



0000341

Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad



INFOR
Instituto Forestal



GOBIERNO DE CHILE
CORFO



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO FORESTAL EN LA PEQUEÑA PROPIEDAD

6325

Nº 6325

**Diciembre, 2000
SANTIAGO - CHILE**



INFOR

La presente publicación fue generada en el marco del Proyecto Sistema de Gestión Forestal para la Modernización de Pequeños Agricultores y la información contenida se desprende del *Seminario Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad*, realizado por el Instituto Forestal en la ciudad de Santiago, Chile, los días 9 y 10 de noviembre de 1999.

Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad

Registro de Propiedad Intelectual N° 119.110
Santiago de Chile, 2001
I.S.B.N. 956-7727-69-4

Financiamiento de la presente Edición:
Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI-CORFO)

Primera Edición: marzo de 2001
Diseño de portada: Emilio Benavides
Diagramación e Impresión:

El texto reproducido y las opiniones vertidas en este documento, son
de responsabilidad exclusiva de los autores.



Editores

***Gerardo Valdebenito R.
Elizabeth Urquieta N.***

PRÓLOGO

Los pequeños agricultores, o pequeños productores agrícolas, es aquel segmento de la economía cuyos aspectos y objetivos productivos se encuentran estrechamente relacionados a rasgos culturales y socioeconómicos particulares y condiciones ambientales desfavorables, la gran mayoría en presencia de suelos frágiles y/o severamente degradados. Éstos se distribuyen principalmente desde zonas del secano interior y costero de la V a la VIII Región; Precordillera Andina de la VII y VIII Región; comunidades del Norte Chico, III y IV Región; áreas mapuches de la VIII y IX Región y sectores muy definidos de la X Región.

La actividad productiva, parte importante del sustento familiar, la desarrollan básicamente en unidades de producción, con sistemas de explotación preferentemente agropecuarios, en las cuales asocian ganadería extensiva, cultivos tradicionales en terrenos de escasa aptitud agrícola, utilización del recurso forestal natural, y forestación con especies exóticas, actividad que en alguna medida puede potenciar la capacidad productiva que este sector detenta.

Considerando que existen aproximadamente 2 millones de hectáreas de suelos de aptitud preferentemente forestal en manos de pequeños agricultores, además de la aplicación de una nueva legislación y fomento a la forestación con mayor énfasis en este sector y la existencia de avances tecnológicos en manejo y comercialización forestal, alcanzado por empresas forestales e instituciones ligadas a la investigación, surge la necesidad de adaptar y transferir las diferentes alternativas tecnológicas y productivas de tal forma de impulsar la actividad forestal en la pequeña propiedad.

El Instituto Forestal (INFOR) en su misión de contribuir al fomento, desarrollo e investigación de los recursos forestales del país, en el marco del proyecto FDI *Sistema de Gestión Forestal para la Modernización de Pequeños Agricultores*, que fundamentalmente pretende incorporar a pequeños productores a la dinámica forestal del país a través del desarrollo de herramientas tecnológicas y de gestión que contribuyan a incrementar el establecimiento de plantaciones en el secano de la IV a la VIII Región, realizó el Seminario **Investigación y Desarrollo Forestal en la Pequeña Propiedad** con el objeto de analizar y difundir el estado actual de la investigación, fomento y transferencia tecnológica, vinculada al establecimiento y manejo de plantaciones forestales en pequeñas propiedades. Dicho esfuerzo culmina hoy con la publicación en extenso de los trabajos presentados, extendiendo a la comunidad pública y privada, los importantes avances logrados en el país respecto de la investigación, fomento y extensión de la actividad forestal y agroforestal en la pequeña propiedad.

Gerardo Valdebenito R.
Director de Proyecto

ÍNDICE

PRÓLOGO

SILVICULTURA, MANEJO Y PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES FORESTALES EN PEQUEÑAS PROPIEDADES	1
El ordenamiento predial, una herramienta para el incremento de la productividad en pequeñas propiedades del secano	
Valeria Gatica R.; Sandra Perret D.	3
Impacto en la sustentabilidad de la propuesta agroecológica para pequeños agricultores del secano interior	
Agustín Infante L.	12
Elaboración de un plan de manejo asistido por S.I.G. como primer paso para un ordenamiento territorial	
Guido Aguilera B.; Rodrigo Valencia C.; Emanuel Fischer G.	22
Silvopastoreo en bosque de pino insigne (<i>Pinus radiata</i> D. Don.) en el secano mediterráneo subhúmedo de Chile	
Fernando Squella N.; Héctor Vilches Z.; César Cabrera S.	36
Aumento de la productividad de plantaciones de eucalipto en la IX Región a través de técnicas racionales de manejo del sistema suelo-agua-planta	
Emilio Guerra B.; Gonzalo Puentes S.	51
Manejo de plagas y enfermedades forestales, una realidad necesaria en Chile	
Claudio Goycoolea P.	66
El bosque esclerófilo del valle de Colliguay (V Región, Chile) como fuente de productos forestales secundarios	
Ana Sapaj A.; Rodolfo Gajardo M.	74
Manejo de Renovales puros de coigüe (<i>Nothofagus dombeyi</i>). Una alternativa productiva para pequeños propietarios de la precordillera andina de la IX Región	
Marcelo Hernández N.; Celso Navarro C.; Jaime Castillo P.	84
Manejo de renovales de canelo (<i>Drimys winteri</i> Forst.): una alternativa productiva para pequeños propietarios de la Décima Región	
Celso Navarro C.; José Venegas L.; Marcelo Hernández N.	101

Tagasaste: arbusto forrajero promisorio para zonas de secano Fernando Fernández E.; Carlos Ovalle M.; Julia Avendaño R.	114
<i>Robinia pseudoacacia</i>: rescatando una tradición Susana Benedetti R.; Claudia Delard R.	126
Plantaciones con <i>Melia azedarach</i> en el secano costero de la Séptima y Octava Región Marisol Muñoz V.; Guillermo Schmeda H.; Luis Astudillo S.	141
Madera de nogal. ¿Una opción productiva para Chile? Verónica Loewe M.; Marta González O.; Gabriel Pineda B.	151
Efecto del uso de protectores individuales sobre el desarrollo de árboles en un sistema agroforestal en la precordillera de Chile mediterráneo central Alejandro Fraga S.; Carlos Ovalle M.	166
Comportamiento de <i>Eucalyptus nitens</i> Maiden. bajo condiciones <i>in vitro</i> Maritza Tapia V.; Pilar Videla; Mario Paredes C.; Paulina González; Viviana Becerra V.; Rodrigo Avilés R.	172
Uso de marcadores moleculares en la producción de plantas de alta calidad en especies forestales de importancia para Chile Viviana Becerra V.; Mario Paredes C.; Maritza Tapia V.; Rodrigo Avilés R.	178
GESTIÓN FORESTAL	185
Situación actual y proyección futura del programa de forestación en pequeñas propiedades Roberto Cornejo E.	187
Convenios de forestación de Forestal Celco S.A. con pequeños propietarios en áreas del secano de la VI y VIII regiones Roberto Muñoz I.	204
La componente forestal en la pequeña propiedad, práctica y realidad Edison García R.; Elizabeth Urquieta N.	215
Criterios de manejo forestal apropiado para la pequeña propiedad en Chile Rodrigo Catalán L.	233
Disponibilidad de materia prima de <i>Pinus radiata</i> en pequeños propietarios de la VII Región Rodolfo Neuenschwander A.; John Yáñez F.	246

Fortalezas y debilidades del sistema de producción forestal en pequeñas propiedades de la Región del Maule	
Héctor Espinoza C.; Daniel Godoy R.; Alvaro Vergara M.	259
Potencial de forestación de la pequeña propiedad en once comunas del secano interior de la VIII Región	
Pedro Manzanarez N.; Miguel Espinosa B.; Jaime Arévalo M.	273
Importancia del componente forestal en sistemas de producción de explotaciones familiares de comunidades mapuches IX Región de la Araucanía	
Judith Gálvez D.	282
Comercialización de productos provenientes del bosque nativo con manejo sustentable	
Jerónimo Molina Á.	289
Programa de transferencia tecnológica forestal para Chile	
Alvaro Sotomayor G.	303
Una metodología para transferencia tecnológica forestal orientada a pequeños propietarios del secano	
Alejandro Lucero I.; Gerardo Valdebenito R.	323

**SILVICULTURA, MANEJO Y PRODUCTIVIDAD
DE PLANTACIONES FORESTALES
EN PEQUEÑAS PROPIEDADES**

EL ORDENAMIENTO PREDIAL, UNA HERRAMIENTA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN PEQUEÑAS PROPIEDADES DEL SECANO

Valeria Gatica R.¹; Sandra Perret D.²

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados preliminares de la incorporación de sistemas forestales y agroforestales en predios de pequeños propietarios que se ubican en el secano de las regiones VI, VII y VIII, con el objetivo de incrementar la productividad del uso del suelo en el ámbito predial.

Se propone un ordenamiento predial de acuerdo a las potencialidades topográficas del terreno, implementando de esta forma un sistema forestal puro, un sistema silvopastoral y un sistema silvoagrícola, en una misma unidad territorial. Esta coexistencia de varios rubros a la vez, determina un manejo integrado de producción a nivel predial.

La estrategia del estudio plantea introducir a los sistemas agrícolas tradicionales, opciones silvícolas de tal manera de incrementar y optimizar los ingresos familiares, y obtener retornos económicos adicionales en el mediano y largo plazo. La implementación de las unidades se realizó a través de un diagnóstico participativo entre agricultores e investigadores INFOR; evaluando las mejores alternativas en función de la potencialidad de los recursos, de la aceptabilidad por parte de los propietarios a las propuestas y de sus propias necesidades e inquietudes.

Del proyecto se verifica que la utilización de la agroforestería, ordenada bajo enfoques de Sistemas Integrados de Producción, son una alternativa factible de implementar en el secano de la Región centro-sur. Satisfactorios resultados se han obtenido con especies forrajeras como tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*) y acacia azul (*Acacia saligna*). En cuanto a especies maderables, las plantaciones de *E. globulus*, *E. camaldulensis*, y *P. radiata* han tenido gran aceptación por los agricultores. Finalmente la introducción de árboles frutales (*Cydonia oblonga*, *Olea europea*, *Prunus persica*, *P. domestico*) intercalados en sus sistemas de cultivo anual, donde se han probado diferentes tratamientos de fertilización, evidencian mayores retornos económicos, a la vez que maximizan el uso del recurso suelo y minimizan los procesos erosivos, generando unidades de auto abastecimiento.

¹ Ingeniero Forestal. Licenciado en Ciencias Forestales. vgatica@infor.cl

² Ingeniero Forestal. Licenciado en Ciencias Forestales. sperret@infor.cl

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se inserta dentro del proyecto *Ajuste y optimización de modelos productivos para el secano de la VI, VII y VIII Región*, ejecutado desde el año 1997 por el Instituto Forestal, en el marco del programa de desarrollo de las comunas pobres Prodecop, perteneciente al Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP. Dicho programa se ejecuta en las comunas de Navidad, Lolol, La Estrella, Pelluhue, Curepto, Portezuelo, Coelemu y Trehuaco.

El proyecto surge de la necesidad de proponer alternativas para incrementar los ingresos de los sistemas productivos, hoy fuertemente deteriorados, con bajos rendimientos, enfocados a economías de subsistencia, presentando cada vez mayores índices de erosión.

Los sistemas de producción agrícola de los pequeños propietarios de estas comunas no cuentan con técnicas de manejo productivo integrado, donde se incorporen alternativas silvícolas, a través de un adecuado ordenamiento espacial y temporal del recurso suelo, de acuerdo a la potencialidad de cada área.

Dado que la introducción de nuevas tecnologías demanda un proceso lento de adopción, una manera ágil para transmitir a los agricultores los beneficios de una propuesta, es a través de metodologías prácticas, como unidades demostrativas instaladas en conjunto con ellos, de manera que sean protagonistas del estudio. Éste ha sido el desafío principal propuesto por el proyecto.

OBJETIVO

El objetivo general del presente estudio, es aumentar la productividad en los predios de los pequeños agricultores del secano de la VI, VII y VIII regiones, a través de la implementación de sistemas forestales y agroforestales, ordenados temporal y espacialmente bajo modelos de sistemas integrados de producción, a través de la maximización de los retornos económicos de una superficie de terreno.

METODOLOGÍA

El área de estudio comprende 8 comunas del secano: Navidad, Lolol y La Estrella en la VI Región; Curepto y Pelluhue en la VII y Portezuelo, Coelemu y Trehuaco, en la VIII Región. En cada comuna se ha instalado una unidad demostrativa con unidades forestales, silvopastorales y silvoagrícolas bajo un enfoque de *Sistema Integrado de Producción*.

Un *Sistema Integrado de Producción*, demanda una diversidad de alternativas productivas (forestales, agrícolas y ganaderas), en una misma unidad de terreno, bajo una ordenación temporal y espacial de los recursos, de tal forma de generar unidades de auto abastecimiento, con horizontes de producción en el corto, mediano y largo plazo.

Una asignación adecuada de los recursos, en función de las potencialidades del terreno, en cuanto a topografía, calidad del suelo, además de la correcta elección de la especie, y de los propios intereses del agricultor, generarán modelos con mejores rendimientos, factibles de replicar en zonas de similares características, asegurando la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada del uso de la tierra.

- **Diagnóstico**

En la etapa inicial del estudio, se aplicó una entrevista semi estructurada, para lograr un diagnóstico participativo de la situación actual de los sistemas productivos de los pequeños agricultores. El objetivo de esta encuesta fue detectar inquietudes y expectativas, como también conocimientos previos de los agricultores con respecto a los sistemas forestales, agroforestales y la ordenación predial. Básicamente interesó detectar ciclos y tipos de cultivos, fuentes de alimentación del ganado, fuentes de obtención de leña, disponibilidad de mano de obra y prácticas culturales de manejo y conservación de suelos. Se evaluaron los conocimientos en agroforestería en cuanto a las opciones silvícolas, de cultivos y forraje. Luego de recoger esta información, se adaptó la propuesta planteada en el estudio a la realidad particular de cada comuna y cada predio.

- **Establecimiento Unidades de Ajuste**

La etapa siguiente consistió en establecer las ocho unidades de ajuste de modelos productivos forestales y agroforestales.

En primer lugar, se identificó un predio típico de secano para establecer el ensayo. El diseño básico de la propuesta se propone dividir el predio en tres áreas, diferenciadas por condiciones topográficas, las que por sus potencialidades de terreno permiten el establecimiento de unidades forestales puras, silvopastorales o silvoagrícolas, acorde a una adecuada optimización del uso de la tierra.

- **Subsistema forestal**

El primer sector a definir, corresponde a un sistema forestal puro a establecer en la parte alta de la ladera dentro del predio, zona generalmente caracterizada por presentar pendientes moderadas a fuertes. Estas áreas presentan un avanzado nivel de erosión del suelo, y generalmente se presentan sin o con escasa cubierta vegetal natural, condicionada a técnicas de preparación de suelos muy básicas. En esta zona se ha establecido una plantación forestal en curvas de nivel y con zanjas de infiltración, para favorecer el aprovechamiento de las aguas lluvias y recuperar los suelos. Cabe mencionar que en los casos en que se encontraron árboles nativos aislados, éstos fueron incorporados al diseño del sistema.

Las especies utilizadas en esta área son especies maderables probadas con éxito en las diferentes comunas insertas en el proyecto. Entre ellas destaca *E. globulus*, *E. camaldulensis*,

P. radiata, *E. nitens*. Las plantas se han establecido en bloques de tres densidades diferentes: 3 metros sobre la hilera, y 3,4 y 5 metros entre hileras. Cada bloque cuenta con tres repeticiones.

- **Subsistema silvopastoral**

El segundo sector corresponde a la ladera media, caracterizada por presentar una pendiente entre 10 a 30%, en general útil para sistemas silvopastorales, donde se establecen especies forestales a densidades más bajas, para favorecer el crecimiento de la pradera.

La plantación se ha efectuado con técnicas intensivas de establecimiento; en surcos, con fertilización, y control de malezas. La densidad de plantación en cada comuna varía entre 2 a 4 metros sobre la hilera, y entre 8 a 15 metros entre hileras, dependiendo del terreno y de la especie a utilizar. El establecimiento de las plantas se ha realizado en curvas a nivel y las especies utilizadas son principalmente especies forrajeras (*C. proliferus*, *A. saligna*). Sin embargo, en otros ensayos se utilizó *C. macrocarpa* y *E. camaldulensis* por las condiciones de los terrenos y por los intereses manifestados por los propietarios. En este sector se ha favorecido el crecimiento de la pradera natural entre hileras de plantación, enriqueciéndola con leguminosas y/o gramíneas anuales y aplicación de fertilizantes.

- **Subsistema silvoagrícola**

El tercer sector corresponde a la parte baja de la ladera del cerro, caracterizada topográficamente por presentar pendientes inferiores al 10%. En esta área se propone mantener los cultivos tradicionales de los agricultores (chacarería), con implementación de técnicas de fertilización. Se han incorporado además árboles frutales, que actúan en forma sinérgica con el cultivo agrícola. La densidad de establecimiento es de 8-10 metros entre hileras y 5 metros sobre la hilera. En cuanto a los cultivos agrícolas a establecer, éstos son escogidos por el propietario, según sus intereses y conocimientos en la materia. Cada sector con cultivo se ha subdividido en tres parcelas, a las cuales se les han aplicado dos tratamientos de fertilización (orgánica y química, fundamentalmente en base a nitrógeno, fósforo y potasio), y se ha dejado una tercera parcela como testigo, sin aplicación de fertilizantes ni incorporación de árboles.

RESULTADOS

Sobre la base de los Sistemas Integrados de Producción, la integración de sistemas forestales y agroforestales, constituye un criterio fundamental para maximizar la diversidad de productos, en diferentes escalas de tiempo y espacio dentro de una superficie de terreno.

El desarrollo de estos nuevos sistemas, o el mejoramiento de sistemas existentes es esencial para mejorar la calidad de vida de los pequeños propietarios, y potenciar las posibilidades para que ellos incrementen sus posibilidades de comercialización de productos.

En este contexto el proyecto logra, a través del uso y la adopción de la metodología bajo un enfoque participativo, incorporar nuevas herramientas para incrementar el desarrollo en sus predios.

Algunos aportes importantes que se observan en este tipo de sistemas, es la disminución del riesgo económico para el agricultor, al lograr diversificar la producción; la utilización de mano de obra familiar, favoreciendo la integración de la familia al proceso productivo y mantener las costumbres o prácticas de uso de la tierra de los agricultores.

En el Subsistema Forestal se realizan prácticas de manejo silvicultural en las diferentes especies. Fundamentalmente se han efectuado podas de formación en *E. camaldulensis* para orientar su hábito de crecimiento. En estos sectores, se han revertido paulatinamente los fuertes procesos erosivos, generados producto de un uso intensivo del suelo por la explotación de formaciones arbóreas y arbustivas para producción de leña y carbón.

Las siguientes especies arbóreas de uso principalmente maderero, incorporadas con adecuadas técnicas de conservación de suelo y agua, han sido utilizadas en los ensayos.

Unidades	Forestal
Navidad	<i>Eucalyptus globulus</i>
Lolol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
La Estrella	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
Cacer	<i>Pinus radiata</i>
Chanc	<i>Pinus radiata</i>
Trehuaco	<i>Pinus radiata</i>
Coelemu	<i>Eucalyptus nitens</i>
Portezuelo	<i>Pinus radiata</i>

De las especies nombradas, las que han tenido mayor aceptación por parte de los propietarios, son el *E. globulus* y el *P. radiata*. En general, se prefiere forestar con especies que tengan un mercado formalizado y canal de distribución conocido, visualizando esta alternativa productiva como venta, más que autoconsumo. En sectores de cimas y laderas altas, Valdebenito *et al.* (1997), proponen las especies *E. globulus*, *E. camaldulensis* y *P.*

radiata para las zonas de secano de la VI Región, en plantaciones en bosquetes, incorporadas a sistemas productivos, según las condiciones agroclimáticas de cada lugar.

La especie *P. radiata*, es una especie de gran plasticidad, que crece con éxito entre las regiones V a X. En general, es una especie sólo superada por algunas coníferas (Prado *et al.*, 1986). El *E. globulus* se desarrolla con éxito desde la V Región al sur.

En el Subsistema Silvopastoral el manejo efectuado en las especies de este subsistema, apunta principalmente a podas de formación, con alturas máximas de 2 m de altura, favoreciendo la ramificación de los individuos y permitiendo así maximizar el rendimiento en biomasa.

En cuanto a la pradera, interesa enriquecer su producción anual, a través de la incorporación de gramíneas (falaris, avena y cebada) y/o leguminosas (hualputra, trébol subterráneo y vicia). En general, se utiliza una mezcla de ambos tipos, para permitir el aumento de materia seca y de proteínas simultáneamente. Según Ovalle y Del Pozo (1994), el uso alternado de la hualputra y las gramíneas soluciona el principal problema del sistema tradicional de cultivo, caracterizado por la baja producción y mala composición botánica de la pradera. La buena persistencia de la pradera se logra gracias al alto porcentaje de “semillas duras” que posee la hualputra, lo que asegura una correcta autosiembra natural de la pradera.

La producción anual de la pradera se cosecha y se le entrega al ganado fuera de la unidad del ensayo (ensilaje). El ingreso de los animales se debe postergar hasta el tercer año de la plantación para permitir el crecimiento de los árboles. La medición de la productividad se realiza a través de la cosecha en diez puntos al azar dentro de la pradera, en pequeñas áreas de terreno de 1m x 1m. El pasto se pesa en verde, y luego a través de una extrapolación de datos a la hectárea, se obtiene el rendimiento promedio de la superficie.

La erosión existente en estos sectores se ha debido al laboreo intensivo del suelo para cultivos anuales, principalmente de cereales, los cuales no han utilizado apropiadas técnicas de conservación de suelo. Esto ha provocado una baja en la productividad del mismo.

Las especies incorporadas en estos sistemas en los ensayos del proyecto son las siguientes:

Unidades	Silvopastoral
Navidad	<i>Chamaecytisus proliferus</i>
Lolol	<i>Acacia saligna</i>
La Estrella	<i>Acacia saligna</i> <i>Schinus molle</i>
Curepto	<i>Chamaecytisus proliferus</i>
Chanco	<i>Chamaecytisus proliferus</i>
Trehuaco	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
Coelemu	<i>Robinia pseudoacacia</i>
Portezuelo	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> <i>Cupressus macrocarpa</i>

De las especies antes mencionadas, la especie tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*) ha resultado de alta aceptación por los campesinos, quienes han observado sus bondades de especie de alto valor nutritivo, muy palatable, y de rápido crecimiento. Ovalle y Del Pozo (1994), señalan que en el secano, durante los dos primeros años de crecimiento, la fitomasa total acumulada es de 1,1 kg de ms/planta, estimando la fitomasa consumible (hojas y tallos tiernos) en 0,6 kg/planta. Se estima que la máxima producción se alcanza al quinto año de establecimiento.

El tercer sector se presenta frecuentemente en las zonas bajas y fondos de valles, se presentan en general suelos más profundos, de pendientes suaves y con posibilidad eventual de riego. Corresponden a pequeñas superficies utilizadas con fines agrícolas, donde destacan los cultivos de hortalizas y algunas legumbres. En este caso el producto sugerido es la incorporación de árboles fruto-forestal o frutales de uso múltiple, intercalados con sistemas tradicionales de cultivo, dando origen a un sistema silvoagrícola. Estos árboles significan un ingreso adicional en el mediano plazo.

Los cultivos (dos por cada unidad predial) se intercalan entre hileras de árboles, y se siembran anualmente. Son escogidos por cada propietario. El agricultor realiza las labores de preparación de suelo y siembra, y la posterior cosecha, que se efectúa de manera independiente entre las parcelas con fertilizante químico, fertilizante orgánico y testigo.

En este estudio, se han incorporado las siguientes especies en las diferentes unidades:

Unidades	Agrícola
Navidad	<i>Olea europea</i>
Lolol	<i>Cydonia oblonga</i>
La Estrella	<i>Prunus dulcis</i>
Curepto	<i>Cydonia oblonga</i>
Chanco	<i>Olea europea</i>
Trehuaco	<i>Cydonia oblonga</i>
Coelemu	<i>Prunus domestico</i> <i>Prunus dulcis</i>
Portezuelo	<i>Prunus persica</i>

De las especies anteriores, no se evidencia alguna preferencia especial por parte de los agricultores. Sin embargo se observa que el dar valor agregado a las tierras cultivables, es una alternativa altamente aceptada por los propietarios, quienes ven potenciados los retornos económicos del predio.

El estudio ha logrado la estabilización y recuperación productiva de ecosistemas frágiles, a través del diseño, promoción y ejecución de Sistemas Integrados de Producción, dirigidos a un mejoramiento de la calidad de vida en la población rural, y a la generación de sistemas autosustentables en el tiempo.

Algunas condicionantes previas que han hecho que la propuesta tenga alta recepción en el secano, lo constituyen la escasez de leña y forraje para los animales, la erosión de los suelos y la migración campo-ciudad.

Resulta interesante de mencionar las diferentes combinaciones que pueden realizarse en diferentes unidades, a partir de una adecuada elección de la especie, y de la óptima asignación de los recursos económicas y vegetacionales. Se señalan algunos de los diseños utilizados en el proyecto:

En la comuna de Navidad, VI Región, el sector forestal se encuentra plantado con la especie *Eucalyptus globulus*; el sector silvopastoral con la especie *Chamaecytisus proliferus*, con enriquecimiento de pradera de avena y vicia; y en el sector silvoagrícola, *Olea europea*, con cultivos intercalados de arveja y chicharo.

En la comuna de Lolol, VI Región, las especies incorporadas son *E. camaldulensis*, *A. saligna* con siembra de pradera de hualputra y trébol subterráneo; y *C. oblonga*, con incorporación de maíz, papas y porotos.

En la unidad de la comuna de Curepto, VII Región, el sector forestal fue establecido con la especie *Pinus radiata*; el sector silvopastoral con la especie *Chamaecytisus proliferus* y con pasto anual de hualputra; y *Cydonia oblonga* en el sector silvoagrícola, con cultivos intercalados de arveja y garbanzo.

En la comuna de Portezuelo, VIII Región se ha establecido en el sector forestal puro la especie *Pinus radiata*, en el sector silvopastoral las especies *Cupressus macrocarpa* y *Eucalyptus camaldulensis*, con siembra en la pradera de trigo y hualputra, y en el sector silvoagrícola la especie *P. domestico*, con cultivo de arveja y habas.

De los cultivos anuales sembrados en las diferentes unidades, los resultados obtenidos en las parcelas con fertilización orgánica son las que han presentado en general los mayores rendimientos, en segundo lugar la producción de las cosechas con fertilización inorgánica o química, y finalmente las cosechas efectuadas en las parcelas testigo que se sembraron sin fertilización. El ajuste de estas unidades mediante la vía práctica de adopción, ha evidenciado en los agricultores la toma de conciencia sobre la relevancia de aplicar fertilizantes para incrementar la productividad de sus cosechas.



CONCLUSIONES

1. La implementación de estos nuevos sistemas, o el mejoramiento de sistemas existentes son relevantes para promover la generación de nuevos ingresos económicos que permitan mejorar la calidad de vida de los pequeños agricultores
2. Del estudio se desprende que es importante considerar una metodología participativa, incorporando la realidad local de los pequeños propietarios, para lograr la asimilación y compromiso ante el nuevo cambio tecnológico.
3. Los SIP son factibles de incorporar en los predios de los pequeños propietarios del secano, no obstante es necesario considerar que los diseños deben adaptarse a cada situación en particular, que se pueden enfrentar problemas (fitosanitarios, estrés hídrico, etc.) que es necesario considerar antes de su implementación: y demandan cuidados culturales permanentes.
4. Un criterio fundamental para maximizar la diversidad de productos bajo una ordenación espacial, obteniendo retornos en diferentes escalas de tiempo es a través de la coexistencia de sistemas forestales y agroforestales en un Sistema Integrado de Producción

BIBLIOGRAFÍA

- PRADO D., J.A.; BARROS A., S.; WRANN H., J.; ROJAS V., P.; BARROS R.,D.; AGUIRRE A., S. 1986. *Especies forestales exóticas de interés económico para Chile*. Santiago, Chile, INFOR. División Silvicultura; CORFO. 168p. ilus, grafs, maps, tbls.
- OVALLE, C. DEL POZO, A., 1994. *La agricultura del secano interior*. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Campo Experimental Cauquenes. Cauquenes. Chile.
- VALDEBENITO R., G.; BENEDETTI R., S.; ANDRADE V., F.; SALINAS R., A., 1997. *Sistemas agroforestales. Análisis y Diseño de Propuestas orientadas al secano de las comunas de Navidad y La Estrella*. Programa PRODECOP- Secano. INDAP-CONAF-INFOR. Santiago - Chile. 47 p.

IMPACTO EN LA SUSTENTABILIDAD DE LA PROPUESTA AGROECOLÓGICA PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES DEL SECANO INTERIOR

Agustín Infante L.¹

Sabemos que el blanco no entiende nuestra manera de ser, para él todas las tierras son iguales, destruye la tierra de sus hijos y no le importa, trata a su madre la tierra y a su hermano el cielo como cosas que pueden comprarse, saquearse o venderse como ovejas o relucientes adornos y así su apetito devora la tierra y tras él sólo queda el desierto.

Jefe indio, 1854

RESUMEN

En Chile existen cerca de 350.000 familias campesinas, la gran mayoría de ellas entre las más pobres del país, sus recursos naturales están gravemente deteriorados.

La comuna de Yumbel está ubicada en la VIII Región al Sur de Santiago. Enclavada en la ladera oriental de la cordillera de la costa en un amplio sector denominado secano interior. Posee una agricultura muy pobre, no existen industrias y la población sólo vive del comercio y servicios. Ha sido clasificada dentro de 100 comunas más pobres del país.

La agricultura campesina se desarrolla en lomaje suave con suelos graníticos muy erosionados. Las lluvias, a pesar de que la precipitación es de 1.000 mm, están concentrados en tres meses de invierno seguido por 7 meses de sequía. Los pequeños agricultores producen lenteja, trigo y viñas. Los problemas de deterioro de suelo se suman una alta deforestación y una continua presencia de zanjas y cárcavas. Las bajísimas producciones se deben al deterioro del suelo. Las principales causas son el tipo de suelo granítico altamente susceptible a la erosión, el manejo inadecuado con cultivo a favor de la pendiente, sobrepastoreo, barbechos desnudos, quemas y deforestación y por factores de tipo socioeconómicos asociados al minifundio, medierfías, pobreza y marginación social.

Se ha desarrollado una propuesta técnica para la sustentabilidad de esta zona. El diseño del predio ordena y define la interrelación de los recursos existentes, potenciando la diversidad, la unidad y el reciclaje. Es así como se establece una rotación de cultivos, sistemas agroforestales, plantel animal, sistemas de conservación de suelos y cosecha de agua, agricultura orgánica, tecnologías apropiadas y manejo de sectores de vegas y reciclaje. Se establecieron asociaciones vegetacionales combinando vegetales - animales - forestales. En el predio descrito se encuentran asociaciones de bosque - pradera permanente - animales y también rotación - bosquetes de eucalipto y sistemas agroforestales como eucalipto - arvejas, eucalipto - pradera o eucalipto - rosa mosqueta - pradera.

¹ Ingeniero Agrónomo Mg Ds. ©. Centro de Educación y Tecnología (CET). O'Higgins 301, Yumbel, VIII Región. cetyumb@arauco.rcuna.cl

A través de una metodología desarrollada por CLADES se evaluó el impacto en la sustentabilidad tomando indicadores como el aumento de diversidad, niveles de reciclaje, grados de erosión, disponibilidad de agua, contaminación, aumento de materia orgánica, etc.

En el presente trabajo se detallan los aspectos técnicos de la propuesta y los resultados de la evaluación del impacto.

INTRODUCCIÓN

La agricultura sustentable, en la realidad agrícola del país, representa un desafío permanente y una futura e interesante oportunidad de desarrollo para el sector, dentro del cual se encuentra el secano interior. En contraste a una extensa zona agrícola del país donde se han aplicado paquetes tecnológicos altamente dependientes de pesticidas y fertilizantes químicos, el secano interior se presenta como una zona de agricultura tradicional, donde los agricultores ya sea por tradición cultural o por falta de recursos económicos, no utilizan productos químicos. Esta condición la hace propicia para la producción orgánica la cual se inserta dentro de las alternativas sustentables del sector.

La agricultura orgánica ha intentado combinar el funcionamiento de la naturaleza, las técnicas agrícolas de culturas ancestrales y la sabiduría campesina con los conocimientos modernos silvoagropecuarios y desarrollar una tecnología capaz de producir en forma económicamente viable, ecológicamente sustentable y socialmente aceptada.

Los principios ecológicos claves para el manejo de agroecosistemas sustentables:

- Asegurar condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas, especialmente al manejar la materia orgánica y aumentar la vida del suelo
- Optimizar y equilibrar la disponibilidad y flujo de nutrientes, mediante la fijación de N, bombeo de nutrientes, reciclaje y uso complementario de fertilizantes
- Reducir al mínimo las pérdidas de radiación solar y agua por medio de manejo de microclimas y control de erosión.
- Reducir al mínimo las pérdidas debido a plagas y enfermedades causadas a las plantas y animales, por medio de prevención y tratamientos adecuados.
- Explorar la complementariedad y el sinergismo en el uso de los recursos bióticos, lo que incluye su combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional.

Para lograr la aplicación de estos elementos técnicos debemos tener especial cuidado de regenerar y conservar los recursos naturales, en especial el suelo, tanto sus elementos físicos como los químicos y biológicos, el agua, el germoplasma, cuidando las especies nativas y variedades tradicionales y mantener la selección de material genético, adaptado a la zona. Así mismo debemos conservar y aumentar la fauna y flora benéfica en especial los enemigos naturales de plagas y enfermedades y la vegetación de uso múltiple.

En el manejo técnico debemos aplicar los conceptos de diversificación tanto en el tiempo, por medio de rotaciones y secuencias de cultivos como en el espacio, a través del uso de policultivos y sistemas agroforestales. También es importante la integración animal y la zonificación, es decir la distribución de cultivos y árboles de acuerdo a la capacidad de uso y microclima, la diversificación debe ser aplicada a nivel de especies como de variedades, razas, etc.

El reciclaje de materia orgánica y de los recursos del predio es otro manejo fundamental. Considerar la biomasa vegetal como los rastrojos, los abonos verdes y la capacidad de las leguminosas de fijación simbiótica de N. Reciclar además la biomasa animal como el estiércol, la orina y en general el aprovechamiento de nutrientes internos y/o externos al predio.

Para la protección fitosanitaria y sanidad animal, es posible utilizar herramientas como es el uso del control natural, incentivando los mecanismos de regulación natural existentes, el uso del control biológico, introduciendo enemigos naturales, la utilización de variedades resistentes y como medida de emergencia, la preparación y aplicación de productos botánicos con características fungicidas e insecticidas.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN EL SECANO

Una de las alternativas productivas que se han definido para el secano, es la basada en la *Agricultura Orgánica*, aprovechando que es un sector de agricultura tradicional donde no existen grandes incorporaciones de productos químicos y el nivel de conocimiento que tienen los agricultores es de una agricultura menos artificializada.

Además, se debe considerar que el mercado de productos orgánicos es un mercado atrayente, con un crecimiento en países desarrollados de un 5% anual, lo que indica buenas expectativas a futuro. El mercado internacional paga un sobreprecio que fluctúa entre un 25 y 100% del precio de los productos convencionales. A nivel nacional no se ha desarrollado aún el mercado orgánico sin embargo las experiencias que existen demuestran un interés por preferir estos productos. El costo mayor de esta tecnología es la mano de obra, donde el trabajo familiar será clave en el éxito productivo.

• Manejo Técnico

La diferencia más importante entre la agricultura orgánica y la convencional radica en que los agricultores orgánicos evitan o restringen el uso de fertilizantes y pesticidas químicos en sus prácticas agrícolas, mientras que los agricultores convencionales pueden usarlos extensivamente. De hecho, los agricultores orgánicos utilizan maquinaria moderna, variedades de cultivo recomendadas, semilla mejorada, manejo adecuado de ganado, prácticas recomendadas para la conservación de suelo y agua, innovadores métodos de reciclaje de desechos orgánicos y manejo de residuos.

Diseño predial: el diseño del predio es el punto inicial, de alta relevancia, ya que permite ordenar y definir la interrelación de los recursos existentes, potenciando la diversidad, la unidad y el reciclaje. Es así como para predios del secano se hace necesario establecer una rotación de cultivos, sistemas agroforestales, plantel animal, sistema de conservación de suelos y cosecha de agua, huertos familiares, tecnologías apropiadas y manejo de sectores bajos como las vegas.

En general, los predios del secano tienen los elementos necesarios, para implementarlos adecuadamente, basta un diseño, ordenamiento y aplicar algunos manejos simples como los siguientes:

Rotación de cultivos: las pautas para la planificación de secuencias de cultivos en la rotación, se basan en la selección de cultivos que sean apropiados para el tipo de suelo local, cultivados con éxito en el área y cosechados fácilmente con equipo disponible. La mayoría de los sistemas de cultivo orgánico incluyen una rotación basada en las leguminosas, abonos verdes, cereales y praderas. Una rotación para el secano puede estar constituida por trigo, lenteja, garbanzos, arvejas, habas, avena con vicia y dos años de pradera natural mejorada con trébol subterráneo o lotera. Estos cultivos están presentes en los predios y los agricultores disponen de semillas. La mayor innovación es la incorporación de la vicia u otro abono verde.

Manejo del suelo: la adición regular al suelo de rastrojos, abono y otros materiales orgánicos, es una característica básica de la agricultura orgánica. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad para almacenar agua, intensifica la fertilidad y mejora el mullimiento del suelo. El compostaje del rastrojo del trigo, las leguminosas, el uso de las hojas de los árboles, restos de podas frutales y forestales, la utilización del aserrín como cama animal, la utilización de la tierra de hoja de los bosquetes o en los cercos son prácticas comunes de la agricultura orgánica en el secano. En general se utilizan 15 a 20 ton de compost por hectárea aplicados al potrero con cultivos escardados como la arveja y el haba.

Grandes cantidades de rastrojos se pierden y muchas veces se utiliza el fuego para eliminarlo, como también las podas, es importante incorporar pequeñas chipeadoras para rastrojos y restos de poda dentro de la maquinaria de los agricultores.

La clave para mantener la fertilidad del suelo en un sistema orgánico en el secano, radica en el aumento de la eficiencia del flujo de nutrientes del estado fijo al soluble. De esta manera, se obtienen cantidades adecuadas de nitrógeno y se mantiene un alto nivel de materia orgánica en el suelo, para asegurar una máxima productividad. La principal fuente de N en los sistemas agrícolas orgánicos, la constituye el N atmosférico, fijado por bacterias asociadas con leguminosas. Las explotaciones orgánicas en el secano muestran como importante la utilización de abono orgánico (compost) elaborado con estiércol animal y rastrojos vegetales, el uso de cama animal de aserrín, la colecta de mantillo de bosquetes y otras fuentes material orgánico. Un predio de secano con altos grados de erosión puede sin embargo al cuarto año producir un importante volumen de materiales para reciclar. El siguiente cuadro detalla el caso del predio demostrativo en Yumbel.

CUADRO 1

Residuos generados en un predio de 7 ha, en el secano interior de la VIII Región

Residuo Orgánico	Superficie (ha)	Producción (kg)
Trigo	0,25	168
Lentejas	0,25	52
Arvejas	0,125	47
Habas	0,125	306
Garbanzos	0,25	70
Restos hortícolas	0,75	850
Avena/vicia	0,25	650
Pradera	2,0	1.500
Mantillo	1,0	2.000
Abono verdes	0,5	150
	(unidades)	
Cama animal (aserrín)	2	3.600
Guano cerdo	2	5.700
Guano aves	7	511
Guano vacuno	2	36.000
TOTAL		51.604

Fuente : CET - FIA. 1998

La fertilidad del suelo se basa en la mineralización de la materia orgánica incorporada en forma abundante y sostenida. Las fuentes de Fósforo además de la incorporada vía materia orgánica se complementa con adición de roca fosfórica y/o guano rojo. La materia orgánica incentiva, además, el desarrollo de lombrices de tierra y microorganismos del suelo. Es común además el uso de fertilizantes foliares como el té de compost y el supermagro.

La preparación de suelo debe ser conservacionista, realizando una labranza tipo vertical que no invierta las capas de suelo pero que a la vez logre cierto mullimiento que dé mayor facilidad para la emergencia de plántulas y óptimo desarrollo de las raíces. La infiltración del agua resulta más expedita en los suelos bien conservados, reduciendo al mínimo el escurrimiento superficial y la erosión del suelo. En este sentido, se hace necesario dejar el arado de vertedera y utilizar el arado de cincel de puntas flexibles.

Control ecológico de plagas y enfermedades: En los predios orgánicos, las malezas e insectos son controlados con métodos no químicos, con diferentes grados de eficacia. Los agricultores orgánicos combinan técnicas tales como rotaciones de cultivos, cultivos trampas y solarización, con un programa balanceado de manejo de suelo, adicionando materia orgánica y uso de agentes biológicos de control, para manejar las plagas y enfermedades.

Los fungicidas que se utilizan para prevenir enfermedades, incluyen el azufre, el caldo bordelés, minerales de extracción como cobre y carbonato de calcio, y otras formulaciones

basadas en ajo, ají, jabón y cal. El uso de supermagro también ayuda al control de plagas y enfermedades.

Una alta proporción de *humus* en el suelo fomenta la resistencia del cultivo frente a plagas y agentes fitopatógenos de las plantas, puesto que las plantas cultivadas orgánicamente son más sanas que las fertilizadas con productos sintéticos y, por lo tanto, más resistentes a los ataques.

Las malezas son, generalmente, un problema mayor que los insectos. Los métodos orgánicos de control de malezas incluyen rotaciones de cultivos incorporando praderas, labranza, segado, cultivos competitivos, cultivos intercalados, siembra y trasplante oportuno, espaciamiento intensivo de cultivos, uso de mulch y el deshierbe manual.

• **Actividades productivas**

La producción de hortalizas en suelos con alto grado de deterioro ha sido posible con la incorporación de elevados contenidos de materia orgánica y la construcción de platabandas permanentes. La finalidad de esta práctica es concentrar en espacios delimitados, los esfuerzos técnicos tendientes a mejorar el suelo, aumentando la materia orgánica, debido a que este suelo era sólo el depositario de los sedimentos provenientes de las cárcavas superiores.

Además de la incorporación de materia orgánica, recurso escaso en la zona, resultó fundamental la planificación e incorporación de una rotación de cultivos compuesta por abono verde, leguminosa y hortaliza. Este manejo, ha permitido incorporar nitrógeno mediante la fijación simbiótica con rizobios y materia orgánica mediante la incorporación de rastrojos. Además de disminuir los problemas de plagas y de enfermedades, cortando los ciclos biológicos.

Otras experiencias interesantes pero aún no lo suficientemente evaluadas son:

- Producción de cerezas la cual basa la fertilización en *compost*, guano rojo y abonos verdes entre hileras. El control de maleza se realiza con motocultivador. La aplicación de supermagro ha tenido buenas ventajas abono foliar. Para el control de enfermedades se usa caldo bordelés.
- Producción de vino puede tener un gran potencial; existe alta demanda por vino orgánico. Parte del manejo es el picado y reciclaje del sarmiento, el uso de azufre y mezclas sulfocálcicas para insectos y hongos, el estímulo de control biológico con siembras de franjas con especies tipo umbelíferas y la incorporación de abonos verdes entre hileras.
- Producción de trigo orgánico no ha tenido mayores problemas, debe tenerse especial cuidado en la rotación con leguminosas para asegurar niveles adecuados de nitrógeno, la labranza conservacionista y el uso de semillas locales.

- También se trabaja en la producción de miel orgánica. La mayor dificultad radica en el control de plagas y enfermedades. Se está trabajando con especies nativas como ruda, quillay y otras especies.

El uso de sistemas agroforestales se implementa por medio de la plantación de bosquetes de eucaliptos o pinos en los suelos más degradados. El predio demostrativo posee 7 franjas de 160 plantas distantes a 3 m. De forma de permitir el crecimiento de pradera o la siembra de legumbres entre hileras. Los árboles fueron plantados con 2 kg de *compost* agregando boro, se regaron durante los 2 primeros veranos. Se obtuvo un 97 % de prendimiento y el crecimiento ha sido satisfactorio. Entre hileras se ha plantado rosa mosqueta, arvejas y praderas, obteniéndose buenos rendimientos en comparación con los históricos de la zona.

- **Comercialización de productos orgánicos**

La experiencia de productores pequeños en comercialización exterior de productos orgánicos ha sido efectuada con pimentones, leche, legumbres, arveja congelada, cerezas, entre otros. Para el caso de la cereza la Sociedad de Agricultores Orgánicos de Yumbel ha obtenido en los últimos tres años un precio de 3 dólares el kilo en el mercado norteamericano (el precio en el país es de 350 pesos y de exportación convencional es de 2 dólares). Además, la Cooperativa Campesina *El Pajal* ya realizó una serie de contactos con empresas comercializadoras las cuales han solicitado productos orgánicos como legumbres, cereales, frutas frescas, deshidratadas y en conservas, hierbas medicinales, miel, hortalizas, etc.

La implementación de la agricultura orgánica comercial en el área del secano, para consumo interno apunta a satisfacer la preferencia de los consumidores por alimentarse de alimentos más sanos, frescos y sabrosos que los provenientes de otras regiones, por lo tanto espera mejorar la comercialización más que obtener un sobreprecio, como en el caso del mercado externo.

En el área de Yumbel se ha comprobado el interés del mercado interno por los productos orgánicos, debido a que desde hace 8 años se realiza anualmente la *Muestra campesina*, que reúne a 100 expositores, teniendo una fuerte oferta de productos orgánicos. Se calcula que aproximadamente 8.000 personas visitan y compran anualmente en esta exposición.

- **Impacto en la sustentabilidad**

A partir de 6 años de manejo orgánico el predio muestra importantes avances en los indicadores de sustentabilidad definidos para secano. Estos indicadores toman en cuenta la erosión, la capacidad de retención de humedad, el control de plagas y enfermedades, la diversidad y el reciclaje. Las mediciones al quinto año muestran un importante aumento en la diversidad presente en el predio, los volúmenes de material vegetal y animal reciclado, el aumento en el contenido de materia orgánica del suelo y la mayor capacidad de retención de humedad de éste. Disminuye a su vez el ataque de plagas y enfermedades y la erosión. Estos resultados se aprecian en la figura 1, donde se concluye que a medida que la figura se traslada hacia la izquierda y se amplía, el grado de sustentabilidad aumenta.

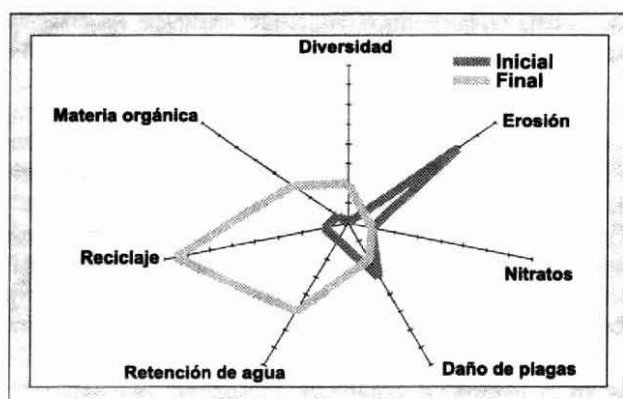


FIGURA 1: Indicadores de sustentabilidad definidos para secano

IMPACTO ECONÓMICO

Al evaluar el impacto de la producción orgánica en predios minifundistas, es posible concluir que el uso adecuado del espacio con manejo orgánico es más eficiente, desde el punto de vista económico y medioambiental, que el tradicional de la zona. A través de los años, se van incorporando diferentes procesos que superan al autoconsumo, los cuales van desde la comercialización de excedentes en la comunidad hasta otros sistemas de comercialización más complejos (ferias locales, muestra campesina, quioscos, etc.) lo que genera nuevos niveles de ingreso para la familia campesina y crecientes grados de organización. Este proceso se presenta en la figura 2:

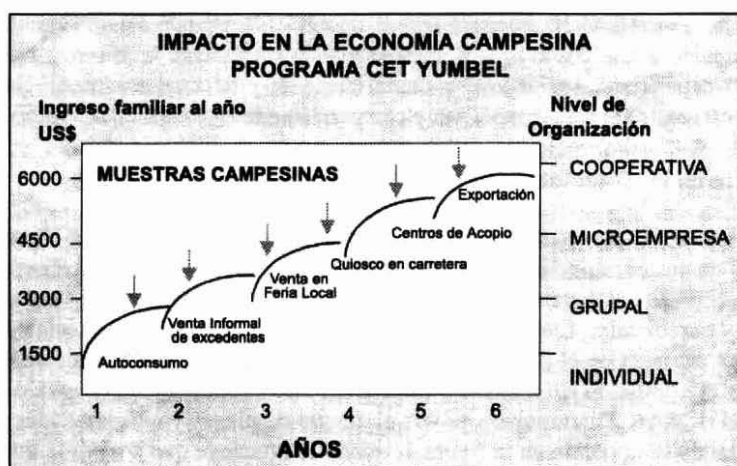


FIGURA 2: Estudio de impacto en la economía campesina, Yumbel, 1997.

La figura 2 muestra claros signos de avances en el desarrollo rural, mejoramiento de ingresos familiar, organización de la comunidad y avances en el mejoramiento ambiental. Esto es resultado de la motivación de la familia campesina y el mejoramiento del autoestima en parte por que la producción orgánica incentiva el uso de los recursos del predio, trabaja en armonía con la naturaleza, respeta sus conocimientos y tradiciones y valora la mano de obra familiar.

CONCLUSIONES

El desarrollo sustentable es un desafío primordial para el sector rural. Especial relevancia significa para el secano interior dada el nivel de deterioro y la pobreza presente. Programa ejecutados en la comuna de Yumbel VIII Región demuestra que, después de 6 años, la agricultura orgánica representa una herramienta eficaz para generar desarrollo mejorando los ingresos familiares, incentivando la organización y logrando importantes avances en la sustentabilidad ambiental del agroecosistema.

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO ASISTIDO POR S.I.G. COMO PRIMER PASO PARA UN ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Guido Aguilera B.¹; Rodrigo Valencia C.²; Emanuel Fischer G.³

RESUMEN

El presente estudio engloba dos trabajos de titulación de la Carrera de Ingeniería Forestal orientados a la automatización de algunos aspectos en la elaboración de planes de manejo, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El primer trabajo se enmarca en el diseño de mapas de restricciones al uso de métodos de corta, para lo cual fue necesario recopilar la legislación forestal vigente, luego extraer y parametrizar las restricciones para cada tipo forestal y método de corta presente en ésta, de modo de poder elaborar un programa dentro de un SIG. El resultado fueron coberturas de restricciones de corta para cada tipo forestal, generadas por un programa, desarrollado en PC ARC/INFO. Se obtuvieron mapas que determinaron la posibilidad de intervención, su prohibición o su restricción.

Se concluye que las restricciones legales se pueden parametrizar, aunque la legislación debe ser jerarquizada y excluyente; que ciertos términos jurídicos como plano y quebrada deben ser precisados en forma técnica y con valores numéricos para poder explicitarlos en forma gráfica.

El segundo trabajo desarrolla una metodología para elaborar un plan de manejo utilizando un SIG como herramienta y su factibilidad de plantearlo en terreno. Para estos efectos se determinaron las restricciones para el tipo forestal y el método de corta, esta información se ingresó a un SIG y se obtuvieron áreas de manejo. Se generaron salidas cartográficas y se procedió a un chequeo en terreno. Se probaron tres métodos para replantear áreas de manejo; a) con fotografías aéreas y planos que contenían estas áreas; b) usando fotografías aéreas georreferenciadas a las cuales se les sobrepusieron los límites de los polígonos o áreas de manejo y, c) con los mismos elementos del método anterior más el apoyo de equipos GPS.

Del estudio se concluyó que es posible determinar áreas de manejo con la asistencia de un SIG y que además es factible replantear estas áreas en terreno. De los métodos de replanteo utilizados, el que mejor resultados arrojó fue el que contemplaba el uso de fotografías aéreas georreferenciadas con la delimitación de áreas de manejo incluidas.

¹ Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco. Manuel Montt 56, Temuco. guidoab@hotmail.com

² Ingeniero Forestal. Docente Universidad Católica de Temuco. Manuel Montt 56, Temuco. rvalenci@uctem.cl

³ Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Coyhaique. efischer@sii.cl

INTRODUCCIÓN

En el sector forestal un ordenamiento territorial, que tiene por objetivo preservar o recuperar la capacidad de rendimiento de los recursos naturales y crear las condiciones necesarias para su utilización sostenida (B.M.Z., 1996) deberá tener en consideración la legislación vigente que permita prescribir las áreas restringidas a la corta, de tal forma que se pueda llevar a la práctica, en el largo plazo, el ordenamiento.

Hoy existen tecnologías que pueden agilizar y hacer más eficiente el control de las actividades que se relacionan con el recurso forestal, una de esas tecnologías son los S.I.G., que permiten manejar información de grandes extensiones de terreno (Serrano, 1994)

A partir del Proyecto Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, Contrato CONAF/CONAMA N°: 08-001-002 / 93, Proyecto CONAMA/BIRF, se logró conocer el uso del suelo, en la que se incluyen la ubicación y superficie de los Tipos Forestales a niveles nacionales, regionales, provinciales y comunales.

Con la información de uso del suelo delimitada geográficamente en el plano por coordenadas y existiendo además la información de pendientes, red vial, hidrografía y Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, se visualizó la posibilidad de parametrizar las restricciones en la corta, explotación y aprovechamiento de las diversos Tipos Forestales existentes, que permitiera la prescripción en terreno de las restricciones a la corta de la vegetación en un área determinada.

Para la parametrización explícita de la legislación, ésta debe ser jerárquica y excluyente; por lo tanto en las restricciones establecidas por ley, se considera el orden jerárquico del Aparato Legal del Estado. De esta forma cada Tipo Forestal actualmente reconocido en los instrumentos legales, posee una regulación específica sobre sus posibilidades de intervención, obligaciones y deberes del planificador.

OBJETIVOS

1. Diseñar coberturas y mapas de restricciones al uso de métodos de corta en diferentes Tipos Forestales, elaborando para ello un programa dentro de un S.I.G. (PC ARC/INFO).
2. Aplicar diferentes métodos de corta en un Tipo Forestal (roble-raulí-coigüe), a nivel predial, con sus respectivas restricciones de tipo legal, técnico y administrativo y, probar si los resultados arrojados por el S.I.G. (mapas de restricciones) son posibles de aplicar en terreno, usando diferentes métodos para replantar aquellas áreas definidas como posibles de manejar o intervenir.

MATERIAL Y MÉTODO

Material

- **Lugar bajo estudio**

Para el caso de la generación del mapa de restricciones el lugar de estudio correspondió a las áreas piloto del Proyecto Establecimiento de un Sistema y Seguimiento de Monitoreo del Estado de Conservación de las Formaciones Vegetales Naturales y abarcan las cartas I.G.M. escala 1:50.000; Laguna Malleco y Cumleufú. En cambio, para el segundo caso, a nivel predial, el lugar considerado se ubica en la Cordillera de Nahuelbuta a 40 km al noroeste de la ciudad de Angol, en un predio con una superficie de 335 ha, circunscrito en la carta I.G.M. de Maitenrehue.

- **Software utilizados**

Los software que se utilizaron en el desarrollo de ambos estudios corresponden a PC ARC/INFO, ARCVIEW, IDRISI, y PCX5 y MSTAR asociados a los equipos GARMIN y MAGELLAN, respectivamente.

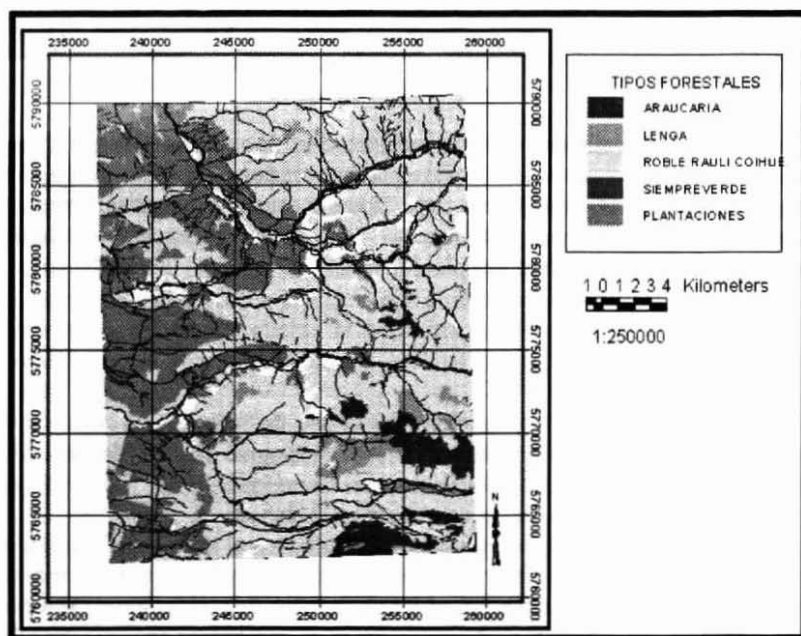


FIGURA 1: Área de estudio, Carta temática de Tipos Forestales de Laguna Malleco

Método

- Generación de mapas de restricciones para diferentes métodos de corta y Tipos Forestales**

Como primer paso se realizó la recopilación de restricciones concernientes a los métodos de corta y tipos forestales establecidas en los diferentes cuerpos legales, con esta información se procedió al diseño del mapa de restricciones e identificar y delimitar geográficamente las zonas de protección.

Las coberturas de restricciones de corta sobre los polígonos en que se encontraba cada tipo forestal se generaron con la elaboración y ejecución del programa hecho para el caso, en SML. Con este programa finalmente se obtuvieron los mapas de restricciones

- Generación de mapas con áreas de manejo a nivel predial, y su aplicación en terreno**

La metodología desarrollada, para este caso, contempló la definición del plan de manejo con sus respectivas intervenciones silvícolas, además de todas las restricciones que involucraba el Tipo Forestal roble-raulí-coigüe y el método de corta, información requerida y necesaria para ser ingresada al S.I.G. A esto se sumó la información de tipo técnico y administrativo, la cual provino de inventarios forestales, campañas de terreno, etc.

Se establecieron cinco tipos de intervenciones silvícolas (Cuadro 1), las cuales a su vez, en algunos casos se dividieron en intervenciones menores. Además, a los rodales se asociaron subdivisiones correspondientes a los rangos de pendiente estipulados en la legislación según el tipo de corta.

CUADRO 1
Resumen de intervenciones aplicadas y rangos de pendiente

Intervención	Subintervención	Rangos De Pendiente
Tala rasa	-	0 - 30%, 30 - 45% y >45%
Árbol semillero	-	0 - 30%, 30 - 45% y >45%
Corta protección	-	0 - 60% y >60%
Cortas intermedias	Raleo Bajo	0 - 60% y >60%
	Corta Liberación	0 - 60% y >60%
	Raleo Combinado	0 - 60% y >60%
Normas de adhesión	-	0 - 60% y >60%

La información ingresada al S.I.G. se dividió en espacial y no espacial. La espacial fue ingresada como coberturas (archivos vectoriales) de polígonos o líneas según correspondiera, dependiendo de la naturaleza de ésta, aquí tenemos la vegetación, pendiente, cursos de agua y caminos, todas con sus respectivas restricciones asociadas. La

vegetación se ingresó como rodales que representaban sectores o áreas homogéneas donde se definió una sola intervención, la pendiente como rangos para cada tipo de intervención y en los cuales la legislación prohíbe o permite intervenir el bosque, los cursos de agua como temporales o permanentes para crear los corredores de protección correspondiente según lo estipulado por la ley y finalmente los caminos para definir un corredor de protección a ambos lados (restricción administrativa).

La información no espacial relacionada con las coberturas fue ingresada a las bases de datos de las coberturas, a continuación es ordenada decreciente por orden de importancia: información del Inventario Forestal, información de Planes de Manejo y Tratamientos Silvícolas anteriores, e información complementaria Aptitud Preferentemente Forestal (A.P.F) del terreno, superficie, serie de suelo, capacidad de uso, etc.

Ingresada toda la información, el paso siguiente fue crear los vínculos entre las distintas capas de información (coberturas) para obtener una cobertura final con todos los polígonos en los cuales se prescribieron las intervenciones y, dentro de éstos las áreas posibles de intervenir.

Por otro lado, en IDRISI se georreferenciaron fotografías aéreas escala 1:20.000, blanco y negro, del área de estudio, para posteriormente a éstas superponer las salidas cartográficas de las áreas de manejo usando el software ARCVIEW.

Respecto de la generación cartográfica, procesadas las capas de información en PC ARC/INFO y obtenida la cobertura final, ésta fue importada con ARCVIEW. También se realizó el mismo procedimiento con las fotografías georreferenciadas en IDRISI. Los planos se generaron teniendo en cuenta las necesidades cartográficas para el replanteo de polígonos en terreno.

Determinar la ubicación en terreno de las áreas susceptibles de manejo es el fin último de esta parte del estudio. La factibilidad de implementación de áreas de manejo en terreno se definió como la dificultad de replantar (ubicar) los polígonos entregados en la cartografía. En este contexto se probaron tres formas distintas para realizar el replanteo; mediante el uso de fotografías aéreas y un plano con las áreas de manejo por separado, con un solo mapa que contenía fotografías georreferenciadas y áreas de manejo superpuestas y, el mismo anterior más el apoyo de dos equipos G.P.S.; un G.P.S. profesional y uno del tipo navegador (Cuadro 2).

CUADRO 2
Métodos y elementos utilizados en el replanteo

Método de replanteo	Elementos utilizados en el replanteo
Método 1	Fotografía aérea y áreas de manejo en planos separados.
Método 2	Fotografía aérea y áreas de manejo en un solo plano
Método 3	Mapa usado en el Método 2, más G.P.S. profesional y G.P.S. navegador.

El proceso de replanteo en terreno se llevó a cabo en forma simultánea con los tres métodos considerados para el caso, de modo tal que, los resultados del replanteo y las inferencias obtenidas de éstos no fueran sesgadas por características propias de los puntos a ubicar, por ejemplo; pendiente, exposición, dificultad de acceso, etc. Al mantener estas variables constantes las diferencias de los resultados pueden ser tomadas como producto del elemento que se está usando para el replanteo.

Para evaluar los métodos aplicados en el replanteo se realizó un análisis comparativo que involucró variables como operatividad, eficiencia y eficacia.



ANÁLISIS DE RESULTADOS

• Jerarquización de restricciones, generación del programa y obtención de mapas

La regulación específica sobre cada Tipo Forestal actualmente reconocidos en los instrumentos legales se muestra en el cuadro 3:

CUADRO 3
Regulación específica para cada tipo forestal

Tipo forestal	Instrumento legal que lo regula
Alerce, Araucaria	D.S.: N° 259 y Decreto 29 de 1976
Ciprés de la Cordillera, Ciprés de las Guaitecas, Coigüe de Magallanes, Coigüe - Raulí - Tepa, Lenga (tipo de corta, árbol de protección y selectiva), Roble - Raulí - Coigüe (bosque adulto), Siempreverde (renovales), Esclerófilo, Roble - Hualo y Palma Chilena	D.S.: N° 259 y Decreto 4363
Lenga (tipo de corta árbol de protección), Roble - Raulí - Coigüe (renovales), Siempreverde (bosque adulto), Pino Insigne y especies similares, Bosque de Eucalipto	D.S.: N° 259 y Norma de Manejo específica a cada una de ellos.

Tomando como base la jerarquización de las restricciones que se utilizan para cada Tipo Forestal se define el algoritmo que permite parametrizar y relacionar la Legislación Forestal a las coberturas generadas por el Catastro.

El algoritmo matemático que define el área restringida, delimitada geográficamente, de acuerdo a la legislación, para cada tipo forestal y el método de corta a utilizar en un plan de manejo es:

$$AR(a, b) = [RP(a,b) \& RR \& RH(a) \& RA \& RC(a) \& RS(a,b)]$$

Donde:

AR: Área restringida al Método de Corta seleccionado (*b*) según Tipo Forestal(*a*).

a: Tipo Forestal

b: Método de Corta seleccionado

La que se prescribe de acuerdo a:

RP(*a, b*): Restricciones de pendiente en el Tipo Forestal de acuerdo al Método de Corta.

RR: Restricciones sobre las especies en peligro, vulnerables o raras

RH(*a*): Restricciones referente a los recursos hídricos en el Tipo Forestal.

RA: Restricciones que se refieren a áreas protegidas.

RC(a): Restricciones referidas a caminos públicos a través del Tipo Forestal.

RS(a, b): Restricciones respecto al tipo de suelo en el Tipo Forestal y Método de Corta.

Siendo los valores posibles de AR, sólo tres:

- a) Áreas sin restricción de corta.
- b) Áreas con restricción de corta, y
- c) Áreas con prohibición de corta.

El modelo utilizado permite la representación de escenarios, frente a la corta de la vegetación, que en la actualidad no se evalúan y que, mediante la ejecución del modelo, se pretenden explicitar.

El modelo es implementado a través de S.M.L para ARC/INFO 3.4.2.b de tal forma de obtener los mapas de restricciones que permite la prescripción de las restricciones legales. El modelo desarrollado requiere como variables de entrada el Código de la Carta IGM en estudio, el tipo forestal y método de corta seleccionado (ver Figura 2).

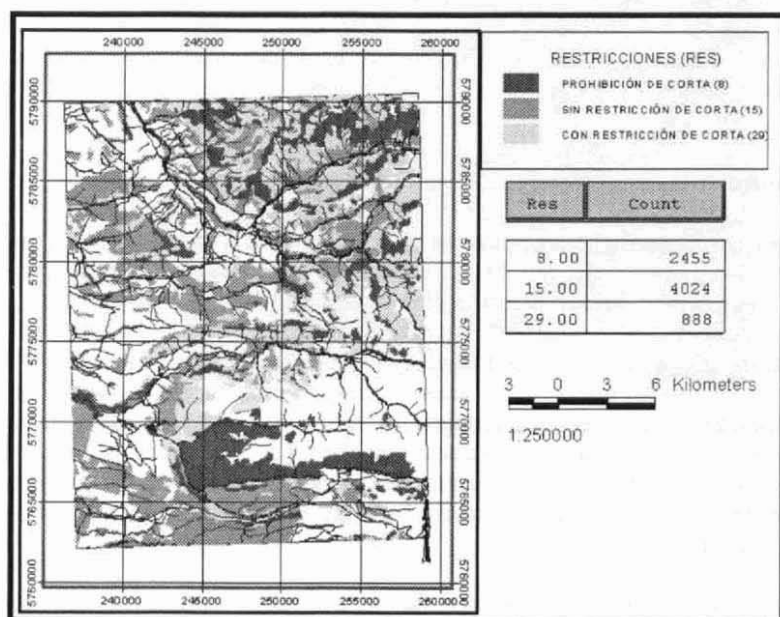


FIGURA 2: Restricciones a la tala rasa en Roble - Raulí - Coigüe

En el diseño del modelo se debió considerar los siguientes supuestos:

- Las restricciones a la corta del tipo forestal están sujetas a la jerarquización de los diferentes cuerpos legales antes mencionados
 - El término "terrenos planos" (Ley de bosque) se parametrizó a terrenos que poseen una pendiente entre 0 y 15%.
 - El término "Quebradas se parametrizó en un ancho de protección alrededor de la quebrada de 15 m.
 - No se pudieron considerar en el modelo las áreas de interés turístico decretadas como áreas de protección ya que no están incluidas dentro de la cobertura de SNASPE; las áreas en un radio de 200 m de los ríos que nacen en el plano (Ley de Bosque) ya que requiere de un análisis de cuenca que los incluya y algunas restricciones específicas de suelo ya que el Catastro no presenta coberturas de suelo.
- **Resultados del estudio a nivel predial, con los respectivos mapas con áreas de manejo y su posterior replanteo en terreno**

Del S.I.G., los resultados se generaron en dos formas de cartografía. Un plano con las áreas de manejo, el cual en el replanteo, fue apoyado por fotografías aéreas y, fotografías aéreas georreferenciadas con las áreas de manejo sobrepuestas formando un solo mapa. Obtenida esta cartografía se procedió a replantear las áreas de manejo en terreno, determinando la ubicación y delimitación de éstas donde el S.I.G. había determinado posible de intervenir o intervenir con ciertas restricciones.

- **Replanteo de las unidades de manejo en terreno**

Para probar los resultados entregados por el S.I.G. se fue a terreno y se replantearon los polígonos o áreas de manejo, esto es, ubicar límites y vértices, de tal forma que éstos sean identificables y la intervención prescrita sea ejecutada donde corresponde.

Con la cartografía se idearon tres métodos de replanteo; un método testigo o tradicional que involucró el uso del plano con las áreas de manejo y las fotografías aéreas del lugar, un segundo método con un mapa que contiene las fotografías aéreas georreferenciadas y sobre ellas la delimitación de las áreas de manejo (ver Figura 3) y, el tercer método con el mismo mapa anterior más el apoyo de dos Sistemas de Posicionamiento Global (G.P.S.) diferentes (Magellan profesional y Garmin navegador) las coordenadas de los vértices de los polígonos o áreas.

Los métodos aplicados en el replanteo fueron evaluados de acuerdo a la operatividad, eficiencia y eficacia. Estas variables se calificaron de 1 a 3 y, fueron ponderadas de acuerdo su importancia en el replanteo, así se determinó que la operatividad tendría un 25% de importancia, la eficiencia a un 35% y la eficacia un 40%.

Para objetivar la operatividad, se dividió en dos ítems; el primero se refiere a la facilidad de manipulación de la cartografía y el segundo a la ubicación de los puntos a replantar sobre la cartografía, ambos con un porcentaje de 10 y 15% respectivamente. Asimismo para objetivar la eficiencia se consideró el tiempo necesario para ubicar o replantar 20 puntos en terreno (15% de importancia) y el costo en cartografía y elementos de apoyo para llevar a cabo el replanteo (20% de importancia). Finalmente la eficacia en cada uno de los métodos fue evaluada de acuerdo a la cantidad de puntos que fue posible. El Cuadro 4 muestra la forma como se consideró para calificar cada una de las variables.



FIGURA 3: Area de estudio con los polígonos de las áreas de manejo.

CUADRO 4

Resumen de las variables consideradas en la evaluación de los métodos

		Operatividad		Eficiencia		Eficacia
C A L I F I C A C I Ó N	1	Engorrosa manipulación de la cartografía y elementos de apoyo al replanteo.	Difícil ubicación, en la cartografía, de los polígonos a replantar.	El tiempo necesario para replantar 20 puntos en terreno es mayor a 8 hrs.	Necesidad de cartografía y elementos de apoyo de alto costo para el replanteo.	Se replantó menos del 33,3% de los puntos considerados.
	2	Regular dificultad en el manejo de la cartografía y elementos de apoyo al replanteo.	Regular dificultad de ubicar los polígonos a replantar, en la cartografía.	El tiempo necesario para replantar 20 puntos en terreno es entre 4 y 7,9 hrs.	Necesidad de cartografía y elementos de apoyo de bajo costo para el replanteo.	Se replantó entre el 33,4 y el 66,7% de los puntos considerados.
	3	Fácil manejo de la cartografía y elementos de apoyo al replanteo.	Fácil ubicación, en la cartografía, de los polígonos a replantar.	El tiempo necesario para replantar 20 puntos en terreno es menor a 4 hrs.	Sólo necesidad de cartografía para el replanteo.	Se replantó entre el 66,8 y el 100% de los puntos considerados.

Los resultados obtenidos del replanteo (Cuadro 5), arrojaron que el segundo método es el mejor en casi todos los ítems considerados, sin embargo, no significa que éste sea el mejor en forma terminante, sino que sobresale a los otros métodos en aquellos aspectos considerados para la evaluación de acuerdo a los objetivos del replanteo. El tercer método es más eficaz, dado que con éste se logró replantar la mayor cantidad de puntos, pero el uso de G.P.S. hace que sea el más costoso, por lo tanto menos eficiente.

CUADRO 5

Calificaciones de las variables de evaluación

	Operatividad		Eficiencia		Eficacia
Método 1	1	1	2	3	2
Método 2	3	3	3	2	3
Método 3	2	3	3	1	3

Finalmente, el Cuadro 6 muestra la calificación final de los métodos aplicados incluida la ponderación a cada una de las notas del Cuadro 5. Interpretando el Cuadro 6, el primer método (tradicional) es inferior a los otros dos, lo cual se debe a la escasa operatividad, baja eficiencia respecto del tiempo que lleva ubicar puntos en terreno y su baja eficacia. El segundo método muestra una leve superioridad sobre el tercero, y se debe a que este último al contar con elementos de apoyo al replanteo como son los equipos G.P.S. baja su operatividad y disminuye su eficiencia respecto de los costos involucrados.

CUADRO 6
Calificación final de los métodos de replanteo

	Operatividad	Eficiencia	Eficacia	Calificación final
Método testigo	0,25	0,90	0,8	1,95
Método 1	0,75	0,85	1,2	2,8
Método 2	0,65	0,65	1,2	2,5

CONCLUSIONES

1. Se observa en la Legislación Forestal que para un mismo Tipo Forestal, sea que este sea Renoval o Adulto o por medio de un Método de Corta en particular, recibe distintos grados de protección; así en el Tipo Forestal roble raulí coigüe, en el siempreverde y en el de lenga, se posee una Norma de Adhesión que regula en forma específica cada aspecto ambiental, mientras que en sus otros estados o Métodos de Corta quedan regulados sólo de forma general, los cuales junto a otros Tipos Forestales que no poseen Norma de Adhesión parecen desamparados de una ley moderna que los podría proteger más eficaz y efectivamente.
2. Se considera que sería útil precisar, en forma más técnica, los términos jurídicos “Plano” y la faja de protección para “quebradas” a un valor numérico para que éstos se puedan parametrizar en forma efectiva y gráfica.
3. Se observa que las especies en peligro, vulnerables y raras no necesariamente están incorporadas en el análisis, de cada polígono, que realiza el programa, lo que impide restringir la corta en una mayor cantidad de polígonos y así proteger mejor a estas especies.
4. La incorporación de una cobertura de propiedad de la tierra disminuiría y acotaría los procesos del modelo.
5. La utilización del modelo permitiría a CONAF utilizar la información del Proyecto Catastro en la evaluación y seguimiento de los Planes de Manejo presentados a ésta.
6. Lo anterior podría posibilitar que un particular que presenta un Plan de Manejo a CONAF podría obtener un mapa explícito de las restricciones generales de las áreas que éste desee intervenir, permitiéndole proteger, proyectar, planificar y cumplir adecuadamente las restricciones a la intervención de corta sobre un Tipo Forestal determinado.
7. El uso del programa por parte de CONAF permitiría además a las Comunas rurales, obtener una carpeta de planos que contengan las restricciones de corta sobre los Tipos Forestales de la Comuna que le permitiría apoyar la realización de un Ordenamiento

Territorial de la Comuna, la posibilidad de realizar difusión de este material y la posibilidad-deber de denuncia de cortas ilegales o la incorporación de estos sectores en una Ordenanza Municipal y Planes Reguladores Comunales.

De la segunda parte del estudio se logró concluir que:

8. Para propietarios forestales de superficies menores a 350 ha es posible determinar áreas de manejo mediante un Sistema de Información Geográfica, considerando restricciones por tipo de vegetación, pendiente, cursos de agua y caminos. Sin embargo, al agregar otras restricciones se genera una gran cantidad de unidades de manejo menores a 0.1 ha. y extensas bases de datos, unidades que a escalas menores a 1:10.000 no es posible distinguir y por ende son muy difíciles de replantar en terreno. Por otro lado, desde un punto de vista económico, replantar e intervenir estas pequeñas unidades tiene un alto costo; por ejemplo, la construcción de caminos versus la productividad por unidad de área. En áreas mayores a 350 ha. y/o al considerar una mayor cantidad de restricciones será necesario definir una unidad mínima cartografiable, eliminando todas las áreas menores a ésta.
9. La cartografía obtenida de las áreas de manejo presentó diferencias de coordenadas respecto de la delimitación de éstas en terreno, diferencias que son atribuibles a los errores de traspaso de información espacial al plano base con sketchmaster y al ingreso de información al S.I.G. desde la mesa digitalizadora. Estas diferencias de coordenadas de la cartografía respecto del terreno variaron en el eje "X" en un promedio de 108.3 y 93.4 m. y, de 6.9 y 92.4 m. en el eje "Y" según los datos tomados con los G.P.S. MAGELLAN y GARMIN respectivamente. Una forma de minimizar estas diferencias es que la información ingresada al S.I.G. sea corregida (georreferenciada) mediante puntos de control tomados en terreno con G.P.S.
10. De la evaluación de los tres métodos utilizados para el replanteo en terreno, el que entrega mejores resultados respecto de la operatividad, eficiencia y eficacia es el método que incluyó el uso de fotografías aéreas georreferenciadas con las áreas de manejo sobrepuestas.
11. El método de replanteo que implicó el uso de fotografías aéreas georreferenciadas y equipos G.P.S. fue el segundo mejor calificado, debido a su baja eficiencia y operatividad, por el costo de uso de los equipos G.P.S. y el manejo de éstos, sin embargo, la ventaja de este método es que puede ser mejorado utilizando el sistema de diferencial en tiempo real ⁽¹⁾
12. De los dos métodos mejor evaluados; el método que involucró el uso de fotografías georreferenciadas con las áreas de manejo es el más conveniente desde el punto de

⁽¹⁾ La diferencial en tiempo real involucra dos G.P.S., uno en terreno y otro ubicado en un punto conocido, los errores del G.P.S. que esta en terreno se corrigen de acuerdo al error que esté arrojando el segundo G.P.S., todo esto en tiempo real.

vista del usuario, por sus costos moderados y aceptable eficacia. Por otro lado, desde el punto de vista de los entes fiscalizadores de intervenciones silvícolas, por ejemplo CONAF, el método en el cual se utilizan fotografías aéreas georreferenciadas y equipos G.P.S entrega una mayor confiabilidad de la ubicación exacta de áreas que estén fiscalizando, especialmente en lugares desconocidos y en que es difícil encontrar puntos de apoyo para el reconocimiento.

13. Este trabajo fue desarrollado antes que el ejército de los Estados Unidos decidiera quitar la disponibilidad Selectiva y el error en horizontal ha disminuido a solo 15 a 8 metros, lo cual mejora las posibilidades de uso de GPS navegadores.

BIBLIOGRAFÍA

- BMZ, 1996. *Guía de protección ambiental, Material Auxiliar para la identificación y evaluación de impactos ambientales*. Tomo I, Introducción, Planificación Suprasectorial, Infraestructura, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)m Eschborn, 161 p.
- DIARIO OFICIAL, 1980, D.S. 259, *Reglamento Técnico del Decreto Ley 701*.
- DIARIO OFICIAL, 1931, D.S. 4363, *Ley de Bosque*, incluyendo las modificaciones consideradas en la Ley 18959 del año 1990.
- SERRANO, M. 1994. *Diseño Metodológico para evaluar la aplicación de un Sistema de Información Geográfica para el Control Forestal* en III Congreso Internacional Ciencias de la Tierra. Editado por el Instituto Geográfico Militar de Chile. Santiago. 834 p.

SILVOPASTOREO EN BOSQUE DE PINO INSIGNE (*Pinus radiata* D. Don.) EN EL SECANO MEDITERRÁNEO SUBHÚMEDO DE CHILE

Fernando Squella N.¹; Héctor Vilches Z.²; César Cabrera S.³

RESUMEN

El estudio ha estado orientado a evaluar sistemas agroforestales que permitan utilizar más eficientemente un mismo sitio; mediante la integración de un cultivo, una pradera de siembra, el pastizal natural, ganado ovino y de bovinos de carne, y el recurso forestal proveniente de una plantación de pino insignie establecida en 1983/84.

Los sistemas de producción se encuentran localizados en el Centro Experimental Hidango (INIA), VI Región. Las praderas son evaluadas periódicamente en su producción de fitomasa aérea, composición botánica y recubrimiento de suelo. A los animales, se les hace registro de peso y condición corporal. Los árboles, son evaluados una vez al año respecto a variables silvícolas, tales como: DAP, altura, altura de poda, longitud y diámetro de copa y, calidad y densidad.

El manejo de los sistemas, supeditados al rubro más rentable, como es el silvícola; ha permitido mantener una actividad ganadera por un período de diez años (1988-98), que si bien, ha significado una disminución de la productividad animal en el tiempo, sigue siendo superior al promedio obtenido en las explotaciones netamente ganaderas del secano Mediterráneo en cuestión (20-25 kg peso vivo destetado/ha y 1,3 kg de lana sucia/ha).

Tratándose de suelos mayoritariamente de capacidad de uso VIe y de regular condición para la plantación de especies forestales como el pino insignie, se prevé para un período de rotación de la especie forestal de unos 20-25 años, el término de la fase ganadera en el año 2001.

¹ Ingeniero Agrónomo. M.S., Ph.D. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación La Platina. Santa Rosa 11610 La Pintana, Santiago. fsquella@platina.inia.cl

² Ingeniero Agrónomo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Experimental Hidango. Casilla 3, Litueche.

³ Ingeniero Forestal. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Cuevas 480, Rancagua. pjorquer@conaf.cl.

INTRODUCCIÓN

El secano mediterráneo subhúmedo de Chile, representa desde el punto de vista silvoagropecuario, un sector productivo en donde predomina una agricultura de cereales y leguminosas de grano. La ganadería está conformada por sistemas predominantemente extensivos, en donde ovinos, caprinos y bovinos de carne obtienen el forraje para su alimentación, principalmente a través del pastoreo del pastizal natural y los rastros de cultivos. Asimismo, la actividad silvícola está orientada principalmente a la plantación de especies exóticas como pino insigne (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Actualmente, en el país existe una superficie reforestada de 2.118.836 ha, de las cuales, más del 85% está representada por la conífera (CONAF, 1998).

El gran desarrollo del sector forestal en los últimos 25 años, producido principalmente por la aplicación de normas legales y técnicas específicas para el fomento forestal; motivó a partir de la década de los 80', especialmente a empresarios forestales y agricultores con predios de mayor tamaño, a considerar la opción de diversificar el uso de los sitios plantados con pino insigne, a través de la incorporación entre otros rubros, de la ganadería (Knowles, 1987).

En este contexto, la actividad forestal desarrollada principalmente en suelos de capacidad de uso VI y VII, ha permitido como resultado del uso de diseños de plantación con más bajas densidades que las usadas tradicionalmente en el pasado, estructurar sistemas mixtos del tipo silvopastoral. Las características propias que presentan las explotaciones de ovinos y de bovinos de carne en el secano en cuestión, permiten la incorporación de los animales en todo su ciclo o parte de él, en suelos más marginales como los indicados.

No obstante, en 1990, el Ministerio de Agricultura estructura un programa nacional de forestación para pequeños propietarios; iniciándose las plantaciones en 1991 a través de un convenio cooperativo entre INDAP y CONAF. Esta medida está especialmente orientada hacia aquellos predios que presentan serias limitaciones de degradación de sus suelos (Cornejo, *et al.*, 1997). A los agricultores aludidos, les es difícil prescindir de sus cultivos y ganadería tradicional, y en consecuencia, esta modalidad del uso integrado de sus tierras puede ser muy atractiva.

Junto con la obtención de un ingreso adicional del sistema productivo por concepto de la producción de carne y lana, además de otros productos; esta modalidad de uso del suelo reduce el riesgo de incendios forestales, favorece el acceso al rodal, previene la erosión y la competencia por parte de las malezas (Cabrera, 1991).

Los dos aspectos antes mencionados, motivaron el inicio y la continuidad del presente estudio, destinado a evaluar sistemas agroforestales que permitan utilizar más eficientemente un mismo sitio; mediante la integración de un cultivo, una pradera de siembra, el pastizal natural, ganado ovino y de bovinos de carne, y el recurso forestal proveniente de una plantación de pino insigne (Squella y Soto, 1993; Squella, 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sistemas de producción, uno con ovinos y el otro con bovinos de carne, se encuentran localizados en el Centro Experimental Hidango (INIA), 34° 06' L.S. y 71° 47' L.O., 296 m.s.n.m. (VI Región), y se cuentan, dentro de las actividades desarrolladas en el marco del Convenio suscrito entre la Corporación Nacional Forestal (VI Región) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), a partir de 1984. En esta presentación, se muestran los antecedentes más relevantes obtenidos en los primeros diez años de estudio de estos sistemas.

El clima del sector correspondiente al secano costero, es del tipo templado Mediterráneo subhúmedo, con cuatro a cinco meses de sequía (Di Castri, 1968). No obstante, el distrito agroclimático es definido como templado mesotermal inferior, estenotérmico y Mediterráneo semiárido, y corresponde específicamente al litoral y vertiente occidental de las serranías costeras. El régimen térmico se caracteriza por presentar temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima del mes de enero de 24,0°C y una mínima de julio de 6,3°C. El período libre de heladas es de 339 días, con un promedio de una helada por año. Anualmente, se registran 1.329 días-grado y 576 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 708 mm, un déficit hídrico de 766 mm y un período seco de 7 meses (octubre-abril). Como consecuencia de la influencia marina, se observa una moderación de las temperaturas estivales e invernales (Santibáñez y Uribe, 1993).

El suelo preferentemente de capacidad de uso VIe y VIIe, pertenece a la serie Macal y en menor grado Cauquenes. Presenta una topografía ondulada de lomaje suave a quebrada y es susceptible a la erosión hídrica. Moderadamente profundo; de textura franco-arcillosa, color pardo oscuro en superficie y de textura arcillosa de igual color en profundidad; su permeabilidad es moderada y presenta un buen drenaje; moderadamente erosionado y con pendientes de 15 - 45% (CIREN, 1993).

La formación vegetal sobre la cual se verificó la plantación forestal, corresponde a una estepa de *Acacia caven* (syn. espinal) poco densa, de estructura variable, fuertemente intervenida, y asociada a un pastizal Mediterráneo de regular condición pastoral. No obstante, en sitios más inaccesibles o degradados como por ejemplo algunos cursos de aguas y cárcavas, respectivamente; se observa la presencia del bosque esclerófilo o elementos de él, en diversos estados de conservación (Ovalle y Squella, 1996).

• Sistema silvopastoral ovino

Originalmente, la superficie utilizada posteriormente en el sistema, fue establecida en julio-agosto de 1983/84 con pino insigne plantado en surcos a nivel y con una densidad de aproximadamente 1.200 árboles/ha. En otoño-invierno de 1986, se procedió a rebajar la densidad a unos 600 árboles/ha.

Esto permitió, en un área de 78,3 ha, estructurar una doble hilera de árboles de aproximadamente (2 x 3 m) x 6 m. Asimismo, una superficie de 8,3 hectáreas fue barbechada en septiembre, en orden a establecer al año siguiente en otoño, una pradera de siembra asociada a un cultivo. En 1987, en la superficie barbechada se sembró un cultivo de trigo asociado a una mezcla de falaris (*Phalaris aquatica*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*). Asimismo, en invierno del mismo año, se realizó una fertilización masiva de los árboles que consistió en la aplicación de nitrógeno y boro, como urea y boronatrocalcita, respectivamente. La dosis de fertilización se estableció de acuerdo a los resultados proporcionados por los análisis de suelo y foliares respectivos.

En 1988 se inició formalmente el sistema de producción ovina, subdividiéndose el resto del área en tres módulos, con lo cual el sistema quedó compuesto de cuatro módulos; N° 1: pradera de falaris con trébol subterráneo (8,3 ha) y módulos N° 2 (23,4 ha), N° 3 (23,4 ha) y N° 4 (23,2 ha): pastizal natural.

La base del sistema animal que considera la raza Merino precoz, contempla los siguientes aspectos: utilización de un encaste (4% de carneros) en la pradera de siembra, como una medida de rezagar un módulo que permita conservar forraje en pie del pastizal natural; manejo de los requerimientos nutricionales durante los primeros 100 días de la preñez, para rezagar módulos del pastizal natural con forraje destinado a la fase final de la gestación y comienzo de la lactancia; parición bajo galpón, y pastoreo con los corderos en la pradera de siembra, con el objeto de obtener una mayor productividad por superficie.

Por su parte, los módulos correspondientes al pastizal natural son utilizados con un sistema de pastoreo diferido en cada uno de ellos en forma rotacional cada año. Esto permite rezagar un módulo cada año a partir de agosto (favoreciéndose con ello la composición de las especies y la producción de las semillas del pastizal), el cual se pastorea como se indica en la base del sistema, con mayor intensidad en el último tercio de la preñez de las ovejas hasta el parto.

Asimismo, al tener un módulo excluido al pastoreo durante la estación seca (noviembre - abril o mayo), permite disponer de un heno en pie del pastizal, en el caso de presentarse una emergencia como resultado de la prolongación del período seco. Asimismo, la disponibilidad de este heno en pie una vez iniciada la estación de las lluvias (normalmente durante abril o mayo de cada año); favorece el establecimiento del pastizal de autosiembra, debido a que junto con proporcionar nutrientes a las plantas, mejora las condiciones microambientales para que éstas se establezcan más adecuadamente. Este procedimiento, al ser repetido cada año por módulo, permite que cada uno de ellos tenga la oportunidad de ser rezagado una vez cada tres años, con el consiguiente beneficio en cuanto al mejoramiento de la condición del pastizal.

La pradera de siembra y el pastizal natural que crecen bajo el dosel de los pinos, son evaluados periódicamente desde el punto de vista de la producción de fitomasa aérea y, composición botánica y recubrimiento de suelo, a través del método de corte y punto cuadrado modificado, respectivamente (Etienne, Caviedes y Contreras, 1979). La

intensidad con que estas variables son medidas, ha sido determinada con la elaboración de una carta de ocupación de tierras verificada al inicio del estudio (Etienne y Prado, 1982).

Asimismo, a los animales se les hace registro de peso y condición corporal al inicio y término del encaste: desde mediados de febrero hasta mediados de abril, respectivamente; al parto: entre mediados de julio y agosto y, al destete y esquila: a mediados de noviembre (Crempien, 1985).

Los árboles, junto al manejo recomendado de raleo y poda, son evaluados una vez al año (septiembre-octubre: inicios del crecimiento) respecto a variables silvícolas, tales como: Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura de poda, longitud y diámetro de copa y, calidad y densidad de los árboles. Como unidad de muestreo, se utilizan parcelas circulares de 17 m de radio (908 m²), en donde se miden las variables de estado correspondientes a un máximo de 19 árboles localizados más cercanamente al centro de la parcela.

El DAP corresponde al diámetro del fuste medido a 1,30 m de altura con una forcípula. Para la medición de la altura total de los árboles se utiliza un hipsómetro. La altura de poda y el diámetro de copa se obtienen a través de una regla graduada. En cambio, la longitud de la copa se obtiene por diferencia entre la altura total y la altura de poda.

Asimismo, para determinar la distribución porcentual respecto a la calidad de los árboles (bueno, regular y malo), se aplica el sistema decimal de SCHADELIN, según el cual, cada árbol se define por un número de tres cifras, las que a su vez corresponden a tres características del árbol: dominancia en altura (dominantes y codominantes, intermedios y suprimidos); calidad de fuste (buena, regular y mala) de acuerdo a su rectitud, verticalidad, ramificación y excentricidad, y calidad de la copa (buena, regular y mala) según tamaño de la copa, simetría y densidad del follaje. Por último, la densidad corresponde al número total de árboles vivos presentes por parcela (Burón, *et al.*, 1988).

Las intervenciones silvícolas del bosque se verificaron durante las temporadas 1990/91 en el módulo N°1 y 1991/92 en los módulos restantes. Éstas consistieron en la poda del 50% del follaje de los árboles con alturas de al menos 3 metros. Es decir, se trató de una poda selectiva de altura variable en donde se podaron los árboles hasta la mitad de su altura total. Para tal efecto, sólo se consideraron los árboles que presentaban una buena forma, descartándose en consecuencia, aquellos de doble flecha, inclinados, con fuste torcido o con deficiencias nutricionales. Por su parte, se realizó un raleo por lo bajo, es decir, se eliminaron todos aquellos árboles de mala calidad. El material obtenido, todo de desecho, fue arrumado y ordenado entre la doble hilera de árboles, o bien vertido en cárcavas presentes en el área del sistema.

• Sistema silvopastoral bovino

El sector utilizado en este sistema fue plantado en 1984 con pino insigne en curvas a nivel y a una densidad de 1.600 árboles/ha, abarcando una superficie de 119,7 ha. De este total,

sólo 83,8 ha pueden ser consideradas como superficie efectiva de pastoreo. El resto (35,9 ha) está cubierto de vegetación nativa (bosque esclerófilo) o bien presenta una erosión de cárcavas.

En otoño-invierno de 1988, se procedió a rebajar la densidad a unos 700 árboles/ha. Esto permitió estructurar un sistema con doble hilera de árboles del tipo (2 x 3 m) 6 m. Una vez verificada la intervención silvícola, se procedió a introducir un rebaño de 30 vacas de la raza *Hereford* con sus respectivas crías con el objeto de homogeneizar el pastizal natural, disminuyendo con ello el efecto competitivo de éste con los árboles. Asimismo, se procedió a fertilizar masivamente con boro.

En 1989 se inicia el sistema de producción bovina (vaca-ternero), con la selección de una dotación animal del plantel original, correspondiente a 20 vacas. Para tal efecto, el sistema opera en todo el sector, a través de un pastoreo continuo de vacas y crías (hasta el destete: marzo), con la consiguiente inclusión de un macho reproductor sólo durante el período de encaste (noviembre-diciembre).

Las evaluaciones de las variables correspondientes a los recursos forrajeros y silvícola, se realizaron de la misma forma anteriormente indicada. Sin embargo, en este último recurso, el raleo fue de baja densidad y junto a la poda, se realizó durante la temporada 1991/92. Por su parte, en los animales si bien se estima el peso corporal de vacas y crías, y la condición corporal de las vacas, esta última se verifica mensualmente a través del año (Wernli *et al.*, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde el inicio de la plantación del bosque (1983/84) hasta el término de las diez temporadas (1997 y 1998/99 en el sistema ovino y bovino, respectivamente) de evaluación de los sistemas silvopastorales; los registros climáticos señalan una temperatura mínima media, máxima media y media de 8,0, 19,4 y 13,7°C, respectivamente. Por su parte, el promedio de las precipitaciones alcanzó a los 751,7 mm y varió durante el período del estudio entre los 266,5 mm en 1998 y los 1.343,1 mm en 1997. Por su parte, la evaporación de bandeja (demanda atmosférica), de una menor variabilidad, fluctuó entre los 1.255,8 mm en 1998 y los 1.627,6 mm en 1996. En resumen, el balance hidrológico promedio fue de -673,5 mm y varió entre los -31,7 mm en 1997: año muy lluvioso y los -1.104,9 mm en 1996: año seco (Cuadro 1).

• Sistema silvopastoral ovino

Como resultado del efecto negativo de los árboles sobre la productividad de las praderas con el transcurso del tiempo, se ha observado una importante disminución de las especies de siembra en el módulo respectivo. Esto es especialmente válido para *falaris* que muestra una baja tolerancia al sombreado producido por el desarrollo de los árboles. No obstante, el trébol subterráneo ha mostrado una mejor persistencia.

Asimismo, se ha producido un cambio en la composición botánica del pastizal. Especies menos tolerantes al estímulo del pastoreo y/o menor luminosidad, han disminuido importantemente su participación. Tal es el caso de las gramíneas: *Avena barbata*, *Lolium rigidum* y *Hordeum berteroanum*. Por su parte, otras gramíneas como: *Bromus hordeaceus*, *Vulpia bromoides* y *Aira caryophyllea*, y otras especies como: *Trifolium glomeratum* e *Hypochoeris radicata*, menos productivas, han aumentado sus contribuciones específicas con el tiempo (Cuadro 2). Los cambios en la composición botánica inducidos por el pastoreo (desde gramíneas altas, seguido de gramíneas bajas y finalmente plantas de crecimiento del tipo roseta entre otros, han sido reportadas para el pastizal natural mediterráneo por Ovalle y Squella (1996).

CUADRO 1

Resumen anual de algunas variables agrometeorológicas registradas en el Centro Experimental Hidango durante el transcurso del estudio (1983-1998)

Año	Mínima media ¹ (°C)	Máxima media ¹ (°C)	Media ¹ (°C)	Lluvia ² (mm)	Evaporación de bandeja ² (mm)	Balance Hidrológico ³ (mm)
1983	7,8	19,2	13,6	691,2	1.374,3	-683,1
1984	7,5	18,7	13,1	1.148,6	1.425,1	-276,5
1985	7,9	19,0	13,5	503,5	1.364,0	-860,5
1986	8,3	19,1	13,7	1.207,8	1.389,2	-181,4
1987	8,6	19,7	14,1	1.182,0	1.451,1	-269,1
1988	7,3	19,2	13,3	496,4	1.503,0	-1.006,6
1989	8,1	19,7	13,9	440,1	1.499,5	-1.059,4
1990	7,6	19,3	13,4	373,4	1.296,6	-923,2
1991	8,2	19,3	13,7	858,5	1.429,5	-571,0
1992	8,1	18,9	13,5	1.175,7	1.450,2	-274,5
1993	8,0	19,6	13,8	620,2	1.523,3	-903,2
1994	8,2	19,6	13,9	505,5	1.380,4	-874,9
1995	8,0	19,6	13,8	691,6	1.458,3	-776,7
1996	7,8	19,8	13,8	522,7	1.627,6	-1.104,9
1997	8,4	19,7	14,0	1.343,1	1.374,8	-31,7
1998	7,4	19,5	13,6	266,5	1.255,8	-989,3
Media:	8,0	19,4	13,7	751,7	1.425,2	-673,5

¹ Temperatura de cobertizo

² acumulada en el año

³ Lluvia - evaporación de bandeja

CUADRO 2

Contribución Específica de Contacto (CSC) promedio de las principales especies, registrada en los módulos con pastizal natural durante el transcurso del estudio.

CSC (% base m.s.) ¹ :	Temporada ²					Rango
	1988	1991	1994	1997	1988-1997	
GRUPO/ESPECIE						
Gramíneas:						
<i>Avena barbata</i>	11,5	7,5	2,4	0,4	7,2	0,4 - 20,5
<i>Lolium rigidum</i>	20,3	5,9	3,8	1,7	6,7	0,0 - 20,3
<i>Bromus hordeaceus</i>	11,8	16,7	32,6	25,7	22,4	9,4 - 37,0
<i>Vulpia bromoides</i>	6,5	3,5	7,3	11,0	7,0	3,5 - 11,0
<i>Hordeum berterioanum</i>	16,0	6,8	1,3	2,3	3,7	0,4 - 16,0
<i>Aira caryophyllea</i>	0,0	1,4	6,0	8,5	6,5	0,0 - 19,4
Leguminosas:						
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,9	7,4	3,4	14,0	5,5	0,9 - 14,0
Otras especies:						
<i>Hypochoeris radicata</i>	2,8	6,3	12,3	16,7	9,0	2,7 - 16,7

¹ Representa la composición botánica del pastizal, expresada como porcentaje en base a materia seca (% base m.s.)

² Por razones prácticas, sólo se presentan en los cuadros respectivos, el detalle de los resultados cada tres años, correspondientes a las diez temporadas involucradas en este estudio.

Como consecuencia de la disminución de la producción de forraje inducida por el desarrollo de los árboles, la carga animal del sistema se ha regulado, en orden a mantener prioritariamente los parámetros reproductivos de los vientres. Como prueba de ello, se observa que las tasas de fertilidad, prolificidad y reproductiva, no han sufrido cambios significativos debido al manejo de la carga animal. Esta última, ha tenido que ser ajustada desde 1,84 (E.O./ha) en el año uno (1988) hasta 1,34 el año diez (1997). Otro criterio importante usado para regular la carga animal ha sido el peso de nacimiento y destete de los corderos (Cuadro 3).

Del mismo modo, la producción de carne y lana ha disminuido significativamente desde 79,4 y 5,5 kg/ha al año uno, hasta los 35,5 y 3,1 kg/ha al año diez, respectivamente (Cuadro 4). Esto se debe fundamentalmente a la disminución de la carga animal del sistema, como en menor grado, a la obtención de un menor peso en el destete de los corderos.

CUADRO 3

Carga animal y variables reproductivas obtenidas durante el transcurso del estudio

Variable	Temporada				
	1988	1991	1994	1997	1988-1997
Carga animal (E.O./ha):	1,84	1,96	1,44	1,34	1,60
Ovejas (%):					
Encastadas (OE)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Secas (OS)	6,4	2,3	4,0	6,3	5,1
Paridas (OP)	92,4	94,6	95,0	91,6	92,3
Presentes al parto (OPP)	98,8	96,9	99,0	97,9	97,4
Corderos (%):					
Nacidos (CN)	111,1	109,2	109,1	105,3	107,8
Destetados (CD)	89,0	89,4	95,4	86,0	89,9
Tasa:					
Fertilidad (OP/OPP)	0,96	0,98	0,96	0,94	0,95
Prolificidad (CN/OP)	1,20	1,15	1,15	1,15	1,17
Reproductiva (CD/OE)	0,99	0,98	1,04	0,91	0,97

CUADRO 4

Producción de carne y lana obtenida durante el transcurso del estudio

Producto	Temporada				
	1988	1991	1994	1997	1988-1997
Carne (kg/ha, peso vivo)					
Ovejas de rechazo	27,4	14,5	10,3	12,8	16,4
Corderos/as	52,0	42,8	28,1	22,7	32,9
Total	79,4	57,3	38,4	35,5	49,3
Lana (kg/ha):					
Ovejas	5,5	4,1	3,1	2,6	3,7
Borregas	-	0,9	0,7	0,5	0,8
Total	5,5	5,0	3,8	3,1	4,5

Idealmente, se persigue un peso de destete de los corderos (en noviembre de cada año) de 30 kg. Ello representa la opción de calificar los corderos a la venta, que se realiza por razones de un mayor precio en segunda instancia en diciembre. La primera y la que reporta

mayores ingresos por concepto de venta de corderos se produce durante los meses de agosto-septiembre. Esta última opción, está más asociada a sistemas más intensivos sin las restricciones impuestas por la presencia de los árboles.

A modo de ejemplo, el promedio de producción de carne y lana bajo esta modalidad, representa en promedio un 63,9 y 67,2%, respectivamente; de la producción lograda en un sistema de producción ovina evaluado en el C. E. Hidango entre 1984 y 1990. A diferencia de la situación analizada, este último se llevó a cabo sin la presencia del bosque y en un sitio (estepa de espinal) más productivo y con predominio de suelos de capacidad de uso IV y VI (Crempien, 1999).

Por su parte, los árboles han alcanzado a 1997, un DAP y una altura promedio de 20,9 cm y 14,8 m, respectivamente. El incremento promedio en diámetro y altura del rodal (1989-1997) es de 2,08 cm y 1,48 m/año, respectivamente. La densidad actual es de 334 árboles/ha, de los cuales: un 18,8, 54,7 y 26,5% clasifica como bueno, regular y malo, respectivamente. El bosque una vez intervenido a partir de la temporada 1990, muestra una importante recuperación en cuanto a la calidad de los árboles. Los árboles clasificados como buenos, alcanzaron un máximo 51,0% en 1993. Luego, se advierte una disminución sostenida en la proporción de árboles buenos, los cuales, son reemplazados mayormente por árboles de regular condición (Cuadro 5). Esta realidad, obedece a factores limitantes intrínsecos del suelo y al uso de técnicas silvícolas propias de ese momento. Hoy en día, el uso de plantas mejoradas genéticamente y, el manejo de subsolado del suelo, control de malezas y fertilización, entre otras; condicionan en una mayor medida, un más óptimo desarrollo de los árboles.

CUADRO 5

Inventario continuo de variables silvícolas registrado durante el transcurso del estudio

Variable	Temporada			
	1988	1991	1994	1997
DAP (cm)	-	9,0	15,8	20,9
Altura (m)				
Total	2,3	5,5	10,3	14,8
Poda	-	2,1	3,1	3,1
Longitud de copa (m)	-	3,4	7,2	11,4
Diámetro de copa (m)	-	1,7	2,8	4,3
Calidad de los árboles (%)				
Bueno	12,2	12,4	41,7	18,8
Regular	30,3	50,6	48,9	54,7
Malo	57,5	37,0	9,4	26,5
Densidad (árboles/ha)	578	348	341	334

• Sistema silvopastoral bovino

Si bien el cambio de la composición botánica del pastizal natural es menos manifiesto que el registrado para el sistema ovino, es posible observar, una tendencia similar de ajuste de la composición botánica del pastizal al efecto producido por el pastoreo y el crecimiento de los árboles en el tiempo. El más rápido reemplazo de especies de gramíneas altas como *Avena barbata* y *Lolium rigidum*, por gramíneas intermedias (*Bromus hordeaceus*) y bajas (*Aira caryophylllea*); estaría corroborando, la mayor restricción impuesta en este sistema por la presencia de una mayor densidad de árboles durante el transcurso del estudio (Cuadro 6). Asimismo, se observa una mayor colonización de los sitios de crecimiento del pastizal natural, principalmente por ejemplares de *Baccharis linearis* (romerillo).

Como consecuencia del efecto negativo ocasionado por el crecimiento paulatino de los árboles sobre la productividad del pastizal, se ha debido regular la carga animal del sistema, en orden a mantener los parámetros reproductivos de los vientres. Para dicho efecto, la carga animal ha sido ajustada desde 0,23 (vacas/ha) en la primera temporada (1989/90) hasta 0,12 (vacas/ha) en la última temporada (1998/99). Otro criterio importante usado para regular la carga animal ha sido el peso de nacimiento (agosto-septiembre) y de destete (marzo) de los terneros.

CUADRO 6

Contribución Específica de Contacto (CSC) promedio de las principales especies, registrada en el módulo con pastizal natural durante el transcurso del estudio

CSC (% base m.s.) ¹	Temporada ²						Rango
	1990	1992	1994	1 996	1998	1990-1998	
Grupo/Especie							
Gramíneas:							
<i>Avena barbata</i>	4,1	1,5	0,8	0,5	0,0	1,1	0,0 - 4,1
<i>Lolium rigidum</i>	1,2	0,6	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0 - 1,4
<i>Bromus hordeaceus</i>	25,9	21,6	30,3	31,6	35,8	27,2	18,0-35,8
<i>Vulpia bromoides</i>	4,3	2,6	4,0	7,6	16,3	6,1	2,6 - 16,3
<i>Aira caryophyllea</i>	6,1	12,6	10,2	10,0	0,0	9,50	0 - 13,4
Leguminosas:							
<i>Trifolium glomeratum</i>	0,6	4,7	7,0	5,6	0,0	5,7	0,0 - 9,4
Otras especies:							
<i>Hypochoeris radicata</i>	21,1	24,1	22,3	13,7	12,9	19,9	12,9 - 25,0

¹Representa la composición botánica del pastizal, expresada como porcentaje en base a materia seca (% base m.s.)

²Por razones prácticas, sólo se presentan en los cuadros respectivos, el detalle de los resultados cada dos años, correspondientes a las diez temporadas involucradas en este estudio.

Asimismo, la producción de carne ha disminuido significativamente desde 45,8 kg/ha la primera temporada hasta 20,8 kg/ha la última temporada. Por su parte, el promedio de diez temporadas ha representado una carga de 0,22 vacas/ha y 36,6 kg/ha de peso vivo destetado (Cuadro 7).

CUADRO 7

Variables productivas de los bovinos registradas durante el transcurso del estudio

Variable	Temporada del Estudio			
	1989/90 (1 ^{er} Año)	1993/94 (5 ^{to} Año)	1998/99 (10 ^{mo} Año)	Promedio (1989 - 1999)
Carga animal (Vacas/ha) ¹	0,23	0,20	0,12	0,22
Peso vivo destetado (kg/ha) ²	45,8	36,5	20,8	36,6

¹ Basada en el número de vacas que llegan al destete y corregido por la superficie efectiva de pastoreo.

² Peso sin destare, corregido por la superficie efectiva de pastoreo.

Asimismo, los árboles han alcanzado a 1998, un DAP y una altura promedio de 18,3 cm y 15,4 m, respectivamente. El incremento promedio en diámetro y altura del rodal (1988-1998) es de 1,57 cm y 1,33 m/año, respectivamente. La altura de poda es de 3,1 m y representa la altura dejada por la última intervención del bosque llevada a cabo en 1991. Por su parte, la longitud y el diámetro de la copa se ha incrementado desde esa fecha en 1,17 y 0,35 m/año, respectivamente. La densidad actual es de 592 árboles/ha, de los cuales: un 23,6, 53,8 y 22,6% han sido calificados como bueno, regular y malo, respectivamente. Junto al raleo de baja intensidad realizado en la temporada 1991, el bosque ha sumado una pérdida natural, que en total, representan un 17,3% de la población original de árboles (Cuadro 8). Al igual que lo indicado para el sistema ovino, el desarrollo de los árboles en este sistema, también no ha sido el óptimo, como consecuencia del uso de técnicas silvícolas propias de ese momento.

CUADRO 8

Inventario continuo de variables silvícolas registrado durante el transcurso del estudio

Variable	Temporada				
	1988	1991	1994	1996	1998
DAP (cm)	2,6	7,3	13,0	16,1	18,3
Altura (m)					
Total	2,1	5,2	9,9	12,8	15,4
Poda	-	2,0	3,1	3,1	3,1
Longitud de copa (m)	-	4,2	6,8	9,7	12,4
Diámetro de copa (m)	-	1,7	2,7	3,7	4,2
Calidad de los árboles (%)					
Bueno	10,5	23,2	48,5	31,0	23,6
Regular	50,6	44,2	42,7	46,7	53,8
Malo	38,9	32,6	8,8	22,3	22,6
Densidad (árboles/ha)	1.505	716	706	664	592

CONCLUSIONES

El manejo general de los sistemas de producción, supeditados al rubro más rentable como es el silvícola; ha permitido mantener una actividad ganadera al menos durante un período de diez años, que si bien, ha significado una disminución de la productividad animal en el tiempo; sigue siendo superior al promedio obtenido en las explotaciones netamente ganaderas del secano mediterráneo en cuestión (20-25 kg peso vivo destetado/ha y 1,3 kg de lana sucia/ha).

Tratándose de suelos mayoritariamente de capacidad de uso VIe y VIIe, y de regular condición para la plantación de especies forestales como el pino insignie, se prevé para un período de rotación de la especie forestal de unos 20-25 años, el término de la fase ganadera en el año 2001.

A futuro y con el objeto de complementar el presente estudio, se realizarán los análisis correspondientes al componente forestal y económico.

BIBLIOGRAFÍA

- BURÓN, J.; CABRERA, C.; DUARTE, A.; MÖDER, L. Y PEÑA, F. 1988. *Proyecto Silvopastoral Tanumé*. Evaluación Silvícola 1987. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Rancagua, Chile. 24 p.
- CABRERA, C. 1991. *Aspectos generales de los sistemas de manejo agroforestal en Chile* en Segunda Reunión de Coordinadores Nacionales de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en sistemas Agroforestales. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Bogotá, Colombia. 25 p.
- CIREN - Centro de Información de Recursos Naturales. 1993. *Antecedentes de suelos, clima y plantaciones forestales y aptitud frutícola de los predios roles 47 - 1, 47 - 2, 47 - 3 y 47 - 7 de la Comuna de Litueche, en la VI Región*. Producto CIREN, N° 702. Santiago, Chile. 37 p.
- CONAF - Corporación Nacional Forestal. 1998. *Catastro y evaluación. Recursos vegetacionales de Chile*. Proyecto CONAF - CONAMA - BIRF. Santiago, Chile. 12 p.
- CORNEJO, R.; DUCHENS, L. Y FALCÓN, M. 1997. *Definición de objetivos y proyecciones de un programa de forestación con pequeños propietarios*. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Informe Técnico. 30 p.
- CREMPIEN, C. 1985. *La condición corporal de las ovejas*, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental La Platina. Investigación y Progreso Agropecuario, La Platina, N° 28. Santiago, Chile, pp. 43-45.
- CREMPIEN, C. 1999. *Sistemas de producción ovina* en C. Crempien (Ed.), Nuevas tecnologías en producción ovina para el secano Mediterráneo, Ministerio de Agricultura-Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile, pp. 57-80.
- DI CASTRI, F. 1968. *Esquisse écologique du Chili* in Biologie de l'Amérique Australe. Tome IV. C.N.R.S. París, France. p.: 7-52.
- ETIENNE, M.; CAVIEDES E. Y CONTRERAS, D. 1979. *Nuevo enfoque de la evaluación de la productividad de las praderas* en Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales (CIREN). Seminario metodología para el desarrollo de zonas en desertificación. Tomo II. La Serena, Chile, pp. 1-12.
- ETIENNE, M. Y PRADO, C. 1982. *Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras*, Ciencias Agrícolas, N° 10. Universidad de Chile, Facultad Ciencias Agrarias Vegetales y Forestales, Santiago, Chile. 120 p.
- KNOWLES R.L. 1987. *Silvopastoreo en Chile*. Informe preparado para la Fundación Chile. Santiago, Chile. 30 p.
- OVALLE C. Y SQUELLA F. 1996. *Terrenos de pastoreo con pastizales anuales en el área de influencia climática mediterránea* en I. Ruiz (Ed.) Praderas para Chile, Capítulo 23, INIA. Santiago, Chile. p.: 429-466.
- SANTIBÁÑEZ F. Y URIBE J.M. 1993. *Atlas agroclimático de Chile*. Regiones sexta, séptima, octava y novena. Universidad de Chile, Ministerio de Agricultura y Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 99 p.
- SQUELLA, F. 1994. *Sistemas agroforestales desarrollados en la zona de tendencia mediterránea árida a subhúmeda de Chile* en L. Montoya y M. Medrado (Eds.), I Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais y I Encontro sobre Sistemas

Agroflorestais nos Países do Mercosul. Anais v.1: Trabalhos Convidados. Colombo: EMBRAPA-CNPq. Porto Velho, Brasil, pp.183-206.

SQUELLA F. Y SOTO G. 1993. ***Desarrollo de sistemas agroforestales en la zona de tendencia desértica y mediterránea árida y semiárida de Chile***. Proyecto FAO/Holanda, Desarrollo Forestal Participativo en los Andes. Oficina de Coordinación Nacional - Chile. La Serena, Chile. 83 p.

WERNLI, C.; PEDRAZA, C.; BUSTO, I. Y ATRIA, A. 1984. ***Un método para calificar el estado de gordura de vacas y vaquillas***. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental La Platina. Investigación y Progreso Agropecuario, La Platina N° 24. Santiago, Chile. p. 50-57.

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN LA IX REGIÓN A TRAVÉS DE TÉCNICAS RACIONALES DE MANEJO DEL SISTEMA SUELO-AGUA-PLANTA*

Emilio Guerra B.¹; Gonzalo Puentes S.²

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal aumentar la productividad de las plantaciones de eucalipto en un 15% en términos de biomasa, ya sea se trate de grandes empresas o pequeños y medianos propietarios. Este hecho implicaría que mediante la incorporación de la tecnología a desarrollar por el proyecto se podrá contar con mayor materia prima para la industria de la celulosa y del mercado internacional de las astillas, optimizando el recurso suelo, agua y planta y reordenando la utilización de otros recursos asociados que permiten dicho fin.

La principal característica de éste, es la base conceptual de la investigación cuya metodología apunta a una visión agronómica del cultivo forestal, es decir, que considera sobre él un manejo intensivo desde su establecimiento tendiente a obtener los mejores rendimientos al momento de la cosecha bajo distintas condiciones edafo-climáticas.

A la fecha, es decir luego de un año de crecimiento de las plantas ensayadas, se han obtenido respuestas significativas a prácticas de establecimiento como la fertilización, control de malezas, preparación de sitio y riego.

Este proyecto es desarrollado actualmente en conjunto por investigadores y técnicos de la Universidad Católica de Temuco y Pontificia Universidad Católica de Chile, cuenta con el apoyo del Instituto Forestal para la transferencia tecnológica y es financiado por el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF); Forestal Mininco S.A.; Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A.; Bosques Cautín S.A. y ANAGRA S.A.

* Proyecto Fondef D97i2009

¹ Ingeniero Forestal. Director General de Proyecto. Decano Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales Universidad Católica de Temuco. Manuel Montt 56, Temuco.

² Ingeniero Forestal MBA ©. Investigador y Coordinador Técnico de Proyecto. Universidad Católica de Temuco. Manuel Montt 56, Temuco. gpuentes@uctem.cl

INTRODUCCIÓN

Para lograr el aumento de la productividad se debe considerar que gran parte de la investigación realizada en eucalipto en Chile ha estado centrada en determinar la respuesta a técnicas silvícolas como la fertilización, control de malezas, control del espaciamiento, y preparación del suelo, entre otras, en diferentes tipos de ecosistemas. Adicionalmente, las tasas de crecimiento y la producción de madera han sido evaluadas en períodos muy cortos de tiempo. Este tipo de investigación proporciona en la actualidad la base de la información empírica para la toma de decisiones de manejo de los rodales. Sin embargo, los resultados de este tipo de experimentación no pueden ser fácilmente extrapolados a otros sitios o condiciones climáticas, o ser utilizados para explorar las consecuencias de las decisiones de manejo fuera del rango donde se hizo tal experimentación.

A partir de este argumento, es que se hace necesario entender y cuantificar el efecto de los factores que determinan el crecimiento de los árboles y estudiarlos bajo un amplio rango de condiciones, que permitan desarrollar modelos para predecir las posibles respuestas de las técnicas de manejo estudiadas a las diferentes condiciones edafo-climáticas sobre la cual están establecidas las plantaciones. Para ello se requiere focalizar la investigación en las relaciones que existen entre estas variables al nivel de los procesos fisiológicos de las plantas.

Además, si se sabe que las tasas de crecimiento de la demanda por celulosa se están recuperando a sus niveles históricos del 2,5% al 3,0% anual; que los proyectos industriales que se están desarrollando en este momento en el mundo van a aumentar la capacidad de producción en un 1,8% y que se están implementando interesantes proyectos celulósicos en la VI, VIII, IX y X regiones, es lógico esperar que la tecnología a desarrollar por el proyecto se extienda rápidamente.

Dentro de este contexto es que se lleva a cabo el proyecto ***Aumento de la productividad de plantaciones de eucalipto en la IX Región a través de técnicas racionales de manejo del sistema suelo-agua-planta*** y cuya investigación pretende satisfacer en gran medida las inquietudes antes planteadas.

El proyecto en cuestión, es liderado por la Universidad Católica de Temuco y la Pontificia Universidad Católica de Chile y cuenta con el valioso respaldo de las siguientes empresas e instituciones: Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A., Forestal Mininco S.A., Bosques Cautín S.A., ANAGRA S.A. y el Instituto Forestal. Todos en conjunto han puesto destacados investigadores y técnicos tras esta iniciativa.

OBJETIVOS

• Objetivos generales

1. Aumentar la productividad de las plantaciones de eucalipto, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, de la IX Región, mediante la adopción de criterios racionales de manejo asociados al establecimiento de plantaciones en relación al sistema suelo-agua-planta.
2. Incrementar los conocimientos de técnicas de establecimiento de eucalipto que promuevan una mayor sobrevivencia de las plántulas y una mayor tasa de crecimiento y uniformidad de la plantación, y que proyectados a la cosecha se traduzcan en la obtención de una mayor cantidad de volumen de madera pulpable.
3. Generar un adecuado programa de transferencia, segmentado por grandes empresas y medianos y pequeños propietarios, para incorporar las nuevas tecnologías de manejo de establecimiento a las plantaciones de eucalipto en la IX Región y en el país.

• Objetivos específicos

- Determinar el crecimiento esperado de acuerdo a las características hídricas de los sitios en estudio.
- Determinar demanda de nutrientes en base a crecimiento esperado y requerimientos nutricionales (RIN-RIP-RIK, etc.).
- Determinar suministro de nutrientes mediante:
 - Índice de suministro y eficiencia del cultivo en el caso de P-K-B y otros nutrientes.
 - Historial de manejo (residuos) y mineralización del Nitrógeno orgánico (estudios *in-situ* y laboratorio de investigación)
- Determinar la eficiencia de la fertilización y de los fertilizantes en los diferentes sitios.
- Desarrollar un sistema objetivo de diagnóstico de prescripciones nutricionales al establecimiento.
- Evaluar pre-factibilidades de preparación de sitio-calidad de planta-época plantación-control de malezas-agua (relación beneficio / costo).
- Diseñar e implementar programa de transferencia tecnológica dirigido a profesionales y técnicos de empresas, así como de organismos privados y estatales asociados a la producción forestal.

METODOLOGÍA

Se pretende dar respuesta a las preguntas que definen una decisión integral de fertilización:

- ¿Qué nutriente /nutrientes considerar en la formulación fertilizante?
- ¿En qué dosis?
- ¿Qué productos (fertilizantes) emplear para suministrar esos nutrientes y en esas dosis?
- ¿En qué momento aplicarlos (oportunidad)?
- ¿En qué forma aplicarlos al suelo?
- ¿Cómo afecta lo anterior de acuerdo al manejo y a la disponibilidad de agua?

Las dos primeras preguntas se pueden responder con un adecuado método de diagnóstico de las necesidades de fertilización. Las otras tres responden a decisiones técnico-económicas.

Para abordar la fertilización del eucalipto se utilizará el método racional o conocido también como del “balance nutricional” (Rodríguez, 1993). Allí se indica la metodología que se ha utilizado, mediante el método racional, para los principales cultivos y praderas del país. En otros libros se aplican esos principios y metodologías a recomendaciones y estrategias prácticas de fertilización, especialmente con especies perennes para abordar la nutrición mineral en especies leñosas (Rodríguez, 1994; Rodríguez, 1995).

Se ha comenzado la presentación de la metodología haciendo referencia al método racional debido a que ello representa la principal fortaleza de este proyecto. El grupo de trabajo es el único con experiencia exitosa en el desarrollo y puesta en práctica de este método en el país (probado con productos objetivos). También se ha estado aplicando a eucalipto pero confinado a las condiciones de suelo-clima-manejo de la VIII Región. Ello ha permitido hacer adaptaciones metodológicas que simplifiquen y hagan más económico los requerimientos de experimentación a desarrollar en la IX Región.

La pregunta 1, antes indicada, se puede responder (método racional) señalando que en la fertilización del eucalipto deberá considerarse a aquellos nutrientes que presenten un déficit nutricional. Éste ocurre toda vez que la demanda (kg/ha) de nutriente(s) por el vegetal (eucalipto) es mayor que el suministro (kg/ha) de nutrientes(s) que aporte el suelo (en un período de tiempo determinado), cuantitativamente el déficit nutricional es:

$$\text{DÉFICIT (KG/HA)} = \text{DEMANDA PLANTA (KG/HA)} - \text{SUMINISTRO SUELO (KG/HA)}$$

Cuando se presenta un déficit nutricional éste debe ser corregido para permitir la expresión del crecimiento vegetal (de lo contrario estará limitado). Para ello debe adicionarse el nutriente (s) deficitario en una cantidad tal que lo anule. Esa cantidad es siempre superior a la magnitud del déficit debido a que los nutrientes no son 100% eficientes en el sistema

suelo planta. Se presentan pérdidas de distintas magnitud o transformaciones de forma disponible a menos disponible. Para asumir la dosis de corrección debe, por lo tanto, considerarse una determinada eficiencia del fertilizante que corresponde a la fracción nutriente que, aplicado como fertilizante, es efectivamente absorbido (utilizado) por la planta. En el caso de especies leñosas, la eficiencia varía con el crecimiento vegetal (aumentando) en la medida que se establece el tamaño radicular absorbente definitivo (grado de exploración del suelo/absorción nutrientes por las raíces). Aunque durante los primeros años de crecimiento las eficiencias fertilizantes observadas en eucalipto son significativamente inferiores a los cultivos anuales, alcanzan una dimensión similar a partir del segundo año (con el cierre del dosel). Así, para el nitrógeno estas alcanzan 50% (0,5) y entre 7 y 22% (0,07 a 0,22) en el caso del fósforo en los suelos de la VIII Región.

En consecuencia, la dosis de corrección se puede expresar cuantitativamente (en kg/ha):

$$\text{DOSIS} = \frac{\text{DEMANDA - SUMINISTRO}}{\text{EFICIENCIA FERTILIZACIÓN}}$$

El método racional apunta a cuantificar, para cualquiera situación (unidad de plantación) productiva el tamaño de la demanda de nutrientes del cultivo de eucalipto - el suministro de nutrientes por el (los) suelo (s) donde se planta eucalipto y las eficiencias fertilizantes (para los diferentes nutrientes minerales) para diferentes suelos y productos fertilizantes. La dosis, producto a usar (fertilizante) su forma y oportunidad de aplicación deben ser tales que optimicen (económicamente) la respuesta a la fertilización. Así, deberá siempre preferirse productos de la mayor eficiencia dado por su naturaleza química como por su comportamiento en el suelo frente a dos o más productos de similares eficiencias deberá preferirse aquel que aporta el (los) nutriente (s) a un menor costo.

DIAGNÓSTICO DE LAS NECESIDADES DE FERTILIZACIÓN

• Parámetros de demanda

Está determinado por el crecimiento (acumulación de biomasa en el tiempo) y por los requerimientos nutricionales para ese crecimiento. En la práctica estos últimos se estiman conociendo el requerimiento interno (RI) de cada nutriente mineral.

Entonces:

$$\text{DEMANDA (KG/HA)} = \text{BIOMASA (KG/HA)} * \text{RI (\%)}$$

La estimación del crecimiento debe considerar el total de la biomasa aérea: tronco-corteza - ramas-hojas pues todos contribuyen a la demanda (inicialmente son las hojas los tejidos que más contribuyen a la demanda) como la forma usual de expresión de crecimiento es volumétrico (y sólo de la parte cosechada: fuste) debe conocerse un parámetro que

relacione la biomasa del fuste (su volumen * densidad) y la biomasa total: este parámetro es el índice de cosecha (IC)

$$IC = \frac{\text{BIOMASA COSECHABLE (ÚTIL)}}{\text{BIOMASA TOTAL AÉREA}}$$

El segundo parámetro de demanda son los requerimientos internos (RI) nutricionales: es la concentración óptima promedio ponderada de cada nutriente en total de la biomasa aérea:

$$RI = \frac{\text{CANTIDAD DE NUTRIENTES (kg/ha)}}{\text{BIOMASA TOTAL (kg/ha)}} \times 100$$

Experimentalmente, los parámetros explicados se obtienen a partir de ensayos de terreno con dosis de nutrientes y medición de biomasa (parcial y total) y de la absorción de nutrientes.

El crecimiento esperado del eucalipto va a ser consecuencia del potencial de crecimiento determinado por las condiciones ambientales (índice potencial de sitio) y de las características del suelo, la planta y manejo (silvicultura) del rodal.

Como siempre, la energía radiante (luz y temperatura) serán junto a la disponibilidad de agua los factores que condicionarán el crecimiento potencial. La calidad de planta (vivero), oportunidad de plantación, preparación de sitio y especialmente la eficacia en el control de las malezas explican el rendimiento (crecimiento) real alcanzable en un determinado tiempo.

Se considera indispensable en los estudios nutricionales los distintos ecosistemas relevantes (Costa-Nahuelbuta, Secano Interior Valle Central Oriental y Occidental, y Precordillera Andina) y suelos presentes en esos ecosistemas (Terrazas Marinas Graníticas y Sedimentarias- Suelos Metamórficos-Ultisoles-Transicionales-Andisoles). Además, factores como profundidad efectiva del suelo junto a otros (textura, porcentaje de materia orgánica) determinan el agua efectiva disponible (lámina de agua). El registro de esta información en el espacio y el tiempo es fundamental.

Experimentalmente los parámetros de demanda se calculan a partir de la medición de la biomasa (parcial y total), en plantas extraídas del campo: se cortan a nivel del cuello, se separan en hojas, tallo, ramas, corteza y fuste. Se determina la biomasa en fresco y en seco (laboratorio). Posteriormente se analizan los diferentes tejidos para medir la cantidad parcial y total de nutrientes presente en la biomasa aérea.

Se debe utilizar un criterio riguroso de selección de las plantas que representan la condición real de la población, pues por costo no es posible medir biomasa y concentración de nutrientes en todas las plantas de las parcelas experimentales.

La biomasa medida se correlacionará con los índices de crecimiento ($d^2 \cdot h$) con el objeto de tener ecuaciones que permiten obtener biomasa en todos los casos en que se han hecho observaciones de crecimiento. De igual forma es posible estimar absorción de nutrientes en el resto de las plantas en un momento determinado.

Los parámetros IC y IR deben determinarse en plantas normales, bien nutridas.

Al igual que lo que ocurre con IC, también los RI cambian con la edad (tiempo de crecimiento) del eucalipto. Al comienzo los valores son altos debido a la contribución de las hojas a la biomasa total (es el tejido de mayor concentración de nutrientes). Rápidamente disminuye (asintótica/exponencialmente) para tender a estabilizarse aunque siempre con tendencia a disminuir, de acuerdo a nuestros antecedentes (tres años de observaciones).

• **Parámetros de suministro**

El suministro nutriente del suelo puede ser variable (y de hecho lo es) debido tanto a las diferentes características (material de origen, tipo y cantidad de arcilla, etc.) de los suelos que varían en el espacio de las plantaciones de eucalipto de la IX Región.

En el método racional el suministro efectivo de nutrientes se puede conocer mediante:

$$\text{SUMINISTRO} = \text{ÍNDICE DE SUMINISTRO (ppm)} \times \text{EC (kg/ppm)}$$

Los índices de suministros corresponden a la extracción química de formas “disponibles” del suelo (análisis químico de suelo). La eficiencia del cultivo (EC) es la expresión de la capacidad de las plantas (raíces) de absorber o hacer efectiva esa concentración de nutrientes disponibles. La cual está definida fundamentalmente por la densidad radicular de la especie. Es un parámetro que varía inicialmente con el tiempo y que rápidamente se estabiliza. Experimentalmente se puede calcular indirectamente mediante:

$$\text{EC (\%)} = \text{AF} - \text{AT} / \text{DOSIS (KG/HA)} \times 100$$

Donde:

AF = absorción del nutriente (kg/ha) en tratamiento con dosis óptima de nutrientes

AT = ídem en tratamiento testigo

En la práctica

AT = índice de suministro $\times$ EC

Entonces

EC = AT / índice de suministro.

El comportamiento de los parámetros de suministro y su variabilidad en el sector forestal concuerda, en términos generales, con lo conocido para el sector agrícola. La mayor diferencia está en las significativamente más bajas “disponibilidades” y suministros iniciales de fósforo en los suelos dedicados a plantaciones de eucalipto, salvo a veces

cuando provienen de uso agrícola previo. Con fertilización, los bajos índices de disponibilidad de fósforo junto a la baja eficiencia de cultivo del eucalipto, post-plantación, hacen que cerca del 100% de los casos sea necesario considerar al fósforo en fertilización del establecimiento.

- **Reciclaje de nutrientes**

Para dimensionar apropiadamente las magnitudes de las demandas u ofertas a contar del segundo ciclo de crecimiento del eucalipto, debe cuantificarse la magnitud del *reciclaje externo e interno*.

El reciclaje externo corresponde al contenido nutricional del *litter*. Experimentalmente se mide recolectándolo (trampas-bandejas) periódicamente y analizando químicamente su contenido nutricional.

El reciclaje interno corresponde a la translocación de nutrientes desde tejidos viejos a nuevos puntos de crecimiento. Se cuantifica midiendo la “extinción” nutricional en hojas senescentes y el “crecimiento” nutricional en brotes nuevos con técnicas similares a las empleadas en frutales y otros cultivos que utilizan reservas nutricionales de una temporada a otra posterior.

La forma de utilizar esta información en la cuantificación de la demanda del segundo año de crecimiento es:

$$\text{DEMANDA (2)} = \text{DEMANDA (A2)} - \text{DEMANDA (1)} + \text{RI} + \text{RE}$$

Donde:

DEMANDA (2)=demanda neta al segundo año de crecimiento

DEMANDA (A2)=demanda acumulada del segundo año

=biomasa año 2 x RI año 2

Demanda (1)=demanda absoluta año 1

=biomasa año 1 x RI año 1

RI y RE =reciclaje interno y externo respectivamente.

En forma similar:

$$\text{SUMINISTRO (2)} = \text{SUMINISTRO (1)} - \text{DEMANDA (1)} + \text{EFECTO RESIDUAL}$$

y,

$$\text{DOSIS} = \frac{(\text{D2-D1})-(\text{S2-S1})}{\text{E2}}$$

- **Eficiencia en la fertilización**

La eficiencia del fertilizante, su grado de utilización efectiva por el cultivo, es función de los siguientes parámetros:

Biomasa de residuos de cosecha y su tasa de mineralización: en el caso del nitrógeno
Índice de suministro por eficiencia cultivo (EC) en el resto de los nutrientes.

Experimentalmente se puede medir la magnitud de los residuos nitrogenados mediante muestreo y análisis químico. Las tasas de mineralización efectiva se miden *in situ* mediante la extracción en el tiempo, de columnas (tubos de 25 cm de largo por 5 cm de diámetro) previamente colocados en la estrata superficial del suelo (0-20 cm.). Algunas de las columnas se mantendrán abiertas y otras cerradas. La diferencial de comportamiento entre ambas permite cuantificar la magnitud del fenómeno de lixiviación de nitratos y su efecto en la eficiencia. También estos antecedentes se utilizan para parametrizar el suministro de nitrógeno del suelo. En el caso de otros nutrientes, especialmente del fósforo, la eficiencia se calcula:

$$E\% = EC \text{ (kg P/ppm P-OLSEN)} \times BP \text{ (ppm P-OLSEN)} \times 100$$

EC es la eficiencia de absorción del cultivo. El parámetro BP corresponde a la magnitud del fenómeno del proceso de retención de fósforo y se expresa como la razón entre la adición de fósforo al suelo (con la fertilización) y su efecto en el incremento en los ppm P-Olsen en el suelo es una constante independiente de las dosis y ha sido estudiada en el país (método racional) en todos los suelos agrícolas. Últimamente se ha estudiado también en los suelos forestales y se ha visto que al igual que en el caso de los suelos dedicados a la agricultura se puede estimar mediante la determinación del aluminio extraíble (en el análisis de suelo que se practica para diagnosticar las necesidades de fertilización) mediante:

$$BP = 2,86 \times (Al \text{ extractable})^{-0.496}$$

En los estudios serán consideradas tanto la velocidad de entrega de nutrientes (desde el suelo y los fertilizantes) como la capacidad de retención de P aplicado como fertilizante en suelos de distintas características.

Esto se ha estado realizando a partir de los primeros trabajos abordados por el grupo de investigadores del proyecto. Se pretende generar para el ámbito forestal el mismo tipo de información desarrollada para el caso de la agricultura sobre suelos volcánicos del país. Los modelos de estudio que se están aplicando son los mismos propuestos por Barrow (Australia) en cuanto a la magnitud y dinámica de la reactividad de los suelos con el P. En cuanto a la liberación del P y su dinámica, se utiliza los conceptos de “velocidad y tasas de sustitución del P” desarrollados en el I.F.D.C (USA) que ya han sido parcialmente aplicados al caso de suelos con plantaciones de eucalipto considerando los tres tipos de productos fosforados presentes en el mercado nacional: solubles en agua, insolubles y de solubilidad intermedia.

En el caso del potasio, su retención está asociada al tipo y contenido de arcilla presente en la fracción mineral fina del suelo. Se puede estimar conociendo, además del índice de suministro de potasio (K intercambiable), el potasio no intercambiable del suelo y la magnitud del flujo entre ambos tipos de potasio (en ambos sentidos).

En el caso del boro, se trata de un nutriente que además de encontrarse en niveles bajos a medios en los suelos forestales, el eucalipto presenta dificultades nutricionales debido a:

La baja eficiencia inicial de absorción de este nutriente (especialmente al inicio del crecimiento).

La escasa reutilización de este nutriente por su poca movilidad en la planta (reciclaje interno)

La presencia, siempre, de estrés hídrico durante el verano (de distintas intensidades) que “gatilla” un déficit severo de boro en ese período que compromete el crecimiento de la planta. Este problema aparece en forma particularmente severa en el secano interior, sobre suelos rojos. La forma de absorber la nutrición borada del eucalipto, además de lo común de los demás nutrientes, implica:

- Crear durante el primer ciclo de crecimiento reservas nutricionales para reutilización, además a las demandadas durante y luego del período de estrés hídrico.
- Crear un “perfil” de disponibilidad de fósforo en mayor profundidad que el resto de los nutrientes.

Para ambas situaciones es clave sobre-fertilizar con boro pero sin alcanzar niveles de toxicidad (irrecuperables) ello se logra con “dosis compromiso” y adecuado tipo producto (tasa de solubilización) y forma de aplicación. Esto tiene variantes según la reactividad boro-suelo (tipos de suelo) de acuerdo a los resultados disponibles de experimentación previa (VIII Región) y es posible, con algo de información extra, extenderlo a las situaciones de la IX Región.

• **Refertilización del eucalipto**

Cuando la fertilización de establecimiento no es capaz de satisfacer las demandas nutricionales del segundo año de crecimiento será necesario refertilizar.

En el caso del nitrógeno esto va hacer casi siempre necesario debido a que la magnitud del efecto residual de la fertilización inicial (de establecimientos) no es más de un 15% de la dosis.

Para diagnosticar las necesidades de refertilización es necesario tener un diagnóstico objetivo. Ello se logra mediante la utilización del análisis foliar. Al respecto, se tienen avances acerca de:

- El tejido a muestrear (hoja recientemente madura en tercio superior del árbol)
- Oportunidad de muestreo (fines de marzo)

- Características del muestreo (Nº hojas / unidad de muestreo-unidades de muestreo/superficie, etc.)
- Valores analíticos de referencia (derivados de estudios en el extranjero)

Aprovechando la experimentación que se desarrollará para generar los parámetros nutricionales (demanda-suministro-eficiencia) se complementarán los estudios de diagnóstico foliar.

EXPERIMENTACIÓN

Los experimentos incluidos en el proyecto son los siguientes:

- Estudio de tasa de crecimiento y absorción de nutrientes bajo condiciones de secano y riego.
- Estudio de la tasa de crecimiento y absorción de nutrientes bajo diferentes niveles de densidad de plantación
- Estudio de diferentes nutrientes y formas de aplicación
- Estudio de diferentes sistemas de fertilización, preparación de suelo y control de malezas
- Estudio de época de plantación en diferentes ecosistemas
- Estudio del efecto de la calidad de la planta
- Estudio de fertilización en rebrote
- Estudio de riego y fertilización

Los estudios antes mencionados se están desarrollando en los predios seleccionados por las empresas asociadas al proyecto, en los cuales se han instalado los distintos ensayos considerando seis ecosistemas: Secano Costero Norte (Colcura), Secano Costero Sur (Cañete), Valle Central Norte (Mulchén), Valle Central Sur (Los Sauces), Precordillera Norte (Huepil) y Precordillera Sur (Vilcún), todos en el sur de la VIII y norte de la IX Región.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de dos de los experimentos que se realizaron en el proyecto y que han sido desarrollados a partir de los conceptos que concibe el método racional descrito previamente en la metodología.

• Ensayo de Riego y Fertilización

El experimento busca determinar el efecto del riego y la fertilización en el crecimiento de las plantas. Los tratamientos en total son 4 con 4 repeticiones cada uno. El diseño corresponde a un arreglo factorial 2×2 y es el siguiente:

	F ₁	F ₂
R ₁	T ₁	T ₂
R ₂	T ₃	T ₄

Donde:

F₁: Fertilización operacional con 32 g N/planta, 37 g P₂O₅, 33 g K₂O, 3 g B y 200 g cal.

F₂: Formulación general completa con 100 g N/planta, 100 g P₂O₅, 50 g K₂O, 3 g B y otros micronutrientes.

R₁: Sin riego

R₂: Riego tecnificado semanal (utilizando microjet entre plantas en la hilera)

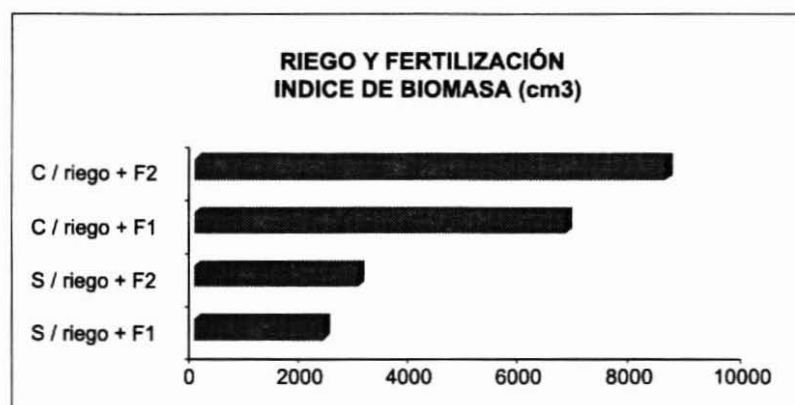


FIGURA 1: Índice de biomasa para los tratamientos del ensayo de riego y fertilización en eucalipto. Predio Verdún (Mulchén VIII Región).

• Ensayo de Manejo Integrado

Éste intenta determinar el efecto de 3 prácticas de establecimiento de plantaciones en el crecimiento de las plantas. El diseño es un arreglo factorial 2*2*2 y se indica a continuación:

	<i>CM₁</i>		<i>CM₂</i>	
	<i>F₁</i>	<i>F₂</i>	<i>F₁</i>	<i>F₂</i>
<i>PS₁</i>	T ₁	T ₅	T ₃	T ₆
<i>PS₂</i>	T ₂	T ₇	T ₄	T ₈

Donde:

CM₁: Control de malezas al establecimiento en banda de 1 m en la hilera de plantación

CM₂: Erradicación de malezas. Los controles necesarios hasta que sea improbable el surgimiento de competencia para las plantas.

F₁: 25 g N/planta, 25 g P₂O₅, y el resto de la formulación general completa

F₂: Formulaci3n general completa con 50 g N/planta, 100 g P₂O₅, 50 g K₂O, 3 g B y otros micronutrientes.

PS₁: Encasillado.

PS₂: Subsulado a 80 cm de profundidad y rastraje.

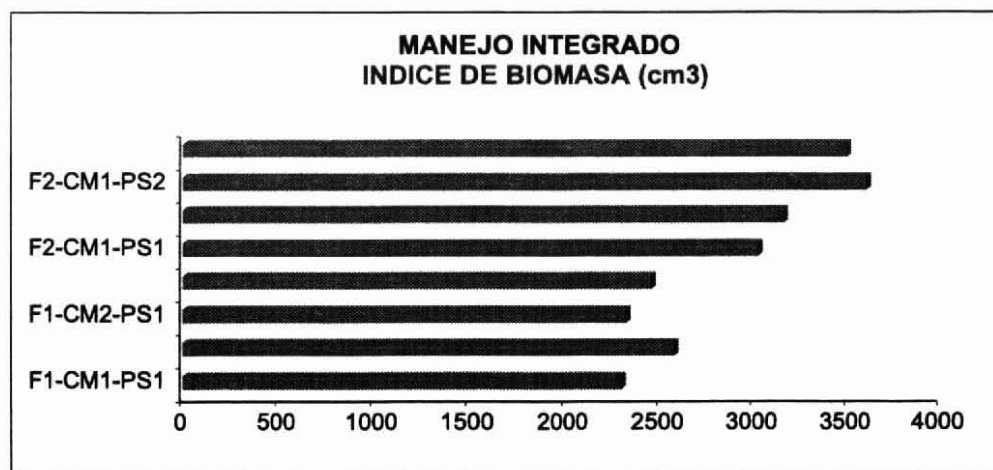


FIGURA 2: Índice de biomasa para los tratamientos del ensayo de manejo integrado de establecimiento en eucalipto. Predio Santa Ana (Traiguén IX Región).

CONCLUSIONES

Asumiendo que los primeros resultados no tienen toda la consistencia que debiesen, en consideración a que aquí sólo se presentan los resultados asociados a una temporada de crecimiento, es posible inferir tendencias que reflejan una situación inequívoca que puede ser capitalizada puesto que la aplicación de una de estas figuras no representaría una situación de desmejoramiento de la situación actual o sin proyecto, sino que por el contrario su aplicación genera beneficios netos positivos.

A saber:

Ensayo de riego y fertilización: el tratamiento T4 con FGC (100g N/planta + 100g P₂O₅ + 50g K₂O + 3g B + otros nutrientes) con riego tecnificado semanal, utilizando microjet en la hilera, fue el que presentó una mejor respuesta, superando su índice de biomasa en más de un 400% al del testigo.

Ensayo de manejo integrado: el tratamiento T7 con FGC (50g N/planta + 100g P₂O₅ + 50g K₂O + 3g B + otros micronutrientes, con control de malezas al establecimiento en banda de 1 m en la hilera de plantación y subsolado a 80 cm de profundidad y rastraje) y el T8 que difiere del anterior en el control de maleza, que en este caso son controles periódicos y aplicaciones preventivas que evitan la competencia, presentaron una mejor respuesta, superando sus índices de biomasa en más de un 50% al testigo.

Los pequeños propietarios que tienen acceso al riego tendido, o bien por ariete, pueden ver incrementados sus cultivos de eucalipto de manera significativa. Como resulta complejo para ellos poder establecer la periodicidad de las aplicaciones de riego, por norma general se puede sostener que ésta debe ser semanal.

La nueva legislación de fomento a la forestación en predios de pequeños propietarios, que establece claros incentivos a las obras de manejo, como lo es el manejo de suelos y la aplicación de fertilizantes, pone al alcance de todos los forestadores la posibilidad de incorporar tecnología avanzada a sus cultivos, de manera tal que las propuestas aquí señaladas están en condiciones de ser aplicadas sin mayor dificultad.

No obstante lo anterior, resulta importante que esta tecnología sea previamente conocida por los ingenieros y técnicos del área, con el objeto de lograr su justa aplicación, de manera de no sembrar falsas expectativas en los pequeños propietarios. El proyecto contempla, como una actividad de primer orden, el traspaso de la tecnología a todos los segmentos de propietarios, para ello se realizarán cursos de capacitación a los profesionales que laboran en el sector.

BIBLIOGRAFÍA

RODRÍGUEZ, J. 1993. *La Fertilización de los Cultivos: Un Método Racional*. Editorial Pontificia Universidad Católica de Chile. 219 P.

RODRÍGUEZ, J. 1994. *Manual de Fertilización de los Cultivos*. Editorial Alfa Beta. 302 p.

RODRÍGUEZ, J. 1995. *Fertilización de Especies Frutales*. Editorial Alfa Beta. 519 p.

MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES, UNA REALIDAD NECESARIA EN CHILE

Claudio A. Goycoolea P.¹

RESUMEN

Como las plagas y enfermedades forestales influyen directamente sobre la productividad del bosque y no respetan fronteras, se hace necesario que todo propietario forestal proteja sus plantaciones.

El objetivo es la creación de un Centro de Transferencia Tecnológica en Fitosanidad Forestal orientado a dar un servicio integrado en el manejo de plagas y enfermedades forestales abierto a cualquier propietario forestal.

La metodología a emplear consiste en el trabajo asociativo entre propietarios forestales y el estado.

Los principales resultados son:

- Control de polilla del brote.
- Control del gorgojo del eucalipto.
- Investigación y desarrollo en el control de *Phoracantha* y la plaga cuarentenaria, no presente en Chile, *Sirex noctilio*.

¹ Master en Ciencias Biológicas Controladora de Plagas Forestales S.A. Casilla 1194, Los Ángeles. cgoycoolea@cpf.cl

VISIÓN DE LA FITOSANIDAD FORESTAL

Particularidades de la fitosanidad forestal:

- Superficies extensas cubiertas con una sola especie, lo que aumenta el riesgo de expansión de un agente dañino rápidamente.
- Los agentes dañinos no respetan los límites prediales, lo que lleva que el problema de la protección fitosanitaria es una tarea de todos los propietarios forestales.
- Las acciones de control de plagas y enfermedades deben programarse para extensas áreas, las que generalmente, deben ser tratadas en corto tiempo.
- La altura que alcanzan los árboles, su volumen de copa, la topografía accidentada y el difícil acceso que presenta la mayoría de las plantaciones forestales, implica una complejidad técnica en la aplicación de las diferentes tácticas de control.
- Las plantaciones se encuentran sometidas a presiones negativas de agentes dañinos por un largo plazo.
- Cada planta utilizada para la producción forestal tiene un gran valor, por la gran inversión incurrida en mejoramiento genético, producción de planta, preparación de sitio, fertilización, etc. y esto unido a una tendencia a bajar la densidad de plantación se hace cada vez menos aceptable para el negocio forestal las pérdidas de productividad.
- El aumento en el intercambio comercial con otros países y la llegada de cada vez un número mayor de turistas, ha traído como consecuencia una mayor presión de ingresos de nuevas plagas al país, como por ejemplo Polilla del brote y el Gorgojo del eucalipto.
- El combate de plagas y enfermedades requiere cada vez más de conocimientos especializados para lograr el manejo de la plaga o enfermedad de la forma más eficiente y eficaz posible.
- Una plaga presente en Chile puede provocar pérdidas económicas cuantiosas o de mercado al ser cuarentenaria para un país importador.

MISIÓN DE LA FITOSANIDAD FORESTAL

- Disminuir a niveles económicamente sustentables, las pérdidas provocadas por plagas y enfermedades relevantes, en el bosque y en los productos forestales.
- Contribuir a facilitar la comercialización internacional, de productos primarios del bosque, mediante el logro de cumplimiento de los crecientes requisitos fitosanitarios exigidos por los países importadores.

Teniendo en cuenta las características de la fitosanidad forestal, 25 empresas forestales crean el 12 de noviembre de 1992 la Sociedad Anónima Controladora de Plagas Forestales (CPF S.A.) que desde su creación ha tenido como misión el ser la entidad que por excelencia facilite el control de las plagas que sus empresas asociadas requieren realizar, a través de la producción, compra y venta de elementos y el otorgamiento de servicios destinados a proteger y mejorar el cultivo y desarrollo del patrimonio que ellos poseen.

CPF S.A. en sus primeros 6 años de vida se dedica principalmente al manejo de la primera plaga que amenaza seriamente el patrimonio forestal chileno, la polilla del brote del pino. Una vez asentadas las bases del manejo de la plaga polilla del brote, a mediados de 1997, se empieza a gestar la idea de crear un Centro de Transferencia Tecnológica en Fitosanidad Forestal abierto a cualquier propietario forestal.

En julio de 1998, se logra concretar esta idea con el apoyo de FONTEC – CORFO con el objetivo de dar la posibilidad de acceder en Chile a un servicio de fitosanidad forestal de rango internacional que ayude a fortalecer la base competitiva de las empresas forestales chilenas, permitiendo disminuir el riesgo y las pérdidas económicas debido a las plagas de las plantaciones forestales artificiales, mediante el uso de conocimientos especializado en el manejo de las plagas forestales.

El Centro de Transferencia Tecnológica en Fitosanitario Forestal, con sus diferentes servicios, pretende ayudar a fortalecer la base competitiva de las Empresas Forestales Chilenas, permitiendo disminuir el riesgo y las pérdidas económicas, debido a las plagas y enfermedades de las plantaciones forestales artificiales, mediante el uso de conocimiento especializado en el manejo de las plagas forestales.

Este Centro está implementando sobre la base de cinco unidades que describimos a continuación:

1. Unidad de Documentación y Comunicaciones

Rol

Administrar y gestionar los conocimientos que se creen u obtengan en el Centro para ponerlo a disposición del CTT, asociados y clientes de la organización.

Servicios

- Recopilación bibliográfica.
- Publicación de folletos, póster, manuales, ficha técnicas, etc.
- Divulgación de los resultados de las investigaciones y controles desarrollados para una plaga o enfermedad.

Actividades realizadas en el primer año del proyecto

- Formación de una biblioteca especializada en Fitosanidad Forestal ubicada en las Oficinas de CPF S.A. en Los Ángeles.

2. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Rol

Gestar, coordinar y ejecutar los programas de servicios de capacitación y transferencia tecnológica para sus asociados y clientes de la organización.

Servicios

- Seminarios Nacionales e Internacionales.
- Talleres Nacionales e Internacionales.
- Cursos Nacionales e Internacionales.
- Giras técnicas Nacionales e Internacionales.
- Misiones tecnológicas.

Actividades realizadas en el primer año del proyecto:

- Entre los días 27 de noviembre y 12 de diciembre de 1998 se llevó a cabo la primera misión tecnológica organizada por el CTT en Sanidad Forestal y en la cual participaron 5 Empresas forestales (Controladora de Plagas Forestales S.A., Bosques Arauco S.A., Forestal Millalemu S.A., Bioforest S.A. y Forestal Cholguán S.A.), FONTEC-CORFO y el Instituto Forestal. En esta gira a Estados Unidos se realizaron tres actividades relevantes: asistencia al seminario internacional sobre Pitch Canker, visita a centros de biotecnología y visita a centros de transferencia tecnológica. Los resultados de esta gira están publicados en el informe final de la **Misión Tecnológica en Manejo Integrado de Plagas Forestales**, Imprenta Magoce, de 24 páginas en total.
- En la perspectiva de reducir los tiempos de respuesta frente a un problema fitosanitario, es que el CTT en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades Forestal decidió apoyar los trabajos de control del gorgojo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*) que realiza el SAG en la V Región, firmándose un convenio entre las dos entidades. Dentro de la línea de trabajo, el CTT se ha centrado en las labores de control biológico realizando las siguientes actividades:
 - Formación de un grupo de trabajo con empresas con patrimonio de eucalipto.
 - Apoyo al SAG con la recolección y tráfida a Chile del parásito de huevo del Gorgojo del Eucalipto (*G. scutellatus*), la microavispa *Anaphes nitens*, desde

Sudáfrica, enviando a un especialista del CTT a apoyar al grupo de recolección del parásito.

- Realización de tres charlas para traspasar la experiencia e información obtenida en Sudáfrica sobre el control de la plaga, *Gonipterus scutellatus*.
- Traída en conjunto, del CTT en Fitosanidad Forestal y el SAG, al Dr. Geoff Tribe, entomólogo sudafricano como asesor del programa de control biológico de *Gonipterus scutellatus*. El Dr. Tribe estuvo del 28 de febrero al 5 de marzo de 1999, supervisando el programa de control del gorgojo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*) que ha implementado el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), con apoyo de CPF S.A., en Chile. Esta asesoría terminó con una charla del Dr. Tribe en el Auditorio del CTT con la concurrencia de 31 personas que representaban a 3 entidades estatales (SAG, INFOR Y CONAF), 1 Universidad (UACH) y 11 Empresas forestales.
- Apoyo a la labor del Programa de control biológico de polilla del brote (*Rhyacionia buoliana*), con la confección de una **Guía práctica para la liberación de adultos de *Orgilus obscurator***, que se comenzó a distribuir, en diciembre de 1998, con el objetivo de reforzar la labor de establecimiento del parásito a los pequeños y medianos propietarios que adquieren los adultos de *O. obscurator* en CPF S.A.
- Lanzamiento del libro, auspiciado por CPF S.A. en conjunto con BASF, **Manual de detección y control de plagas y enfermedades presentes y potenciales en plantaciones de pino y eucalipto** elaborado por los Srs. Luis De Ferrari F. y Osvaldo Ramírez G. Este manual será de gran ayuda para conocer los problemas fitosanitarios de este tipo de plantaciones forestales y un material de mucho valor para las capacitaciones que realice a futuro el CTT en Fitosanidad Forestal.
- Apoyo a la Corporación Chilena de la Madera, Región del Bío Bío en el *Plan de recuperación de suelos erosionados. Región del Bío Bío 1998 – 2002* en lo referente a la fitosanidad de las plantaciones a establecer con este plan.
- Organización o participación como relator en curso o charlas:

Nombre: *Plan de recuperación de suelos erosionados. Región del Bío Bío '98-2002.*

Curso: Taller de introducción.

Fecha: 29 de diciembre 1998. Lugar: La Florida.

Asistentes: aproximadamente 80 pequeños campesinos.

Organizador: CORMA VIII Región.

Nombre: Gorgojo del eucalipto, *Gonipterus scutellatus*.

Charla: Teórico.

Fecha: 13 de enero 1999. Lugar: Arauco.

Asistentes: 10 personas de Bosques Arauco.

Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal.

Nombre: *Plan de recuperación de suelos erosionados. Región del Bío Bío '98-2002.*
Curso: Taller de introducción.
Fecha: 14 de enero 1999. Lugar: Santa Juana.
Asistentes: aproximadamente 50 pequeños campesinos.
Organizador: CORMA VIII Región.

Nombre: *Plan de recuperación de suelos erosionados. Región del Bío Bío '98-2002.*
Curso: Taller de introducción.
Fecha: 15 de enero 1999. Lugar: Coelemu.
Asistentes: aproximadamente 30 pequeños campesinos.
Organizador: CORMA VIII Región.

Nombre: *Manejo de la Plaga Polilla del brote*
Curso: Teórico - Práctico.
Fecha: 8 de abril 1999. Lugar: Constitución.
Asistentes: 17 personas de Empresas Forestales y CORMA VII Región.
Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal.

Nombre: *Incidencia de la formulación y tecnología sobre el control de la polilla del brote y el medio ambiente y Aventis una nueva Empresa. Uso de Decis y Basta en el Sector Forestal.*

Charlas: Teórico.
Fecha: 22 de junio 1999. Lugar: Auditorio CTT, Los Ángeles.
Asistentes: 27 personas de Empresas Forestales y de Servicios.
Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal, BASF Chile S.A. y AgrEvo de Chile S.A.

- Seminarios

Nombre: *Avance en controles alternativos y biológico de polilla del brote en Chile.*
Fecha: 9 de marzo 1999. Lugar: Auditorio CTT, Los Ángeles.
Asistentes: 39 personas de Empresas Forestales, Universidad (U. Concepción) y Estatal (INIA).
Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal.

Nombre: *Presente y futuro del control operacional de malezas en plantaciones forestales chilenas.*
Fecha: 29 de abril 1999. Lugar: Auditorio CTT, Los Ángeles.
Asistentes: 51 personas de Empresas Forestales, Agrícola y de Servicios.
Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal.

Nombre: *Análisis de la situación actual y futura del tizón banda roja (**Dothistroma pini**) en Chile.*
Fecha: 28 de mayo 1999. Lugar: Auditorio CTT, Los Ángeles.
Asistentes: 31 personas de Empresas Forestales y de Servicios.
Organizador: CTT en Fitosanidad Forestal.

- Coordinación y búsqueda de financiamiento para el proyecto *Uso de GPS en aplicaciones aéreas para el control de plagas forestales* desarrollado y ejecutado por Bioforest S.A. Este proyecto consideró la realización de un curso teórico – práctico de uso del equipo AGNAV, que funciona con la tecnología DGPS, llevado a cabo en las dependencias de Bioforest entre el 19 y 21 de marzo de 1999.

3. Unidad de Investigación y Acción Estratégica

Rol

Crear y obtener el conocimiento básico de sustento para el desarrollo de las estrategias de manejo de plagas y enfermedades forestales presentes o potenciales tendientes a minimizar el impacto de éstas en los bosques de sus socios o clientes de la organización. En otras palabras será la unidad que creará la “inteligencia” de este centro.

Servicios

- Desarrollo de nuevas herramientas para el manejo de problemas fitosanitarios forestales.
- Adaptación de técnicas para el manejo de plagas y enfermedades forestales.

Actividades realizadas en el primer año del proyecto:

- En este período se comenzó la ejecución del primer proyecto de investigación desarrollado por el CTT en Fitosanidad Forestal, titulado *Protocolo de criopreservación del nemátodo Deladenus siricidicola* ejecutado por el investigador Dr. Andrés France de INIA Quilamapu.
En los últimos ensayos realizados se ha obtenido un 65% de sobrevivencia de los nemátodos a la criopreservación considerándose un gran logro, restando actualmente el afinar la técnica que dio estos resultados para elevar el porcentaje de sobrevivencia.
- Selección del proyecto “Introducción del microhimenóptero parasitoide *Avetianella longoi* (Hym. Eulophidae) para el control biológico de *Phoracanta semipunctata* y *Phoracanta recurva* en las plantaciones de eucalipto en el país” por el Fondo para el Mejoramiento del Patrimonio Sanitario 1999, administrado por el Servicio, Agrícola y Ganadero (SAG). Este Proyecto tiene una duración de 32 meses por un monto total de M\$ 89.689,5 de los cuales se solicitó un financiamiento de M\$55.251,5 equivalente a un 61,5% del total del proyecto.

4. Unidad Centro de Diagnóstico

Rol

Capturar antecedentes y datos de campo para diseñar e implementar las estrategias de acción en favor de la fitosanidad forestal y la prevención de los daños que provocan las

plagas o enfermedades presentes o potenciales, incluso aquellas que atacan los productos de la madera.

Dar a las empresas socias de CPF S.A. y a terceros la asesoría necesaria para implementar en sus plantaciones un programa de Fitosanidad Forestal, administrado por cada empresa y/o prestadores de servicio y/o el CTT en Fitosanidad Forestal.

Servicios

- Producción de controladores biológicos, como *Orgilus obscurator* (parásito de polilla del brote).
- Prospección, diagnóstico y evaluación de plagas y enfermedades forestales.
- Seguimiento y mantención de información histórica de una plaga o enfermedad.
- Recomendaciones de acciones a seguir para el manejo de un problema fitosanitario.
- Ejecución de labores de control de plagas y enfermedades forestales.
- Adquisición o arriendo en forma asociativa de materiales, productos químicos, herramientas y equipos.

Actividades realizadas en el primer año del proyecto:

- Para la implementación de esta unidad se comenzó a trabajar con dos grandes grupos separados de acuerdo al género de especie que cultivan (*Pinus* y *Eucalyptus*). Incorporando a los socios y a terceros mediante la firma de un convenio de cooperación entre CPF S.A. y la Empresa o persona interesada en ingresar a alguno de estos grupos de trabajo del CTT en Sanidad Forestal. Actualmente se cuenta en el grupo de pino con 41 empresas o particulares que suman un patrimonio de aproximadamente 1.000.000 ha y con 18 Empresas o particulares que conforman el grupo de eucalipto que suman un patrimonio aproximado de 160.000 ha.
- Asesoría a Empresas Forestales
Desde diciembre de 1998 que se presta asesoría a propietarios forestales.

5. Unidad de Gestión

Rol

Ser el “foco” del CTT y coordinar la acción y actividades de las unidades técnicas para actuar como articuladora y facilitadora del cumplimiento de los objetivos asignados a cada una en forma eficiente y eficaz.

EL BOSQUE ESCLERÓFILO DEL VALLE DE COLLIGUAY (V REGIÓN, CHILE) COMO FUENTE DE PRODUCTOS FORESTALES SECUNDARIOS

Ana Sapaj A.¹, Rodolfo Gajardo M.²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue la obtención de información para comprender mejor la situación del bosque esclerófilo y sus productos asociados no madereros, denominados productos forestales secundarios. Esto como referencia para motivar la búsqueda de nuevas alternativas que disminuyan la explotación a la cual está sometido este recurso forestal y que permitan su revalorización para que pueda ser considerado como una fuente productiva de importancia por el habitante rural.

El estudio se orientó a la identificación de productos secundarios que se obtienen actualmente en el valle de Colliguay (comuna de Quilpué, V Región, Chile). Se realizó una caracterización de dichos productos en términos de su utilización, principios activos, formas de extracción y rendimientos y comercialización primaria. Parcialmente, se constató que para varios de ellos no existe suficiente información o ésta no ha alcanzado el nivel técnico adecuado para su consideración como producto. Por otra parte, la comercialización y la transformación primaria son los principales obstáculos dentro del proceso productivo. Para establecer la tipología de productos, se efectuaron entrevistas estructuradas a los pobladores y pequeños propietarios; también, se prospectaron los mercados y ferias rurales, y fueron establecidos los mecanismos utilizados para la comercialización y acopio. Utilizando la información del catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos, se estableció una generalización del potencial productivo de las distintas unidades de vegetación presentes. Se concluye que el valle de Colliguay tiene un potencial natural para la obtención de productos forestales secundarios que no ha llegado a desarrollarse plenamente.

¹ Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santa Rosa 11315, La Pintana. rgajardo@uchile.cl

² Doctor en Ecología. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santa Rosa 11315, La Pintana. rgajardo@uchile.cl

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales están constituidos por componentes que interactúan entre sí mediante una serie de relaciones que les permiten mantener un equilibrio. Dentro de este modelo, el ser humano se inserta como otro componente, constituyendo generalmente una fuente de disturbios.

Por el aprovechamiento que hace el hombre de la naturaleza y por su dependencia del medio natural para sobrevivir, se hace urgente la necesidad de llegar al equilibrio hombre – naturaleza, pero no puede pensarse en un equilibrio estático que excluya ambientes naturales que si son bien utilizados pueden ser fuente de ingresos para las personas, especialmente para los habitantes rurales, cuyos problemas de pobreza se relacionan directamente con la problemática de la erosión, mal aprovechamiento de recursos y desertificación.

Una interesante alternativa para hacer frente a estos problemas, que conllevan grandes problemas sociales, la constituyen los productos forestales no madereros o productos forestales secundarios. Estos, según Wickens (1991), pueden definirse como toda materia biológica vegetal (excluyendo la madera industrial en trozas y sus derivados de madera aserrada, astillas, tableros de madera y pasta) que se extraiga de ecosistemas naturales y /o plantaciones ordenadas, y que se utilice en el hogar, se venda o tenga algún significado social, cultural o religioso. Por consiguiente, entre los productos forestales no madereros se cuentan todas las plantas utilizadas como alimento, forraje, combustible, medicina, fibra y productos químico-biológicos; también lo son los animales (pájaros, reptiles, peces, insectos) aprovechados como alimento, mascotas o por su piel y plumas. Además se consideran como servicios del bosque el uso de los ecosistemas para esparcimiento, reserva natural y ordenación de cuencas hidrográficas.

La explotación de los bosques centrada en la cosecha de productos forestales secundarios puede ser sostenible, tanto ecológica como económicamente, siempre que las tasas de extracción no excedan los rendimientos máximos determinados como sostenibles. Comunidades primitivas han utilizado durante siglos este tipo de productos sin destruir la base de recursos. Además la elaboración local de productos puede aumentar las oportunidades de empleo rural no agrícola. A modo de ejemplo, pequeñas empresas forestales, mucha de ellas basadas en los productos forestales secundarios, aportan hasta el 50% de los ingresos de una parte considerable de los trabajadores rurales de la India (Tewari y Campbell, 1996).

En Chile la actividad forestal se ha centrado principalmente en la producción de madera y sus derivados, dejando de lado otros productos igualmente aprovechables. En particular se ha subestimado el potencial del tipo forestal esclerófilo, que abarca parte importante de la zona central del país (alrededor de 2.000.000 ha según Gajardo, 1994) y que actualmente se encuentra muy degradado y sometido a fuertes presiones por parte de la población rural, además del impacto que provoca sobre él la construcción de carreteras, gaseoductos y parcelas de agrado.

Por lo anterior, y debido al gran potencial de los productos forestales no madereros, se hace necesario realizar más investigación y difundir los resultados en forma práctica, aplicable en forma de proyectos de desarrollo realizables en las comunidades rurales. Se requiere información respecto a niveles sostenibles de cosecha (rendimientos y extracción por unidad de superficie) para decidir si una práctica es sostenible o no. Por otro lado, las tendencias actuales para el aprovechamiento de los recursos naturales se orientan hacia el desarrollo sostenible, según Kaufmann (1994), “un ecosistema sustentable puede definirse como la intersección entre necesidades económicas, necesidades sociales y capacidad ecológica”.

La condición actual de degradación en que se encuentra el recurso esclerófilo en Chile hace urgente la necesidad de tomar medidas al respecto, de manera de hacerlo ecológica y productivamente sustentable, no basta con tomar medidas de preservación ya que por el mal estado en que éste se encuentra, tiene mínimas posibilidades de recuperarse por sí mismo.

Finalmente, la situación de los productos forestales no madereros en Chile, denota falta de antecedentes productivos y de comercialización, lo que se suma al problema de la recolección indiscriminada de ciertos productos y a malas técnicas de extracción.

OBJETIVO

El objetivo principal del estudio fue obtener información que permitiese comprender mejor la situación actual del bosque esclerófilo como recurso, particularmente se evaluó la condición del valle de Colliguay (comuna de Quilpué, V Región, Chile) y de los productos obtenibles a partir de él, de manera de lograr una aproximación del potencial productivo de dicho lugar como recurso de subsistencia para sus habitantes.

METODOLOGÍA

Además de revisar antecedentes sobre el uso histórico de la tierra, aspectos sociales y antecedentes geográficos particulares del lugar, se realizaron entrevistas estructuradas a pobladores y pequeños propietarios, se prospectaron mercados y ferias rurales, y también se entrevistó a diversos especialistas en temas relacionados con el estudio. La información reunida se apoyó con revisión bibliográfica referida a especies y sus usos, rendimientos y métodos de extracción, entre otros antecedentes. Con lo anterior fue posible realizar una caracterización de los productos secundarios que se obtienen en la actualidad y de aquellos posibles de obtener a partir de la condición actual del recurso boscoso del lugar. Finalmente, dado que el recurso vegetacional constituye la base a partir de la cual se puede determinar la producción de este tipo de productos, se utilizó información del *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos (CONAF-CONAMA, 1997)* con la que se estableció una generalización del potencial productivo de las distintas unidades vegetacionales identificadas en el sector.

La metodología utilizada puede describirse en los siguientes pasos:

1. Recopilación de la información existente (antecedentes históricos, sociales y geográficos, entrevistas estructuradas a pobladores, prospección de ferias rurales y entrevistas a especialistas, revisión bibliográfica referente a especies y productos asociados)
2. Caracterización de productos secundarios obtenidos actualmente en el sector en estudio y de aquellos posibles de obtener
3. Aproximación al potencial productivo del valle de Colliguay sobre la base del recurso boscoso existente

RESULTADOS

Antes de presentar los resultados propiamente tales, los cuales consisten básicamente en la caracterización de los productos forestales no madereros que se obtienen actualmente en el valle de Colliguay y aquellos posibles de obtener, se presentan algunos antecedentes respecto a la zona en estudio.

El valle de Colliguay se ubica en la Quinta Región Administrativa de Chile, Provincia de Valparaíso, Comuna de Quilpué. Es un valle elevado en la Cordillera de la Costa, con alturas que fluctúan entre los 550 y 2.200 m.s.n.m.¹ y abarca una superficie de 27.286,54 ha². Su clima corresponde al mediterráneo de la Zona Central de Chile, con una marcada concentración invernal de las precipitaciones y un verano prolongado y seco (Santibáñez *et al.* 1990). Los suelos predominantes son de aptitud preferentemente forestal y aquellos que pertenecen a la categoría de áreas de uso silvestre, siendo muy escasos los suelos de potencialidad agrícola (U.Católica, 1993).

La vegetación característica del lugar es la correspondiente a la de la Región semiárida que cuenta con árboles y arbustos como *Acacia caven* (espino), *Trevoa trinervis* (tebo), *Baccharis linearis* (romerillo), *Colliguaya odorífera* (colliguay), *Trichocereus chilensis* (quisco), *Muehlenbeckia hatulata* (quilo), *Puya chilensis* (chagual), *Schinus latifolius* (molle), que se ubican en sitios secos de exposición norte. En terrenos menos secos se encuentran *Quillaja saponaria* (quillay), *Cryptocarya alba* (peumo), *Peumus boldus* (boldo), *Lithraea caustica* (litre), *Aristotelia chilensis* (maqui), *Baccharis linearis* (romerillo), *Cestrum parqui* (palqui), *Maytenus boaria* (maitén), *Podanthus mitique* (mitique), *Eupatorium salvia* (salvia) y *Adesmia microphylla*. En orillas de estero y quebradas húmedas se desarrollan *Drimys winteri* (canelo), *Crinodendron patagua*

¹ Carta IGM, Quebrada de Alvarado - V Región. Escala 1:50.000

² Digitalización y procesamiento de información del Catastro y evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos (CONAF-CONAMA, 1997). Carta de Uso Actual y Cobertura Vegetacional Quebrada de Alvarado - V Región.

(patagua), *Cryptocarya alba* (peumo), *Beilshmiedia miersii* (belloto) y *Persea meyeniana* (lingue del norte). Estas formaciones tuvieron una extensa distribución que se ha visto muy disminuida por la presión del hombre y el daño por incendios, correspondiendo la mayoría de ellas en la actualidad, sólo a retoños provenientes de regeneración vegetativa de baja altura (U. Católica, 1993).

La vegetación presente en la zona puede resumirse en el siguiente cuadro:

CUADRO 1
Ambientes vegetacionales identificados en el valle de Colliguay

Región ecológica	Sub-región ecológica	Formación
Matorral y Bosque esclerófilo	Matorral y bosque espinoso	Matorral espinoso de la Cordillera de la Costa
	Bosque esclerófilo	Bosque esclerófilo costero
Bosque caducifolio	Bosque caducifolio montano	Bosque caducifolio de Santiago

Fuente: a partir de información de Gajardo (1994).

Con respecto a la economía del lugar, el valle de Colliguay se encuentra habitado por 240 familias dedicadas principalmente a la actividad silvoagropecuaria, destacándose los siguientes ítems productivos: ganadería, turismo, agricultura, extracción de carbón, producción de queso de cabra, frutas secas, talaje de animales, frutales varios, extracción de tierra de hoja, producción de chicha y aguardiente, producción de orégano, extracción de hojas de boldo, brotes de chagual, artesanías y cosecha de hierbas medicinales. Debe mencionarse que toda esta producción se realiza a nivel familiar y de forma artesanal. Los principales mercados para abastecimiento y venta de productos son Quilpué, Casablanca y Quillota, siendo la comercialización uno de los principales problemas dentro de la cadena productiva, por la calidad de los productos y por la aislación geográfica del lugar.

Las familias alcanzan un tamaño promedio de 3 personas por unidad, presentando una tasa de migración de incremento negativo de 1,8 % anual. Con respecto al empleo, se destaca el trabajo agropecuario familiar realizado tanto por hombres como por mujeres con edades entre los 22 y los 60 años (U. Católica, 1993).

• Caracterización de productos forestales secundarios obtenidos actualmente

Dado lo extenso que resultaría presentar la caracterización completa de cada producto, en este punto sólo se mencionarán los productos identificados (para un mayor detalle ver Sapaj, 1998). Cabe señalar que la caracterización incluye los siguientes ítems para cada uno de los productos:

- Usos
- Principios activos (cuando corresponda)