017 m³/m³, llegando a marzo de 2020 a un valor de 0,15 m³/m³ (Figura N° 6A).

La humedad en el suelo presentó un patrón de desarrollo correspondiente a una curva lineal en el tiempo. La asíntota superior alcanzada para la humedad fue de 2,3 y 0,94 m³/m³ para OCAS y Sin OCAS, respectivamente (Figura N° 6B). Los puntos de inflexión se alcanzaron en el mes de julio 2019, de 0,22 y 0,09 m³/m³ (Figura N° 6A), representando los puntos donde la aceleración del proceso cambia de signo pasando de una velocidad creciente a una decreciente.

Las curvas del contenido de humedad en el suelo se caracterizaron por una primera fase de desarrollo rápido, producto de las altas temperaturas del verano, provocando una rápida pérdida de humedad del suelo (marzo hasta mayo, 2019) registrándose condiciones promedio de temperaturas de 14 °C y 0 mm de precipitaciones. En la segunda fase de las curvas se encontraron diferencias en humedad (con OCAS y sin OCAS). Con OCAS se produce un aumento del contenido de humedad de 0,22 m³/m³ en el mes de julio, producto de las precipitaciones (17,2 mm) en el mes de junio, contrario a lo que acontece en el sector sin OCAS que independiente de las precipitaciones el contenido de humedad disminuyó (Figura N° 6C).

El contenido de Humedad Relativa (%) presentó diferencias en el patrón entre OCAS y sin OCAS. En mayo - julio 2019 se produjo una inflexión en el sector con OCAS en donde la humedad registrada fue de 3,1 % (Figura N° 6D), no existiendo respuesta en sin OCAS. Esto indicaría que las OCAS favorecieron el aumento de la retención del agua y el contenido de humedad del suelo, y prolongaron su periodo de humedad por un periodo de 4 meses.

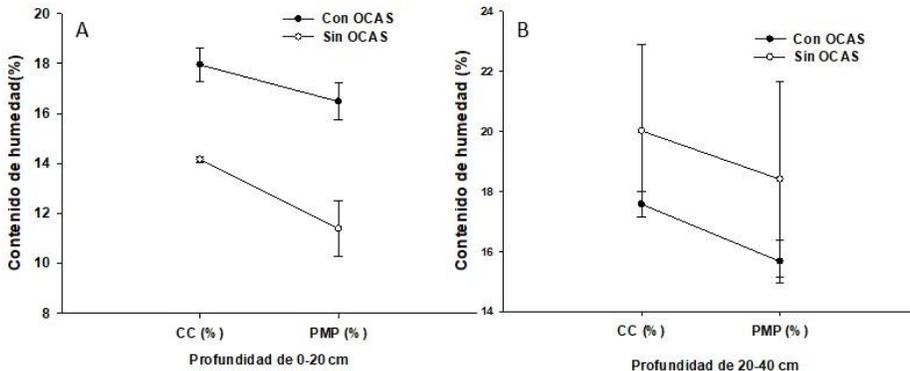


- A. Variables climáticas y efecto de las OCAS en el contenido de humedad del suelo (m^3/m^3)
- B. Efecto de las OCAS en la humedad de suelo acumulada (m^3/m^3)
- C. Efecto de las OCAS en el Incremento del contenido de humedad en el suelo (m^3/m^3)
- D. Efecto de las OCAS en el Incremento del contenido de humedad en el suelo (%)

Figura N° 6
VARIABLES CLIMÁTICAS Y HUMEDAD DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO (2019-2020)

De forma complementaria, fueron construidas las curvas de retención de humedad para el sector en estudio, con y sin OCAS y a diferentes profundidades de suelo. En la Figura N° 7A y 7B se puede observar que, independiente de la profundidad del suelo, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente fueron mayores en sectores con OCAS en un 3% en promedio con respecto al suelo sin OCAS.

Al disminuir la densidad aparente del suelo producto de la construcción de las OCAS, se disminuye la compactación, aumentan las condiciones de retención de humedad y disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas, aumentando a su vez el crecimiento de las raíces (Dick, 2004).



A.Efecto de las OCAS en el contenido de humedad del suelo (%) entre 0-20 cm de profundidad.
 B.Efecto de las OCAS en el contenido de humedad del suelo (%) entre 20-40 cm de profundidad.

Figura N° 7
PROPIEDADES HÍDRICAS DEL SUELO EN SECTOR CON OCAS Y SIN OCAS
A DIFERENTES PROFUNDIDADES

- Propiedades Químicas del Suelo

Las propiedades químicas del suelo no presentaron diferencias significativas en su respuesta a la instalación de las obras de conservación de suelo ($P \geq 0,05$) en las diferentes profundidades de suelo (0-20 y 20-40 cm), sin embargo, se registraron diferencias en sus valores absolutos.

Analizando los valores absolutos promedio, que se observan en el Cuadro N° 2, la concentración de materia orgánica (2,2%) y fósforo (4,7 mg/kg) es mayor en las OCAS en un 61 y 21%, respectivamente, independiente de la profundidad, no existiendo diferencias entre las profundidades (0-20, 20-40 cm) en un mismo tratamiento (OCAS, sin OCAS).

Para el caso del potasio (Cuadro N° 2) los valores sin OCAS son superiores a los valores para las áreas con OCAS, la concentración promedio de potasio para todos los datos fue de 116 mg/kg.

La concentración de nitrógeno es menor en las obras de conservación de suelo (0,01%), sin embargo, en la profundidad de 20-40 cm se iguala la concentración al caso sin OCAS (0,04%). Al analizar la relación C/N esta es mayor (32,2%) en la obra de conservación de suelo a una profundidad de 0-20 cm, disminuyendo a 8,8 % a la profundidad de 20-40 cm.

La implementación de las OCAS durante su primer año de establecidas no modificó, significativamente las propiedades químicas del suelo, pero si favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas establecidas, lo cual beneficiaría paulatinamente la recuperación del suelo degradado.

Las raíces de las plantas leguminosas al encontrar más humedad en el suelo propician

un ambiente más favorable en la rizósfera y logran una mejor simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrizicos (Freeman, 2011). De este modo, se produce un “efecto cascada”, aumentando el contenido de nitrógeno inorgánico a partir de la segunda temporada de crecimiento. Las estructuras del suelo, bajo la influencia de la materia orgánica, comienzan a ser más estables, mejoran la tasa de aireación y de infiltración (Waring y Schlesinger, 1985).

La ecología del suelo se va haciendo más compleja lentamente, aumentan las poblaciones de microorganismos benéficos y se inicia un ciclaje de nutrientes vital para el mantenimiento de la vida, ya que es el único proceso que permite el reciclaje masivo de elementos químicos en el ecosistema posibilitando su renovación (Bowen y Nambiar, 1985).

Cuadro N° 2
VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN SECTOR
CON OCAS Y SIN OCAS A DOS DIFERENTES PROFUNDIDADES (0-20 y 20-40 cm)

Tratamientos	Profundidad (cm)	pH	CE	P	K	Mg	Ca	Na	M.O	C	N	C/N
			(μ S/cm)	(mg/kg)						(%)		
OCAS	0-20	7,1 (0,11)	108 (17)	4,8 (1,4)	114 (16)	197 (28)	1433 (100)	67 (8,4)	2,2 (0,5)	0,3 (0,1)	0,01(0,01)	33 (16)
	20-40	7,2 (0,13)	63 (15)	3,1 (0,4)	110 (14)	254 (96)	1487 (121)	76 (13,0)	2,0 (0,4)	0,3 (0,1)	0,04(0,01)	8,8 (1,7)
Sin OCAS	0-20	6,7 (0,01)	93 (28)	3,0 (1,4)	116 (2,8)	122 (10)	937 (104)	42 (7,0)	0,5 (0,2)	0,6 (0,1)	0,07(0,02)	9,1 (0,8)
	20-40	6,9 (0,19)	83 (26)	1,9 (0,9)	125 (4,5)	277 (56)	1711 (429)	108(47,6)	1,0 (0,6)	0,5 (0,1)	0,04(0,01)	15 (3,3)

*En paréntesis son los valores de los errores estándar de la media. (n = 12, P \geq 0,05).

- Propiedades Físicas del Suelo

El movimiento de suelo que se realiza al instalar las OCAS provoca una disminución de la densidad aparente del suelo y mejora la tasa de infiltración de agua y de intercambio gaseoso. Según Taboada y Alvarez (2008) la buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de estas.

Los resultados obtenidos en este estudio (Cuadro N° 3) demuestran cambios significativos en la densidad aparente entre las profundidades de 0-20 y 20-40 cm, reflejando una modificación en la estructura del suelo, afectando al crecimiento de las plantas debido al afecto que tienen a la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, cambios que limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos (Ingaramo et al., 2003).

Según Thompson y Troeh (2002) los valores obtenidos de densidad aparente en suelo sin OCAS a las diferentes profundidades estudiadas son altos y corresponden a los de un suelo altamente compactado. La diferencia en densidad entre los tratamientos (con y sin OCAS) es de 0,16 y 0,66 g/cm³, para las profundidades de 0-20 y 20-40 cm, respectivamente.

La alteración de la porosidad, la compactación del suelo y la capacidad del suelo para infiltrar y retener agua son cambios asociados a los primeros horizontes de suelos degradados, que limitan el desarrollo y elongación del sistema radical y son críticos para el normal desarrollo de un cultivo (Arriaga y Lowery, 2003; Bengough et al., 2006), propiedades que son modificadas mediante la construcción de las OCAS.

Los resultados obtenidos en la densidad aparente en el caso sin OCAS, indican que el suelo fue seriamente afectado por el laboreo continuo y el sobrepastoreo. Además, se suma la pérdida de los horizontes superiores más ricos en materia orgánica, que también han influido en que se presenten valores altos de densidad aparente.

Donoso (1994) señala al respecto que la MO contribuye a rebajar los valores de la densidad aparente y facilitar la granulación de los suelos. Independiente de la profundidad del suelo, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente fueron mayores en las OCAS en un 3% en promedio con respecto al suelo desnudo (Cuadro N° 3).

Al disminuir la densidad aparente del suelo producto de la elaboración de las OCAS se disminuye la compactación, aumentan las condiciones de retención de humedad (Haddad, 2004) y disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas, aumentando a su vez el crecimiento de las raíces (Salamanca y Sadeghiank, 2004).

Cuadro N° 3
VALORES PROMEDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN SECTOR CON OCAS
Y SIN OCAS A DOS DIFERENTES PROFUNDIDADES (0-20 y 20-40 cm)

Tratamiento	Profundidad (cm)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase Textural	DA (g/cm ³)	
						Cilindro	Terrón
OCAS	0-20	68,2 a (6,20)	12,6 a (2,44)	68,2 a (6,20)	Franco arenoso	1,49 b (0,11)	1,06 b (0,07)
	20-40	62,4 ab (0,73)	13,1 a (0,68)	62,4 ab (0,73)	Franco arenoso	1,45 b (0,11)	0,96 b (0,05)
Sin OCAS	0-20	67,1 b (1,10)	9,7 a (3,09)	67,1 b (1,10)	Franco arenoso	1,64 a (0,26)	1,05 a (0,02)
	20-40	56,7 ab (3,37)	18,4 a (5,47)	56,7 ab (3,37)	Franco arenoso	2,12 ab (0,26)	1,02 ab (0,00)

*Letras diferentes, muestran diferencias significativas entre los tratamientos (n=12, P≤0,1). En paréntesis los valores de los errores estándar de la media. (n = 12, P≤0,1).

CONCLUSIONES

El uso de Obras de Conservación de Suelo y Agua (OCAS) en el sector de secano de la región de Coquimbo, presentó un efecto significativo sobre las propiedades físicas e hídricas del suelo, reduciendo la densidad aparente independiente de la profundidad y mejorando los parámetros hídricos relacionados con la capacidad de retención de agua, mejorando así, el crecimiento en diámetro, altura y la supervivencia de las plantas agroforestales.

Se verifica la factibilidad técnica y los beneficios asociados al uso de estos colectores (OCAS) para desarrollar y diversificar la productividad mediante modelos agroforestales. Desde esta perspectiva, las OCAS son una estrategia que permite recuperar la capacidad productiva de los suelos altamente erosionados, permitiendo la oasisificación agroforestal de las zonas del secano de la región de Coquimbo, rescatando a su vez especies patrimoniales valiosas, con fines multipropósito, como guayacán, carbonillo, algarrobo, quebracho, espino, acacia azul, tara, molle, higuera y olivo.

Lo anterior, es de la mayor importancia considerando que, a nivel nacional, la región de Coquimbo es una de las más afectadas por la desertificación y erosión de suelos, situación que se

ve acentuada en las zonas de secano que es donde las comunidades agrícolas y pequeños agricultores viven en torno a la agricultura familiar campesina. Estos propietarios podrían ser los mayores beneficiarios tras esta investigación, dado que la situación puede reconvertirse masificando, fomentando y fortaleciendo el capital productivo y social a través del uso de las OCAS y la agroforestería, herramientas tecnológicas de adaptación al cambio climático en zonas de secano de la región.

RECONOCIMIENTOS

La presente publicación presenta los resultados del proyecto Modelos Agroforestales para la Diversificación de las Opciones Productivas de Pequeños Propietarios del Secano de la Región de Coquimbo (PYT-2016-0071), ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) durante los años 2016-2020, con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y en colaboración con Comunidades Agrícolas, MUCECH, INDAP y CONAF.

REFERENCIAS

Arriaga, F. J. y Lowery, B., 2003. Erosion and Productivity. New York: Encyclopedia of Water Science 2nd ed. pp. 222 – 224.

Bengough, A. G.; Bransby, M. F.; Hans, J.; Mackenna, S. J.; Roberts, T. J. y Valentine, T. A., 2006. Root Responses to Soil Physical Conditions, Growth Dynamics from Field to Cell. *Journal of Experimental Botany* 57: 437-447.

Bowen, G.D., y Nambiar, S., 1985. Nutrition of Plantation Forest. Academic Press. 515 p.

CIREN, 2012. Estado Actual de los Suelos de la Región de Coquimbo. Uso y Degradación. Capítulo 5. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/2033/PC17613.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dick, R. P., 2004. Soil Biological, chemical, and physical dynamics during transition to nonthermal residue management grass seed systems. Online Internet. Oregon, GSCSSA, 2004. Progress reports FY00. Disponible en: <http://gscssa.wsu.edu/progress/00/100.htm>.

Donoso C., 1994. Ecología Forestal: El Bosque y su Medio Ambiente. Cuarta Edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 369 p.

Freeman, S., 2011. Biological Science. Vol. 1: The Cell, Genetics & Development. Fourth Ed. Pearson Benjamín Cummings, Pub. 415p.

GORE, Coquimbo., 2016. Anexo: Descripción y Caracterización de la Comuna de Canela y sus Comunidades Agrícolas, Región de Coquimbo. Disponible en: https://www.gorecoquimbo.cl/site/cos_aguas_lluvias_tomo_i_anexo_4. Visitada en junio de 2020.

Haddad, N., 2004. Introduction- Why Study Earth System Science. Online Internet Cambridge. TERC, 2004.

Ingaramo, O. E.; Paz González, A.; Dugo Paton, M., 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

Jones, J. y Case, V., 1990. Sampling, Handling and Analyzing Plant Tissue Samples. In Westerman RL Eds. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, Estados Unidos. p. 389-428.

Magdoff, F. R., 1995. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Book Rev. Am. 1. Altern. Agric.* 10:46.

Perret, S.; Gacitúa, S. y Montenegro, J., 2011. Técnicas de cosecha de aguas lluvia y conservación de suelos para la oasisificación del norte Chileno. Instituto Forestal. Manual 44. Disponible en <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12>

Pérez, H., 2001. Evaluación de Productividad de *Pinus radiata* (D.Don) Asociada a Zanjas de Infiltración. Llongocura, VII Región del Maule. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Chile.

Pizarro, R. y Saavedra, J., 1999. Análisis Comparativo de Técnicas de Recuperación de Suelos en Áreas Degradadas; Efectos en la Humedad del Suelo la Supervivencia y Crecimiento de *Pinus radiata* (D. Don). Microcuenca del Estero Barroso, VII Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Talca. Talca. Chile.

Salamanca, J. y Sadeghiank S., 2004. La Densidad Aparente en Suelos de la Zona Cafetera y su Efecto sobre el Crecimiento del Cafeto. Avance Técnicos Cenicafe N°326:1-8.

Thompson, L. y Troeh, F., 2002. Los Suelos y su Fertilidad. Cuarta Edición. Editorial Reverté. Barcelona. España. 639p.

Taboada, M. A. y Alvarez, C. R., 2008. Fertilidad Física de los Suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

USDA., 2004. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. United States Department of Agriculture. En: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf (Consulta: 25-05-2020).

Waring, R. y Schlesinger, W., 1985. Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press, INC. Toronto, Canadá. 340 p.

INCORPORANDO LA MULTIFUNCIONALIDAD EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES NATIVOS SIEMPREVERDES EN EL SUR DE CHILE.

Schlegel, Bastienne²; Little, Christian^{1,2}; Urrutia, Matías³; Hernández, Germán³ y Pasten, Roberto³.

RESUMEN

Se evaluó la factibilidad económica de implementar iniciativas de restauración de bosques del Tipo Forestal Siempreverde, incorporando un análisis de costos y beneficios asociados a la ejecución de las actividades de manejo forestal y los retornos económicos potenciales por la comercialización de madera y de los servicios ecosistémicos secuestro de carbono y producción de miel.

Utilizando los métodos de transferencia de beneficios, análisis de rentabilidad a tasas de descuento diferenciadas y de sensibilidad económica, se evaluaron ocho escenarios que toman como referencia una serie de supuestos asociados a las tasas de crecimiento de los bosques en un plazo de 40 años, precios ajustados de los mercados de la madera, carbono (mercado internacional y nacional), miel y la posibilidad de acceder a un subsidio proporcionado por el Estado para recuperar bosques nativos (Ley 20.283).

Los resultados demuestran la compatibilidad e interdependencias entre la naturaleza ecológica de los bosques y las exigencias directas de los mercados, dando cuenta de la necesidad de incorporar el valor económico de los servicios ecosistémicos en el desarrollo de proyectos de restauración.

Este resultado es novedoso ya que entrega antecedentes que demuestran la importancia de considerar el valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de manera conjunta, lo que permite cambiar y expandir la racionalidad del uso de los bosques como un recurso renovable en relación a la escala temporal asociada al crecimiento de los bosques nativos.

Ello representa una oportunidad para incorporar dicho valor en políticas públicas, o las decisiones del sector privado, que permitan manejar los bosques con técnicas ecológicamente sólidas, dirigidas hacia la obtención de bosques multifuncionales que sustenten la provisión conjunta de bienes y servicios.

Palabras clave: Evaluación económica, Servicios ecosistémicos, Restauración, Multifuncionalidad.

² Instituto Forestal, Chile. Sede Los Ríos. bschlegel@infor.cl

² Center for Climate and Resilience Research (CR)², Santiago, Chile.

³ Instituto de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad Austral de Chile.

SUMMARY

The economic feasibility of implementing forest restoration initiatives in the evergreen forest type was evaluated, incorporating a cost benefits analysis associated to the implementation of forest management activities and expected benefits of the provision of timber and potential markets for the ecosystem services carbon sequestration and honey production.

Using the methods of benefit transfers, net revenue value, and sensibility to parameter changes, eight different scenarios were evaluated, considering a set of assumptions associated to rates of forest growth in a 40-year rotation, timber prices, carbon markets (domestic and international), honey-bee market, and the possibility to access to state subsidies available for native forest management (Law 20.283).

The results demonstrate the compatibility and interdependencies between the ecological nature of the forests and the direct demands of the markets, realizing the need to incorporate the economic value of ecosystem services in the development of restoration projects.

This result is novel since it provides background that demonstrates the importance of considering the economic value of ecosystem goods and services together, which allows changing and expanding the rationality of the use of forests as a renewable resource in relation to the time scale associated with native forest growth. This represents an opportunity to incorporate this value into public policies, or into the decisions of the private sector, that allow forests to be managed with ecologically sound techniques, aimed at obtaining multifunctional forests that support the combined provision of goods and services.

Key words: Economic valuation, Ecosystem services, Restoration, Multifunctionality.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas proveen una amplia variedad de bienes y servicios que satisfacen las necesidades del ser humano, como respirar aire puro, consumir alimentos, agua, recreación, realización espiritual, entre otros (Costanza *et al.*, 1997, Figueroa y Pasten, 2015).

En ese sentido, los ecosistemas forestales dominados por bosques nativos en Chile proveen bienes, como aquellos productos derivados de la madera (ej. trozas aserrables, leña, otros), hongos y frutos; y también servicios, como la provisión de agua en calidad y cantidad, regulación microclimática, belleza escénica y otros (Lara *et al.*, 2003; Little y Lara, 2014).

En las últimas décadas se ha propuesto que la valoración económica de servicios ecosistémicos sería una herramienta que permite alinear los objetivos de producción con los de conservación, al considerar simultáneamente el consumo de bienes con la mantención de la biodiversidad (Nahuelhual y Núñez, 2010).

Como respuesta, han surgido técnicas que ayudan a calcular el valor económico de los servicios ecosistémicos, las cuales reflejan la disposición que tienen las personas al cuidado de los ecosistemas en un contexto de escasez. Figueroa y Pasten (2015) detallan que, existiendo una disposición a sacrificar un recurso por otro, entonces se le puede otorgar un valor económico a estos.

En Chile, la valoración económica de servicios ecosistémicos asociado a los bosques nativos ha sido una forma de reflejar el beneficio adicional que estos tienen para la producción de bienes que comúnmente se transan en el mercado, como por ejemplo los derivados de la madera.

Experiencias de valoración económica señalan algunas cifras anuales entre 61,2 y 162 US\$/ha para bosques nativos presentes en cuencas forestales vinculadas a la provisión de agua (Núñez *et al.* 2006), valores que según métodos de cálculo podrían ser 400% superiores (Figueroa y Pastén, 2008); 1,6-6,3 US\$/ha por la belleza escénica de los bosques presentes en Parques Nacionales (Nahuelhual *et al.*, 2007), 35-178 US\$/ha cuando se considera solo el área de uso intensivo y 26,3 US\$/ha como resultado de la protección de los bosques ante la pérdida de suelo (Oyarzún y Huber, 1997).

Si bien los servicios ecosistémicos han sido reconocidos en instrumentos de política forestal en Chile, dichos instrumentos son insuficientes para corregir distorsiones de mercado a favor del manejo y conservación de los bosques³.

De hecho, en el caso de la Ley del Bosque Nativo (Ley N° 20.283, 2008), pese a incluir una definición de “servicios ambientales”, como “aquellos que brindan los bosques nativos que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente”, no existen bonificaciones que incluyan actividades tendientes a mantener o aumentar tales servicios (Lara *et al.*, 2010).

En Chile, alrededor de 70% de los bosques nativos son de propiedad privada (Lara *et al.*, 2011), por lo tanto, las decisiones sobre su conservación y manejo consideran una perspectiva socioeconómica asociada a los beneficios directos e indirectos que estos les proveen (Droppelmann *et al.*, 2019).

³ Pastén *et al.* (2018) muestran los casos en que los servicios ecosistémicos tienen reconocimiento legal en Chile.

Lo anterior, se ve reflejado en paradigmas reduccionistas que consideran a los bosques como áreas exclusivas destinadas a la preservación de la naturaleza y biodiversidad, donde el propietario asume un costo de oportunidad, o una visión de estos como áreas netamente productoras de madera o de crianza de animales, caso en el que el propietario percibe beneficios económicos tangibles.

Esta última perspectiva, que ha regido la historia de uso de los bosques en Chile, ha dejado miles de hectáreas en un estado de conservación con funciones ecológicas limitadas, disminuyendo la oferta de bienes y servicios (Vergara *et al.*, 2019).

Por lo anterior, es clave que el Estado juegue un rol catalizador en el desarrollo de mercados que permitan evaluar proyectos de manejo forestal con enfoques multifuncionales, los cuales realizan la habilidad de estos ecosistemas de proveer simultáneamente múltiples bienes y servicios que se derivan de sus funciones y procesos (Manning *et al.*, 2018).

Considerando que la restauración ha sido propuesta como una de las estrategias de manejo que permitirían recuperar la productividad natural de los sitios y la provisión de bienes y servicios ecosistémicos derivados de los bosques nativos (Little y Lara, 2014), el objetivo de este trabajo es analizar la factibilidad económica de ejecutar iniciativas de restauración, incorporando para dicho análisis un enfoque multifuncional del Valor Económico Total (VET) de los beneficios asociados al bosque, como proveedores de madera y de servicios ecosistémicos como secuestro de carbono y producción de miel.

MÉTODO

Caso de Estudio

Se trabajó con la información proveniente de tres ensayos de restauración de bosques nativos establecidos en el año 2016, cuyo propósito es la recuperación de bienes derivados de la madera y los servicios ecosistémicos secuestro de carbono y producción de miel.

Los ensayos se encuentran localizados en la región de Los Lagos (Figura N°1a), específicamente en los sectores de Butalcura, Puntra y Pargua, y se caracterizan por presentar bosques secundarios del tipo forestal siempreverde con una composición mixta de las especies canelo, ulmo, tepa, coigüe (*Drimys winteri*, *Eucryphia cordifolia*, *Laureliopsis philippiana* y *Nothofagus dombeyi*) y Mirtaceas, como luma y melí (*Amomyrtus luma* y *Amomyrtus meli*).

Estos bosques presentan una densidad entre 1.240 y 1.600 árboles/ha, áreas basales de 12,7 a 41,1 m²/ha y una estructura (distribución de los árboles, sus copas, estratificación vertical, etc.) que es el resultado de una cosecha de árboles sin criterios silvícolas (floreo) y el uso del bosque como un área para el pastoreo de animales domésticos.

Estos bosques comúnmente han sido denominados como “degradados”, cuya característica es la gran abundancia de especies de sotobosque (ej. Quila, *Chusquea quila*) que inhibe la regeneración natural de las especies arbóreas (Vergara *et al.*, 2019).

Cada ensayo fue cercado a fin de evitar el ingreso de animales de crianza y se realizaron diversas actividades silvícolas siguiendo una técnica de plantación suplementaria en núcleos bajo dosel (Saha *et al.*, 2016), la cual consiste en la eliminación de especies competidoras a la regeneración en pequeños sectores del bosque (~15 m²) y habilitación de micro-sitios para el

establecimiento de las especies arbóreas de interés, ya sea a través de regeneración natural o artificial (Figura N°1b).

En cada ensayo se establecieron 80 núcleos por hectárea, en los cuales se plantaron 15 individuos de las especies ulmo o avellano (*Gevuina avellana*), lográndose una densidad final de plantación de 1.200 árboles por hectárea (Figura N°1c).

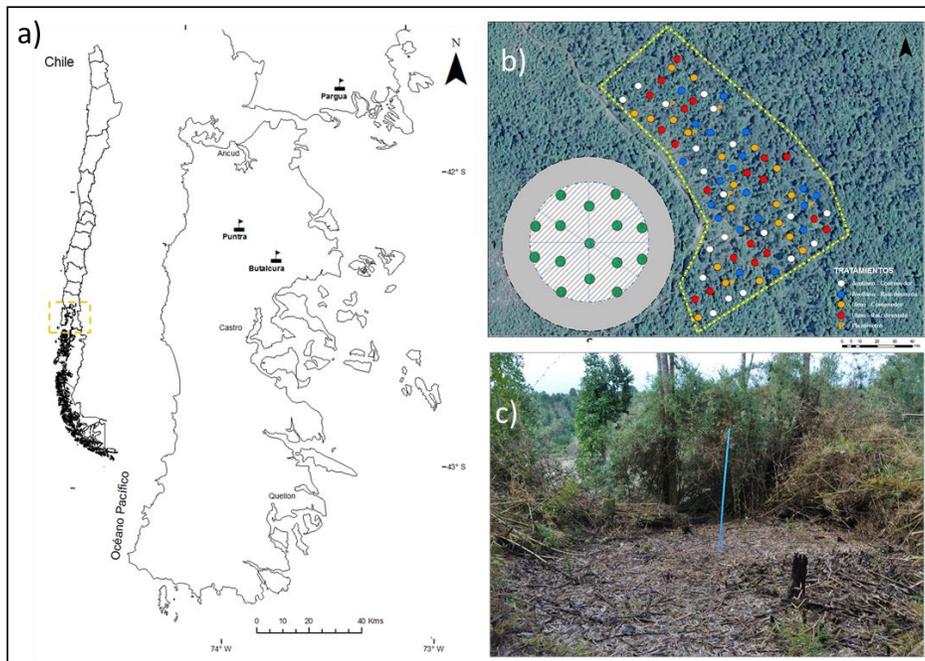


Figura N° 1
UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS EN BUTALCURA, PUNTRA Y PARGUA (a). ESQUEMA DE PLANTACIÓN SUPLEMENTARIA EN NÚCLEO CON LAS ESPECIES ULMO Y AVELLANO A RAÍZ CUBIERTA Y DESNUDA (b). EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE NÚCLEOS EN TERRENO (c).

Valoración Económica de la Restauración

Para estimar el valor económico total (VET) se utilizó el método de transferencia de beneficios (TB) con una proyección de 40 años a partir del 2020. Particularmente, se utilizó la transferencia del valor unitario y la función de beneficios (Figueroa y Pastén, 2011) que utiliza información de costos y beneficios a partir de fuentes directas asociadas al desarrollo de los ensayos de restauración o de sitios con similares características, cuyo principal objetivo sea asegurar la regeneración del bosque.

Respecto de los costos de la restauración, estos fueron determinados a partir del valor real promedio observado en los tres ensayos (Cuadro N° 1). Las cuatro primeras partidas son asumidas como acciones directas de manejo silvícola en el primer año del proyecto, mientras que el control de la vegetación competidora en los años 1 y 3, y el cuidado y vigilancia como una anualidad.

**Cuadro N° 1
COSTOS ASOCIADOS A LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN**

Actividad	Costo Total (US\$/ha)⁴	Detalle
Cercado	493,50	Costo real por cercado con malla o alambre de 4 hebras. Valores incluyen la compra de materiales y mano de obra para la instalación del cerco en el perímetro del ensayo.
Eliminación vegetación competidora	1.209,64	Costos reales por ejecución de la faena de roce de núcleos por hectárea dispuestos en forma sistemática.
Plantas	1.027,08	Compra de plantas en vivero y traslado al lugar del ensayo. Se consideraron plantas de 1 año, con valores por planta de US\$ 0,86 para <i>Euchryphia cordifolia</i> (Ulmo) a raíz cubierta y US\$ 1,17 para ulmo a raíz desnuda, y valores de US\$ 0,93 de <i>Gevuina avellana</i> (Avellano) a raíz cubierta y raíz desnuda.
Actividad de plantación en núcleos	235,39	Costos reales por ejecución de faena de plantación vía contratación de personal calificado (contratista forestal).
Control de vegetación competidora	604,82	Costos reales por ejecución de faena vía contratación de personal calificado (contratista forestal).
Mantenimiento anual	196,16	Supuesto de anualidad por mantenimiento de cercos y vigilancia.

Dado el carácter privado de los bosques, se calculó el potencial beneficio económico por producción de madera, como un producto al término del horizonte de evaluación del proyecto, e ingresos anuales por secuestro de carbono y producción de miel.

Para el caso de la madera, se tomó como supuesto una extracción de 40-80 m³/ha a través de una corta de selección que proyecta el bosque hacia una estructura multietárea. Esto correspondería a un tercio del crecimiento acumulado durante 40 años a una tasa promedio de 4-6 m³/ha/año.

⁴ Se consideró un valor de dólar de 764,69 \$/US\$ con fecha 11 de enero de 2020, (Banco Central, 2020a).

Del volumen cosechado, se asume que un 90% equivale a leña y un 10% a trozas aserrables (Donoso y Pilquinao, 2013). Respecto de la captura anual de CO₂, se calculó tomando como antecedente el mismo incremento en volumen del bosque y una serie de datos paramétricos, como la densidad básica, factores de expansión a biomasa aérea y biomasa de raíces, y fracción de carbono (Eq. 1) (IPCC, 2006). Los valores y fuente de información para cada parámetro se detallan en el Cuadro N° 2.

$$\text{Eq. 1 } CO2e = \sum(V_j * D_j * FEB_j) * (1 + R_j) * FC * FCon$$

Cuadro N° 2
DATOS PARAMÉTRICOS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPTURA ANUAL DE CO₂

Parámetro	Valor	Fuente
V: Incremento en volumen comercial (m ³ /ha/año)	4-6	(INFOR, 2018). Estimación a partir del Inventario Forestal Nacional para el TF Siempreverde.
D: Densidad básica (t/m ³)	0,496	(Gayoso <i>et al.</i> , 2002; Pérez, 1983 y Hernández y Pinilla, 2010). Calculado como promedio a partir de los valores para canelo, ulmo, avellano, tepa, coigüe, luma, tino y trevo.
FEB: Factor de expansión a biomasa aérea	1,75	(Gayoso <i>et al.</i> , 2002). Calculado como promedio a partir de especies nativas.
R: Proporción de raíces en biomasa aérea	0,29	(Gayoso <i>et al.</i> , 2002). Calculado como promedio a partir de especies nativas.
FC: Fracción de carbono	0,47	(Gayoso <i>et al.</i> , 2002)
Fcon: Factor de conversión C/CO ₂	3,667	(IPCC, 2006)

Los costos e ingresos fueron proyectados a 40 años considerando un incremento de los valores asociado a la variación de Índice de Precios al Consumidor (IPC), utilizando como medida de inflación el valor promedio en los últimos 10 años observado en Chile (2,98%) (Inflation.eu, 2020).

Para estimar el VET (Eq. 2) (Ninan y Kontoleon, 2016) proveniente de la madera se asumieron costos de producción e ingresos similares a los proporcionados por Donoso y Pilquinao (2013) para ensayos de silvicultura en bosques siempreverdes adultos.

Los valores fueron de 37,4 y 34,5 US\$/m³ para los costos de producción de leña y trozas aserrables y de 85,4 y 138 US\$/m³ para los ingresos, respectivamente.

Para la captura de CO₂ se utilizó una proyección lineal del incremento en biomasa, estimándose una captura anual entre 7,7 y 11,6 tCO₂/ha. A esta captura se descontó una emisión de 2 tCO₂, derivada de la eliminación de la vegetación competitiva, principalmente quila, al inicio

del proyecto. Lo anterior se calculó a partir del dato de acumulación de 17,66 t/ha de biomasa de quila (De la Fuente y Pacheco, 2017) y la superficie intervenida en los núcleos de plantación.

A la captura y emisión fueron asociadas dos fuentes de precio por tonelada de CO₂ capturada, correspondiente al observado en el mercado internacional de 42 US\$ (EPA, 2016) y el nacional de 5 US\$ (Ley N°20.780, 2014).

El valor internacional fue ajustado considerando la transferencia de valor del dólar al mercado nacional (DAP_1) (Eq. 3) (Figueroa y Pastén, 2011), llegando a un valor de 17,24 US\$. Para ello se tomaron como referencia los ingresos *per cápita* de 55.719 US\$ para Estados Unidos y 22.874 US\$ para Chile, y valores de producto interno bruto (PIB) en dólares a precios constantes del año 2011 (World Bank, 2019a).

Cuadro N° 3
ECUACIONES PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO

$$(Eq. 2) VECC = P * C$$

$$(Eq. 3) DAP_1 = DAP_0 * \left(\frac{PIB_1}{PIB_0}\right)^\epsilon$$

$$(Eq. 4) VEP = PM * NC$$

$$(Eq. 5) VAN = \sum_{j=0}^f \frac{B_j - C_j}{(1+i)^r}$$

$$(Eq. 6) TIR = i; \sum_{j=0}^f \frac{B_j - C_j}{(1+i)^r} = 0$$

$$(Eq. 7) PRI = a + \frac{b}{d}$$

(2) VECC: Valor Económico de la Captura de Carbono

P: Precio anual de CO₂

C: Captura anual de CO₂

(3) DAP: disposición a pagar por reducción de emisiones de CO₂ (precio CO₂)

PIB₀: nivel de ingreso per cápita en términos de paridad de poder adquisitivo de Estados Unidos PIB₁: nivel de ingreso per cápita en términos de paridad de poder adquisitivo de Chile.

ε: Elasticidad ingreso de la disposición a pagar marginal (en algunos estudios se asume ε=1)

(4) VEP: Valor económico del servicio de producción de miel

PM: Precio de la miel

NC: Número de colmenas

(5) VAN: Valor actual neto

B_j: Beneficio en el año 'j'

C_j: Costo en el año 'j'

r: Años del proyecto

i: Tasa de descuento

(6) TIR: Tasa interna de retorno

B_j: Beneficio en el año 'j'

C_j: Costo en el año 'j'

r: Años del proyecto

i: Tasa de descuento

(7) PRI: Período de recuperación de la inversión

a: número de período inmediatamente anterior hasta recuperar la inversión

b: suma de los flujos descontados hasta el período 'a' (incluye ingresos y egresos)

d: valor del flujo descontado en que se recupera la inversión (flujo del período a+1).

Para el beneficio económico asociado al secuestro de carbono se determinó una proyección de valores de los mercados propuestos, considerando como fuente la variación de la tasa del crecimiento del PIB *per cápita* observada en Chile en los últimos 10 años (1,96%) World Bank, 2019b). Para el precio del mercado internacional (EPA, 2016) dicha proyección se realizó a partir del año 2020, mientras que para el mercado nacional a partir del año 2026 (Ley N°20.780, 2014). La proyección de precios es un ajuste necesario dado el potencial cambio en la disposición a pagar para reducir los niveles de emisión de carbono según el nivel de ingresos de los consumidores (Figueroa y Pastén, 2011).

Para el caso de la producción de miel se estimó el monto en dinero que recibiría un propietario de bosque nativo por la producción de miel (Eq. 4), considerando que 1 ha de bosque es capaz de sostener entre 10 a 20 colmenas, siendo lo más común 12, y que el propietario recibiría aproximadamente 1 kilo de miel por cada colmena instalada o su equivalente en dinero al precio de mercado.

Para el cálculo se realizó una consulta a productores locales de miel quienes entregan información respecto a la trashumancia de abejas y niveles de producción. Se estableció \$6,54 US\$/kg como valor de mercado interno de la miel (P. Cáceres⁵, comunicación personal, 11 de diciembre de 2019). De la misma forma que para el precio de la madera, se realizó un ajuste de precios tomando la variación de Índice de Precios al Consumidor (IPC, 2,98%) y se asume un contrato anual por trashumancia para los 40 años del proyecto.

Evaluación de Escenarios

Se evaluaron 8 escenarios basados en el cruce de las variables que determinan la rentabilidad de los proyectos (Cuadro N° 3), vale decir; tasa de crecimiento del bosque, el precio del carbono en el mercado internacional y nacional, la tasa de descuento y la posibilidad de acceder a bonificaciones de actividades para la recuperación de bosques nativos (Ley N°20.283, 2008) al segundo año del horizonte del proyecto.

Para el análisis se utilizaron tres herramientas asociadas a la evaluación de proyectos: a) El Valor Actual Neto (VAN) (Eq. 5) que entrega información sobre la factibilidad de aceptar o rechazar el proyecto basado en el flujo de ingresos y egresos (Mete, 2014); b) la Tasa Interna de Retorno (TIR) (Eq. 6), como el factor de descuento mínimo para ejecutar un proyecto ($VAN = 0$) (Mete, 2014), y c) el Período de Recuperación de la Inversión descontado (PRI) (Eq. 7) que indica el tiempo necesario para recuperar los costos incurridos en la ejecución de las actividades (Mascareñas, 2008).

Respecto a la tasa de descuento, se utilizó una de 2,25% que corresponde a la tasa promedio de 3% que utiliza EPA (2016) luego de aplicar el principio ecológico propuesto por Gollier (2010); y otra tasa de 5% que se asemejaría a un proyecto en el mercado financiero. Para la bonificación estatal se consideró la posibilidad o no de acceder a un máximo de 10 UTM (Unidad Tributaria Mensual) por hectárea para actividades silviculturales destinadas a manejar y recuperar bosques nativos con fines de producción maderera (Ley N°20.283, 2008. Tabla de valores 2015, www.conaf.cl).

Para cada escenario se buscó el valor del precio del CO₂, la TIR y bonificación que resultan en un VAN igual a cero (*ceteris paribus*).

⁵ Gerente General del Consorcio Apícola, Valdivia.

**Cuadro N° 3
ESCENARIOS DE RENTABILIDAD**

Variable	Escenarios							
	1	2	3	4	5	6	7	8
CO ₂ (USD\$/t)	17,24				5,00			
Tasa de descuento (%)	2,25		6		2,25		6	
Bonificación (UTM ⁶)	10	0	10	0	10	0	10	0

Finalmente, utilizando una simulación de Montecarlo (Raychaudhuri, 2008) se realizó un análisis de sensibilidad para los escenarios 1 y 5, los cuales únicamente cambian el valor del mercado de CO₂, siendo las fuentes de variación: a) La tasa de crecimiento del bosque, b) El PIB per cápita, c) El IPC, d) El precio de la miel asociado al número de colmenas por hectárea.

Para las tres primeras variables se utilizó una distribución normal de los valores, mientras que para la miel una distribución triangular transformada, con 10 colmenas como valor inferior, 20 como superior y una moda de 12. Se generaron 100 valores aleatorios para cada una de las variables señaladas anteriormente dando cuenta de 100 valores del indicador VAN.

RESULTADOS

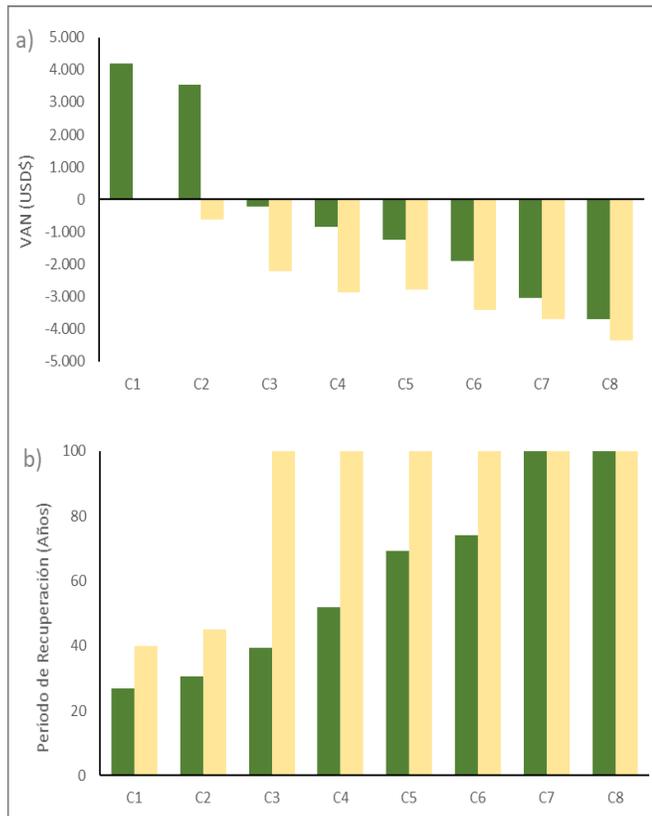
Análisis de Rentabilidad

Para los casos y supuestos estudiados se estimó que el bosque en restauración entregaría ingresos brutos equivalentes a 1.492,7 y 2.239,1 US\$ por concepto de producción de madera para las tasas de crecimiento de 4 y 6 m³/ha/años, respectivamente.

A dicho monto se sumaría 6.070,2 US\$ por concepto de miel y 1.632,3 - 6.170,0 US\$ y 3.162,8 - 11.957,8 US\$, para los supuestos de tasas de crecimiento señalados anteriormente por los precios el carbono en los mercados nacionales e internacionales, respectivamente.

Considerando el flujo de costos-beneficios y los 8 escenarios evaluados, el VAN fluctuaría entre 4.181,5 US\$ y -4.345,9 US\$ (Figura N°2a), y períodos de recuperación de la inversión entre 27 y más de 100 años (Figura N°2b).

⁶ UTM de Ch \$ 49.673 (Banco Central, 2020b), consulta 12 de enero de 2020.

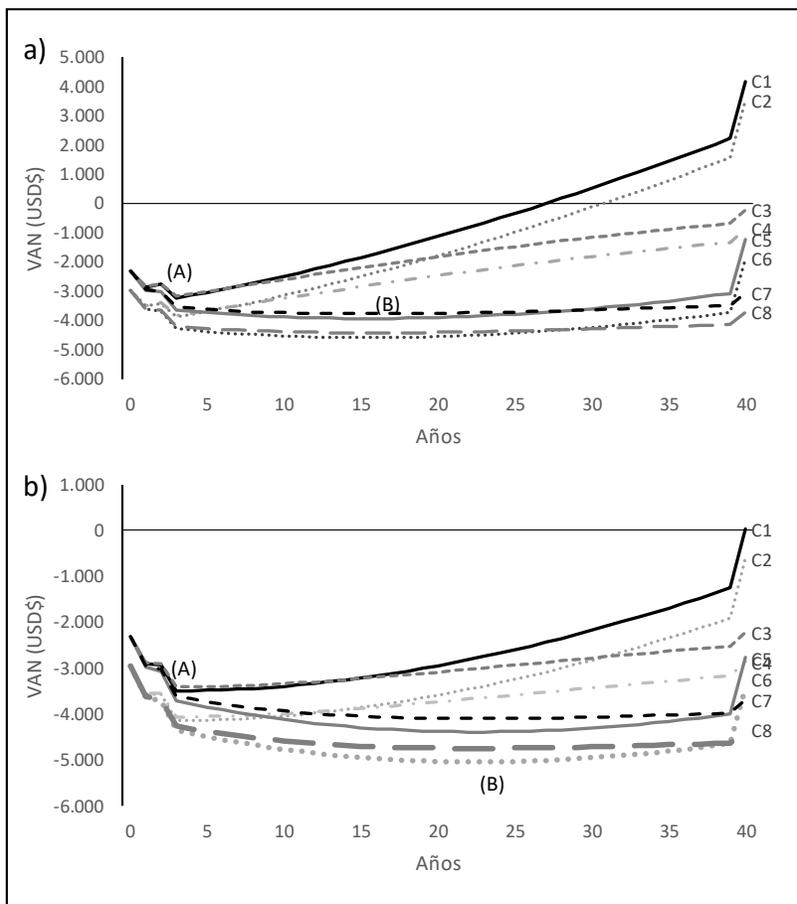


a) VAN y b) PRI. Barras negras y grises representan tasas de crecimiento de 6 y 4 m³/ha/año, respectivamente.

Figura N° 2
INDICADORES DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS PARA LOS ESCENARIOS EVALUADOS

La progresión del VAN para las tasas de incremento volumétrico de 6 y 4 m³/ha/año comienza a ser positiva (Figura N°3a) a partir del año 3 y 4 para escenarios que incorporan el valor del CO₂ de mercado internacional (A), mientras que para el mercado nacional (Figura N°3b) a partir de los años 17 y 24, respectivamente (B).

Se observó que el escenario 3 presentó mayores valores que el escenario 2 durante los primeros 22 y 33 años, sin embargo, este último llega a resultados más favorables al final del período. Esto se produce por efecto de los costos de roce de la vegetación competidora al inicio del proyecto, la bonificación inicial y los niveles más bajos de la tasa de descuento.



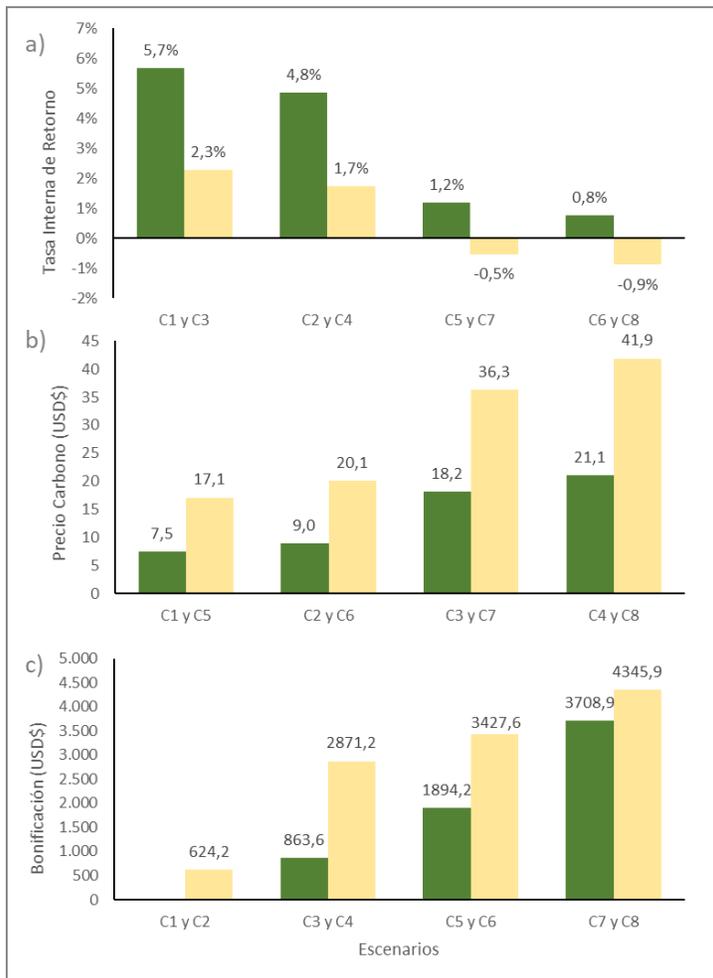
(A) y (B) representan el punto de inflexión de la tendencia.

Figura N° 3
VALOR ACTUAL NETO PROGRESIVO PARA LOS ESCENARIOS PROPUESTOS

En los escenarios con precio del CO₂ internacional se observó que la TIR, que entrega un valor de VAN igual a cero, resulta ser levemente inferior a la tasa ecológica de 2,25% (Figura N°4a). En tanto, para obtener dicha tasa se requiere un precio mínimo de venta de 17,1 y 7,5 US\$ por tonelada capturada para tasas de crecimiento de 4 y 6 m³/ha/año, respectivamente, valor que se incrementa en 3 y 1,5 US\$ si no se incluye la bonificación de 10 UTM para manejo de bosque nativo (Ley N°20.283).

Para la tasa comercial de 6%, el valor mínimo por tonelada de CO₂ debiera ser de 36,28 y 18,2 US\$ (Figura N°4b) para proyectos con bonificación y tasas de crecimiento de 4 y 6

m³/ha/año, respectivamente. Así mismo, al mantener constante los precios de mercado de carbono y la tasa de descuento, el valor mínimo de fomento alcanza valores entre 624,2 US\$ y 4.345,9 US\$ para los casos más y menos favorables, relacionados con el precio del carbono, tasa de descuento comercial y crecimiento del bosque (Figura N°4c).



Tasa interna de retorno (a), Precio de CO₂ (b) y Bonificación Ley 20.283 (c) Barras verdes y amarillas representan tasas de crecimiento 6 y 4 m³/ha/año, respectivamente.

Figura N°4
CÁLCULO DE VARIABLES QUE GENERAN VAN = 0

Tomando los escenarios propuestos para el análisis de sensibilidad (1 y 5), se observó que la rentabilidad promedio asociada a los mercados nacionales e internacionales del carbono fueron de -3.232,8 y 1.119,1 US\$, respectivamente. Para el primer escenario se observó una probabilidad de 80% de tener un resultado positivo, mientras que para la del mercado nacional esta fue nula.

Cabe señalar la importancia de los precios de la madera, producción de miel y CO₂ en la contribución al VAN, donde el valor de estos muestran la importancia de los mercados. En el caso del precio internacional de CO₂, este mercado representa más de la mitad del VAN (55%), cifra que disminuye a menos de la mitad con el precio del mercado nacional, llegando a ser el valor de la madera y de la miel las principales fuentes de ingreso del proyecto, con 39 y 37%, respectivamente (Figura N°5).

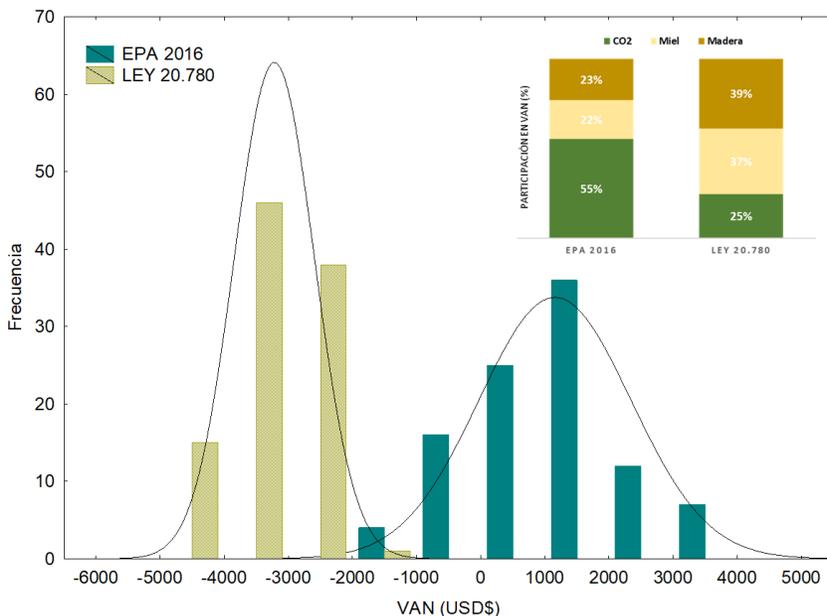


Figura N° 5
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA RENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN EN LOS MERCADOS NACIONALES E INTERNACIONALES DE CARBONO Y PARTICIPACIÓN RELATIVA DE LOS MERCADOS DE LA MADERA, PRODUCCIÓN DE MIEL Y CO₂ EN EL VAN

DISCUSIÓN

Los ensayos de restauración analizados en este trabajo corresponden a experiencias desarrolladas en sitios de baja productividad, siendo una característica de los bosques siempreverdes sometidos a entresaca selectiva de árboles (floreo) y el uso de estos bosques como áreas de pastoreo y resguardo para la crianza de animales. Estas acciones han sido identificadas

como agentes de degradación que inhiben la regeneración natural de los bosques y la productividad del sitio (Vergara *et al.*, 2019).

Considerando que en estos sitios la rentabilidad de la producción maderera puede ser baja, un enfoque económico que capture las múltiples funciones de los bosques podría representar una oportunidad para incorporar valores intangibles al mercado y ofrecer un beneficio a los propietarios. Para los ensayos analizados, se determinó que la inversión necesaria para asistir la recuperación del bosque (restauración) alcanzó valores cercanos a los 3.700 US\$/ha. Teniendo en cuenta el flujo de costos y beneficios asociados a la madera y los servicios ecosistémicos analizados (secuestro de C y producción de miel), únicamente dos de los escenarios entregaron resultados positivos respecto a la factibilidad económica de ejecutar el proyecto. La productividad del bosque, el precio del CO₂ en los mercados (internacional y nacional) y la tasa interna de retorno, resultan claves para recuperar la inversión inicial y capturar adecuadamente el valor de los servicios ecosistémicos.

Para el horizonte de 40 años proyectados, el precio del carbono a 5 US\$/t entregó cifras negativas de VAN, independiente de la tasa de descuento o la posibilidad de recibir una bonificación del Estado para ejecutar las actividades de manejo. No así, los escenarios a precio del mercado internacional, donde la TIR presentó un valor bastante menor a la propuesta como tasa ecológica.

Desde una perspectiva internacional el precio al carbono debe situarse como mínimo entre 40 US\$ y 80 US\$ por tonelada para el año 2020, y entre 50 US\$ y 100 US\$ para el año 2030, siempre que exista un entorno normativo favorable (CAPC, 2017). Estos valores permitirían la ejecución de los proyectos en cualquiera de los escenarios propuestos, es decir, existiendo o no la bonificación del Estado, y tasas ecológicas o comerciales.

Cabe destacar las diferencias del comportamiento temporal de los escenarios propuestos, donde el precio de la tonelada de CO₂ y la tasa de descuento explican el comportamiento del rendimiento económico de los proyectos. La importancia de la tasa de descuento, la bonificación para el manejo y el horizonte de planificación del proyecto son determinantes para conocer el período de retorno de la inversión. Por ejemplo, en los escenarios analizados, la bonificación al inicio del proyecto podría ser compensada incrementando el precio inicial de la tonelada de CO₂ en ~2 US\$.

En este punto es importante considerar el crecimiento del tipo de bosque en cuestión, ya que su productividad asociada a los mercados de la madera, carbono y miel podría tener cambios significativos en la asignación de precios y subsidios del Estado. Tal es el caso del mercado de carbono, cuyo valor actual en el mercado nacional de 5 US\$/t determina que los beneficios asociados a bienes derivados de la madera y la producción de miel sean determinantes en la contribución al VAN y a una necesidad de aportes públicos al reconocimiento del capital natural. Por el contrario, un valor de 17,24 US\$/t en el mercado internacional, equivaldría a lo aportado por el valor de mercado conjunto de la madera y la miel.

CONCLUSIONES

El análisis de este estudio se basó en información real proveniente de 3 ensayos de restauración y una serie de supuestos desarrollados en estudios previos y propuestos por los autores de este trabajo. A partir de los análisis, se puede concluir que la tasa de descuento juega un rol importante en el valor económico de los proyectos. Esto cobra mayor relevancia en iniciativas de restauración cuyos horizontes generalmente son de largo plazo.

Los escenarios propuestos demuestran la compatibilidad e interdependencias entre la naturaleza ecológica de los bosques y las exigencias directas de los mercados, dando cuenta de la necesidad de incorporar el valor económico de los servicios ecosistémicos en el desarrollo de proyectos de restauración.

Este resultado es novedoso ya que entrega antecedentes que demuestran la importancia de considerar el valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos de manera conjunta, lo que permite cambiar y expandir la racionalidad del uso de los bosques como un recurso renovable en relación a la escala temporal asociada al crecimiento de los bosques nativos. De esta forma, el enfoque de la multifuncionalidad de los bosques nativos debe ser incorporado en el desarrollo de políticas públicas, como por ejemplo la Ley de Bosque Nativo, o las decisiones del sector privado, en reconocimiento al valor social de éstos.

El presente trabajo buscó ampliar la visión de manejo tradicional de los bosques abordando la factibilidad de manejarlos con un objetivo multipropósito fomentando el manejo de bosques mixtos siempreverdes. Si bien la información se ajusta a los casos, es importante incluir fuentes de variación asociados a la dinámica de los ecosistemas y los mercados.

Futuros estudios deben enfocarse en comprender el propósito e intereses de los propietarios, el apoyo que puede asumir el Estado en la generación de instrumentos de fomento para corregir las distorsiones de mercado, la importancia de la productividad de los sitios, la calidad de los bosques y las técnicas de manejo ecológicamente sólidas dirigidas hacia la obtención de bosques multifuncionales en cuanto a la provisión conjunta de bienes y servicios.

RECONOCIMIENTOS

INFOR y los autores agradecen al Fondo de Investigación de la Ley del Bosque Nativo el financiamiento del proyecto 020/2015 “Diversificación de renovales de canelo con pérdida de estructura para el desarrollo hacia bosques mixtos siempreverdes de valor melífero y maderero”; al Ministerio de Agricultura a través de su programa “Restauración de Ecosistemas Forestales Nativos” COD 3031131201; al Instituto de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad Austral de Chile y al Centro (CR)2, ANID/FONDAP/15110009.

REFERENCIAS

Banco Central de Chile, 2020a. Dólar observado. Enero 11, 2020, de Banco Central de Chile En: <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/inicio>. Consulta 12 de enero de 2020.

Banco Central de Chile, 2020b. UTM (ENE). Banco Central de Chile En: <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/inicio>. Consulta 12 enero 2020.

CAPC, 2017. Informe de la Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono. Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono. Washington, DC, Banco Mundial. Licencia: Creative Commons de Reconocimiento CC BY 3.0 IGO.

Costanza, R.; Arge, R.; Groot, R.; Stephen, F.; Monica, G.; Bruce, H.; Karin, L.; Shahid, N.; Robert, N.; Paruelo, J.; Raskin, R.; Sutton, P. y Belt, M., 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*. 387. 253-260. 10.1016/S0921-8009(98)00020-2.

Donoso, P. y Pilquinao, B., 2013. Desarrollo de sistemas sustentables de manejo multietáneo en bosques del Tipo Forestal Siempreverde en el centro-sur de Chile. Informe Final Proyecto CONAF 034/2011. En: https://investigacion.conaf.cl/archivos/repositorio_documento/2018/12/034_2011-DOCUMENTOS_INFORME-FINAL.pdf. Consulta 2 de marzo 2020.

Droppelmann, F.; Grosse, H. y Laroze, A., 2019. Contribución de los bosques nativos y plantados a la mitigación de los impactos del cambio climático en Chile en un contexto de desarrollo sustentable. *Ciencia e Investigación Forestal* 25(2) 7-35.

EPA, 2016. Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis. Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Environmental Protection Agency. United States Government.

Figueroa, E. y Pasten, R., 2008. Forest and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption: A comment. *Ecological Economics*, 67(2), 153–156. En: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.003>. Consulta 12 de enero de 2020.

Figueroa, E. y Pasten, R., 2011. Improving benefit transfer for wetland valuation: Income adjustment and economic values of ecosystem goods and services.

Figueroa, E. y Pasten, R., 2015. The economic value of forests in supplying local climate regulation. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 59, 446–457. En: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-8489.12096>. Consulta 12 de enero de 2020.

De la Fuente, A. y Pacheco, N., 2017. Biomasa, producción de semillas y fenología de Chusquea montana tras su floración masiva y sincrónica en el Parque Nacional Puyehue, Chile. *BOSQUE* 38(3): 599-604.

Gayoso, J.; Guerra, J. y Alarcón, D., 2002. Contenido de Carbono y funciones de Biomasa en especies nativas y exóticas. UACH. Informe Técnico Proyecto FONDEF. 157 pp.

Gollier, C., 2010. Ecological discounting. *Journal of Economic Theory*, 145(2), 812–829.

Hernández, G. y Pinilla, J.C., 2010. Compendio, Propiedades de la Madera de Especies Nativas y Exóticas en Chile. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 178.

Inflation.eu, 2020. Inflación - información actualizada sobre la inflación. *Worldwide Inflation Data*. En: <https://es.inflation.eu/>. Consulta 12 de enero de 2020.

INFOR, 2018. Informe Final Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. En: <https://ifn.infor.cl/index.php/descargas-recursos/descargas/send/2-documentos-inventario-forestal/28-informe-recursos-forestal-en-Chile-2018>.

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa, K. Ngara, T. and Tanabe K. (eds.), Iges, Japón.

Lara A, Soto D, Armesto J, Donoso P, Wernli C, Nahuelhual L, Squeo F., 2003. Componentes científicos clave para una política nacional sobre usos, servicios y conservación de los bosques nativos Chilenos. Libro resultante de la Reunión Científica sobre Bosques Nativos realizada en Valdivia, los días 17-18 de julio de 2003". Universidad Austral de Chile. Iniciativa Científica Milenio de MIDEPLAN. 134

Lara, A.; Urrutia, R.; Little, C. y Martínez, A., 2010. Servicios Ecosistémicos y la Ley del Bosque Nativo: No basta con definirlos. *Revista Bosque Nativo* 47: 3-9.

Lara, A., Little, C., Nahuelhual, L., Urrutia, R., Díaz, I., 2011. "Lessons, Challenges and Policy Recommendations for the Management, Conservation and Restoration of Native Forests in Chile". En: E. Figueroa (Ed). *Successful and Failed Experiences in Biodiversity Conservation: Lessons and Policy Recommendations from the American Continent*. Universidad de Chile. Programa de Investigación Domeyco. Santiago, Chile p. 281-327.

Little, C. y Lara, A., 2014. Servicios Ecosistémicos de los Bosques Nativos del Centro Sur de Chile. En: Donoso C., González M.E. y Lara, A. (eds), 2014. *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*. Ediciones Universidad Austral de Chile. 720 p.

Ley N° 20.780, 2014. Reforma Tributaria que Modifica el Sistema de Tributación de la Renta e Introduce Diversos Ajustes en el Sistema Tributario. Ministerio de Hacienda. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 29 de Septiembre de 2014.

Ley N° 20.283, 2008. Ley Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. Ministerio de Agricultura. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 30 de julio de 2008.

Manning P, van der Plas F, Soliveres S, Allan E, Maestre FT, Mace G, Whittingham MJ, Fischer M. 2018. Redefining ecosystem multifunctionality. *Nat Ecol Evol.* 2(3):427-436. DOI: 10.1038/s41559-017-0461-7.

Mascareñas, J., 2008. La Valoración de Proyectos de Inversión Productivos (Project Valuation). Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas, ISSN: 1988-1878, 2008.

Mete, M., 2014. Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: Su Utilidad Como Herramientas para el Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de la Universidad La Salle en Bolivia* 7(7): 67-85.

Nahuelhual, L.; Donoso, P.; Lara, A.; Núñez, D.; Oyarzún, C. y Neira, E., 2007. Valuing Ecosystem Services of Chilean Temperate Rainforests. *Environment Development and Sustainability* 9: 481-499.

Nahuelhual, L. y Núñez, D., 2010. Beneficios Económicos de la Recreación en Áreas Protegidas Públicas del Sur de Chile. *Estudios y Perspectivas en Turismo.* 19. 703-721.

Ninan, K. y Kontoleon, A., 2016. Valuing forest ecosystem services and disservices – Case study of a protected area in India. *Ecosystem Services*, Volume 20, Pages 1-14, ISSN 2212-0416, En: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.05.001>.

Núñez, D.; Nahuelhual, L. y Oyarzún, C., 2006. Forests and Water: The value of forests in providing water for human consumption. *Ecological Economics* 58: 606-616.

Oyarzún, C. y Huber, A., 1997. Nitrogen export from forested and agricultural watersheds of southern Chile. *Gayana Botánica* 60(1): 63-68.

Pasten, R.; Olszynski, M. y Hantke-Domas, M., 2018. Does slow and steady win the race? Ecosystem Services in Canadian and Chilean environmental law. *Ecosyst. Serv.* 29, 240-250. En: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616304867>. Consulta 12 de enero de 2020.

Pérez, V., 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI 76/003. Documento de Trabajo N° 47. 451 p.

Raychaudhuri, S., 2008. Introduction to Monte Carlo Simulation. In: *Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation (WSC '08)*. Winter Simulation Conference, 91–100.

Saha, S.; Kuene, C. y Bauhus, J., 2016. Lessons Learned from Oak Cluster Planting Trials in Central Europe. *Canadian Journal of Forestry Research* 47: 139–148.

Vergara, G.; Schlegel, B.; Little, C.; Mujica, R. y Martin, M., 2019. ¿Degradación o Degradado? Necesidad de una Propuesta Conceptual para Recuperar la Funcionalidad y Capacidad Productiva de los Bosques.

Worldbank, 2019a. GDP per capita, PPP (constant 2011 international \$). World Bank International Comparison Program database. En: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.PCAP.PP.KD>. Consulta 12 de enero de 2020.

Worldbank, 2019b. GDP growth (annual %) – Chile. World Bank National Accounts Data Files, En: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=CL>. Consulta 12 de enero de 2020.

ANTEPROYECTO. ESTUDIO DE NUEVO SISTEMA DE FINANCIAMIENTO PARA LA REFORESTACIÓN DE ÁREAS QUEMADAS POR INCENDIOS Y LA PROMOCIÓN DE NUEVAS PLANTACIONES FORESTALES EN TIERRAS DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA AGRICULTURA

Instituto Forestal (INFOR) y Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)⁷

RESUMEN

Desde la década de los 70 en el país se había estado estableciendo plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento a una tasa anual cercana a las 100 mil hectáreas, esto debido a las apropiadas condiciones de suelo y clima presentes en el país para el desarrollo de estas especies forestales, a la gran respuesta de estas a las condiciones de sitio indicadas, a un importante desarrollo industrial basado en ellas y, en gran parte, a la existencia en el país de una legislación de fomento que incentivaba la forestación desde el año 1974, además de normar el uso de los recursos forestales y hacer obligatoria la reforestación⁸. De algo más de 400 mil hectáreas a inicios de los 70 se llega a más de un millón de hectáreas en los inicios de los 80, se superan los 2 millones de hectáreas a principios de los años 2000 y se llega a casi 2,5 millones de hectáreas en el año 2013.

La legislación de fomento expira en el año 2012 en lo que al incentivo a la forestación se refiere y la situación cambia. La tasa de plantación anual se mantiene alta debido a que el consumo industrial ha crecido fuertemente, pero la superficie plantada corresponde casi exclusivamente a reforestación, que es la reposición de las superficies cosechadas. La forestación se reduce a cifras marginales y en 2018 alcanza a solo 1.425 hectáreas.

Esta situación implica que la superficie plantada en el país deja de crecer y los mismo ocurre con el desarrollo industrial basado en ellas, situación que se ha visto agravada por la pérdida de más de 200 mil hectáreas de plantaciones forestales debido a los grandes incendios forestales del año 2017. Una reciente proyección de la disponibilidad de madera de plantaciones forestales para el período 2017-2047 realizada por INFOR indica que el sector forestal ve detenido su habitual crecimiento, solo recuperar el nivel de consumo de madera registrado en 2018 tomará 20 años.

Los grandes afectados por la situación son los pequeños y medianos propietarios forestales, que no tienen la capacidad económica para forestar sin incentivos estatales, y que también fueron los más perjudicados por los incendios forestales, perdiendo 93 mil hectáreas de plantaciones de pino y de eucalipto de diferentes edades, en especial el segmento de los pequeños propietarios que perdió 59 mil hectáreas de plantaciones.

Palabras clave: Forestación, Reforestación, Bonos de Carbono, Incendios Forestales, Pequeños y Medianos propietarios.

⁷ Este estudio forma parte de un Convenio de Colaboración y Transferencia de Fondos entre el Ministerio de Agricultura y el Instituto Forestal (INFOR) para mejorar la capacidad de competir de pequeños y medianos productores forestales, y cuenta con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agrícola (FIA). Está basado en antecedentes preparados por Aldo Cerda M.

⁸ Forestación: Establecimiento de plantaciones forestales en terrenos que al año 1974 o después no han tenido una cubierta forestal con valor económico. Reforestación (obligatoria): Establecimiento de plantaciones forestales en terrenos que al año 1974 o después han tenido una cubierta forestal con valor económico.

SUMMARY

Since the 1970s, forest plantations with fast-growing species have been established in the country at an annual rate close to 100,000 hectares, due to the appropriate soil and climate conditions present in the country for the development of these forest species, to the great response of these to the indicated site conditions, to an important industrial development based on them and, to a large extent, to the existence in the country of a promotion legislation that encouraged afforestation since 1974, in addition to regulating the use of forest resources and making reforestation mandatory.

From just over 400 thousand hectares in the early 1970s, more than a million hectares were reached in the early 1980s, over 2 million hectares were exceeded in the early 2000s, and almost 2.5 million hectares were reached in 2013.

The promotion legislation expires in 2012 as regards to the incentive to afforestation and the situation changes. The annual planting rate remains high because industrial consumption has grown strongly, but the planted area corresponds almost exclusively to reforestation⁹, which is the replacement of the harvested areas. Afforestation is reduced to marginal figures and in 2018 it reaches only 1,425 hectares.

This situation implies that the area planted in the country stops growing and the same occurs with industrial development based on them, a situation that has been aggravated by the loss of more than 200 thousand hectares of forest plantations due to the large forest fires in the 2017. A recent projection of the availability of wood from forest plantations for the period 2017-2047 carried out by INFOR indicates that the forestry sector has stopped its usual growth, only to recover the level of wood consumption registered in 2018 will take 20 years.

The main affected by the situation were the small and medium forest owners, who do not have the economic capacity to afforest without state incentives, and who were also the most affected by the forest fires, losing 93 thousand hectares of Pine and Eucalypts plantations of different ages, especially the smallholder segment that lost 59,000 hectares of plantations.

Keywords: Afforestation, Reforestation, Carbon Bonds, Forest Fires, Small and Medium Owners.

⁹ Afforestation: Establishment of forest plantations on land that in 1974 or later did not have a forest cover with economic value. Reforestation (compulsory): Establishment of forest plantations on land that in 1974 or later had a forest cover with economic value.

INTRODUCCIÓN

Chile dispone al año 2017 de 2,29 millones de hectáreas de plantaciones forestales y 14,63 millones de hectáreas de bosques nativos, esto es una cubierta forestal de 16,92 millones de hectáreas que representa el 22,4% del territorio nacional. Sin embargo, son las plantaciones las que sustentan la desarrollada y creciente industria forestal nacional, generando grandes volúmenes de productos de la transformación primaria de la madera, como pulpa y papel, madera aserrada, tableros y chapas, y otros, que son destinados principalmente a los mercados externos con retornos de divisas por US\$ 6.838 millones en 2018 (INFOR, 2019a).

En el año 2018 la corta anual de madera en trozas para fines industriales alcanza un volumen de 47,9 millones de metros cúbicos y solo el 0,54% de este proviene de bosque nativos, con reducidos volúmenes destinados a madera aserrada, tableros y chapas, de modo que las plantaciones forestales proveen sobre el 99% del volumen de madera que se cosecha anualmente en el país para fines industriales (INFOR, 2019a).

La especie mayoritariamente empleada en las plantaciones chilenas es pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) con 1.277.081 ha plantadas y la siguen los eucaliptos con 858.619 ha (*Eucalyptus globulus* Labill, con 588.543 ha y *Eucalyptus nitens* H. Deane and Maiden, con 270.076 ha) y otras varias especies con 138.825 ha (INFOR, 2019a).

El importante desarrollo de la industria forestal en el país y, en gran parte, la existencia desde el año 1974 de una legislación de fomento forestal, que norma el uso de los recursos forestales, otorgaba incentivos estatales a la forestación y hace obligatoria la reforestación (DL N° 701), impulsaron las plantaciones forestales a una tasa anual cercana a la 100 mil hectáreas durante casi 40 años, hasta que en 2012 expiró esta legislación en lo referente a los incentivos estatales a la forestación (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
EVOLUCIÓN DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Superficie Plantaciones		Tasa de Plantación		
(año)	(ha)	Total	Forestación	Reforestación
		(ha)		
1978	711.912			
1980	794.510			
1985	1.188.635	96.278		
1990	1.460.530	94.130		
1995	1.818.185	99.857	60.266	39.591
2000	1.989.101	102.350	44.334	58.016
2005	2.082.502	133.783	73.306	60.477
2010	2.341.850	91.959	20.240	71.719
2011	2.394.916	99.919	20.396	79.523
2012	2.414.389	103.567	17.511	86.417
2013	2.447.590	95.340	6.609	88.731
2014	2.426.722	98.967	4.529	94.438
2015	2.396.562	90.581	3.011	87.570
2016	2.414.208	98.464	2.421	96.043
2017	2.289.525	83.111	1.736	81.375
2018		100.832	1.425	99.407

(Fuente. INFOR, 2019b)

Dado que el consumo de madera en trozas para fines industriales ha crecido fuertemente, duplicándose desde el año 2002 a la actualidad, la tasa de plantación anual se mantiene alta, pero responde en su casi totalidad a la reforestación que es obligatoria para reponer las superficies cosechadas anualmente. La forestación en tanto, que es la incorporación de nuevas superficies plantadas, ha caído a niveles marginales. Esto significa que la superficie plantada en el país no se seguiría incrementando, situación que ya está afectando la disponibilidad futura de madera (INFOR, 2018).

A lo anterior se agrega que durante el verano 2016-2017 se dieron especiales condiciones climáticas en la zona central del país; altas temperaturas, baja humedad atmosférica y vientos de cierta intensidad, que favorecieron la ocurrencia de numerosos incendios forestales que provocaron grandes pérdidas; 500 mil hectáreas fueron afectadas y 205 mil hectáreas de plantaciones forestales fueron destruidas por el fuego. Las principales pérdidas forestales ocurrieron entre las Regiones de O'Higgins y Bio Bio, y en especial en la Región de Maule donde se quemaron 128 mil hectáreas. Pequeños y medianos propietarios forestales perdieron 93 mil hectáreas de plantaciones de pino y de eucalipto de diferentes edades y el más afectado fue el segmento de los pequeños propietarios que perdió 59 mil hectáreas de plantaciones (Cuadros N° 2 y N° 3).

Cuadro N° 2
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO

Región	Grandes	Medianas	Medianos	Pequeños	Total
	Empresas	Empresas	Propietarios	Propietarios	
(ha)					
Coquimbo				257	257
Valparaíso			32	517	549
Metropolitana			260	35	295
O'Higgins	5.122	2.625	15.117	11.563	34.427
Maule	77.482	2.452	15.725	32.497	128.156
Bio Bio	21.598	1.472	2.366	13.810	39.246
La Araucanía	1.035		122	621	1.778
Total	105.237	6.549	33.622	59.300	204.708

(Fuente: Raga *et al.*, 2018 en base a INFOR, 2017)

(1) > 30.000 ha plantadas (2) 5.000 a < 30.000 ha plantadas

(3) 200 a < 5.000 ha plantadas (4) < 200 ha plantadas

Cuadro N° 3
SUPERFICIE DE PLANTACIONES QUEMADA POR REGIÓN, TIPO DE PROPIETARIO Y ESPECIE

Región	Medianos Propietarios				Pequeños Propietarios				Total	
	Pino	Eucaliptos	Otras	Total	Pino	Eucaliptos	Otras	Total		
(ha)										
Coquimbo									257	257
Valparaíso		32		32	22	469			257	491
Metropolitana		260		260		35	25		60	320
O'Higgins	11.172	3.932	13	15.117	4.827	6.733	4	11.564	26.681	26.681
Maule	14.493	1.219	13	15.725	26.697	5.797	3	32.497	48.222	48.222
Bio Bio	845	1.521		2.366	5.174	8.601	35	13.810	16.176	16.176
La Araucanía	111	11		122	301	296	24	621	743	743
Total	26.621	6.975	26	33.622	37.021	21.931	348	59.300	92.922	92.922

(Fuente: Raga *et al.*, 2018 en base a INFOR, 2017)

Estos segmentos de propietarios normalmente no tienen los recursos para establecer plantaciones y menos aún bajo la actual situación que los encuentra descapitalizados. Las plantaciones que poseían habían sido mayoritariamente logradas gracias a los incentivos estatales que para estos efectos otorgaba la legislación de fomento forestal que rigió hasta 2012.

Estas pérdidas de plantaciones por incendios forestales, sumadas a la ya casi inexistente forestación, han reducido significativamente la disponibilidad de madera para los próximos años, la superficie plantada en el país, que se amplió permanentemente durante 40 años, parece estabilizarse en torno a 2,3 millones de hectáreas y el sector forestal ve detenido su habitual crecimiento.

De acuerdo a la última proyección de disponibilidad de madera de las plantaciones realizada por INFOR (2018), solo recuperar el nivel de consumo de madera registrado en 2018 tomará 20 años (Barros, 2018).

La situación es una preocupación sectorial y diversas iniciativas para extender la ley de fomento a las plantaciones o generar un nuevo cuerpo legal al respecto no han prosperado aún, pero se trata de una necesidad urgente si se considera que pequeños y medianos propietarios de suelos forestales no tienen la capacidad económica para forestar sin los incentivos estatales.

Un elemento más en este contexto es que, como legado de las grandes pérdidas de bosques ocurridas desde los tiempos de la Colonia hasta inicios del siglo XX, existen en el país amplias extensiones de suelos forestales potencialmente disponibles para la forestación, descubiertos y bajo procesos erosivos, donde en el mediano plazo se podría tal vez duplicar la actual superficie de plantaciones, sin compromiso alguno de las superficies cubiertas por recursos forestales nativos.

De acuerdo a un estudio realizado por Beltrán (2013) para la Corporación Nacional Forestal (CONAF) la superficie potencialmente disponible para forestación sería de 2,63 millones de hectáreas entre las regiones de O'Higgins y Aysén. Diversos actores sectoriales estiman que esta cifra es significativamente mayor y desde luego lo es si se consideran también las Regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana por el norte y la Región de Magallanes por el sur.

Está en estudio una nueva ley de fomento forestal con incentivos para las plantaciones y, en tanto esta pueda llegar a estar vigente, Raga *et al.* (2018) han planteado la posibilidad de una combinación de incentivos estatales y créditos de fomento, recuperables para el Estado vía impuestos al final de la rotación, para que los segmentos de pequeños y medianos propietarios puedan reforestar las áreas quemadas.

Estos autores realizan un completo análisis al respecto y las principales cifras obtenidas de rentabilidad y tasa de descuento para el privado y el Estado indican que sería viable implementar un programa de fomento para la reforestación a gran escala de las superficies quemadas de pequeños y medianos propietarios, y que este programa sería económica y socialmente rentable para los propietarios y para el Estado vía impuestos y externalidades positivas.

El presente estudio en tanto busca ofrecer alternativas para la recuperación de las superficies quemadas y para el establecimiento de nuevas plantaciones en el país por parte de los pequeños y medianos propietarios, explorando un financiamiento basado en el pago por captación y retención de carbono en sus plantaciones.

OBJETIVOS

El estudio tiene por objetivo general plantear, en la forma de un anteproyecto, un nuevo sistema de financiamiento para la reforestación de áreas quemadas por incendios y promover nuevas plantaciones de bosques en tierras de la pequeña y mediana agricultura.

Como objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Realizar un diagnóstico respecto de las actuales formas de captura de carbono existentes en el país y la relevancia de los modelos de asociatividad para dichos fines.
- Proponer mecanismo de financiamiento (vía pago por captación de carbono) a la forestación o reforestación para ser debatidos en instancias de coordinación público - privadas y por organizaciones de pequeños y medianos productores.
- Formular una propuesta para abrir un mercado nacional a la captura de carbono para reducir la base de emisiones en el cálculo del impuesto verde.
- Proponer modelos de proyectos de forestación que capturen carbono y se financien parcialmente mediante la venta a futuro de los flujos de ingresos producto de la venta de certificados de carbono.
- Difundir resultados asociados a mecanismos de financiamiento y modelos de proyectos de forestación identificados respecto de la implementación del convenio.

CAPTURA DE CO₂ FORESTAL EN CHILE

Los bosques juegan un rol clave en la mitigación del cambio climático. Según el inventario nacional del 2016, el subsector UTCUTS¹⁰ (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura), es responsable de la captura del 62% de las emisiones totales de GEI (gases de efecto invernadero en el país) (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
EMISIONES TOTALES GEI EN EL PAÍS

Sector	Año						
	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
	(Miles tCO ₂ e)						
1. Energía	33.679,7	52.511,9	68.623,5	79.993,7	77.417,0	83.713,4	87.135,6
2. IPPU	3.295,4	6.243,6	5.492,5	6.144,0	6.233,9	6.584,8	6.939,3
3. Agricultura	12.071,4	14.008,7	13.244,1	12.848,4	12.419,1	12.210,6	11.801,6
4. UTCUS	-50.061,0	-62.676,4	-71.930,9	-71.887,5	-55.722,4	-44.972,4	-65.492,3
5. Residuos	2.969,3	3.822,4	4.502,2	5.318,4	5.403,9	5.734,5	5.801,1
Balance	1.954,8	13.910,2	19.931,4	32.417,0	45.751,5	63.270,9	46.185,3
Total	52.015,8	76.586,6	91.862,3	104.304,5	101.473,9	108.243,3	111.677,6

¹⁰ (LULUCF en inglés)

La habilidad de capturar carbono de los bosques depende de dos elementos centrales; la tasa a la cual crece la especie (a mayor tasa de crecimiento mayor es la captura de carbono unitaria) y la etención del carbono capturado (una cosecha se considera equivalente a una emisión neta del carbono contenido a la atmósfera, a menos que se demuestre que este queda retenido en productos, como sería el caso de muebles, maderas estructurales, libros u otros).

Es importante conocer la experiencia chilena de monetización de los servicios ambientales de captura de carbono forestal. Al respecto, existen cuatro experiencias relevantes en el caso chileno (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
EXPERIENCIAS RELEVANTES DE MONETIZACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES DE CAPTURA DE CARBONO FORESTAL EN EL PAÍS

Proyecto	Estándar (1)	Descripción	Proponente
<i>Securitization and Carbon Sink Project</i>	CDM	Reforestación de más de 3.000 ha de pequeños y medianos propietarios del secano interior de la VII y VIII Regiones Utilizando Especies Productivas.	<i>Fundación Chile and Biocarbon Fund</i>
<i>Nerquihue Small Scale Afforestation Project Using Mycorrizal Inoculation</i>	CDM / VCS	Aumento de la productividad en la forestación con pino radiata en pequeñas propiedades vía práctica de micorrización.	<i>Mikro-Tek Inc. and NatSource Europe</i>
<i>Avoiding Planned Deforestation and Degradation in the Valdivian Coastal Reserve</i>	VCS	Detener la amenaza de la deforestación asociada con la construcción de una carretera costera y la conversión de bosques nativos a plantaciones exóticas.	<i>The Nature Conservancy</i>
<i>Reforestation of Degraded Lands in the Valley California of Patagonia</i>	VCS	Reforestación de suelos degradados con especies nativas en el Valle California de la Patagonia chilena	Patagonia Sur

(1) CDM: *Clean Development Mechanism* VCS: *Verified Carbon Standard*

Para los objetivos del presente estudio, la experiencia de *The Nature Conservancy* no es aplicable por tratarse de un proyecto de conservación de bosques, y no uno de forestación. En el caso de Patagonia Sur, no se han registrado capturas efectivas a la fecha y por ende no existe experiencia de monitoreo, acreditación o comercialización de tales reducciones verificadas. En el caso de *Mikro-Tek Inc.*, se trata de un proyecto de muy baja escala, del cual solo se han emitido muy pocos VCU (*Verified Carbon Unit*, crédito de carbono bajo el estándar VCS) a la fecha según el *VCS Project Database*.

Dado lo anterior, este trabajo tomará como antecedente básico de experiencia replicable el Proyecto de Securitización Forestal de Fundación Chile, que comercializó más de 1 millón de

tCER (*Temporary Certified Emissions Reductions*). Créditos de carbono válidos por un periodo de tiempo bajo el estándar CDM el 2011-12 al *BioCarbon Fund* (Fondo de Promoción de Proyectos Forestales del Banco Mundial), por un monto superior a US \$ 2,5 millones. La única adaptación metodológica relevante será utilizar el estándar VCS, por cuanto los certificados de reducción de emisiones son del mismo tipo que los de otros proyectos de mitigación climática, y permitir acceder a mercados más profundos y desarrollados.

CAPTURA DE CO₂ FORESTAL. PROYECTOS DE FORESTACIÓN

Con el objeto de modelar la estructura financiera de un programa de captura de carbono, debe primero modelarse la captura física y para ello definir el parámetro de tasa de crecimiento volumétrico por hectárea.

En el Anexo 2 se presenta un trabajo de simulación de proyección de volumen para la formación de una masa forestal de plantaciones de 500 mil hectáreas en 20 años, donde se aprecia que se genera un volumen creciente de madera hasta llegar a la edad de rotación, pues se van agregando anualmente las nuevas forestaciones que van acumulando su crecimiento. Una vez que la primera forestación llega a la edad de rotación, se cosecha y se reforesta, y la masa de plantaciones alcanza su *stock* de equilibrio de CO₂, el que se mantiene en el tiempo, si cada año se cosecha y reforesta la misma superficie.

Para convertir los volúmenes de madera a dióxido de carbono, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de } CO_2 = V \times d \times FEB \times (1 + R) \times FC \times 44/12$$

Donde:

V: Volumen comercial de los árboles

d: Densidad básica de la especie

FEB: Cociente entre la biomasa aérea total relativa a la biomasa fustal

R: Proporción del peso de las raíces respecto a la biomasa aérea

FC: Fracción de carbono en el peso seco

44/12: 12 es el peso atómico del carbono y 16 es el peso atómico del oxígeno, por lo que $12 + 16 + 16 = 44$, es el peso atómico del dióxido de carbono. Así, 44/12 es el peso del CO₂ en relación a una unidad de carbono

En el caso de pino radiata se tiene que:

V: Crecimiento medio: 16 m³/ha/año

d: 0,39 t/m³

FEB: 1,56

R: 0,25

FC: 0,47

Lo que arroja una captura bruta promedio de 20,97 tCO₂e/ha/año.

Lo siguiente es analizar la permanencia de dicho carbono (¿cuánto volumen podría ser afectado por incendios, plagas, robo de madera u otros factores?). Para esto, se ha utilizado el instrumental provisto por VCS (*Verified Carbon Standard*), que es la matriz de riesgo de

permanencia del sumidero de carbono forestal. Los detalles se presentan en el Anexo 1.

La evaluación realizada considera destinar un *buffer* del 10% para los cálculos provistos previamente de las estimaciones de captura de CO₂ (es decir, hay un volumen del 10% de créditos que no se comercializan de manera de servir de reserva en caso de incendios, plagas, robos de madera u otros fenómenos que afecten al *stock* de carbono disponible).

RELEVANCIA DE LOS MODELOS DE ASOCIATIVIDAD PARA LOS FINES DEL PROYECTO

La propuesta de este anteproyecto está orientada al fomento de la plantación forestal en tierras de la mediana y pequeña agricultura. Como se verá en el desarrollo de los puntos siguientes, los mecanismos de financiamiento y certificación de captura de CO₂, así como su gestión, conllevan costos fijos de registro y administración financiera, que no permitirían su viabilidad en pequeñas superficies. Por lo tanto, para dicha viabilidad se requiere un tamaño mínimo, idealmente sobre las 40 mil hectáreas.

El 93% de las explotaciones sivoagropecuarias tiene menos de 12 ha de riego básico. Dada la atomización de la propiedad de pequeños y medianos forestadores, se hace necesario considerar explícitamente un modelo de asociatividad que permita consolidar una superficie mínima de forestación y de generación de certificados de reducción de emisiones de CO₂ en el tiempo.

Lo anterior también posibilitará a futuro una simplificación del sistema de monitoreo y facilitará la creación de cuencas de abastecimiento, que permitirán negociar mejores condiciones para la venta de los productos de madera a la cosecha, para los mismos forestadores.

Estándares como el MDL y VCS consideran explícitamente modalidades de registro de Programas de Actividades (PoAs, o conocidos comúnmente como "programáticos"), donde el articulador registra la tipología de proyecto a aprobar y posteriormente se van adicionando unidades (forestadores) que se anidan en ese programa mayor.

Lo anterior permite iniciar las actividades de registro del proyecto antes de consolidar la superficie total a forestar, en la medida que las superficies nuevas sigan las prescripciones aprobadas en el registro del proyecto.

El Ministerio de Agricultura ha impulsado el Plan Nacional de Asociatividad Sivoagropecuaria, que apunta a mejorar la competitividad de los productores, disminuyendo los costos de producción y de transacción, accediendo a mercados de mayor valor.

El planteamiento descrito más arriba, calza completamente dentro de los propósitos de este Plan. El tipo de asociatividad, en este caso sería horizontal, y no vertical a lo largo de la cadena de valor.

La coordinación de los pequeños forestadores que se adscriban a este proyecto probablemente deba ser efectuada por CONAF, lo que se vería muy facilitado si dicho Servicio tuviera que interactuar con una sola o pocas contrapartes de forestadores organizados.

Para estos efectos, podrá tratarse de contrapartes pre asociativas (GTT *plus*, PROFO *plus*, PAE) o asociativas (Cooperativa Moderna, Sociedad Anónima, Sociedad por Acciones o Sociedad Limitada).

APERTURA MERCADO NACIONAL A LA CAPTURA DE CO₂ PARA REDUCIR LA BASE DE EMISIONES EN EL CÁLCULO DEL IMPUESTO VERDE AL CO₂

El impuesto verde (Ley 20.780) grava, entre otros contaminantes, las emisiones de CO₂ del parque termoeléctrico del país. Hoy, cualquier generador con una potencia instalada superior a 50 MWT está gravado con un impuesto de US\$ 5/tCO₂.

La aplicación de esta ley, en el caso de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), permitió recaudar US\$ 165 millones el 2018, lo que implica que el sector eléctrico emitió 33 millones de tCO₂ en el año calendario.

La actual propuesta de reforma tributaria considera, en el acápite de impuestos verdes, lo siguiente en lo principal (detalle in extenso en el Anexo 3):

- Se amplían los sectores afectos al impuesto al CO₂, pasando desde el sector termoeléctrico a cualquier fuente fija que emita más de 25 mil tCO₂ anuales.
- Se permite el uso de instrumentos de compensación para evitar el pago del tributo tipo bonos de carbono.
- No existen topes en el uso de instrumentos de compensación.
- El instrumental de compensación solo está disponible para proyectos chilenos.

Los proyectos de forestación y reforestación, entonces, calificarían perfectamente como herramientas de compensación y podrían acceder al mercado representado por las obligaciones de las empresas afectas (termoeléctricas, cementeras, fundiciones, celulosa y papel, entre otras) para colocar sus bonos de carbono a nivel nacional.

PROPUESTA MECANISMO DE FINANCIAMIENTO VÍA PAGO POR CAPTACIÓN DE CO₂

La captura de CO₂ es una función casi lineal del crecimiento volumétrico comercial de las plantaciones. Una representación gráfica simplificada sería como la de la Figura N° 1.

En este caso, se supone que el efecto de una cosecha es similar a un incendio total que elimina todo el carbono contenido en el fuste, ramas, acículas, y raíces.

Además, se supone que los productos generados post-cosecha se degradan inmediatamente y no hay captura de carbono retenida en ellos en el tiempo.

En el caso real, el carbono que se queda en productos más el efecto raíces y suelo, puede representar 40-50% del total capturado antes de la cosecha.

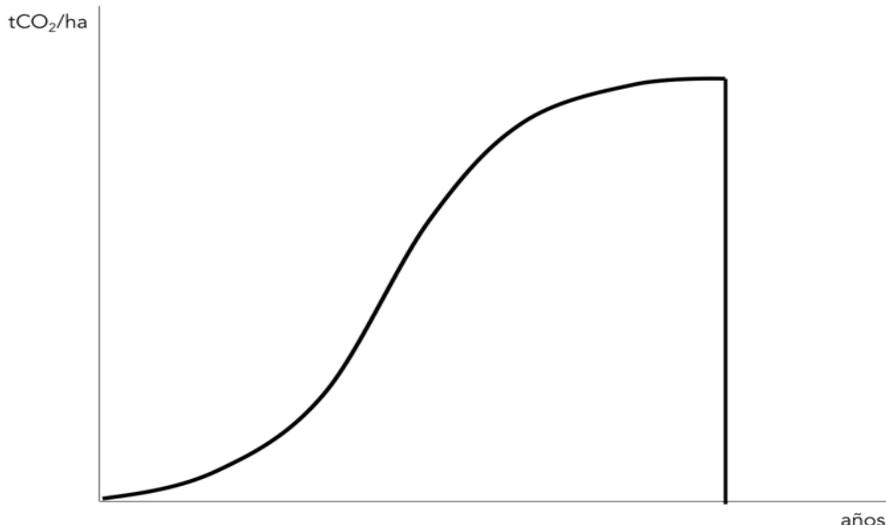


Figura N° 1
ESQUEMA DE CAPTURA DE CO₂ CICLO ÚNICO

Si se considera ahora un bosque "normalizado", donde todos los años se planta una superficie similar, y estos bosques plantados se reforestan post-cosecha, el comportamiento del carbono capturado no es decreciente, sino que tiene un estado de régimen donde las capturas igualan a las cosechas en el tiempo a partir de la edad de la primera cosecha en el tiempo (Figura N° 2).

En este caso se ha supuesto un crecimiento lineal de la captura ($20 tCO_2/ha/año$) y una edad de cosecha de 20 años y al año siguiente de esta se produce la reforestación.

La suma vertical de las capturas generará un *stock* permanente de captura a partir de la edad de cosecha del primer rodal.

Para entender la dimensión financiera del mecanismo propuesto, se ha simulado una agregación de propietarios que totalizan 50 mil hectáreas plantadas (puede ser vía un programa asociativo de CONAF, a través de fondos de inversión forestales, o a través de otras iniciativas privadas).

El esquema operaría según se explica en la Figura N° 3 y los flujos a obtener se aprecian en el Cuadro N° 6.

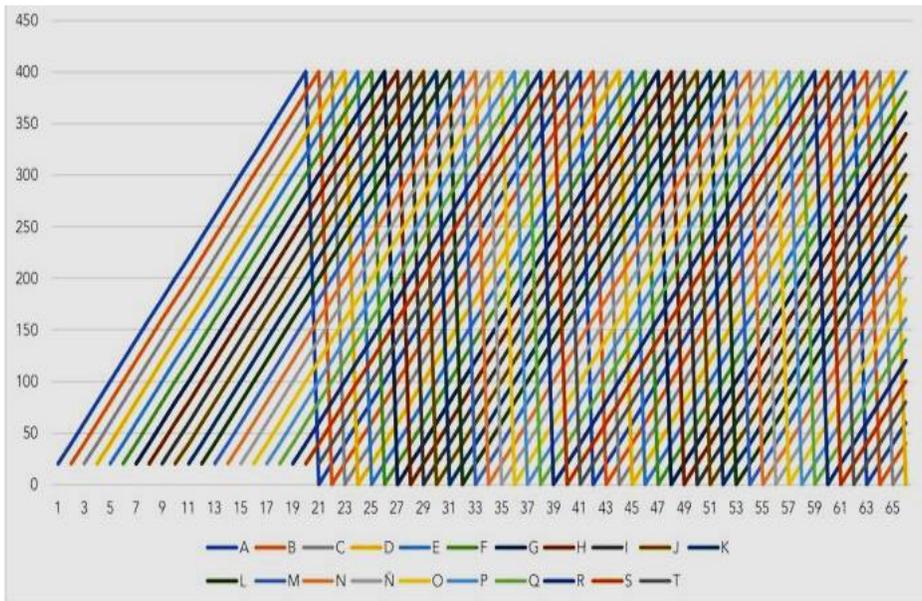
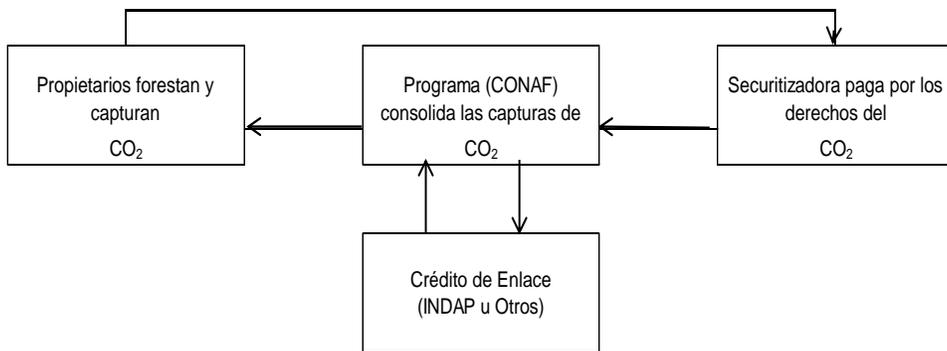


Figura N° 2
ESQUEMA DE CAPTURA DE CO₂ BOSQUE NORMALIZADO



1. Securizadora compra los derechos de carbono de las forestaciones inscritas en un programa *ad hoc*
2. Coordinador (puede ser CONAF) gestiona crédito de enlace a forestadores a cambio de los derechos de carbono que generen
3. CONAF recibe el pago de la securitizadora, paga la deuda con INDAP y traspasa los derechos de carbono

Figura N° 3
ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO DE FORESTACIÓN

Cuadro N° 6
FLUJOS FINANCIEROS

Items	Unidad (miles)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tasa de Forestación	(ha)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Compra de Derecho de Carbono	(US\$)		-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0
Carbono Bruto Generado	(tCO ₂ e)		43,3	86,7	130,0	173,4	216,7	260,1	303,4	346,8	390,1	433,4	476,8
Carbono con <i>Buffer</i> Incluido	(tCO ₂ e)		39,0	78,0	117,0	156,0	195,1	234,1	273,1	312,1	351,1	390,1	429,1
Pago Acreditación y Registro	(US\$)		-1,0	-2,0	-2,9	-3,9	-4,9	-5,9	-6,8	-7,8	-8,8	-9,8	-10,7
Costo Fijos Administración	(US\$)	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0
Ingresos de Comercialización	(US\$)		176,0	351,0	527,0	702,0	878,0	1.053,0	1.229,0	1.404,0	1.580,0	1.755,0	1.931,0
EBITDA	(US\$)	-100,0	-1.325,0	-1.151,0	-976,0	-802,0	-627,0	-453,0	-278,0	-103,0	71,0	246,0	420,0
Base Tributaria	(US\$)	-100,0	-1.425,0	-2.576,0	-3.553,0	-4.354,0	-4.981,0	-5.434,0	-5.712,0	-5.815,0	-5.744,0	-5.499,0	-5.078,0
Impuestos	(US\$)												
FLUJO NETO	(US\$)	-100	-1.325	-1.151	-976	-802	-627	-453	-278	-103	71	246	420

VPN (10%)	(US\$)	-1.732,0
TIR	(%)	6,3
Impuesto CO ₂	(US\$/tCO ₂)	5
Descuento sobre impuesto CO ₂	(%)	10
Pago del derecho propietario	(US\$/ha)	700
Acreditación y registro	(US\$/tCO ₂)	0,025

Items	Unidad (miles)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tasa de Forestación	(ha)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Compra de Derecho de Carbono	(US\$)	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0	-1.400,0
Carbono Bruto Generado	(tCO ₂ e)	480,9	524,3	567,6	611,0	654,3	697,6	741,0	784,3	827,7	871,0	914,4	957,7
Carbono con <i>Buffer</i> Incluido	(tCO ₂ e)	432,8	471,8	510,8	549,9	588,9	627,9	666,9	705,9	744,9	783,9	822,9	861,9
Pago Acreditación y Registro	(US\$)	-10,8	-11,8	-12,8	-13,7	-14,7	-15,7	-16,7	-17,6	-18,6	-19,6	-20,6	-21,5
Costo Fijos Administración	(US\$)	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0
Ingresos de Comercialización	(US\$)	1.948,0	2.123,0	2.299,0	2.474,0	2.650,0	2.825,0	3.001,0	3.177,0	3.352,0	3.528,0	3.703,0	3.879,0
EBITDA	(US\$)	437,0	611,0	786,0	961,0	1.135,0	1.310,0	1.484,0	1.659,0	1.833,0	2.008,0	2.183,0	2.357,0
Base Tributaria	(US\$)	-4.047,0	-3.435,0	-2.649,0	-1.689,0	-553,0	756,0	1.484,0	1.659,0	1.833,0	2.008,0	2.183,0	2.357,0
Impuestos	(US\$)						-204,0	-401,0	-448,0	-495,0	-542,0	-589,0	-636,0
FLUJO NETO	(US\$)	437	611	786	961	1.135	1.106	1.084	1.211	1.338	1.466	1.593	1.721

Donde se tiene que:

- Tasa de forestación: Se ha supuesto en este Programa, una tasa de 2000 ha/año, concentrada en la VII Región (si la tasa fuera mayor, el programa es más rentable y más beneficioso para todos los participantes, por la generación de economías de escala).
- Compra de los derechos de carbono: La empresa que compra estos derechos hace un pago a suma alzada por hectárea plantada efectiva. El valor se determina "hacia atrás", buscando que la empresa securitizadora genere un retorno del 6% efectivo.
- Carbono bruto generado: Corresponde a la tasa de captura determinada para esta región, en este caso, de poco más de 21,7 tCO₂/ha/año.
- Carbono con *buffer* incluido: Considera 10% de *buffer* (proporción no comercializable)

- Pago acreditación y registro: Actividades ante el estándar VCS (como proyecto asociativo, no como jurisdiccional)
- Costos fijos de administración: Se ha supuesto un valor base de US\$ 100 mil anuales.
- Ingresos de comercialización: Se asume una brecha de 10% entre el impuesto al CO₂ y el bono de carbono que compensa la emisión gravada.

En base a estos antecedentes, el valor que la empresa securitizadora le pagaría a los propietarios por sus derechos de carbono sumaría US\$ 700/ha (valor a suma alzada).

Algunas condiciones críticas de funcionamiento (roles/responsables) del modelo son:

Seguridad de que la captura de carbono se generará: Aquí resulta crítico el informe de prendimiento de la plantación, que asegura supervivencia y crecimiento en el tiempo (responsabilidad de CONAF). Una organización tipo INDAP es la que puede generar un mecanismo de enlace (como se hizo en el pasado con las bonificaciones del DL701), recibiendo ella los créditos de carbono a cambio de co-financiamiento de la plantación, y entregándolos en forma posterior a la empresa securitizadora para recibir ella el pago.

Seguridad ante incendios, robo de madera, plagas: Dados esos riesgos es que se determina el área *buffer* y el volumen neto comercializable, pero es necesario que toda forestación afecta a este mecanismo cuente con seguro contra incendios.

Permanencia: Como se ha explicado previamente, se requiere asegurar que se producirá la reforestación post-cosecha del predio. Así, para participar de este mecanismo, el propietario debe entregar en garantía a CONAF el vuelo (los árboles cosechables), y si decide cambiar de uso de la tierra o no reforestar después de la cosecha, CONAF puede descontar el pago realizado de los ingresos de cosecha.

RESPUESTA DE OPERADORES FINANCIEROS

CORFO y el Instituto Forestal gestionaron dos reuniones con agentes financieros establecidos, como son BanChile y Excel Capital. Las respuestas de ambos agentes fueron similares respecto al programa presentado y se pueden resumir como sigue:

- Se requiere aumentar significativamente el monto de colocaciones y para eso el Programa debe atraer más de 2.000 ha/año de forestación. Esto es factible concentrando superficies de plantación en los primeros años.
- Hace mucho sentido estructurar un programa de este tipo para empresa(s) sujeta(s) del tributo al CO₂. Son ellas las que mejor evalúan el potencial *up side* de costos por aumento del impuesto y el *hedge* (cobertura) que se produce por asegurar reducciones a un precio fijo conocido. Serían los "clientes" naturales.
- Debe haber transparencia absoluta de la forma en cómo se tome garantía sobre la madera o el suelo de manera de asegurar que quien recibe el dinero por sus capturas futuras de carbono, se haga responsable de proveerlas de manera de evitar descalces de disponibilidad de créditos.

CONCLUSIONES Y PASOS SIGUIENTES

Tanto desde el punto de vista de los requerimientos del país para cumplir los NDC (Compromisos Nacionales Determinados) en el ámbito de los acuerdos asumidos en la COP 25 (Conferencia de las Partes) como en lo establecido para las modificaciones de la Ley 20.780, que estableció los llamados "impuestos verdes", existe espacio para generar un mecanismo de financiamiento en base a compensaciones de las emisiones de CO₂ a partir de certificados de captura de dicho gas de efecto invernadero.

El análisis financiero del proyecto también indica que se generaría un aporte significativo para financiar la forestación, llevando el flujo futuro de venta de certificados de captura a un monto en el instante de la plantación a tasas de mercado.

Lo anterior indica la conveniencia de promover el establecimiento de este mecanismo de financiamiento, lo que no solamente tendrá un efecto en el ámbito del combate al cambio climático, sino un positivo aporte en apoyar las economías locales de las pymes forestales y madereras, y a reconstruir el tejido social y económico de las áreas devastadas por los grandes incendios rurales del 2017.

Sugerencias de acciones de corto plazo:

- Trabajar junto al Ministerio de Medio Ambiente para que el reglamento del impuesto verde modificado, en el acápite correspondiente a *offsets*, considere los aspectos relevantes para el proyecto, de manera de contar con seguridad regulatoria de corto plazo.
- Diseñar el sistema de agregación de pequeños y medianos forestadores al alero de CONAF.
- Trabajar en metodologías simplificadas de registro y monitoreo de reducciones de CO₂ de proyectos de forestación.
- Apoyar el trabajo legislativo de la reforma tributaria en lo referido a *offsets* e impuesto al CO₂, proponiendo adelantar la fecha de implementación a no más allá del 2022.

REFERENCIAS

Barros, Santiago, 2018. Evolución de las Plantaciones Forestales en Chile. Forestación y Reforestación. En: Ciencia e Investigación Forestal Vol 24 N° 3. Diciembre 2018, Instituto Forestal, Chile. Pp 89 – 114.

Beltrán, Karen, 2013. Superficie Potencial Forestable de las Regiones de O'Higgins a Aysén. Corporación Nacional Forestal. Gerencia Forestal. P. 275.

INFOR, 2017. Cifras de Superficies de Plantaciones Afectadas por los Incendios Forestales de la Temporada 2016-2017. Instituto Forestal, Chile. Informe Interno. P.4.

INFOR, 2018. Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos (2017-2047). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 220. P. 123.

INFOR, 2019a. El Sector Forestal Chileno. Instituto Forestal, Chile. P. 48.

INFOR, 2019b. Anuario Forestal 2019. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 168. P. 214.

Raga, Fernando; Valdebenito, Gerardo y Barros, Santiago, 2018. Reforestación de Plantaciones Forestales Quemadas. Análisis de la Viabilidad de Aplicación de Incentivos Estatales y de la Rentabilidad para el Estado y Particulares. En: Ciencia e Investigación Forestal. Instituto Forestal, Chile. Vol. 24 N° 2. Agosto 2018. P. 87 – 98.

Anexo 1

Determinación de Tamaño Área Buffer para Incorporar Riesgo de no Permanencia de Los Bosques/Plantaciones Según Estándar VCS



Risk Report Calculation Tool, VCS Version 3.1

This spreadsheet provides a tool for calculating and documenting an AFOLU project's risk rating. The risk ratings for each risk factor are as set out in the VCS AFOLU Non-Permanence Risk Tool. The overall risk rating is the final output from this tool.

This document may be included as an annex to the Non-Permanence Risk Report (long or short form) and should be provided to a validation/verification body at the time of validation or verification. Using this tool does not obviate the need to complete the non-permanence risk report.

This tool and the instructions provided with are intended to aid the user in calculating the overall risk rating and this worksheet does not represent the VCS requirements. All requirements are found in the relevant VCS program documents.

VCSA acknowledges the work of Adam Gibbon and Jared Nunery in developing this tool.

Instructions for using the risk report calculation tool:

- Excel macros must be enabled to use the "Reset Form" button in this tool. If macros is not enabled, the reset form button will not work, and users need to empty all yellow cells before re-entering data to avoid errors in calculations. To empty yellow cells, click on the cell and press the delete button on the keyboard on right click on the cell and select "Clear Contents"
- To complete the form, input data into yellow cells only. All other cells are populated automatically and the remainder of the cells are locked from editing.
- Instructions for inputting data into the yellow cells is provided to the right of the cell in orange text. For some risk factors, select the risk rating appropriate for the project. For other risk factors, select the appropriate answer to the question from the drop down menu.
- The form can be reset using the buttons at the top or bottom, if macros are enabled.
- This spreadsheet has been designed to enable project proponents to print or convert to PDF

Note that if the project is split into two or more risk zones then two or more instances of this excel spreadsheet will need to be completed. **STEP 1: RISK ANALYSIS**

1 INTERNAL RISK

Project Management		
a)	Species planted (where applicable) associated with more than 25% of the stocks on which GHG credits have previously been issued are not native or proven to be adapted to the same or similar agro-ecological zone(s) in which the project is located.	0
b)	Ongoing enforcement to prevent encroachment by outside actors is required to protect more than 50% of stocks on which GHG credits have previously been issued.	0
c)	Management team does not include individuals with significant experience in all skills necessary to successfully undertake all project activities (ie, any area of required experience is not covered by at least one individual with at least 5 years experience in the area).	0
d)	Management team does not maintain a presence in the country or is located more than a day of travel from the project site, considering all parcels or polygons in the project area.	0
e)	Mitigation: Management team includes individuals with significant experience Management team includes individuals with significant experience in AFOLU project design and implementation, carbon accounting and reporting (eg, individuals who have successfully managed projects through validation, verification and issuance of GHG credits) under the VCS Program or other approved GHG programs.	-2
f)	Mitigation: Adaptive management plan in place	0
Total Project Management [a + b + c + d + e + f]		-2
Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor		

Financial Viability		
Q	How many years does it take for the cumulative cashflow to break even?	d)
Q	What percentage of funding is needed to cover the total cash out before the project breaks even has been secured?	h)
a)	Project cash flow breakeven point is greater than 10 years from the current risk assessment	0
b)	Project cash flow breakeven point is between 7 and up to less than 10 years from the current risk assessment	0
c)	Project cash flow breakeven point between 4 and up to less than 7 years from the current risk assessment	0
d)	Project cash flow breakeven point is less than 4 years from the current risk assessment	0
e)	Project has secured less than 15% of funding needed to cover the total cash out before the project reaches breakeven	0
f)	Project has secured 15% to less than 40% of funding needed to cover the total cash out required before the project reaches breakeven	0
g)	Project has secured 40% to less than 80% of funding needed to cover the total cash out required before the project reaches breakeven	0
h)	Project has secured 80% or more of funding needed to cover the total cash out before the project reaches breakeven	0
i)	Mitigation: Project has available as callable financial resources at least 50% of total cash out before project reaches breakeven	0
Total Financial Viability [(a, b, c or d) + (e, f, g or h) + i]		0

Opportunity Cost		
Q	What is the NPV from the most profitable alternative land use activity compared to NPV of project activity?	f)
a)	NPV from the most profitable alternative land use activity is expected to be at least 100% more than that associated with project activities; or where baseline activities are subsistence-driven, net positive community impacts are not demonstrated	0
b)	NPV from the most profitable alternative land use activity is expected to be between 50% and up to 100% more than from project activities	0
c)	NPV from the most profitable alternative land use activity is expected to be between 20% and up to 50% more than from project activities	0
d)	NPV from the most profitable alternative land use activity is expected to be between 20% more than and up to 20% less than from project activities; or where baseline activities are subsistence-driven, net positive community impacts are demonstrated	0
e)	NPV from project activities is expected to be between 20% and up to 50% more profitable than the most profitable alternative land use activity	0
f)	NPV from project activities is expected to be at least 50% more profitable than the most profitable alternative land use activity	-4
g)	Mitigation: Project proponent is a non-profit organization	0
h)	Mitigation: Project is protected by legally binding commitment to continue management practices that protect the credited carbon stocks over the length of the project crediting period (see project longevity)	0
i)	Mitigation: Project is protected by legally binding commitment to continue management practices that protect the credited carbon stocks over at least 100 years (see project longevity)	-8
Total Opportunity Cost [(a, b, c, d, e or f) + (g + h or i)]		-12
Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor Total may be less than zero		
Project Longevity		
Q	Does the project have a legally binding agreement that covers at least a 100 year period from the project start date?	Yes
Q	What is the project Longevity in years?	40
Q	Legal Agreement or requirement to continue management practice?	Yes
a)	Without legal agreement or requirement to continue the management practice	0
b)	With legal agreement or requirement to continue the management practice	10
Total Project Longevity		0
Note: Total may not be less than zero. Any project with a legally binding agreement that covers at least a 100 year period from the project start date will be assigned a score of zero. Any project with a project longevity of less than 30 years fails the risk assessment		
Total Internal Risk (PM + FV + OC + PL)		0
Note: Total may not be less than zero		

2 EXTERNAL RISK

Land and resource tenure		
Q	Are the ownership and resource access/use rights held by the same of different entities?	Different
a)	Ownership and resource access/use rights are held by same entity(s)	0
b)	Ownership and resource access/use rights are held by different entity(s) (eg, land is government owned and the project proponent holds a lease or concession)	2
c)	In more than 5% of the project area, there exist disputes over land tenure or ownership	0
d)	There exist disputes over access/use rights (or overlapping rights)	0
e)	WRC projects unable to demonstrate that potential upstream and sea impacts that could undermine issued credits in the next 10 years are irrelevant or expected to be insignificant, or that there is a plan in place for effectively mitigating such impacts	0
f)	Mitigation: Project area is protected by legally binding commitment (eg, a conservation easement or protected area) to continue management practices that protect carbon stocks over the length of the project crediting period	-2
g)	Mitigation: Where disputes over land tenure, ownership or access/use rights exist, documented evidence is provided that projects have implemented activities to resolve the disputes or clarify overlapping claims	0
Total Land Tenure [(a or b) + c + d + e + f +g]		0

Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor Total may not be less than zero

Community Engagement		
a)	Less than 50 percent of households living within the project area who are reliant on the project area, have been consulted	0
b)	Less than 20 percent of households living within 20 km of the project boundary outside the project area, and who are reliant on the project area, have been consulted	0
c)	Mitigation: The project generates net positive impacts on the social and economic well-being of the local communities who derive livelihoods from the project area	0
Total Community Engagement [a + b + c]		0

Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor Total may be less than zero

Political Risk				
Q	What is the country's calculated Governance score?		0	
a)	Governance score of less than -0.79		0	
b)	Governance score of -0.79 to less than -0.32		0	
c)	Governance score of -0.32 to less than 0.19		2	
d)	Governance score of 0.19 to less than 0.82		0	
e)	Governance score of 0.82 or higher		0	
f)	Mitigation: Country implementing REDD+ Readiness or other activities such as: a) The country is receiving REDD+ Readiness funding from the FCPF, UN-REDD or other bilateral or multilateral donors b) The country is participating in the CCBA/CARE REDD+ Social and Environmental Standards Initiative c) The jurisdiction in which the project is located is participating in the Governors' Climate and Forest Taskforce d) The country has an established national FSC or PEFC standards body e) The country has an established DNA under the CDM and has at least one registered CDM A/R project		-2	
Total Political [(a, b, c, d or e) + f]			0	
Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor Total may not be less than zero				
Total External Risk (LT + CE +PC)			0	
Note: Total may not be less than zero				
3 NATURAL RISK				
Risk Category Factors		LS Value	Mitigation	Risk Rating
a)	Fire (F)	1	1,00	1,00
b)	Pest and Disease Outbreaks (PD)	2	1,00	2,00
c)	Extreme Weather (W)	2	0,50	1,00
d)	Geological Risk (G)	1	1,00	1,00
e)	Other natural risk (ON1)			0,00
f)	Other natural risk (ON2)			0,00
g)	Other natural risk (ON3)			0,00
Total Natural Risk [F + PD + W + G + ON]			5,00	
Note: When a risk factor does not apply to the project, the score shall be zero for such factor				
Risk rating is determined by [LS x M]				
Total Natural Risk (F + PD + W + G + ON)			5,00	
Note: Total may not be less than zero				
If the Total Natural Risk is above 35 then the project fails the entire risk analysis				

STEP 2: OVERALL NON-PERMANENCE RISK RATING AND BUFFER DETERMINATION	
Risk Category	Rating
a) Internal risk	0,00
b) External risk	0,00
c) Natural Risk	5,00
Overall risk rating (a + b + c)	10
Note: Overall risk rating shall be rounded up to the nearest whole percentage The minimum risk rating shall be 10, regardless of the risk rating calculated If the overall risk rating is over 60 then the project fails the entire risk analysis	
Total Risk Assessment	10%
Net change in the project's carbon stocks	
TOTAL NUMBER OF CREDITS TO BE DEPOSITED IN THE AFOLU POOLED BUFFER ACCOUNT	0

Anexo 2

Modelamiento de Captura de CO₂ Forestal. Proyectos de Forestación

A partir de las recomendaciones del Consejo de Política Forestal en orden a aumentar la forestación con especies exóticas de interés comercial en 500 mil hectáreas, se ha hecho un modelamiento de crecimiento lineal para alcanzar tal superficie. Para simplificar el análisis, se revisará el caso de reforestación con la especie *Pinus radiata*. La tasa de crecimiento se extrae de los potenciales de productividad de las zonas definidas en el Modelo de Simulación de Pino Radiata¹¹, considerando esquemas de manejo multipropósito y clases de sitio 25 (en orden a ser conservadores en las estimaciones). Es importante notar que se están considerando rendimientos mejorados, pero propios de la experiencia de forestación de pequeños y medianos propietarios forestales, cuya silvicultura y acceso a material genético no se compara con aquellos propios de las principales empresas forestales.

En todo caso, se ha considerado, al igual como hizo el proyecto de securitización, que un trabajo colaborativo con las principales empresas se realiza, y se superan los crecimientos efectivos de plantaciones en el pasado (crecimientos más en el rango de 12-14 m³/ha-año), y que además se ha compensado el efecto de menor disponibilidad hídrica producto del mismo cambio climático en ciertas zonas críticas como es el secano interior de Maule, Ñuble y Bio Bio. Una vez producida la cosecha de las plantaciones a su edad óptima, se está considerando que esas mismas superficies se reforestan, por lo que se alcanza un *plateau* en la disponibilidad de madera (y, consecuentemente, del carbono capturado), cuando el bosque reforestado alcanza el equilibrio anual (cosechas igual a las reforestaciones). Las simulaciones entregan los siguientes valores promedio:

Superficie Plantada (Miles ha)	Crecimiento Volumen (Millones m ³)
25	0,4
50	0,8
75	1,2
100	1,6
125	2,0
150	2,4
175	2,8
200	3,2
225	3,6
250	4,0
275	4,5
300	4,8
325	5,2
350	5,6
375	6,0
400	6,4
425	6,8
450	7,2
475	7,6
500	8,0

Crecimiento anual medio 16 m³/ha/año

¹¹ Modelo desarrollado originalmente por Fundación Chile en esquema consorciado con las principales empresas forestales, las que establecieron parcelas de monitoreo permanente para disponer de data de modelamiento. A partir del año 2006, la administración del Modelo de Simulación está radicada en la Universidad de Concepción.

Anexo 3

Texto Propuesto Reforma Tributaria Referido a Modificación Impuesto Verde

“Introdúcense las siguientes modificaciones al artículo 8° de la ley número 20.780:

1. Reemplázase el inciso primero, por el siguiente:

“Artículo 8°.- Establécese un impuesto anual a beneficio fiscal que gravará las emisiones al aire de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO₂), producidas por establecimientos cuyas fuentes fijas, individualmente o en su conjunto, emitan 100 o más toneladas anuales de material particulado, o 25.000 o más toneladas anuales de dióxido de carbono (CO₂)”.

2. En el inciso segundo, reemplázase la parte final que sigue a las palabras “haciendo uso”, por la siguiente frase: “de las señaladas fuentes fijas, generen emisiones de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) o dióxido de carbono (CO₂)”.

3. En el inciso quinto, incorpórase a continuación de la expresión “zona latente” y antes de los dos puntos “:” la expresión “por concentración del respectivo contaminante”.

4. En el inciso séptimo, a continuación de la tabla agrégase la siguiente frase final que formará parte del inciso séptimo: “El CSCpci de cada contaminante local será revisado cada diez (10) años por el Ministerio del Medio Ambiente”.

5. En el inciso noveno, a continuación del punto final (“.”), agrégase lo siguiente: “La utilización de aditivos en la combustión de biomasa no altera la referida liberación”.

6. Reemplázase el inciso decimoprimer por el siguiente: “El Ministerio del Medio Ambiente publicará anualmente un listado de los establecimientos que deberán reportar de manera obligatoria sus emisiones durante el año calendario correspondiente, de conformidad con lo establecido en el reglamento, luego de lo cual publicará un listado de quienes se encuentren en la situación del inciso primero de este artículo, previa verificación de los reportes de emisiones de cada establecimiento. Asimismo, publicará anualmente el listado de las comunas que han sido declaradas como saturadas o latentes para efectos de este impuesto”.

7. En el inciso decimotercero, reemplázase la expresión “afectos y,” por la expresión “que deban reportar sus emisiones y”.

8. En el actual inciso decimooctavo, incorpórase el siguiente párrafo a continuación del punto final (“.”), que pasa a ser punto seguido (“.”): “Del giro podrá reclamarse ante el Tribunal Ambiental correspondiente al domicilio de la fuente emisora, conforme las reglas generales”.

9. En el inciso decimonoveno, reemplázase las expresiones “Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) respectivo” y “CDEC respectivo” por “Coordinador Eléctrico Nacional”.

10. Agréganse los siguientes incisos finales nuevos: “Los contribuyentes afectos al impuesto establecido en el presente artículo respecto al CO₂, podrán compensar sus emisiones de CO₂ gravadas, a través de la implementación de proyectos de reducción de emisiones de CO₂ desarrollados a nivel nacional bajo los estándares y modalidades de participación establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente mediante resolución exenta. Para efectos de la compensación, los proyectos de reducción de emisiones de CO₂ deberán ser certificados por un auditor externo

autorizado por la Superintendencia del Medio Ambiente, según los procedimientos y metodologías que esta estime. Asimismo, la Superintendencia del Medio Ambiente deberá tener un registro de auditores externos autorizados, debidamente capacitados, para validar las reducciones de emisiones de CO₂. La determinación de los requerimientos mínimos que deberán cumplir dichos auditores para ser parte del registro y sus atribuciones serán determinadas por medio de un reglamento elaborado por dicha entidad.

La Superintendencia precitada deberá llevar un registro público y único de los traspasos, compras y valores de los certificados de reducción de emisiones de CO₂ de cada contribuyente.

La Superintendencia del Medio Ambiente, realizará la contabilidad previa de cada contribuyente, de manera de hacer envío del balance asociado a las emisiones de CO₂, debiendo remitir dicha información al Servicio de Impuesto Internos, quien realizará el respectivo cálculo del gravamen”.

Anexo 4

Listado de Actividades de Preparación y Difusión

-Reunión GIF CORFO

7/Junio 2019

Moneda 921, Oficina 438

Participantes: Fernando Raga, INFOR; Jorge Cabrera, consultor INFOR; Luis Felipe Oliva, CORFO; Manuel Martínez, CORFO; Carlos Berner, CORFO; Aldo Cerda

-Reunión Coordinación Equipos INFOR

20/Junio 2019

VC/Oficinas INFOR Santiago y Valdivia

Participantes: Yasna Rojas, INFOR; Jorge Cabrera, consultor INFOR; Aldo Cerda

-Reunión GIF CORFO

1/Julio 2019

Moneda 921, Oficina 441

Participantes: Fernando Raga, INFOR; Luis Felipe Oliva, CORFO; Manuel Martínez, CORFO; Carlos Berner, CORFO; Aldo Cerda

-Reunión GIF CORFO

22/Julio 2019

Moneda 921, Oficina 441

Participantes: Fernando Raga, INFOR; Luis Felipe Oliva, CORFO; Manuel Martínez, CORFO; Carlos Berner, CORFO; Aldo Cerda

-Reunión con BanChile Securitizadora

23/Agosto/2019

Ahumada 251, Piso 3

Participantes: Claudia Bazaes, BanChile; Fernando Raga, INFOR; Luis Felipe Oliva, CORFO; Manuel Martínez, CORFO; Carlos Berner, CORFO; Aldo Cerda

-Reunión GIF CORFO

2/Septiembre 2019

Moneda 921, Oficina 441

Participantes: Fernando Raga, INFOR; Luis Felipe Oliva, CORFO; Manuel Martínez, CORFO; Carlos Berner, CORFO; Aldo Cerda

-Reunión con Excel Capital

5/Septiembre 2019

Isidora Goyenechea 3477, piso 17, Las Condes

Participantes: Gastón Angelico, XLC; Felipe Monardez, XLC; Rodrigo Nader, XLC; Felipe Raga, XLC; José Tomás Raga, XLC; Fernando Raga, INFOR; Aldo Cerda

-Reunión con Ministerio de Medio Ambiente

3/Octubre 2019

San Martín 73, Santiago

Participantes: Carolina Urmeneta, MMA; Fernando Raga, INFOR; Manuel Martínez, CORFO; Aldo Cerda.

CRECIMIENTO, DESARROLLO CUALITATIVO Y RETORNO FINANCIERO DE UNA FORESTACIÓN CON ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) AL PIE DE MONTE ANDINO DEL CENTRO SUR DE CHILE

Müller-Using, Burkhard¹²; Tiemann, Marion¹³; Donoso, Pablo¹⁴ y Wolf, Bárbara¹²

RESUMEN

En el año de 2002 una superficie de 3 ha de pastizales, situada al pie de monte andino en el Centro Sur de Chile, fue forestada con roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). El crecimiento de este rodal plantado fue monitoreado durante 16 años.

Se presentan los resultados de 3 inventarios consecutivos a las edades de 6; 11 y 16 años, incluyendo evaluaciones de la calidad exterior de los árboles. Se realizaron dos raleos, el primero a 11 años y el segundo a 16 años de edad. Además, se estudiaron los efectos de estas intervenciones sobre la calidad de los latizales.

La producción total en volumen, antes del segundo raleo (edad 16 años), fue 235 m³/ha (volumen con corteza y diámetro límite a la punta de 7 cm). En este momento, el rodal mostraba una altura media de 17,4 m y un DAP de 19,1 cm.

El desarrollo futuro fue estimado mediante una matriz de pronóstico que incluye 3 raleos más. En base de esta estimación el rodal alcanzaría su diámetro meta de 50 cm a la edad de 55 años. En aquel momento los 148 árboles remanentes contendrían al menos dos trozos aserrables de 3,60 m c/u.

Todos los costos, con el valor del suelo incluido, fueron contrapuestos al valor de los productos como leña y madera aserrada, para evaluar la tasa efectiva de retorno de una inversión que aplique las técnicas silvícolas descritas en este trabajo.

Esta tasa de retorno se calculó en un 4%. La forestación con roble demostró un éxito financiero considerable al compararla con el rendimiento de plantaciones con especies latifoliadas en Europa Central.

Palabras clave: Chile, Plantación, Latifoliadas, Manejo, Crecimiento, Calidad fustal, Evaluación económica.

¹² Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Depto. Silvicultura. burkhardmusing@yahoo.de

¹³ Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Fachbereich Wald und Umwelt,

¹⁴ Universidad Austral de Chile, Dpto. Bosque y Sociedad

SUMMARY

In 2002, an area of 3 ha of grassland, located at the foot of the Andean mountains in the South Central of Chile, was afforested with Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). The growth of this planted stand was monitored over 16 years.

The results of 3 consecutive inventories at the ages of 6, 11 and 16 years old are presented, including evaluations of the external quality of the trees. Two thinnings were carried out, the first at 11 years and the second at 16 years. In addition, the effects of these interventions on the quality of the pole stands were studied.

The total production in volume, before the second thinning (age 16 years), was 235 m³/ha (volume with bark and diameter limited to the tip of 7 cm). At this time, the stand showed an average height of 17.4 m and an average DBH of 19.1 cm.

Future development was estimated using a forecast matrix that includes 3 more thinnings. Based on this estimate, the stand would reach its target diameter of 50 cm at the age of 55 years. At that time, the 148 remaining trees would contain at least two sawable pieces of 3.60 m each.

All costs, with the value of the land included, were compared to the value of products such as firewood and sawn wood, to evaluate the effective rate of return on an investment that applies the silvicultural techniques described in this work.

This rate of return was calculated as to be 4%. Afforestation with Roble demonstrated considerable financial success when compared to the yield of plantations with broadleaved species in Central Europe.

Key words: Chile, Afforestation, Broadleaved, Management, Growth, Stem quality, Economic evaluation.

INTRODUCCIÓN

En Chile, alrededor de 1 millón de hectáreas de bosques secundarios compuestos de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (roble) y *Nothofagus alpina* (Poep. & Endl.) Oerst. (raulí) ocupan sectores de la parte Centro Sur del país. Hoy en día, la gran mayoría de estos bosques se encuentran en un rango de edad entre 40 y 90 años, por lo que muchos de ellos han alcanzado o están acercándose al fin de su período de rotación. Las opciones silvícolas son su regeneración natural o su remplazo a través de plantaciones con las mismas especies ya que la sustitución por especies exóticas está legalmente prohibida.

La primera opción, por varias razones, no se está practicando a mayor escala y forestaciones y reforestaciones con latifoliadas nativas han sido realizadas a una escala algo más extensa y varios trabajos sobre el desarrollo de roble, raulí o mezclas de ellos han sido publicados. (Grosse, 1987; Espinosa, *et al.*, 1988; Donoso *et al.*, 1993; Wienstroer *et al.*, 2003; y Müller-Using *et al.*, 2005). De esta forma, se ha visto que no hay mayores problemas o riesgos en la fase del establecimiento y que su crecimiento en las siguientes fases de brinzal y latizal es muy prometedor, como ha sido reportado para la región de los Ríos, donde ambas especies pueden alcanzar un crecimiento medio anual de entre 13 y 15 m³/ha durante los primeros 20 años de edad.

Ambas especies pueden potencialmente producir madera de alto valor. Su grado de calidad depende de factores genéticos y ambientales, pero también y en especial, si se trata de especies de latifoliadas, del tratamiento silvícola al que estén sometidas.

En Europa, el aspecto de la calidad de fuste de especies latifoliadas ha sido intensamente estudiado desde hace algunos decenios. (Teisser du Crois and Thiebault, 1988; Göckel, 1994; Börner *et al.*, 2002; Leonhardt und Wagner, 2006; Linnert, 2009; Weidig *et al.*, 2014; Bednar, 2016). Estos estudios, en su mayoría, han sido elaborados en rodales muy jóvenes, donde todavía es difícil predecir la futura calidad fustal de los árboles a la edad de cosecha. Esto es más evidente aún, si se considera el largo tiempo de producción que necesitan, por ejemplo las especies haya (120 años) y encino (160 años) en Europa.

En Chile, se encontró solo un estudio referido al desarrollo de la calidad fustal en plantaciones de latifoliadas, como roble, raulí y coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), a la edad de 10 años (Wienstroer *et al.*, 2003). Estos autores elaboraron una matriz para evaluar la calidad fustal que se basó en 5 criterios de apariencia exterior: (i) daños visibles, (ii) rectitud, (iii) bifurcaciones, (iiii) grosor de las ramas y (iiiii) excentricidad del fuste. Como resultado ellos distinguieron entre árboles de “buena forma” y árboles de “mala forma”.

Plantados en campo abierto, roble y raulí mostraron más o menos el mismo comportamiento con 33% con “buena forma” sobre todos los análisis hechos a la edad de 10 años, mientras que coihue solo alcanzó un 9 %. Plantados en pequeños claros (sombra lateral) las calidades promedio de roble, raulí y coihue subieron a niveles más altos (53%, 49%, y 29%, respectivamente). Este estudio habría llevado a predicciones más interesantes desde el punto de vista comercial, si hubiese sido posible extenderlo a un más amplio período de observación. De esta manera habría sido posible transformar las calificaciones algo preliminares de “buena forma” y “mala forma” en clases de calidad de productos comerciales.

El trabajo aquí presentado trata de superar este déficit a través de observaciones continuas sobre 17 años de desarrollo de una plantación de roble. La hipótesis es de poder alcanzar una predicción más realista del desarrollo en calidad, al momento de haber alcanzado 1/3 del tiempo de rotación, cuando por lo menos se pueden analizar dos trozos consecutivos en los fustes del rodal.

Además, se podría incluir de este modo el efecto que ejercen los primeros dos raleos sobre el desarrollo en calidad de la plantación, aspecto que según la hipótesis formulada es muy importante. Finalmente, datos muy precisos sobre crecimiento, combinados con un escenario de futuros raleos y predicciones en calidad podrían llevar a predecir el retorno financiero de una inversión en una plantación de las características descritas en este trabajo. Hasta ahora no se conoce ningún estudio comparable que combine un largo tiempo de observación, evaluaciones aplicadas a la demanda comercial y la influencia de raleos sobre el desarrollo cualitativo en el contexto de bosques nativos secundarios en Chile.

MATERIAL Y MÉTODO

Clima y Condiciones del Sitio

En el año de 2002 se forestó un pastizal en el predio Millahue, Comuna de Panguipulli (39° 30' S; 72° 30' O). Las plantas de roble tenían 2 años, con una altura de 60 a 80 cm, y fueron plantadas con un espaciamiento de 2 x 3 m.

Panguipulli está en la zona de clima templado de Chile, con leve tendencia hacia un clima mediterráneo. Esto se muestra en los meses de enero y febrero, en los que hay pocas o nulas precipitaciones. Según registros de largo plazo, las precipitaciones medias anuales son de 2.500 mm. Sin embargo, puede haber grandes desviaciones de esta media (Ej. 2013: 1616 mm). La temperatura media anual es de 9,5°C, el mes de junio suele ser el mes más frío, con una temperatura media de 6,4°C, y enero el mes más cálido, con 14,7°C. La temperatura media de noche en junio es de -1,0°C. (Agromet, 2018).

Los suelos del área de forestación se formaron de cenizas volcánicas depositadas por 2 erupciones consecutivas. En el proceso de la descomposición de este material se formaron los suelos de la serie Trumaos, que se destacan por una aeración satisfactoria y una buena capacidad de retención de agua, debido a su contenido y porcentaje característico de grano fino limo/arenoso.

Se analizó un perfil en el área de la plantación que muestra la dinámica de los suelos pardos, ricos en humus, de mediana profundidad sobre sobre otro estrato de deposiciones de ceniza, también con dinámica de suelo pardo. En las partes inferiores de los dos estratos superpuestos de suelos pardos se encuentra un horizonte más claro y más endurecido, proveniente de un desplazamiento en profundidad de minerales de arcilla. El más alto contenido de arcilla en estas zonas aumenta la capacidad de retención de agua. Tratándose de un suelo con buen contenido de nutrientes, el sitio se puede calificar como muy favorable para el crecimiento de especies nativas latifoliadas.

Diseño de Muestreo y Métodos Aplicados

En 2008, a la edad de la plantación de 6 años, se estableció un muestreo con 3 pares de parcelas, 6 parcelas en total, cada una con una superficie de 500 m². Se midieron las alturas y los DAP de cada uno de los 75 árboles en estas parcelas.

Además, se elaboró una matriz para evaluar las calidades de los fustes, basada, en parte, en una matriz usada por Wienstroer *et al.* (2003). De este modo se evaluaron seis parámetros diferentes de calidad (Cuadro N° 1). A cada parámetro se le atribuyó una escala de valoración entre 1 y 3 para así calificarlo con una nota. A continuación se calcularon las medias de las 6 notas para calificar el fuste en su totalidad.

El largo convencional de las trozas utilizables para aserrío en Chile es de 3,6 m con un diámetro mínimo a la punta de 24 cm cc. Es necesario considerar que los criterios evaluados no son todos de la misma importancia para la futura utilización de la troza para aserrío. Por ejemplo, fustes con daños severos (nota 3) o con bifurcación en las partes bajas iban a ser eliminados como madera aserrable aunque en otros criterios hubiesen recibido las nota 1 o 2. Además, fustes que llevan la nota 3 en excentricidad o grosor y ángulo de las ramas con todos las demás criterios bien evaluados, podrían pasar por aserrable.

En base de la suma de las notas alcanzada se le dio un grado de calidad a cada árbol (de 1 a 3). El grado 1 se aplica si la suma de las notas no excede 7 puntos, el grado 2 engloba el grupo que tiene 8 -10 puntos y el grado 3 fue atribuido a los árboles que alcanzan 11 puntos o más.

Cuadro N° 1
MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FUSTAL DE LOS ÁRBOLES
EN UN RODAL JOVEN DE ROBLE

Criterio: Daños	Criterio: Bifurcación
1 Nigún daño	1 No hay bifurcación (hasta 7.40 m de altura del fuste)
2 Algún daño menor	2 Bifurcación más arriba de 3.80 m de altura del fustes
3 Daño severo	3 Bifurcación más abajo de 3.80 m de altura del fuste
Criterio: Rectitud del fuste	Criterio: Diámetro de las ramas
1 Fuste recto	1 Diámetro < 2cm
2 Fuste curvado hacia un lado	2 Diámetro > 2cm; < 4cm
3 Fuste curvado hacia varios lados	3 Diámetro > 4 cm
Criterio: Forma del fuste (excentricidad)	Criterio: Ángulo de las ramas *)
1 Circular	1 Ángulo < 20°
2 Levemente elíptico	2 Ángulo > 20°; < 45°
3 Fuertemente elíptico	3 Ángulo > 45°

*) Medido de la línea vertical del fuste en dirección a la punta del árbol

El proyecto de investigación contó con financiamiento para 3 años. Después de este lapso se logró un arreglo con el propietario del predio para que él continuara las observaciones, ejecutando las mediciones después de otros 5 y 10 años. Esto se realizó en cooperación con el Área de Bosque y Ambiente de la HNE Eberswalde en Alemania. En esta segunda fase de observaciones se decidió seguir solo con aquella pareja de parcelas que representaba mejor el desarrollo promedio de la plantación. Así, en 2013 y 2018 el crecimiento y la calidad de los fustes fueron medidos de nuevo en estas parcelas seleccionadas. En 2013 el rodal había alcanzado el estado de un brinzal y en 2018 de un latizal. En estos estados de desarrollo, se debían medir el ángulo y diámetro de las ramas usando una vara en cuya punta fue colocada una horqueta con distintas aperturas. Con este dispositivo se midieron los diámetros de las ramas ordenándolos en tres clases de grosor. Las clases de ángulos de las ramas se estimaron por apreciación visual después de un previo entrenamiento del personal.

Este procedimiento fue igual en las mediciones del año 2013 y 2018, solo la vara usada en 2018 tenía que ser más larga (7 m). Eso se hizo necesario porque en esta fase fue preciso evaluar también el segundo trozo (entre las alturas de 3,8 y 7,4 m). También se decidió anotar si una rama estaba muerta o verde en el momento del levantamiento.

El criterio de excentricidad no se siguió midiendo ya que se mostró tan poco presente en el rodal que no se le atribuyó influencia en la futura utilización como trozos de aserrío.

La altura de los árboles se midió con el medidor de alturas Suunto en una sub muestra de 20 árboles por parcela, seleccionados al azar. Además se midieron árboles de control, volteados en el transcurso de los raleos. El volumen de los árboles fue estimado usando la siguiente ecuación, elaborada por Barría (1996) en un rodal roble-raulí de 16 años de edad.

$$\text{LN (V)} = -9,915425 + =0,939798 \times \text{LN (H x dbh2)} \quad (1)$$

Dado que esta ecuación ha sido desarrollada en un rodal mixto roble/raulí se estimó necesario comprobar su utilidad para el caso presente. Para eso se voltearon 25 árboles en un área adyacente a las parcelas tomando las respectivas medidas para determinar el factor de forma local (diámetro de punta = 7cm). De esta manera se podían utilizar alternativamente la ecuación de Barría y el factor de forma local para estimar los volúmenes y comparar los resultados.

Evaluación Económica y Cálculo de la Tasa de Retorno

Se hicieron los cálculos para estimar el futuro crecimiento del rodal con la finalidad de determinar la tasa de retorno de la inversión realizada en una plantación de roble en el Centro Sur de Chile de la índole aquí presentada. Para esto, los resultados sobre la productividad del rodal hasta la edad de 16 años (año 2018) fueron utilizados como base para estimar el futuro crecimiento hasta un DAP meta de 50 cm. En este cálculo, el incremento anual en altura fue continuamente reducido de 1 m a 0,5 m y el incremento diamétrico anual de 1.1 cm a 0,7 cm, basado en experiencias locales.

De este modo se encontró que el diámetro meta se alcanzaría a la edad de 55 años si, adicionalmente a los primeros dos raleos ejecutados, se realizan 3 raleos más. Como tasa anual de mortalidad se encontró un dato para renovales de roble de un 1% anual (Bahamondez, 1992). Se decidió reducir este valor al nivel de 0,5% dado que con el espaciamiento más amplio en plantaciones y ejecutando los primeros raleos muy tempranamente, la mortalidad debe ser considerablemente más baja que en una regeneración natural durante los primeros decenios.

Finalmente, se calculó el ingreso neto de la madera extraída durante los raleos y en la corta final. Como edades para los 5 raleos se consideró 15, 20, 27, 32 y 40 años y el número de árboles extraídos de 520, 306, 200, 134 y 99, respectivamente, hasta llegar a 143 árboles a la edad de 55 años.

En los sucesivos raleos de 1 a 5 las tasas de madera aserrable en las respectivas extracciones se calcularon según los límites diamétricos y calidad de los primeros dos trozos en 0%, 0%, 16%, 26% y 31%, respectivamente.

En la cosecha final este valor llegó a 32 %, es decir no sube mucho más, porque en este trabajo no se consideró un posible tercer trozo por árbol ya que fue imposible hacer estimaciones de valor acertadas más allá de 7,8 m de altura. En este sentido el valor de la cosecha final puede ser un poco subestimado.

Como precios de venta se consideró 51.250 Ch\$/m³ madera aserrable y 30.000 Ch\$/m³ de leña de acuerdo a lo realmente conseguido en el mercado. El valor del suelo se cotizó, como es estándar en bosque nativo en el Centro Sur de Chile, en 3.000.000 Ch\$/ha. Como costo de administración anual se tomó un valor de 29.500 Ch\$/ha.

Los costos del establecimiento de la plantación, incluido valor de las plantas y dos desmalezados, fue 1.100.000 Ch\$/ha. En los primeros dos raleos (solo leña) los costos del madereo se elevaron a 11.667 Ch\$/m³.

Los costos de cosecha, incluyendo la extracción de los raleos 3 a 5, y la cosecha final son el 44%, 37%, 35% y 32 % del ingreso bruto, respectivamente, y las dos podas cuestan solo 80.000 y 73.000 Ch\$/ha dada la muy buena poda natural que tiene el roble.

Todos estos valores entraron en la respectiva ecuación básica (Oesten und Roeder, 2008). Finalmente, la tasa de retorno fue determinado de forma iterativa para el caso que egresos fuera igual a ingresos (tasa efectiva de retorno). Como tasa de conversión CH\$ - US\$ se usó la relación 671 Ch\$ = 1 US\$.

RESULTADOS

Crecimiento entre los Años 2002 y 2013

Los parámetros de crecimiento, como número de árboles, altura media, DAP, Área Basal, factor de forma y volumen en pie de las parcelas P1 y P2 se presentan en el Cuadro N° 2. No se registraron diferencias significativas entre el desarrollo en altura ni en diámetro entre las parcelas P1 y P2 del ensayo (Figura N° 1a y N° 1b).

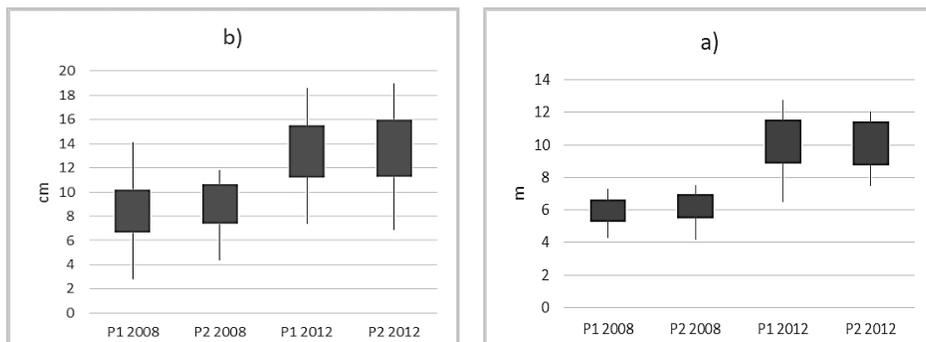
Cuadro N° 2
DATOS DASOMÉTRICOS DE PLANTACIÓN DE ROBLE EN EL CENTRO SUR DE CHILE
ENTRE SU ESTABLECIMIENTO Y LOS 18 AÑOS DE EDAD

Año	2002*	2008		2013				2018		
				AR		DR		AR		DR
Parcela		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P2
N (árb/ha)	1.666	1.540	1.480	1.520	1.480	1.020	960	940	960	760
H _m (m)	0,7	6,0	6,2	10,2	10,1	10,5	10,8	17,5	17,2	17,4
DAP (cm)	1,5	8,4	9,0	13,4	13,6	13,3	14,1	18,7	18,7	19,1
AB (m ² /ha)		8,6	9,4	21,8	22,7	14,2	14,9	25,8	27,1	22,3
Fact. Forma				0,41	0,41	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46
Vol (m ³ /ha)**		23,6	26,6	91,2	94,0	72,4	72,4	207,4	214,4	178,5
Raleo (m ³ /ha)						22,8	21,6			35,9

*Establecimiento

**Barría, 1996 $LN(V) = - 9,915425 + 0,939798 \times LN(H \times DBH^2)$

AR: Antes de raleo DR: Después de raleo



El boxplot representa desviación estándar arriba y debajo de la media.

Figura N° 1
DESARROLLO EN ALTURA (IZQ) Y DAP (DER) EN LAS PARCELAS 1 Y 2 ENTRE 2008 Y 2013

El volumen en pie con corteza fue calculado para todos los árboles con DAP > 7 cm en 2008 usando la mencionada ecuación de Barriá (1996). La precisión de esta ecuación ha sido evaluada antes de las mediciones de 2018, usando el factor de forma local elaborado en el mismo ensayo.

Los valores de volumen en pie calculados para ambas parcelas usando el factor de forma local (P1 91,2 m³/ha; P2 94,0 m³/ha) son semejantes a los encontrados con la ecuación de Barriá (90,8 y 92,0 m³/ha, respectivamente).

El incremento periódico anual (IPA) (>7cm) del rodal entre los 6 y 11 años es notable; en P1 alcanzó 13,52 m³/ha y en P2 13,48 m³/ha. El incremento anual en altura para el mismo período es 80 cm y el incremento del DAP 1,0 cm.

En el período de 11 a 16 años, el IPA subió a 27,9 (P1) y a 28,4 m³/ha (P2). Este incremento se debe a que en esta fase muchos árboles superaron el límite mínimo considerado para los cálculos de volumen (7 cm).

El volumen total acumulado sobre los 16 años de observación fue de 230,6 m³/ha (P1) y 238 m³/ha (P2). En base a estos valores el IMA a la edad de 18 años fue de 14,4 y 14,9 m³/ha, respectivamente. Como comparación, el IMA a la misma edad que se reporta en Chile para *Pinus radiata* son 21 m³/ha y para *Eucalyptus globulus* de 29 m³/ha (Espinosa et al., 2017).

Crecimiento Después de Dos Raleos en la Parcela

El resultado del primer raleo en P2 en el año de 2013, el siguiente desarrollo en crecimiento hasta 2018 y el efecto del segundo raleo en 2018 se presentaron en el Cuadro N° 2.

En el raleo 1 el AB ha sido reducida de 22,7 a 14,9 m²/ha, el volumen extraído fue 21,6 m³/ha. El volumen remanente del rodal después del raleo y 11 años después de su establecimiento fue 72,4 m³/ha. Después de esta intervención, en el quinquenio de 2013 a 2018, el AB del rodal aumentó por 12,2 m²/ha hasta alcanzar 27,1 m²/ha.

El factor de forma de los árboles antes de la segunda intervención fue calculado en 0,46 y el volumen en pie en este momento fue de 214.4 m³/ha.

En el segundo raleo en 2018 se extrajeron 200 árboles de menor calidad. Mediante esta intervención el AB bajó al nivel de 22,3 m³/ha y el volumen en pie a 178,5 m³/ha.

Evaluación de la Calidad de los Fustes en 2008, 2013 y 2018

La evaluación cualitativa del rodal en 2008 fue algo complicada, ya que fue difícil juzgar si los árboles en las parcelas formaron una verdadera bifurcación debajo de los 3,8 m de altura fustal (20 cm altura de tronco más 3,60 m largo del primer trozo).

En esta fase temprana de desarrollo fue difícil predecir si una de dos flechas terminales, de largo igual, que muestran algunos árboles iba a ser en el futuro la flecha apical dominante o si las dos flechas seguirían con igual crecimiento, formando una duradera bifurcación.

Debido a esta inseguridad 36 de los 77 árboles en la parcela 1, y 26 de los 74 de la parcela 2 fueron calificados como “con bifurcación”.

En 2013 solo 2 árboles en P1 y 8 árboles en P2 habían seguido con este defecto. En muchos casos en que se había registrado una bifurcación en 2008, una de las dos flechas había tomado el liderazgo cinco años después.

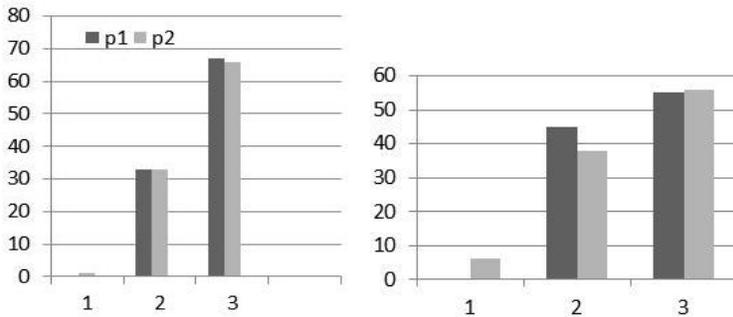
Como los criterios en la matriz tienen una ponderación diferente, en el caso de las bifurcaciones, por ejemplo, cada árbol que muestra este defecto, automáticamente pasa a ser excluido de un uso como madera aserrada. Por esto no tiene sentido aplicar este criterio en una fase tan temprana (Hm = 6 m).

Otras características como “daños”, “rectitud” y forma comprobaron ser bastante constantes durante los primeros 5 años.

Otro punto problemático fue la calificación al grado 1 de calidad como promedio de todas las notas recibidas, el que ha sido atribuido a 7 árboles en la evaluación de 2008 y a solo 1 en 2013. En una fase muy joven del árbol fue simplemente imposible distinguir si el respectivo trozo en el futuro llegaría a la calidad aserrable o a una calidad más noble como chapas.

De todos los fustes clasificados, un 67% (P1) y 66,2% (P2) recibieron el grado más malo, es decir Grado 3. Estos resultados, que a primera vista parecen insatisfactorios, suelen mejorarse con los raleos. Este efecto se puede apreciar al comparar las Figuras N° 2a y N° 2b.

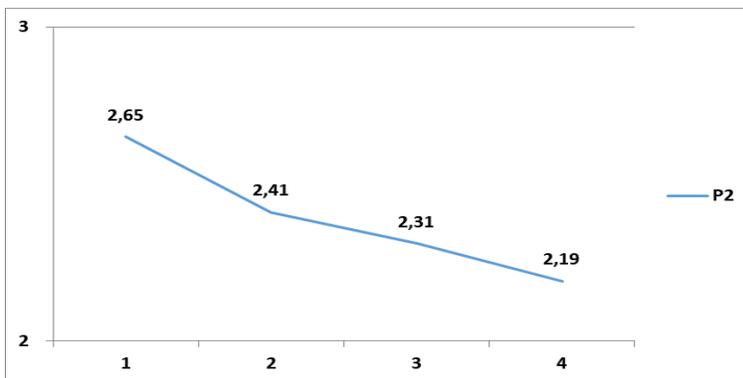
En las figuras se pueden ver los porcentajes de árboles con grado 1 (mejor calidad), grado 2 (utilizable como madera aserrada) y grado 3 (leña o madera industrial) antes y después del primer raleo. A la edad de once años esta calificación se refiere solamente a los primeros 3,6 m del fuste (primer trozo).



Clasificación expresada como porcentajes de árboles que recibieron grado 1 (mejor calidad), grado 2 (madera aserrable) y grado 3 (leña).

Figura N° 2
CLASIFICACIÓN SEGÚN CALIDAD EN LAS PARCELAS 1 Y 2
ANTES DEL PRIMER RALEO (IZQ) Y DESPUÉS DE ESTE (DER)

El segundo raleo, 16 años después del establecimiento, se realizó solo en la parcela 2. La Figura N° 3 muestra el mejoramiento de la calidad fustal por este raleo. El grado medio de calidad se mejoró de grado 2,65 a 2,19 por los dos subsiguientes raleos.



Medición 1: 2013 antes del primer raleo; Medición 2: 2013 después del primer raleo, Medición 3: 2018 antes del segundo raleo; Medición 4: 2018 después del segundo raleo. Grado 3 = leña; Grado 2 madera aserrada en el primer trozo. Eje Y: Grados de calidad; Eje X: Mediciones.

Figura N° 3
MEJORAMIENTO EN EL GRADO DE CALIDAD EN LA PARCELA 2 DE 2,65 HACIA EL GRADO 2

Basado en la evaluación de 2018, se puede predecir que a la edad de 26 años, de los 760 árb/ha 580 van a contar con un primer trozo de calidad aserrable por haber alcanzado el

diámetro mínimo requerido de 24 cm cc a la punta. Los restantes 180 árboles de menor calidad, más algunos de posición dominada, pueden ser removidos en el 3. raleo que tendrá lugar a esta altura del desarrollo. A partir de este momento todos los árboles remanentes del rodal poseerán por lo menos un trozo de calidad aserrable.

En la evaluación del año 2018 se podía perseguir una segunda meta: El análisis cualitativo del segundo trozo (3,8 – 7,4 m sobre suelo y diámetro mínimo de 24 cm a la punta) con el fin de cuantificar los árboles con 2 trozos continuos de madera aserrable.

En esta evaluación se consideraron los criterios rectitud, bifurcaciones, tal como diámetro y ángulos de las ramas. En esta oportunidad, ramas vivas fueron calificadas más negativas que ramas muertas. En la zona de contacto de las ramas muertas el tejido de cicatrización ya se había formado en parte.

El resultado del pronóstico fue que 53 % de los árboles en la parcela 1, donde no se había ejecutado un segundo raleo, alcanzarían esta meta, debido a fallas excluyentes en casi la mitad de los árboles.. En la parcela 2, donde se había ejecutado un segundo raleo el 71% de los árboles podrían alcanzar esta meta.

Tasa de Retorno Esperada

Las proyecciones de costos y rendimiento financiero del manejo del rodal de roble *de* este estudio, calculados según los montos y valores usuales en Chile, se presentan en el Cuadro N° 3.

**Cuadro N° 3
MODELO DE MANEJO PARA UNA FORESTACIÓN CON ROBLE
DESDE SU ESTABLECIMIENTO HASTA LA COSECHA FINAL**

	Edad	Número Árboles				Vol Vendido	Costos	Venta Vol	Ingreso Neto
		Inicial	Mortalidad	Estraídos	Remanentes				
	(años)	(árb/ha)				(m ³ /ha)	(US\$/ha)		
Establ.	0	1.666					1.642		
Raleo 1	15		186	520	960	18,7	325	837	512
Poda 1	14						(119)		
Poda 2	17						(109)		
Raleo 2	20		24	306	630	52,5	913	2.347	1.434
Raleo 3	27		34	200	408	95,7	2.085	4.738	2.653
Raleo 4	32		16	134	264	129,0	2.547	6.855	4.308
Raleo 5	40		11	99	154	151,0	2.954	8.337	5.383
Cosecha	55		12	143		452,0	8.024	25.047	17.023

Al incorporar los valores del Cuadro N° 3 a la ecuación básica de equilibrio (Oesten y Roeder, 2008) para predecir la tasa de retorno en el caso de la inversión hecha bajo iguales condiciones, se supone que no se realiza una poda artificial.

Bajo esta suposición, la tasa de retorno llega exactamente a 4%. Roble tiene la característica de una muy buena poda natural y por esto no se considera necesaria una poda artificial como parte del manejo. En caso que se insista en esta intervención, la tasa de retorno baja ligeramente a 3,9 %.

DISCUSIÓN

El comportamiento en crecimiento ha sido muy similar entre las dos parcelas observadas. Para comparar los datos con otros estudios, se encontraron en la literatura pertinente dos ejemplos de plantaciones con roble en el Centro Sur de Chile, con similares condiciones de sitio (Donoso *et al.*, 1993). En el Cuadro N° 4 se muestra una comparación de los resultados de este estudio (Millahue) con los dos rodales (Palguin y Arquihue) de estos autores.

Cuadro N° 4
COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CRECIMIENTO DE MILLAHUE
CON LOS DE PALGUIN Y ARQUIHUE

Lugar	Área (ha)	Edad (años)	N (árb/ha)	H (m)	DAP (cm)	AB (m ² /ha)	Vol (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
Palguin	2	14	1.440	14,5	13,2	24,6	174,9	12,5
Arquihue	27	15	738	14,8	14,8	25,2	170,0	10,6
Millahue	2	16	950	17,4	18,7	26,5	211,1	14,6*

*Promedio de las dos parcelas

Al comparar los volúmenes en pie se debe notar que antes de las mediciones en los rodales 1 y 2 no se había hecho ningún raleo. Además el 30 % de los árboles en el sitio Arquihue corresponden a raulí, que tiene un crecimiento algo inferior al roble. Los valores de aquel rodal han sido acomodados utilizando los datos de roble, que se reportaron por separado, para remplazar los del raulí. Los resultados de Millahue reflejan el promedio de las dos parcelas de muestreo. Además, se sumó a este valor la extracción que se había hecho en el raleo.

Se encontró que el crecimiento del rodal Millahue es solo ligeramente más alto que los crecimientos reportados por Donoso *et al.* (1993). Podrían haber sido aún más similares si los sitios 1 y 2 hubieran sido raleados a la misma edad que las parcelas en Millahue. Resumiendo, se puede decir que el crecimiento en las parcelas observadas en este trabajo no es único o excepcional sino representa bien lo que se puede esperar de tales plantaciones en sitios de esta zona de crecimiento dentro de Chile.

Al revisar los crecimientos de bosques secundarios de roble de regeneración natural (renovales), se aprecia que estos rodales tienen un crecimiento inferior y un número de árboles mucho más alto en las fases de desarrollo que se está tratando en este trabajo.

En Chile, hasta el año 2008 (Ley 20.283) casi no se han practicado raleos en renovales antes de llegar a la edad de 40 años. Como ejemplo para esta falta de manejo se presentan 2 renovales de roble situados en el mismo predio Millahue. Tenían edades de 40 y 44 años y no

habían sido raleados, cuando fueron medidos (Pinilla, 2004), la densidad aún estaba a un nivel de 1240 árboles (promedio de los dos rodales), con un DAP de 21 cm, mientras que la plantación objeto del presente estudio ya había alcanzado 18,7 cm a la edad de 18 años. Su volumen en pie, sin embargo, fue de 395 m³/ha debido al alto número de árboles.

Con los datos de estos dos renovales se alimentó un simulador de crecimiento, desarrollado por Ortega y Gezan (1998), con el resultado de que el árbol promedio al fin de una rotación de 60 años alcanzaría un DAP de solo 31 cm, aunque se opte por un modelo de manejo con 4 raleos antes de la edad de 55 años.

De esto, se puede concluir que al establecer plantaciones de roble, en vez de trabajar con regeneración natural, se puede acortar el período de rotación en alrededor de 20 años. Esto también se cumple si los raleos fueran realizados antes de la edad de 40. Un rodal de roble, originado de un proceso de regeneración natural, suele sufrir un estancamiento en su crecimiento durante los primeros 20 años, debido a su "sobre densidad" en la fase de brinzal y latizal joven, y no puede compensar este atraso hasta la edad de 55 o 60 años para ir a la par con una plantación con 1600 árb/ha de la misma especie.

Si se compara el crecimiento de una plantación de roble, tal como la descrita en este estudio, con valores que arrojan tablas de rendimiento para especies latifoliadas en Alemania, las cifras provenientes de Chile se calificarían de espectaculares. Con la excepción de una especie de álamo (*Populus x candensis Marilandica*) en el Sur Oeste de aquel país, todas las latifoliadas ahí reportadas muestran un crecimiento lejano a compararse con roble en Chile. Incluso, el ya mencionado álamo muestra un atraso de 5 años frente a la especie chilena en esta comparación (Schober, 1979).

Varias publicaciones forestales en Europa tratan sobre el desarrollo en calidad de especies latifoliadas dan consejos referentes a métodos adecuados para evaluarlas. Estas publicaciones están enfocadas sobre todo en haya (*Fagus sylvatica* L.), una especie muy tolerante.

El método usado en el presente trabajo es muy parecido al método estandarizado que propone la "Arbeitsgruppe für Qualitätsansprache" (grupo de trabajo para evaluación cualitativa) en la Sección de Silvicultura dentro de la "Asociación Alemana de Instituciones que realizan Investigación Forestal, (DVFFA, su sigla en alemán) (Börner *et al.*, 2002). El método propuesto se basa en los mismos criterios de calidad exterior, como son la forma del fuste, las bifurcaciones y diámetros y el ángulo de las ramas. Además consideran ramas epicórmicas como un criterio más, posiblemente para incluir las especies del género *Quercus* que tienen esta tendencia (Göckel, 1994).

El presente estudio, en su inicio, evaluó también el criterio de la excentricidad, pero en el transcurso de las observaciones se decidió dejar de lado este punto, ya que la poca excentricidad que se encontró no aplica en la gran mayoría de los usos en Chile.

Contrariamente a los estudios de Europa, la evaluación cualitativa del rodal de roble aquí presentada es más orientada hacia las necesidades que tiene el comercio maderero, siguiendo, paso por paso, la utilidad del primer y después del segundo trozo, cada uno de 3,60 m de largo dentro de los primeros 20 años de edad. Este procedimiento no puede aplicarse de igual forma con en haya, ya que esta especie crece tan lentamente que predicciones aplicadas al futuro uso se pueden hacer solo a partir de una edad de treinta años (Weidig *et al.*, 2014). Además, en esta especie la calidad de los fustes depende estrechamente de las condiciones luminosas en que se desarrolla durante su juventud, ya que como especie de sombra reduce notablemente su crecimiento en altura y su calidad fustal cuando el ISF (porcentaje de la luz indirecta en el exterior

que llega al piso forestal) sea más alto que 30 %, como reporta Bednar (2016) en un estudio realizado en la República Checa.

Esto lleva a malos resultados en plantaciones de haya realizadas a la plena luz. El contrario se da con roble como especie de muy alta demanda de luz, que muestra mejor crecimiento en altura y un desarrollo cualitativo más alto con altas intensidades de luz. Se encontró, también, que la evaluación realizada a la edad de 11 años se mantuvo constante hasta la siguiente, 5 años más tarde.

De esta manera se concluye que al fin del primer tercio del tiempo de la rotación de una plantación de roble ya es posible hacer predicciones acertadas sobre cuáles de los árboles hay que eliminar en los raleos y cuál va a ser el efecto sobre el desarrollo en calidad del futuro rodal. Así es que una predicción del ingreso neto y del retorno financiero tiene sentido ya en una fase temprana.

Si se quiere comparar esta plantación con coníferas de rápido crecimiento, la opción roble no queda tan atrás como generalmente se supone: En 16 años esta última alcanza alrededor del 70% del volumen que normalmente se acumula en plantaciones de *Pinus radiata* de la misma edad.

El pino radiata muchas veces termina en una tala rasa a la edad de 20 años, produciendo solo madera industrial. En términos de calidad, la plantación de roble en los raleos 3, 4, 5 y en la cosecha final a la edad de 55 años, ofrece en cantidad ascendente desde 15 a 40% de su producción maderera en forma de trozos aserrables o incluso de una calidad más noble. Además, bosques de roble son ambientalmente más benéficos (proporción más alta de las precipitaciones que llegan al suelo, mejor descomposición de su hojarasca) y presentan un riesgo menor que los bosques de coníferas en el contexto de incendios. En eso se fundamenta la prohibición de una sustitución de roble por especies introducidas de rápido crecimiento.

Así, bajo el imperativo legal de seguir con especies nativas en áreas de bosque nativo, la plantación de roble o mezclas roble/raulí se considera una buena inversión con tasas de retorno interesantes, sobre todo si se compara a nivel internacional.

REFERENCIAS

Agromet, 2018. Red Agroclimática Nacional <https://www.agromet.cl/datos-historicos>

Bahamondez, C., 1992. Investigación sobre un modelo de simulación para renovales de roble-raulí. Proceedings IUFRO Congress, Valdivia.

Barría, P., 1996. Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de roble-raulí con una de roble-laurel-ulmo en la Provincia de Valdivia. Tesis Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal, Valdivia/Chile.

Bednar, P., 2016. Secondary monocultures of Norway Spruce (*Picea abies* L.): Transformation and conversion processes and the subsequent changes within the forest stand. Diss. Mendelova Univerzita v Brne, Lesnická a Drevarská Fakulta (Universidad Mendel en Brunn, (República Checa).

Börner, M.; Guericke, M.; Leder, B.; Nutto, F.; Stähr, F. und Weinreich, A., 2002. Erhebung qualitätsrelevanter Parameter am Einzelbaum: Aufnahmestandards für junge bis mittelalte Laubhölzer als Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen. Arbeitsgruppe "Qualitätsansprache" Sektion Waldbau im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten.

Donoso, P.; Monfil, T.; Otero, L. y Barrales, L., 1993. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales

manejados de especies nativas en el área andina de las Provincias Cautín y Valdivia. Ciencias e Investigación 7 (2) 255-287

Espinosa, M.; García, J. y Peña, E., 1988. Evaluación de crecimiento de una plantación de Raulí (*Nothofagus alpina*) a los 34 años de edad. Agrociencia 4 (1): 57-64

Espinosa, M.; Acuña, E.; García, J.; Rodríguez, R. y Rubilar, R. (Eds.), 2017. Silvicultura de bosques plantados con fines productivos. Editorial Universidad de Concepción, p.21-22

Göckel, H. A., 1994. Soziale und qualitative Entwicklung sowie Z-Baum-Häufigkeit in Eichenjungbeständen. Die Entwicklung eines neuen Pflanzschemas: Die Truppplantung. Diss. Universität Göttingen, 167 S.

Grosse, H., 1987. Desarrollo inicial de plantaciones de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal 1: 49-56

Leonhardt, B. und Wagner, S., 2006. Qualitative Entwicklung von Buchen-Voranbauten unter Fichtenschirm FoHo 84 454-457.

Linnert, M., 2009. Wachstum und Qualität junger Buchen in einem unterschiedlich aufgelichteten Fichten-Altbestand. Dissertation Göttinger Forstwissenschaften, 127 pp.

Müller-Using, B., Wienstroer, M. und Siebert, H., 2005. Zur Konkurrenzfrage zwischen drei Arten der Baumgattung *Nothofagus* sowie der Küstendouglasie in Mischbeständen des Dickungs- bzw. Stangenholzalters im vorandinen Hügelland der Provinz Valdivia/Chile. En: Ammer, Ch. Schölch, M. und Mosandl, R. (Hrsg.) Der Beitrag des Waldbaus zur Mischwaldforschung. Beiträge zur Jahrestagung der Sektion Waldbau. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), Freising, Germany.

Oesten, G. und Roeder, A., 2008. Management von Forstbetrieben Bd. 1 p.209-211.

Ortega, A. y Gezan, S., 1998. Relación entre variables silviculturales y modelamiento en renovales de *Nothofagus*: Una propuesta. Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO: El manejo sustentable de los recursos forestales, desafío del siglo XXI, Valdivia/Chile

Pinilla, A., 2004. Propuesta y evaluación de esquemas silviculturales a nivel predial para renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) ubicados en la Comuna de Panguipulli Tesis de grado Universidad Austral de Chile, Valdivia/Chile

Teisser du Cros, E. and Thiebault, B., 1988. Variability in Beech: Budding height growth and tree form. Annals of forest Science 45(4) p.389

Schober, R. (Hrsg.), 1979. Ertragstabeln wichtiger Baumarten. 2. Aufl. J.D.Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.

Weidig, J.; Wagner, S. und Huth, F., 2014. Qualitätsentwicklung von Buchen-Voranbauten (*Fagus sylvatica* L.) im Thüringer Wald nach unplanmäßigem sturmbedingtem Verlust des Fichtenschirms. Forstarchiv 85 S. 122-133.

Wienstroer, M.; Siebert, H. und Müller-Using, B., 2003. Competencia entre tres especies de *Nothofagus* y *Pseudotsuga menziesii* en plantaciones mixtas jóvenes, establecidas en la pre cordillera andina de Valdivia. Bosque 24 (3) 17-38.

DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS Y EQUIPOS DE LABORATORIO UTILIZADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LOS TABLEROS OSB EN EL MERCADO DE LOS ESTADOS UNIDOS. Reyes, Cristian; Vásquez, Luis y Hernández, Gonzalo. Investigadores INFOR Sede Bio Bio, Concepción. ghernand@infor.cl

TABLERO DE HOJUELAS ORIENTADAS (OSB)

El tablero de hojuelas orientadas (*Oriented Strand Board, OSB*) es un producto derivado de la madera que se obtiene aplicando presión y calor a virutas de madera encoladas. Las virutas tienen forma y espesor variable y se alinean formando capas. Las exteriores están dispuestas en un sentido relativamente longitudinal del tablero y las interiores presentan una orientación perpendicular o longitudinal respecto de la capa exterior. Las virutas se suelen disponer en tres capas.



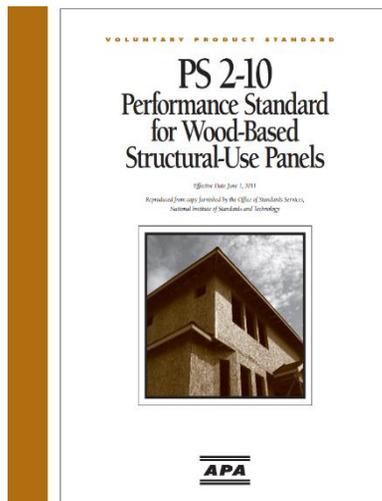
(Fuente: www.apawood.org)

El Estándar Voluntario de Productos PS 2-10, emitido por la Asociación de Fabricantes de Tableros Contrachapados de los Estados Unidos (APA), identifica las normas y los requisitos de calidad que deben cumplir los tableros de madera estructurales que se producen y comercializan en ese país. El estándar PS 2-10 hace referencia a una serie de normas ASTM.

Entidades externas de control de calidad inspeccionan y verifican el cumplimiento del Estándar PS 2-10.

En este documento se recopilan las normas ASTM utilizadas en la caracterización física y mecánica de los tableros OSB.

Las normas identificadas en el documento están contenidas en el Volumen ASTM 4.10 "Wood", que considera 90 normas que especifican métodos de ensayos físicos, mecánicos y químicos asociados a la madera, tableros y otros productos (www.astm.org).



Las normas ASTM que se identifican en el Estándar Voluntario de Producto PS 2-10 son las siguientes:

ASTM E 661-03. *Standard Test Method for Performance of Wood and Wood-Based Floor and Roof Concentrated Static and Impact Loads.*

ASTM D 1037-06a. *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.*

ASTM D 1761-06. *Standard Test Methods for Mechanical Fasteners in Wood.*

ASTM D 3043-00 (2006). *Standard Test Methods for Structural Panels in Flexure.*

ASTM D 4442-03. *Standard Practice for Evaluating Allowable Properties for Grades of Structural Lumber.*



(Fuente: www.apawood.org)

Independiente de las normas ASTM identificadas previamente, existen otras normas ASTM relacionadas con la caracterización de los tableros OSB:

ASTM D 1554-10(2016). *Standard Terminology Relating to Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.*

ASTM D 2395-02. *Standard Test Methods for Gravity of Wood and Wood-Based Materials.*

ASTM D 2718-00. *Standard Test Methods for Structural Panels in Planar Shear.*

ASTM D 2719-13. *Standard Test Methods for Structural Panels in Shear Through-the-Thickness.*

ASTM D 3044-16. *Standard Test Method for Shear Modulus of Wood-Based Structural Panels.*

ASTM D 3499-11. *Standard Test Method for Toughness of Wood-Based Structural Panels.*

ASTM D 3500-14. *Standard Test Methods for Structural Panels in Tension.*

ASTM D 3501-05a. *Standard Test Methods for Wood-Based Structural Panels in Compression.*

ASTM D 5651-13. *Standard Test Method for Surface Bond Strength of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.*

ASTM D 6643-01 (2016). *Standard Test Method for Testing Wood-Base Panel Corner Impact Resistance.*

ASTM D 7033-14. *Standard Practice for Establishing Design Capacities for Oriented Strand Board (OSB) Wood-Based Structural-Use Panels.*

ASTM D 7433-13. Standard Test Method for Measuring Surface Water Absorption of Overlaid Wood-Based Panels.

Estas normas establecen metodologías para determinar algunas propiedades de los tableros OSB y entregan recomendaciones al fabricante respecto de la asignación de valores de diseño.

ASTM E661-03

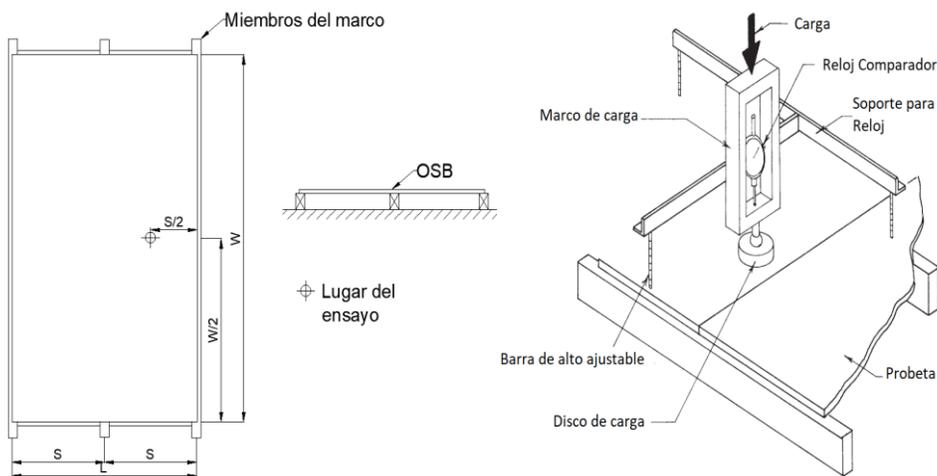
Standard test method for performance of wood and wood-based floor and roof concentrated static and impact loads.

Alcance

La norma define las características y requisitos de los ensayos de Carga Estática Concentrada y Carga por Impacto. Estos ensayos permiten determinar para paneles utilizados en cubiertas de piso o techo la resistencia a la deformación y el daño ocasionado por un impacto estandarizado.

Probetas

El ancho de las probetas utilizadas en este ensayo es de al menos 595 mm y deben considerar un largo mínimo igual al recomendado como espaciamiento entre sus apoyos.



(Fuente: ASTM E661. Probeta ensayo de flexión) (Fuente: ASTM E661. Esquema carga estática concentrada)

Equipamiento

Marco de carga que no se deforme ante los esfuerzos aplicados y que permita restringir y rigidizar la probeta a ensayar.

Discos de carga de 25 y 75 mm de diámetro capaces de aplicar una carga de compresión con una precisión del 1%.

Reloj comparador.

Una bolsa para el ensayo de impacto, con un perímetro de 735 mm y 710 mm de alto, confeccionada con cuero de 3 mm de espesor.

ASTM D1037

Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials

Alcance

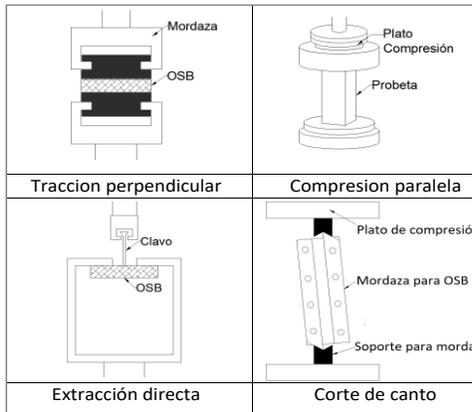
Esta norma señala metodologías de ensayo para una serie de determinaciones:

1. Tracción paralela a la superficie
2. Tracción Perpendicular a la superficie
3. Compresión paralela a la superficie
4. Extracción de clavos
5. Resistencia lateral de clavos
6. Extracción de clavos a través de la cabeza
7. Extracción directa de tornillos
8. Corte en el plano del panel
9. Corte en la línea de pegado
10. Impacto por caída de bola
11. Resistencia a la abrasión
12. Absorción de agua e hinchazón en el espesor
13. Expansión lineal por contenido de humedad
14. Corte entre láminas
15. Corte de canto
16. Compresión corte

Equipamiento

Máquina universal con mordazas adecuadas para cada una de las solicitudes.

La característica principal de la máquina universal es su precisión (superior al 1%), el control de la magnitud de los desplazamientos (precisión clase A) y la velocidad de aplicación de la carga.



ASTM D1761-06

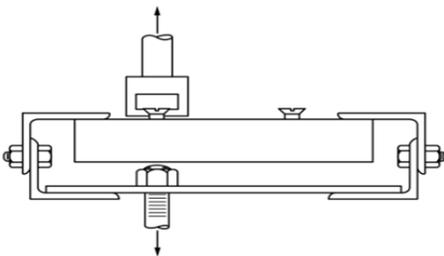
Standard test methods for mechanical fasteners in wood

Alcance

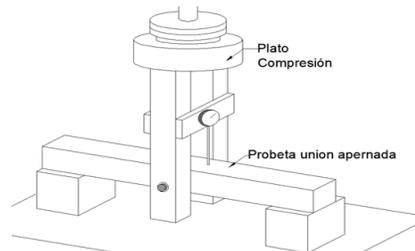
Esta norma señala métodos de ensayo para la extracción de clavos, corchetes, tornillos y pernos dispuestos de manera perpendicular en las caras de probetas de madera o productos a base de madera. Estos elementos son retirados a una velocidad uniforme y se debe registrar la carga máxima del ensayo. La norma ASTM D2395 especifica una metodología para determinar la densidad de la probeta ensayada.

Probetas

Se utilizan probetas rectangulares de largo 152 mm, ancho 76 mm y espesor del panel ensayado. Las probetas se deben mantener a un contenido de humedad constante. Se recomienda acondicionarlas a una humedad relativa de $65 \pm 3\%$ y temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$.



(Fuente: ASTM D1761. Esquema de extracción directa)



(Fuente: ASTM D1761. Ensayo de unión apernada)

Equipamiento

Se requiere una máquina universal capaz de aplicar cargas con una precisión del 1%, medir la deformación con una resolución de 0.025 mm y regular la velocidad del ensayo. Además, mordazas especiales que permitan el correcto manejo de la pieza para la extracción de clavos, corchetes, tornillos y el ensayo uniones apernadas.

ASTM D2718-00

Standard test methods for structural panels in planar shear (rolling shear)

Alcance

La norma define las características y requisitos de los ensayos de cizalle con placas y cizalle a la flexión en 5 puntos.

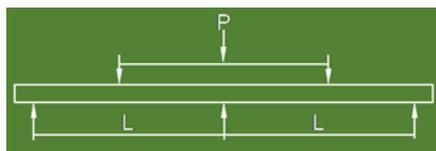
Probeta

Se utilizan probetas rectangulares de largo variable de acuerdo a la ecuación 4 especificada en la norma, ancho variable entre 115 y 225 mm y el espesor completo del panel. Las probetas se deben mantener a un contenido de humedad constante. Se recomienda una humedad relativa de $65 \pm 3\%$ y temperatura de $20 \pm 3^\circ \text{C}$.

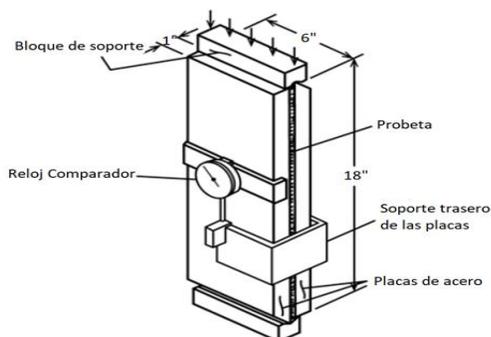
Equipamiento

Balanza digital electrónica
Micrómetro
Pie de metro digital
Estufa de secado
Cámara de climatización
Desecador

Máquina de ensayo universal y accesorio para el método de ensayo de flexión de 5 puntos.



(Fuente: ASTM D2718. Esquema de carga para ensayo de flexión de 5 puntos)
placas)



(Fuente: ASTM D2718. Esquema corte ensayo con

ASTM D3043-00

Standard test methods for structural panels in flexure

Alcance

La norma define las características y requisitos de tres ensayos de flexión aplicables a paneles OSB, dependiendo de su espesor.

Considera el ensayo de flexión en el punto central, flexión de dos puntos y ensayo para probetas de dimensiones mayores.

Probeta

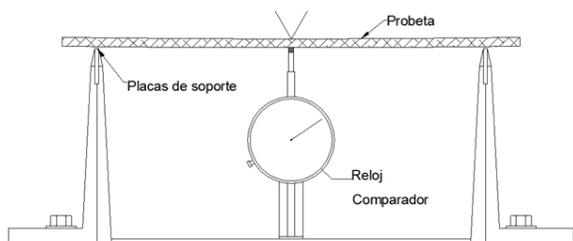
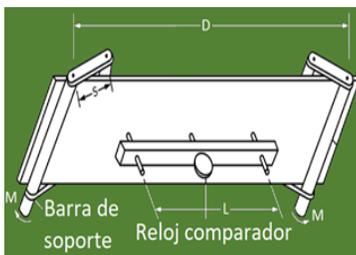
Dependiendo del espesor del tablero, se definen los largos de ensayo. El espesor de la probeta es el mismo que el del tablero.

El ancho de la probeta es de 25 mm para paneles de hasta 6 mm de espesor y 50 mm para paneles de espesor superior a 6 mm.

Las probetas se deben mantener a un contenido de humedad constante, se recomienda una humedad relativa de $65 \pm 3\%$ y temperatura $20 \pm 3^\circ\text{C}$.

Equipamiento

- Balanza digital electrónica
- Micrómetro
- Pie de metro digital
- Estufa de secado
- Cámara de climatización
- Desecador
- Máquina de ensayo universal y accesorio para métodos de ensayos de flexión.



(Fuente: ASTM D3043. Ensayo flexión probetas de grandes dimensiones (izq.)

(Fuente: ASTM D3043. Ensayo flexión en el punto central (der.)

A STM D 6643

Standard test method for testing wood-base panel corner impact resistance

Alcance

Esta norma define el método de ensayo para determinar la resistencia de los tableros al impacto en sus esquinas, además de cuantificar los daños ocasionados. Esta norma es aplicable a todos los paneles fabricados en base a madera.

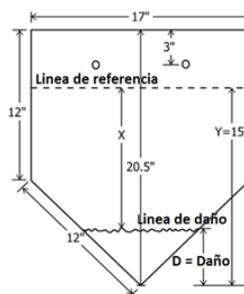
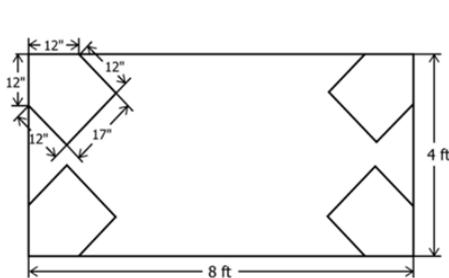
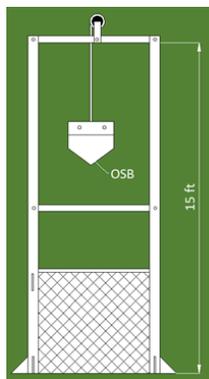
Probeta

La probeta de ensayo de impacto es de 5 caras, con 4 lados de 305 mm y un lado de 432 mm. La punta de impacto debe ser cortada desde la esquina del panel o de áreas representativas del panel.

Las probetas se deben mantener a un contenido de humedad constante, se recomienda una humedad relativa de $65 \pm 3\%$ y temperatura de 20 ± 3 °C.

Equipamiento

Balanza digital electrónica
Micrómetro
Pie de metro digital
Estufa de secado
Cámara de climatización
Desecador
Máquina de ensayo universal y accesorio para métodos de ensayos de flexión.



(Fuente: ASTM D6643. Marco de acero para ensayo de impacto izq.) (Fuente: ASTM D6643. Esquema de corte y dimensiones de probeta para ensayo de impacto der.)

A STM D 4442-92

Standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood base materials

Alcance

Esta norma define la metodología para la medición del contenido de humedad en probetas de madera o materiales a base de madera, incluyendo aquellos que contengan adhesivos y aditivos químicos.

Se describen los métodos de secado en horno (A y B) y métodos secundarios (C y D).

Probeta

Puede ser usada cualquier probeta de madera o material a base de madera, siempre y cuando se mantenga la precisión deseada en la lectura de la balanza.

Método A de secado en horno

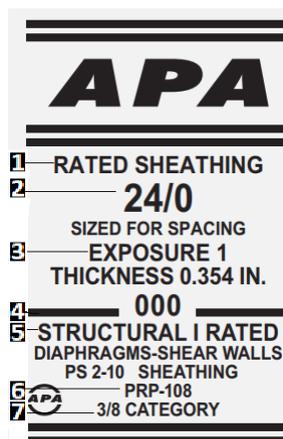
Se pesa la probeta en una balanza que tenga la precisión deseada por cada ensayo particular, luego se ubica dentro de un horno a $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Se mide la masa de la probeta en intervalos de aproximadamente 3 horas. Se asume el final del procedimiento cuando los cambios en la masa de la probeta son menores al doble de la sensibilidad de la balanza.

Equipamiento

Balanza digital electrónica
Estufa de secado
Desecador
Cámara de climatización

TIMBRE OFICIAL DE APA

1. Clase del panel
 - Clase revestimiento
 - Clase revestimiento estructural
 - Clase pisos simples
2. Clasificación por espaciamiento
 - Espaciado para techos y pisos
3. Clasificación del grado de exposición
 - Exterior
 - Exposición 1
4. Número de la fábrica
5. Norma que rige la fabricación
6. Norma para paneles evaluados por desempeño.
 - Indica la norma de acuerdo a la que se fabricó el panel
7. Categoría de espesor
 - Indica el espesor del panel en pulgadas



RESUMEN

El presente estudio analiza el estado del arte de los PFNM en Chile al año 2018 en el contexto de su cadena de valor, describe su evolución, analiza mercados, fallas de mercado, brechas existentes y presenta fortalezas y debilidades que deben ser observadas en el ámbito público y privado, para potencial su relevancia e impacto.

Los PFNM mantienen un crecimiento importante y sostenido en los últimos 20 años, reflejado en avances de relevancia en torno a nuevos emprendimientos comerciales destinados al mercado nacional e internacional y en acciones de investigación y desarrollo focalizadas en la agregación de valor. Las exportaciones al año 2018 registran montos cercanos a los 87 MM¹⁵ US\$, representando una cartera de 38 productos, los cuales se envían a 61 países. El mercado interno genera ingresos a 200.000 personas del mundo rural y posee una fuerte connotación de género. El consumo interno es creciente, estimado en cuatro veces el monto exportado, sin embargo, dicho valor no se encuentra dimensionado en las estadísticas oficiales. Estudios recientes publicados por INFOR en marzo del 2019, dan cuenta del primer catastro de recolectores de PFNM en las regiones de Bio Bio y Ñuble, indicando que existen 37.675 personas que realizan este oficio en ambas regiones.

El promisorio desarrollo económico del proceso exportador contrasta con los bajos niveles alcanzados en los otros ámbitos que configuran el modelo productivo, existiendo brechas y rezagos de magnitud, que ponen en riesgo su sostenibilidad. Problemas de relevancia son la carencia de información relacionada con cuantificación de la producción y el consumo, los métodos y técnicas sostenibles de extracción no siempre presentes, la ausencia de planes de manejo y de información de mercado, los procesos de comercialización y el bajo nivel de desarrollo tecnológico asociado a generación de valor agregado. Adicionalmente, en este rubro persisten fallas de mercado vinculadas con asimetrías de información, monopsonios, riesgo moral y selección adversa. Lo anterior, sumado a altos costos de transacción, dispersión territorial y excesiva fragmentación en la cadena de comercialización, genera problemas de importancia que deben ser abordados desde el accionar de la institucionalidad pública y privada.

Los PFNM generan altos retornos económicos y empleos rurales, sin embargo, es necesario perfeccionar los diversos ámbitos que involucran la cadena productiva, desde el Bosque a los consumidores finales. Aspectos de racionalidad en el manejo de recursos, valor agregado, perfeccionamiento de mercados y mecanismos públicos de regulación son relevantes para asegurar la sostenibilidad futura de este importante rubro forestal. Se constatan avances importantes en los últimos 5 años, focalizados en el desarrollo de políticas públicas, formalización de programas específicos en instituciones públicas, nuevos proyectos de investigación y emprendimientos privados que abordan desarrollos con valor agregado en PFNM.

Palabras clave: PFNM, Mercados, Sostenibilidad, Brechas Tecnológicas, Desarrollo Rural, Valor Agregado.

¹⁵ MM: Millones

SUMMARY

This study analyzes the state of the art of Non Wood Forest Products (NWFP) in Chile as of 2018 in the context of its value chain, describes their evolution, analyzes markets, market failures, existing gaps and presents strengths and weaknesses that must be observed in the public and private field., to potential its relevance and impact.

NWFP have maintained significant and sustained growth in the last 20 years, reflected in relevant advances around new commercial ventures destined for the national and international market and in research and development actions focused on value addition. Exports to the year 2018 register amounts close to 87 MM¹⁶ US \$, representing a portfolio of 38 products, which are shipped to 61 countries. The internal market generates income for 200,000 people in the rural world and has a strong gender connotation. Domestic consumption is increasing, estimated at four times the amount exported, however, this value is not dimensioned in official statistics. Recent studies published by INFOR in March 2019, show the first cadastre of NWFP collectors in the Bio Bio and Nuble regions, indicating that there are 37,675 people who carry out this profession in both regions.

The promising economic development of the export process contrasts with the low levels achieved in the other areas that make up the production model, with gaps and lags of magnitude that put its sustainability at risk. Relevant problems are the lack of information related to the quantification of production and consumption, the sustainable extraction methods and techniques not always present, the absence of management plans and market information, the marketing processes and the low level of technological development associated with generation of added value. Additionally, in this item, market failures persist linked to information asymmetries, monopsonies, moral hazard and adverse selection. The above, added to high transaction costs, territorial dispersion and excessive fragmentation in the commercialization chain, generates important problems that must be addressed from the actions of the public and private institutions.

NWFP generate high economic returns and rural jobs, however, it is necessary to improve the various areas that involve the production chain, from the Forest to the final consumers. Aspects of rationality in resource management, added value, improvement of markets and public regulatory mechanisms are relevant to ensure the future sustainability of this important forestry sector item. Significant progress has been observed in the last 5 years, focused on the development of public policies, formalization of specific programs in public institutions, new research projects and private ventures that address value-added developments in NWFP.

Key words: NWFP, Markets, Sustainability, Technological Gaps, Rural Development, Value Added.

¹⁶ Millions

INTRODUCCIÓN

Los Productos Forestales No Madereros (PFNM) son definidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1999; FAO 2018) como aquellos bienes de origen biológico distinto de la madera, procedentes de los bosques, de otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera de los bosques, definición que considera bienes de origen animal y vegetal, independiente de la naturaleza artificial o natural del bosque.

Estos productos son de gran importancia para el sustento económico de las poblaciones rurales asociado a los bosques, con especial énfasis en aquellas vinculadas al bosque nativo.

Los PFNM abarcan una amplia gama de productos y subproductos de los bosques (naturales y plantaciones) y formaciones silvestres, entre los cuales se sitúan alimentos y bebidas, aceites esenciales y aromas, productos medicinales, estimulantes, resinas, colorantes y tintes, fibras, plantas ornamentales, semillas y otros, que son utilizados especialmente en las comunidades campesinas, rurales y urbanas, de bajos recursos económicos (Valdebenito *et al.*, 2016).

Existe en el país una gran cantidad de PFNM históricamente utilizados por la población rural. En las últimas décadas se ha desarrollado un importante y creciente nicho de mercado vinculado a su uso y comercialización, generando empleo e ingresos a más de 200 mil habitantes rurales, con una alta connotación de género, así como también contribuyendo a las exportaciones del sector con una cifra cercana a los 87 MM US\$ en el año 2018.

La relevancia que está adquiriendo el mercado de estos productos y su importancia para la actividad económica rural motivan la necesidad de investigarlos y valorarlos en su impacto social y económico.

A principios del año 2000, el Instituto Forestal (INFOR), con el apoyo de diversos fondos públicos y del Ministerio de Agricultura, inicia un seguimiento permanente del mercado de exportaciones de estos productos, se analizan sus tendencias y se actualiza la información tecnológica vinculada con los ámbitos silvícolas de procesamientos y los mercados (Valdebenito y Molina, 2017)

En el presente trabajo se entrega una visión actualizada de los principales productos forestales no madereros recolectados y comercializados en Chile y el detalle de las exportaciones registradas en el año 2018.

DEFINICIONES

Productos Forestales No Madereros (PFNM): Los Productos Forestales no Madereros (PFNM) son aquellos bienes de origen biológico distinto de la madera, procedentes de los bosques, de otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera de los bosques, considerando bienes de origen animal y vegetal, independiente de la naturaleza artificial o natural del bosque (FAO, 1999).

Recolección de Productos Forestales No Madereros (PFNM): La generación y comercialización de PFNM se sustenta en más del 90% de los casos, en procesos de recolección, donde grupos de personas (familias) se introducen en zonas boscosas naturales o artificiales (bosques propios y/o de terceros) y recolectan los productos que el

bosque genera distintos de madera, los cuales luego son vendidos a otros agentes comerciales (intermediarios) y/o centros de acopio de procesamiento.

Intermediarios: Personas naturales y/o jurídicas que tienen por función generar poder de compra temporal en localidades y comunas, donde en la mayoría de los casos poseen un medio de transporte con el cual recorren las localidades rurales ofreciendo comprar los PFNM de la temporada. Dicho agente de comercialización acopia volumen y vende a otros intermediarios mayores y/o a industrias de procesamiento y exportación.

PRODUCTOS Y MERCADOS NO MADEREROS EN CHILE

El mercado internacional de los productos forestales no madereros en Chile representó el 1,3% del total de las exportaciones del sector forestal en el año 2018, participación porcentual que muestra una caída importante respecto de años anteriores

Esta caída porcentual se debe a un incremento significativo de las exportaciones forestales totales (27% de crecimiento, respecto del año 2017) asociado al alza del precio de la celulosa.

Información en detalle se presenta en el Cuadro N° 1, donde es posible visualizar las tendencias de mercado en los últimos 29 años.

La evolución y la dinámica comercial que ha experimentado este rubro manifiestan tendencias crecientes en los últimos 29 años, constatado en el registro de exportaciones que monitorea el Instituto Forestal.

El incremento es significativo, pasando de 12,7 MM US\$ exportados el año 1990 a 87 MM US\$ exportados el año 2018 (INFOR, 2019).

En el Cuadro N° 2 se presenta el detalle de las exportaciones de PFNM registradas el año 2018, según glosa, monto en US\$ FOB y volumen.

Se aprecia que los frutos de rosa mosqueta, los musgos y las hojas de boldo representan el 62 % del valor exportado de PFNM primarios durante el año 2018 y sus precios promedio de exportación son de 3.408; 4.006 y 2.292 US\$/t, respectivamente.

Destacan las hojas de boldo, como uno de los productos con mayor crecimiento en monto y volumen exportado durante el año 2018.

Entre los productos elaborados en tanto, los extractos de quillay y el aceite de rosa mosqueta muestran interesantes montos y altos valores unitarios, de 18.101 y 61.067 US\$/t, respectivamente, precios medios con tendencia a la baja, respecto de lo observado en la temporada 2017.

Cuadro N° 1
MONTO DE EXPORTACIONES SEGÚN, SECTOR FORESTAL Y PFNM PERIODO 1990-2018

Año	Total Exportaciones (MM US\$ FOB)	PFNM						Participación (%)
		Primarios		Elaborados		Total		
		(MM US\$ FOB)	(Mt)	(MM US\$ FOB)	(Mt)	(MM US\$ FOB)	(Mt)	
1990	855,3	11,8	11,0	0,9	1,1	12,7	12,1	1,5
1991	913,1	17,0	15,0	0,7	0,3	17,7	15,3	1,9
1992	1.125,8	23,6	16,7	1,0	0,1	24,6	16,8	2,2
1993	1.207,1	19,4	13,2	1,3	0,1	20,7	13,3	1,7
1994	1.564,3	23,0	14,6	1,7	0,1	24,7	14,7	1,6
1995	2.369,3	31,7	14,9	1,7	0,1	33,4	15,0	1,4
1996	1.807,9	40,7	17,3	2,4	0,4	43,1	17,7	2,4
1997	1.829,9	32,0	13,9	1,6	0,3	33,6	14,2	1,8
1998	1.660,5	56,5	21,0	1,5	0,1	58,0	21,1	3,5
1999	1.970,7	28,6	11,9	1,7	0,3	30,3	12,2	1,5
2000	2.365,2	25,0	13,2	2,7	0,4	27,7	13,6	1,2
2001	2.205,6	26,1	14,6	2,7	0,3	28,8	14,9	1,3
2002	2.301,1	28,9	16,6	3,6	0,4	32,5	17,0	1,4
2003	2.524,0	31,1	17,5	4,1	0,4	35,2	17,9	1,4
2004	3.396,6	33,4	16,9	3,6	0,3	37,0	17,2	1,1
2005	3.495,4	33,7	16,5	5,0	0,4	38,7	16,9	1,1
2006	3.890,0	42,8	20,5	5,5	0,5	48,3	21,0	1,2
2007	4.952,3	48,3	20,8	5,5	0,5	53,8	21,3	1,1
2008	5.452,5	65,0	20,7	6,9	0,6	71,9	21,4	1,3
2009	4.162,3	54,4	18,9	7,6	0,6	62,0	19,5	1,5
2010	4.954,9	63,7	21,9	10,4	0,7	74,1	22,6	1,5
2011	5.906,6	64,7	21,2	12,0	0,8	76,7	21,9	1,3
2012	5.389,3	63,2	19,4	11,1	1,9	74,3	21,3	1,4
2013	5.714,0	64,0	18,7	16,5	1,5	80,5	20,1	1,4
2014	6.094,3	64,1	16,4	20,1	1,9	84,2	18,2	1,4
2015	5.439,1	59,4	17,0	23,7	2,5	83,1	19,5	1,5
2016	5.270,9	61,3	16,3	30,0	2,3	91,4	18,6	1,7
2017	5.376,8	60,1	15,4	31,6	3,2	91,7	18,6	1,7
2018	6.838,0	58,5	17,5	28,5	3,8	87,0	21,4	1,3
Media 5 años	5.803,8	60,7	16,5	26,8	2,7	87,5	19,3	1,5

(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Cuadro N° 2
EXPORTACIÓN DE PRINCIPALES PFNM
SEGÚN VOLUMEN, MONTO y NIVEL DE AGREGACIÓN DE VALOR
2018

PFNM Primario Año 2018	(t)	(US\$ FOB)	(%)	(US\$FOB/t)
FRUTOS ROSA MOSQUETA	5262,45	17.936.965,2	30,6	3.408
MUSGO <i>Sphagnum magellanicum</i>	3255,24	13.040.764,9	22,3	4.006
HOJAS DE BOLDO	2303,61	5.280.873,8	9,0	2.292
HONGOS <i>Boletus (Suillus luteus)</i>	2296,77	4.836.079,1	8,3	2.106
FRUTOS DE MAQUI	128,34	3.112.357,7	5,3	24.251
HONGOS SIN INFORMACIÓN	1219,25	2.311.465,4	3,9	1.896
MUSGO SIN INFORMACIÓN DE ESPECIE	496,15	2.254.472,2	3,9	4.544
HONGOS (<i>Morchella conica, Morchella esculenta</i>)	47,27	2.162.227,2	3,7	45.739
HONGOS (<i>Lactarius deliciosus</i>)	922,17	1.914.479,4	3,3	2.076
HIERBA DE SAN JUAN	372,00	1.718.866,2	2,9	4.621
SEMILLAS ROSA MOSQUETA	833,83	1.463.489,0	2,5	1.755
CORTEZA QUILLAY	149,11	1.112.542,7	1,9	7.461
HOJAS Y FLORES DE TILO	9,98	204.338,1	0,3	20.469
HOJAS Y FRUTOS CRATAEGUS	53,31	166.290,0	0,3	3.119
HOJAS ROSA MOSQUETA	44,00	162.215,7	0,3	3.687
HONGOS TRUFAS	0,22	161.645,1	0,3	751.838
SEMILLAS <i>Eucalyptus nitens</i>	0,02	135.057,7	0,2	5.872.075
CORTEZA BOLDO	18,72	92.810,1	0,2	4.958
PLANTAS DE ARAUCARIA	1,11	88.184,6	0,2	79.589
HOJAS Y CORTEZA DE SAUCE	19,83	81.153,8	0,1	4.092
MIMBRE	29,72	66.038,0	0,1	2.222
SEMILLAS PINO RADIATA	1,66	59.500,0	0,1	35.843
HELECHO AMPE	5,74	44.840,0	0,1	7.808
PLANTAS PALMA CHILENA	38,99	42.136,4	0,1	1.081
HOJAS DE <i>Eucalyptus globulus</i>	13,03	27.775,0	0,0	2.132
HOJAS <i>Ginkgo biloba</i>	3,42	14.111,0	0,0	4.126
SEMILLAS <i>Pinus tadea</i>	0,11	13.112,6	0,0	123.704
CAÑAS COLIGUE/BAMBU	5,70	6.650,0	0,0	1.167
OTROS PRODUCTOS DE MAQUI	0,34	3.945,0	0,0	11.741
SEMILLA PALMA CHILENA	0,30	3.549,4	0,0	11.831
PLANTAS DE MAÑO	0,07	2.561,1	0,0	35.084
PLNATAS DE CHAGUAL	0,08	2.336,2	0,0	30.340
SEMILLAS DE <i>Eucalyptus globulus</i>	0,01	2.293,0	0,0	229.300
FRUTOS DE MURTA	0,02	599,1	0,0	39.939
Sub Total	17532,55	58.525.724,4	100,0	
PFNM Elaborado Año 2018	(t)	(US\$ FOB)	(%)	(US\$FOB/t)
EXTRACTOS QUILLAY	617,92	11.185.112,5	39,3	18.101
ACEITES VEGETAL ROSA MOSQUETA	138,84	8.478.415,7	29,8	61.067
OTROS PRODUCTOS DE QUILLAY	3089,50	8.765.035,0	30,8	2.837
OTROS PRODUCTOS ELABORADOS ROSA MOSQUETA	1,55	25.630,7	0,1	16.536
Sub Total	3847,81	28.454.193,9	100,0	
TOTAL PFNM EXPORTADOS AÑO 2018	21380,36	86.979.918,3		

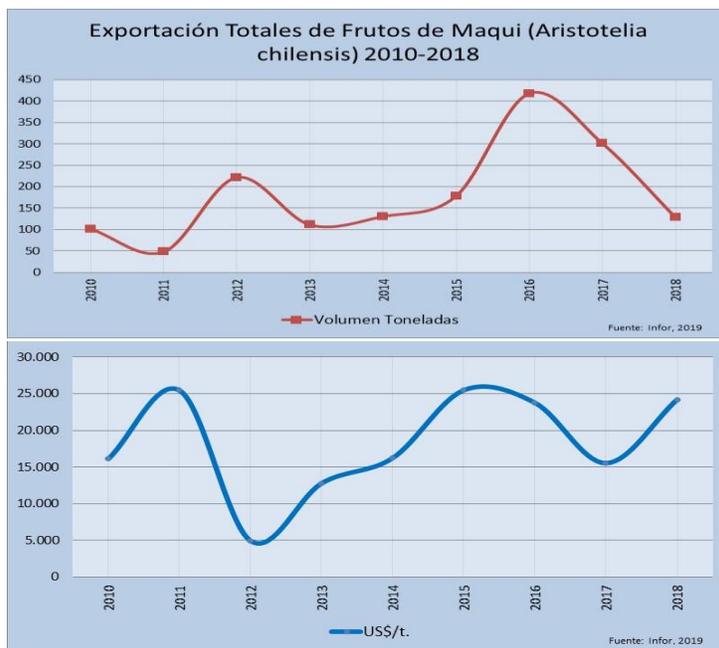
(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Maqui registra una caída respecto de lo exportado el año 2017, lo que se explica probablemente por una menor disponibilidad de frutos producto de los incendios forestales ocurridos en el verano del año 2017, pasando de 4,68 millones de US\$ exportados el año 2017 a 3,11 millones de US\$ registrados el año 2018 (Figura N° 1), con un aumento significativo del precio, lo cual sería consistente con la menor disponibilidad de materias primas. Otro aspecto de

interés se vincula con la comercialización de hojas deshidratadas de boldo, producto altamente demandado por los países de la región, destacando Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay, destinatarios de más del 80% de los envíos de boldo.

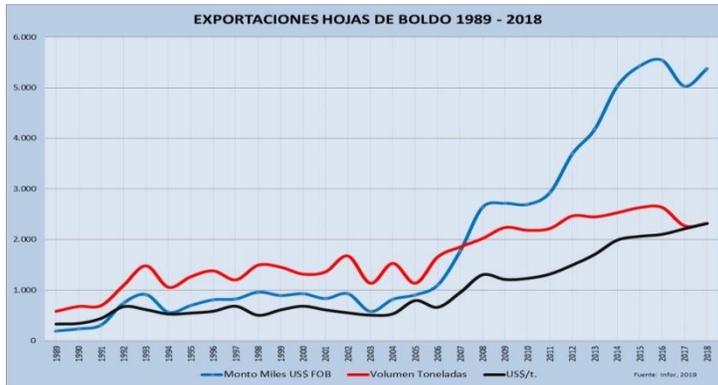
En la Figura N° 2 se presenta la tendencia histórica de sus exportaciones, existiendo un punto de inflexión a partir del año 2005, elevándose los volúmenes y montos tranzados en forma constante alcanzando en la actualidad un total de 5,37 MM US\$ (hojas, corteza y frutos) por la venta de 2.322 t de producto, principalmente hoja deshidratadas. Dichos montos son levemente superiores a los observados el año 2017, manifestándose una tendencia similar en el precio (de 2.211,8 US\$/t de productos de boldo el año 2017 a 2.313,9 US\$/t el año 2018). Destaca el bajo nivel de agregación de valor que presenta este producto, siendo una especie endémica con propiedades medicinales muy especializadas, y única en el mundo.

INFOR está desarrollando importantes avances en investigación tendientes a revertir esta realidad, avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan desarrollar plantaciones orientadas a la producción de biomasa, nuevos productos con valor agregado en base a sus extractos y desarrollar modelos de gestión que rentabilicen la producción predial de quienes poseen el recurso.



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Figura N° 1
TENDENCIA DE LAS EXPORTACIONES DE MAQUI EN VOLUMEN Y PRECIO
PERIODO 2010 A 2018



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Figura N° 2
TENDENCIA DE LAS EXPORTACIONES DE HOJAS DE BOLDO EN VOLUMEN Y PRECIO
PERIODO 1989 A 2018

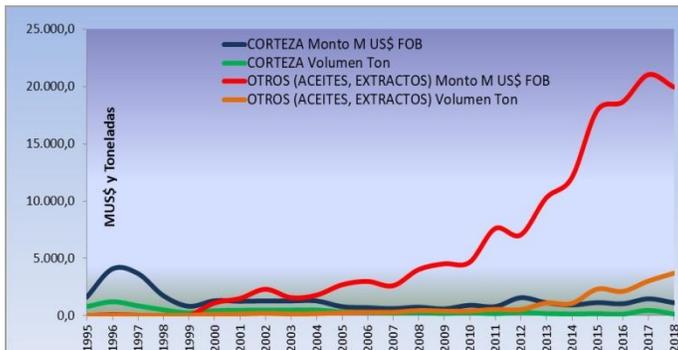
Las diferencias registradas en los retornos de divisas entre productos elaborados y primarios resaltan la importancia de agregar valor, invertir en investigación e innovación, y generar con esto más riqueza en el país y modelos productivos con sello de sustentabilidad.

Ejemplo de esto son los envíos derivados de quillay y rosa mosqueta, donde productos como la corteza de quillay registran valores promedios de exportación en los últimos 5 años de 6.040,6 US\$/t (2014 a 2018), en tanto que el extracto de quillay llega a 8.099,6 US\$/t para el mismo periodo. En el caso de los frutos de mosqueta se venden en los mercados externos (promedio periodo 2014-2018) en 3.677,7 US\$/t, en tanto que aceite y extractos alcanzan a 45.717,4 US\$/t.

En la Figura N° 3 se muestra el impacto del cambio tecnológico en torno a la agregación de valor generado en la comercialización de productos derivados de quillay. A partir de año 1999 se incrementan notablemente los retornos por la venta de productos procesados (extractos de quillay), disminuyendo las exportaciones de materias primas basadas principalmente en comercialización de corteza.

El cambio tecnológico agregó notable valor, optimizando los procesos, generando mayor riqueza y aportando sustentabilidad al uso de este notable y estratégico recurso natural.

Como se observa en la Figura N° 4, el hongo *Morchella*, recolectado principalmente en formaciones boscosas nativas, registró durante el año 2018, una caída importante en volumen y precio, mantenido en los últimos 10 años un comportamiento inestable, explicado probablemente por la condicionante climática que posee esta especie, asociada a régimen pluviométrico y también por la frecuencia de incendios forestales.



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Figura N° 3
EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES DE PFNM DE QUILLAY
SEGÚN AÑO, MONTO Y VOLUMEN PERIODO 1995 AL 2018



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Figura N° 4
EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES DE PFNM DE HONGO MORCHELA
SEGÚN AÑO, MONTO Y VOLUMEN. PERIODO 1998 AL 2018

CONCLUSIONES

En términos agregados, el desarrollo del rubro de los PFSM es sostenido en Chile, existiendo tendencias crecientes en los últimos 20 años.

La demanda mundial se orienta al uso de productos naturales y saludables, y los PFSM cumplen con esta condición. Lamentablemente no siempre se extraen de los bosques en un contexto de sustentabilidad y racionalidad en su uso.

Estudios desarrollados por INFOR dan cuenta de la existencia de más de 840 PFSM utilizados por la población rural en Chile (sin considerar productos con potencial no estudiados aún), destacando especies con propiedades medicinales y productoras de aceite esenciales, frutos y hongos comestibles, especies ornamentales y especies productoras de fibra para artesanía, entre los más relevantes.

El modelo de negocio responde principalmente a procesos de recolección y comercialización de productos frescos o deshidratados, con marcada connotación rural y de género. La agregación de valor asociado a procesos industriales es reducida pero creciente, destacando los aceites esenciales y frutos procesados, orientados al mercado europeo y norteamericano (Valdebenito *et al.*, 2016).

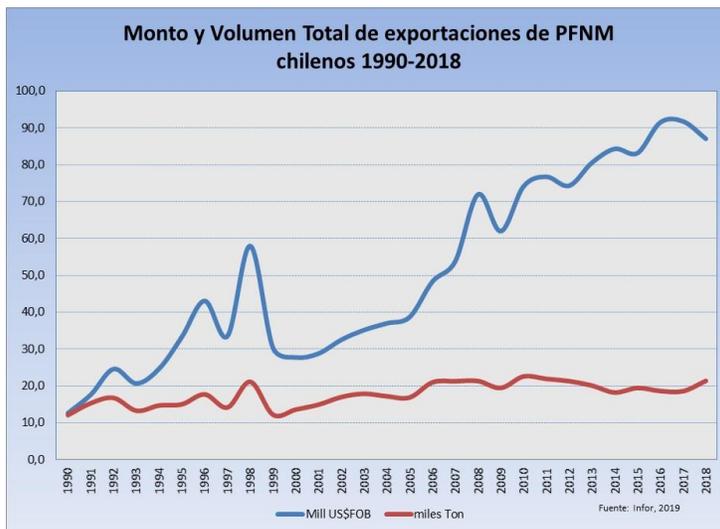
La comercialización de PFSM tiene como destino el mercado exterior, existiendo además un consumo interno no caracterizado, que se estima en más de 300 MM US\$/año.

Las exportaciones en este rubro han mantenido un crecimiento importante y sostenido, alcanzando US\$ 87 millones en 2018, con envíos a más de 60 países, involucrando en esta dinámica exportadora a más de 200.000 personas anuales, en empleos temporales, estacionarios y algunos permanentes.

Se opone a esta realidad, el precario nivel tecnológico y de gestión que se ocupan en la mayoría de los procesos de comercialización, las cadenas de comercialización presentan altos niveles de informalidad, siendo las asimetrías de información una de las fallas de mercado más relevantes.

En la Figura N° 5 se muestra la tendencia histórica de exportaciones en los últimos 28 años, donde los retornos por concepto de exportación se han octuplicado, duplicándose el volumen exportado y triplicándose el número de destinos de 20 a 60 países.

La cantidad de productos creció, en promedio de 12 a más de 40, entre los años 1990 al 2018, siendo Europa el principal destino de los PFSM chilenos (Alemania, España y Francia), seguida de Estados Unidos, Japón y Taiwán. Brasil es el principal comprador a nivel de América Latina.



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFNM INFOR)

Figura N° 5
EXPORTACIÓN DE PFNM SEGÚN MONTO Y VOLUMEN
PERIODO 1990-2018

En la última década el Instituto Forestal ha generado numerosos proyectos de Investigación, Desarrollo y Transferencia Tecnológica, con el objetivo de impulsar el uso racional y sostenido de los PFNM, abordando soluciones tecnológicas de interés público e innovaciones precompetitivas en los ámbitos de la información tecnológica y comercial, el manejo de los recursos naturales, la innovación en procesos para la agregación de valor, la gestión y la comercialización.

Los logros alcanzados se relacionan con la formalización y consolidación del rubro de los PFNM como un área de desarrollo estratégica para el sector agrícola y forestal del país.

El hito de mayor relevancia lo constituye el primer Portal de Información, Gestión y Capacitación en línea de PFNM orientado al sector Agropecuario y Forestal, generando además una importante red de intercambio científico, tecnológico y productivo (INFOR, 2016).

Adicionalmente, se han ejecutado proyectos en conjunto con empresas, organizaciones campesinas y otros servicios del Estado, orientados a desarrollar innovaciones en los distintos ámbitos de la cadena productiva y fortalecer la gestión tecnológica y comercial de pequeños y medianos productores y recolectores en comunidades rurales (Valdebenito y Molina, 2017).



(Fuente: Elaboración propia basada en banco de datos PFM INFOR)

**Figura N° 6
TENDENCIA EN LAS EXPORTACIONES DE PFM ELABORADOS
PERIODO 1990-2018**

Los proyectos de mayor relevancia ejecutados durante los años 2015 a 2019 en torno al rubro son:

- Proyecto INFOR – CONAF: Desarrollo de métodos y técnicas de manejo y colecta sustentable de murta silvestre (*Ugni molinae*), para mejorar la producción y calidad del fruto.
- Proyecto INFOR – CONAF: Métodos y cuotas de recolección de semillas de *Araucaria araucana* para cautelar el equilibrio ecosistémico de esta especie en su área de distribución.
- Proyecto INFOR – CONAF: Generación de Información para los bienes y servicios de las formaciones xerofíticas de las regiones de Atacama y Coquimbo.
- Proyecto INFOR – CONAF: Exploración de métodos silvícolas, no silvícolas y de recolección sustentable para la producción de hongos silvestres comestibles en bosque templado.
- Proyecto INFOR – CONAF: Métodos y técnicas de manejo y recolección sustentable de frutos de avellano (*Gevuina avellana*) en formaciones boscosas nativas de Chile.
- Proyecto INFOR – FNDR Gobierno Regional Bio Bio: Fortalecimiento tecnológico comercial de recolectores de PFM de la región del Bío Bío. Proyecto que ha generado

un impacto significativo en la actividad económica de recolección, procesamiento y comercialización de PFSM en las regiones de Biobío y Ñuble, donde existen un total de 37.675 personas que realizan este oficio (Valdebenito y Molina, 2019).

- Proyecto INFOR – FIA: Hacia el desarrollo de plantaciones de boldo de alta productividad en base a técnicas intensivas de establecimiento e individuos superiores.
- Proyecto INFOR – FIA Rescate de la tradición artesanal de quilineja (*Luzuriaga polyphylla*), mediante su valorización cultural y ecológica en Chiloé.
- Proyecto INFOR- FIA: Modelos de negocios sustentables de recolección, procesamiento y comercialización de PFSM en Chile.
- Proyecto INFOR-MINAGRI: Reporte permanente del uso y valor de los PFSM en Chile.
- Proyecto INFOR-MINAGRI: Investigación en PFSM generados por el bosque esclerófilo de la zona central de Chile.
- Proyecto INFOR-MINAGRI: Actualización y mantención banco de hongos comestibles de los ecosistemas boscosos de Chile.
- Proyecto INFOR-FIA: Producción de frutos de calafate para uso agroalimentario a partir de la selección clonal de individuos con alta capacidad antioxidante, en la región de Aysén.
- Proyecto INFOR-FIA: Sumando valor ecológico al patrimonio artesanal tradicional: Recolección sustentable de tallos de la enredadera Pil-Pil Voqui en la región de Los Ríos.
- Proyecto INFOR – FNDR Aysén: Programa transferencia para el desarrollo silvoagropecuario con modelos innovadores en Productos Forestales no Madereros para la región de Aysén.
- Proyecto INFOR-FIA: Producción de Alimentos Funcionales con Semillas de *Acacia saligna*.
- Proyecto INFOR-CONAF Fondo de Investigación del Bosque Nativo: Antecedentes de manejo silvícola-sanitario para la producción sustentable del fruto de chañar en la región de Atacama.
- Proyecto INFOR- FIA: Diagnóstico para la restauración del chupón (*Greigia sp.*) y la visibilización de su valor ecológico, patrimonial, y económico, asociado a la tradición mapuche de elaboración de pilwas, en la comuna de Saavedra, Región de la Araucanía.
- Proyecto INFOR- FIA: Desarrollo de un modelo combinado de producción de trufas y piñones de pino piñonero, alternativa productiva rentable en un escenario de restricciones hídricas crecientes, cuyo objetivo es desarrollar un paquete tecnológico para producir simultáneamente piñones de pino mediterráneo (*Pinus pinea*) y trufas comestibles bajo criterios de eficiencia hídrica.

Valorar este rubro, en el contexto de las políticas públicas, no solo implica su fomento, sino también su regulación. El rol regulador de los servicios públicos es fundamental para asegurar

la sustentabilidad de muchas especies y ecosistemas que hoy se ven amenazados por procesos de extracción motivados por un alto precio internacional, sin normativas que aseguren un uso racional, bajo la mirada eco sistémica de multiplicidad funcional de los bosques.

Los PFNM generan altos retornos económicos y empleos rurales, sin embargo, es necesario perfeccionar los diversos ámbitos que involucran la cadena productiva desde el bosque a los consumidores finales. Aspectos de racionalidad en el manejo de recursos, valor agregado, perfeccionamiento de mercados y mecanismos públicos de regulación son relevantes para asegurar la sustentabilidad futura de este importante rubro forestal.

Problemas de relevancia están relacionados con carencia de información de producción y consumo, métodos y técnicas sostenibles de extracción, ausencia de planes de manejo, información de mercado, procesos de comercialización y bajo nivel de desarrollo tecnológico asociado a generación de valor, entre otros aspectos. Además, se evidencian fallas de mercado vinculadas con asimetrías de información, monopsonios, riesgo moral y selección adversa.

Todo lo anterior, sumado a los altos costos de transacción observados, la dispersión territorial y la excesiva fragmentación en la cadena de comercialización, genera problemas que arriesgan su sostenibilidad. Temas relevantes de investigación, necesarios de ser abordados, se relacionan con:

- Metodologías y procedimientos para el monitoreo de los PFNM provenientes de bosques nativos y plantados. Catastro, Inventario y cuantificación de recursos disponibles.
- Explorar nuevas opciones productivas, factibles de escalar económicamente.
- Desarrollar instrumentos y normativas que permitan regular el uso racional de los PFNM, asegurando la sostenibilidad del recurso y su entorno ecosistémico.
- Generar e implementar sistema de información de precios, productos y mercados de PFNM a nivel nacional e internacional, eliminando de esta forma asimetrías de información y fallas de mercado.
- Investigación que tengan por objetivo escalar en la generación de valor agregado de los PFNM, en la dimensión de procesamiento y comercialización.

Los PFNM brindan una nueva oportunidad para impulsar el desarrollo del mundo rural vinculado a los ecosistemas boscosos, donde el rol de todos quienes interactúan en este sector es velar por un uso racional y sostenido que permita generar riqueza en el largo plazo. Los desafíos se centran en investigar nuevos usos y productos, generar valor agregado y regular el manejo, asegurando su sostenibilidad.

REFERENCIAS

FAO, 2018. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Términos y Definiciones FRA 2020. Documento de Trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales N° 188. Roma.

FAO, 1999. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Hacia una definición uniforme de los productos forestales no madereros. UNASYLVA N°198. Disponible en [http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s0d.htm#actividades forestales de la FAO](http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s0d.htm#actividades%20forestales%20de%20la%20FAO).

INFOR, 2019. Boletín N° 33. Productos Forestales no Madereros. Marzo

INFOR, 2016. Portal WEB Tecnología y Gestión Forestal para Pequeños y Medianos Propietarios. www.gestionforestal.cl ; <http://www.gestionforestal.cl/pfnm/index.htm>

Valdebenito, G. y Molina, J. (Eds), 2019. Catastro de Recolectoras y Recolectores de Productos Forestales No Madereros en las regiones del Bio Bio y Ñuble. Instituto Forestal y Consultora Profesional Agraria Sur Ltda. Instituto Forestal. Chile. 74 p. (<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/29142/Catastro-Recolectores-PFNM-Regiones-Biobio-Nuble.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

Valdebenito, G. y Molina, J. (Eds), 2017. Agenda Público Privada para el Desarrollo Sostenible de los Productos Forestales No Madereros en Chile. Ministerio de Agricultura. Consejo de Política Forestal. Instituto Forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. GEF - Global Environment Facility. Instituto Forestal. Chile 117 p.
En: (https://www.infor.cl/images/pdf/Libro_Agenda_PFNM_Consejo_de_Politica_Forestal.pdf)

Valdebenito, G.; Molina, J.; Benedetti, S.; Hormazabal, M. y Pavés, C., 2016. Modelos de Negocios Sustentables de Recolección, Procesamiento y Comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal. Chile. 243 p. En: http://www.pfnm.cl/otros/seminarios_publicaciones/Estudio%20INFOR%20FIA%20PFNM%202016%20LIBRO.pdf

INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES A LOS AUTORES

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

La publicación cuenta con un Consejo Editor institucional que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Dispone además de un selecto grupo de profesionales externos, de diversos países y de variadas especialidades, que conforma el Comité Editor.

De acuerdo al tema de cada trabajo, este es enviado por el Editor a al menos dos miembros del Comité Editor para su calificación especializada. El autor o los autores no son informados sobre quienes arbitran su trabajo y los trabajos son enviados a los árbitros sin identificar al o los autores.

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

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

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Artículos

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

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

Resumen: Breve descripción de los objetivos, de la metodología y de los principales resultados y conclusiones. Su extensión máxima es de una página y al final debe incluir al menos tres palabras clave que faciliten la clasificación bibliográfica del artículo. No

debe incluir referencias, cuadros ni figuras. Bajo el título se identificará a los autores y a pie de página su institución y dirección. El **Summary** es evidentemente la versión en inglés del Resumen.

Introducción: Como lo dice el título, este punto está destinado a introducir el tema, describir lo que se quiere resolver o aquello en lo que se necesita avanzar en materia de información, proporcionar antecedentes generales necesarios para el desarrollo o comprensión del trabajo, revisar información bibliográfica y avances previos, situar el trabajo dentro de un programa más amplio si es el caso, y otros aspectos pertinentes.

Los Antecedentes Generales y la Revisión de Bibliografía pueden en ciertos casos requerir especial atención y mayor extensión, si así fuese, en forma excepcional puede ser reducida la Introducción a lo esencial e incluir estos puntos separadamente.

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

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

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

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

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

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

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

Apuntes

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

PRESENTACION DE LOS TRABAJOS

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

No se acepta redacción en primera persona.

Formato tamaño carta (21,6 x 27,9 cm), márgenes 2,5 cm en todas direcciones, interlineado sencillo y un espacio libre entre párrafos. Letra Arial 10. Un tab (8 espacios) al inicio de cada párrafo. No numerar páginas. Justificación a ambos lados. Extensión máxima trabajos 25 carillas para artículos y 15 para Apuntes, aunque se acepta una mayor extensión si esta se justifica.

Usar formato abierto, no formatos predefinidos de Word que dificultan la edición. Evitar saltos de página y saltos de sección. Formato a una columna.

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

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

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

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

Si fuesen necesarios títulos de cuarto orden, usar minúsculas, un tab (8 espacios) y anteponer un guion y un espacio. Entre sub títulos y párrafos precedente y siguiente un espacio libre. En sub títulos con más de una palabra usar primera letra de palabras principales en mayúscula. No numerar puntos principales ni sub títulos.

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

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

Si hay más de una referencia de un autor en un año se debe usar letras para diferenciarlas. Ej: (Rodríguez, 1999a); (Rodríguez, 1999b.)

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

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

En referencias:

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

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

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

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

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

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

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

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

ENVIO DE TRABAJOS

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

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

Respecto del peso de los archivos, tener presente que hasta 10 Mb es un límite razonable para los adjuntos por correo electrónico. No olvidar que las imágenes son pesadas, por lo que siempre al ser pegadas en texto Word es conveniente recurrir al pegado de imágenes o de planillas Excel como Metarchivo Mejorado.

En un plazo de 30 días desde la recepción de un trabajo el Editor informará al autor principal sobre su aceptación (o rechazo) en primera instancia e indicará (condicionado al arbitraje del Comité Editor) el Volumen y Número en que el trabajo sería incluido. Posteriormente enviará a Comité Editor y en un plazo no mayor a 2 meses estará sancionada la situación del trabajo propuesto. Si se mantiene la información dada por el Editor originalmente y no hay observaciones de fondo por parte del Comité Editor, el trabajo es aceptado como fue propuesto (Artículo o Apunte), editado y publicado cuando y como se informó al inicio. Si no es así, el autor principal será informado sobre cualquier objeción, observación o variación, en un plazo total no superior a 3 meses.

CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL

ARTICULOS	PÁGINAS
EFFECTO DEL USO DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO (OCAS) EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EN LA RESPUESTA EN CRECIMIENTO DE PLANTAS AGROFORESTALES EN SECANO. REGIÓN DE COQUIMBO. Hernández, José; Gacitúa, Sandra; González, Marlene; Silva, Sergio; Toro, Jorge y, Montenegro Jaime. Chile.	7
INCORPORANDO LA MULTIFUNCIONALIDAD EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES NATIVOS SIEMPREVERDES EN EL SUR DE CHILE. Schlegel, Bastienne; Little, Christian; Urrutia, Matías; Hernández, Germán y Pasten, Roberto. Chile.	23
ANTEPROYECTO. ESTUDIO DE NUEVO SISTEMA DE FINANCIAMIENTO PARA LA REFORESTACIÓN DE ÁREAS QUEMADAS POR INCENDIOS Y LA PROMOCIÓN DE NUEVAS PLANTACIONES FORESTALES EN TIERRAS DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA AGRICULTURA. INFOR-CORFO, Chile.	41
CRECIMIENTO, DESARROLLO CUALITATIVO Y RETORNO FINANCIERO DE UNA FORESTACIÓN CON ROBLE (<i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.) AL PIE DE MONTE ANDINO DEL CENTRO SUR DE CHILE. Müller-Using, Burkhard; Tiemann, Marion ; Donoso, Pablo y Wolf, Bárbara. Chile-Alemania	67
APUNTES	
DESCRIPCIÓN DE LAS NORMAS Y EQUIPOS DE LABORATORIO UTILIZADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LOS TABLEROS OSB EN EL MERCADO DE LOS ESTADOS UNIDOS. Reyes, Cristian; Vásquez, Luis y Hernández, Gonzalo. Chile.	83
USO Y VALOR DE LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADEREROS (PFNM) EN CHILE. Valdebenito, Gerardo. Chile.	93
INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES A LOS AUTORES	109

