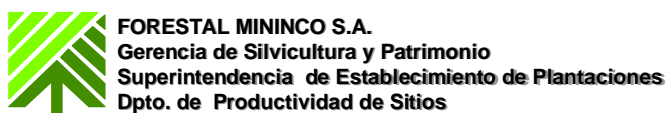


III. MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS EN FORESTAL MININCO S. A. (Chile).

Ing. Ftal. José Álvarez Muñoz (*)



(*) Ingeniero Forestal Jefe Dpto. Productividad de Sitios Forestal Mininco S. A. Chile
Fax : 56 - 41 - 373431 Fono : 56 - 41 - 371526 E-mail : jalvarez@formin.cmpc.cl

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.	3
2.- PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y CLIMA DE LAS ÁREAS FORESTALES DE CHILE.	4
2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS FORESTALES.	5
2.2.- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LOS SUELOS FORESTALES.	9
3.- EL PROCESO SILVÍCOLA EN FORESTAL MININCO S. A.	9
3.1.- NEGOCIO SILVÍCOLA, ORGANIZACIÓN Y RECURSOS EXISTENTES.	10
3.2.- PROCESO SILVÍCOLA.....	11
3.2.1.- <i>ACTIVIDADES TENDIENTES A MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PLANTACIONES FORESTALES.</i>	12
3.2.2.- <i>ACTIVIDADES TENDIENTES A PROTEGER LAS PLANTACIONES FORESTALES.</i>	21
4.- EVALUACIONES DE OPERACIONES SILVÍCOLAS.	22
5.- DESAFÍOS FUTUROS.	23
5.1.- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA :	23
5.2.- EFICIENCIA EN LAS OPERACIONES :	23
5.3.- FERTILIZACIÓN POST-ESTABLECIMIENTO.	23
5.4.- SUSTENTABILIDAD DEL NEGOCIO DE PLANTACIONES FORESTALES DE RÁPIDO CRECIMIENTO.	23
6.- BIBLIOGRAFÍA.	24

1. Introducción:

El sector forestal chileno representa alrededor de un 12 % del total de exportaciones de distintos sectores de la economía (de un total de US\$ 15396 millones FOB). El sector minero representa un 46 %, la industria un 32 % y el sector agropecuario y del mar un 10 %.

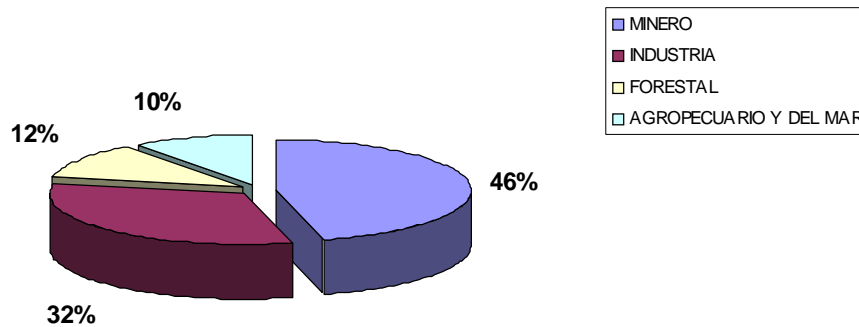


Fig. 1 EXPORTACIONES CHILENAS SEGÚN SECTORES DE LA ECONOMÍA 1996.

El año 1996 se reportó una corta de 22.938 millones de m³ de madera. De éstos, alrededor de un 90 % provino de especies de rápido crecimiento, principalmente *Pinus radiata* D. Don.

Actualmente, Chile posee una superficie de plantaciones de 2,1 millones de has, siendo las especie pino radiata (75 %) y eucaliptos (17 %), las más sobresalientes. Este importante patrimonio, ha contribuido a disminuir en forma significativa el impacto sobre el bosque nativo, fuente histórica de provisión de madera para el país.

Las plantaciones de especies de rápido crecimiento están contribuyendo, además, a intensificar el uso racional del recurso suelo, en una perspectiva de largo plazo.

Cabe hacer notar que, el boom forestal chileno se basó inicialmente en la existencia de ciertas “ventajas comparativas” (suelo y clima). No obstante, el ingreso paulatino hacia una economía abierta, ha oscurecido absolutamente la existencia de dichas ventajas, generándose un nuevo desafío, cual es el de tener ventajas competitivas.

Estas ventajas competitivas representan un nuevo desafío a los silvicultores, lo que en definitiva permita ingresar a nuevos mercados altamente exigentes. Este trabajo está principalmente orientado hacia la obtención del máximo potencial productivo en las distintas condiciones de suelo y clima, y manejando racionalmente los costos.

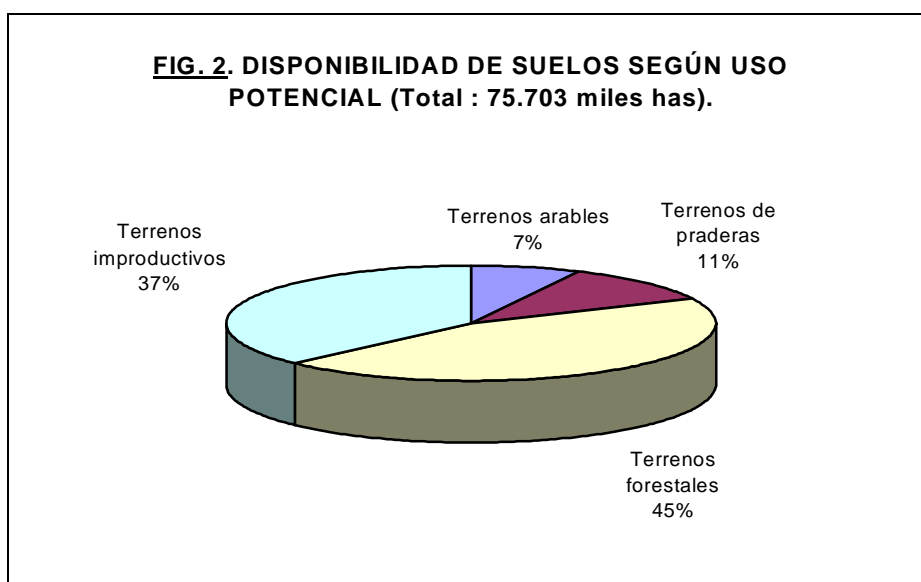
El presente documento intenta resumir el estado del arte en cuanto a los esfuerzos desplegados por la empresa Forestal Mininco S. A., para permitir una adecuada competitividad en la aldea global. Se hará una descripción de las principales actividades desarrolladas en plantaciones de pino radiata, eucalipto nitens y eucalipto globulus. Especial énfasis se tendrá en la aplicación del conocimiento científico disponible y de las nuevas técnicas y equipos desarrollados, para mejorar la productividad de las plantaciones.

2. Principales características de los suelos y clima de las áreas forestales de Chile

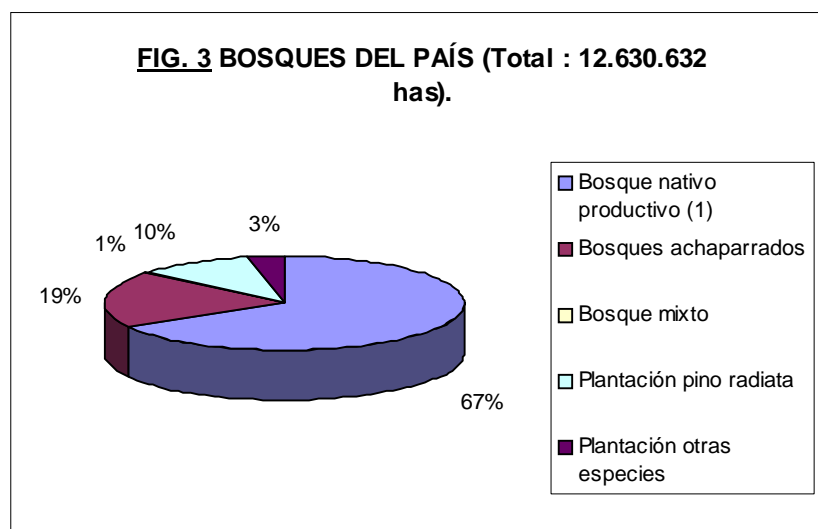
En general, las plantaciones de rápido crecimiento de Chile, destinadas a la producción de madera y o sus derivados, se localizan entre la V Región (Valparaíso, 33° latitud sur) hasta la X Región (Puerto Montt, 41°30' latitud sur), y desde Costa a Cordillera de los Andes. En esta distribución, existe una variedad de condiciones de suelo y clima, los que revisten un especial desafío para quienes están en este negocio.

Los suelos en donde se ha establecido las plantaciones provienen, usualmente, de cultivos agrícolas extensivos, con un excesivo laboreo y quema de residuos lo que, en muchos casos, ha eliminado los horizontes A y B, quedando expuesto el material parental. En otros casos, se ha establecido plantaciones en sectores de cerros, donde se ha debido disminuir el matorral existente, con un alto costo asociado.

Sólo en el último tiempo, parte de las plantaciones se han desplazado hacia lugares de mejores propiedades físico-químicas, tales como ex-praderas cercanas a la precordillera andina.



La disponibilidad de suelos forestales se encuentra de preferencia en sectores de secano, y con severos grados de erosión. Los terrenos improductivos corresponden esencialmente a las áreas desérticas del norte así como las altas cumbres cordilleranas.



(1) Se agrupó como "bosques nativos productivos" a los bosques adultos, renovales y bosque adulto-renoval.

Fuente de información: Catastro y evaluación de Recursos vegetacionales de Chile. Proyecto Conaf-Conama BIRF. 1997.

En las plantaciones, la especie pino radiata es la más relevante (1,6 mill has), seguidas por las del género eucalipto (0,3 mill has). Otras especies son el Atriplex, Tamarugo, Pino oregón, Álamo y Algarrobo.

2.1. Características generales de los suelos forestales

Los suelos en donde se localizan las plantaciones son de diversos orígenes, destacándose las siguientes agrupaciones (Schlatter, 1997):

Cuadro Nº 1. Características generales de las agrupaciones de suelos forestales.

Agrupación de suelos	Ubicación geográfica	Descripción	Factores limitantes
1.- Graníticos	Se localizan en la Cordillera de la Costa, entre Valparaíso (33º lat. sur) y Malleco (38º lat. sur).	Formados por material intrusivo altamente meteorizado y muy rico en cuarzo. Textura superficial arcillosa a arcillo-arenosa. Se distinguen dos tipos de suelos según su formación: in situ (lomajes y cerros) y depositacionales (erosión geológica de los anteriores).	Este tipo de suelos es muy frágil y en algunos casos presenta severa erosión. Presentan deficiencias de nitrógeno, fósforo y boro, así como de materia orgánica.
2.- Metamórficos	Se localizan principalmente en la zona occidental de la Cordillera de la Costa entre Cardenal Caro (34º30' lat. sur) y Osorno (40º30' lat. sur).	Formados por micaesquistos y pizarras. Textura superficial arcillo-arenosa a franca.	Presentan bajos niveles de materia orgánica en suelos erosionados. Las deficiencias más comunes son nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio.

3.- Cenizas volcánicas modernas (trumaos)	Se localizan en la precordillera de los Andes desde Santiago a Osorno, en la depresión intermedia de Malleco a Osorno y en la vertiente oriental de la Costa de Cautín a Osorno.	Formadas por cenizas volcánicas transportadas en forma eólica o aluvial; cubren diversos materiales como arenisca, gravas de ríos, conglomerados volcánicos, tobas volcánicas, rocas de esquistos metamórficos, sedimentos marinos, suelos rojo arcillosos y otros. De textura franca en la superficie, así como ciertos lugares de textura limosa (más recientes). De buena capacidad de retención de humedad, generalmente ricos en materia orgánica.	Las limitaciones más serias con la baja disponibilidad de fósforo, boro, magnesio y potasio. Asimismo, los altos niveles de aluminio activo generan una "fijación" del fósforo.
4.- Rojo arcillosos	Se localizan en forma interrumpida a través de la Depresión intermedia desde Talca (35°30' lat. sur) hasta Osorno, siendo más extensos en Malleco y Cautín (38°50' lat. sur). También se presentan en el faldeo oriental de la Cordillera de la Costa.	Formados a partir de cenizas volcánicas antiguas, puras o mezcladas con otros materiales, principalmente sobre conglomerados andesíticos y basálticos, tobas y brechas volcánicas altamente meteorizadas y compactados. Su textura es franco arcillosa a arcillosa.	Las limitantes más frecuentes son la escasa profundidad arraigable, baja capacidad de retención de humedad, bajos niveles de materia orgánica, deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio y boro. Tienen una alta susceptibilidad a la compactación.
5.- Sedimentos marinos.	Se ubican discontinuamente como terrazas en el litoral desde Cardenal Caro hasta Cautín.	Formados a partir de rocas sedimentarias, como antiguos fondos marinos. Su textura es franco arcillo arenosa en la superficie.	Las limitantes más frecuentes son: alto nivel de aluminio activo (fijación de P), deficiencia de fósforo. Alta susceptibilidad a la erosión.
6.- Arenales	Constituyen el cono aluvial del río Laja (37°15' lat. sur).	Formados por depósitos de materiales andesíticos y basálticos, que cubren diferentes materiales como: suelo rojo arcilloso, gravas fluvoglaciales y otros suelos más antiguos. De textura arenosa, a veces franco arenosa.	Muy baja capacidad de retención de humedad, generalmente muy pobre en materia orgánica, nitrógeno, potasio y boro. De drenaje interno rápido. En algunos sectores existe un nivel friático muy cercano a la superficie.
7.- Dunas litorales	Se ubican principalmente en el litoral de Maule, Concepción y Arauco, cubriendo una superficie de unas 70.000 has entre	Presentan características morfológicas, físicas y químicas similares a los suelos arenosos.	Sus limitantes son más pronunciadas que los suelos arenales, con excepción de las dunas enriquecidas con materia

	Valparaíso y Osorno.		orgánica.
8.- Aluviales	Se ubican ininterrumpidamente en la Depresión intermedia y vertiente oriental de la Cordillera de la Costa entre Santiago y Osorno, pero son de mayor extensión al norte de Curicó.	Formados por depósitos de materiales mixtos, en gran parte andesíticos y basálticos, sobre distintos sustratos. Su textura es desde arenosa hasta franca y arcillosa, siendo más fina en profundidad.	Son suelos de arraigabilidad y drenaje interno restringido.
9.- Pumiciticos	Se ubican muy discontinuamente entre Santiago y Linares por la parte occidental de la Depresión Intermedia.	Formados por antiguos depósitos de pumicitas y materiales de pómez. Suelos de profundidad delgada a moderada, textura arcillosa.	Frecuentemente con drenaje interno restringido.

10.- Sedimentos lacustres.	Se ubican en forma discontinua en la Depresión Intermedia desde Santiago hasta Malleco.	Formados a partir de sedimentos lacustres. De textura arcillosa, profundidad moderada, drenaje interno moderado a muy restringido.	Sus limitantes más frecuentes son la baja arraigabilidad y drenaje interno restringido.
----------------------------	---	--	---

El límite altitudinal para el establecimiento de plantaciones de pino radiata, con expectativas de alta productividad, serían los 700 m.s.n.m. El óptimo oscila entre los 180 y 400 m.s.n.m., en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. En las altas cumbres de esta cadena montañosa se aprecia una disminución de la productividad, principalmente asociado a una disminución de la temperatura y presencia de suelos muy poco profundos o con rocas parentales. Es frecuente en este caso la ocurrencia de heladas invernales. En la cadena costera, debido principalmente a la baja ocurrencia de heladas, el establecimiento de plantaciones de eucalipto globulus constituye una muy buena opción silvícola.

Hacia el este, luego se presenta una “sombra de lluvia”, en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, apreciándose una disminución de la pluviosidad, aumento del stress hídrico e incremento de las temperaturas. Asimismo, es frecuente la ocurrencia de heladas en el invierno. Estos suelos de tipo graníticos, generalmente están seriamente erosionados, con un alto grado de compactación, razón por la cual se hace necesario modificar su estructura. Un serio problema en estas condiciones están dadas por la gran presencia de matorral arbustivo, de difícil control mediante el uso de herbicidas. Preferentemente, en este tipo de condiciones se establece plantaciones de pino radiata.

En la depresión intermedia, se presentan distintos tipos de suelos, en la medida que nos desplazamos de Norte a Sur (desde Santiago a Puerto Montt). Los principales suelos aquí presentes son los aluviales, pumiciticos, sedimentos lacustres, arenales, rojo-arcillosos y volcánicos. Especial relevancia para el establecimiento de plantaciones de pino radiata son los suelos arenosos, rojo-arcillosos y trumaos. Sólo en estos dos últimos se establece plantaciones de eucalipto nitens, en forma armónica con pino radiata.

Los suelos volcánicos cercanos a la Cordillera de Los Andes presentan una alta productividad potencial dada la mayor ocurrencia pluviométrica con una mayor capacidad de retención de humedad. Preferentemente aquí se establece plantaciones de pino radiata y de eucalipto nitens, encontrándose

sus mejores expresiones en rendimientos en términos de m³/ha-año. Las dificultades en estos sitios las representan el número e intensidad de las heladas y, la alta presencia de malezas.

Hacia el sur, la disminución altitudinal de la Cordillera de la Costa, permite generar una condición climática más regular entre la costa y el valle central. Sólo la presencia de heladas invernales así como de la gran cantidad de malezas, representan el desafío prioritario para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de pino radiata, eucalipto globulus y eucalipto nitens.

2.2. Características climáticas en los suelos forestales

El clima circundante a las áreas prioritarias de establecimiento de plantaciones de pino radiata y eucaliptos, es muy variable, estando principalmente influido por la cercanía al Océano Pacífico y existencia del cordón cordillerano de la Costa. Sin embargo, un adecuado manejo de los factores críticos de desarrollo de plantaciones, han permitido establecer masas forestales económicamente interesantes.

El cuadro Nº 2 presenta las principales características climáticas de los suelos en donde se localizan las plantaciones forestales de Chile (Santibañez, 1993).

Cuadro Nº 2. Principales características del clima de las zonas forestales de Chile.

Suelos	Pluviosidad (mm/año)	Número de Heladas (1)	Nº meses secos	Temperatura media anual (°C)
1.- Graníticos.	700 - 1500	17 - 20	5 - 7	11 - 13
2.- Metamórficos.	1000 - 1500	14 - 20, variando con la mayor altitud	5	10 - 12
3.- Cenizas volcánicas modernas (trumaos).	1400 - 2100	40 - 60, variando con mayor altitud	5	10 - 12
4.- Rojo arcillosos.	1200 - 1800	30 - 60	5 - 7	11.5 - 12.5
5.- Sedimentos marinos.	1100 - 1600	10 - 14	4 - 5	11 - 13.5
6.- Arenales.	800 - 1100	30 - 50	5 - 7	12 - 13.5
7.- Dunas litorales.	1100 - 1600	10 - 14	4 - 5	11 - 13.5
8.- Aluviales.	600 - 800	15 - 20	5 - 7	12 - 14
9.- Pumicíticos.	750 - 850	30 - 50	5 - 7	13 - 14.5
10.- Sedimentos lacustres.	700 - 900	35 - 50	5 - 7	12 - 13.5

(1) Se considera helada cuando la temperatura baja los 0 °C.

Fuente : Atlas agroclimático de Chile. Santibañez. 1993.

Sumado a lo anterior, en muchos casos se aprecia un marcado déficit entre la pluviosidad y la evapotranspiración potencial, es en estos casos cuando se presenta una disminución de la productividad de plantaciones.

Los mejores indicadores de productividad (m³/ha-año) están asociados a la cercanía al Océano Pacífico y en la Pre-cordillera andina. De Norte a Sur, se aprecia un incremento pasado los 37° de latitud sur, esto asociado a una paulatina disminución del stress hídrico estival.

El límite pluviométrico para las plantaciones de pino radiata estaría cercano a los 700 mm/año. Lamentablemente, en muchos casos el severo stress estival dificulta el crecimiento y desarrollo de las plantaciones.

3. El proceso silvícola en Forestal MININCO S. A.

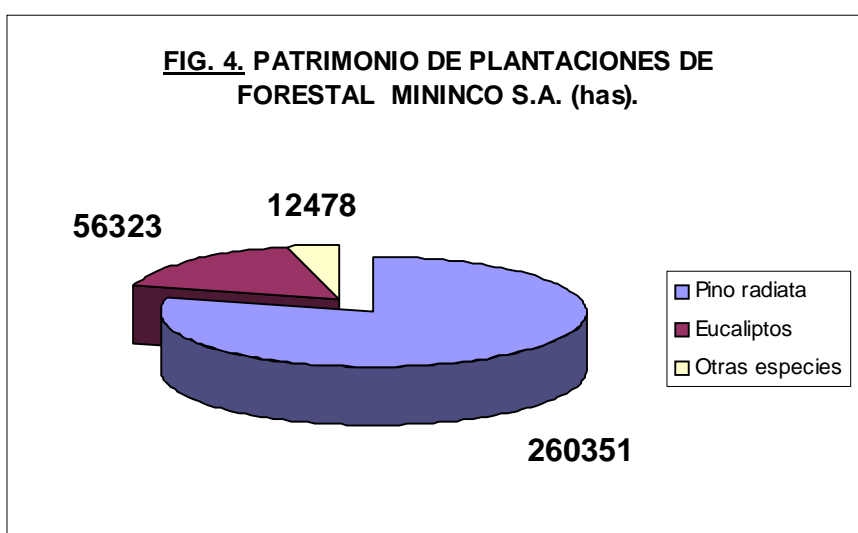
Forestal Mininco S. A. corresponde a la División Forestal de CMPC (Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones), siendo la segunda compañía forestal más grande de Chile.

3.1. *Negocio silvícola, organización y recursos existentes*

El negocio forestal de CMPC, está basado en abastecer, principalmente a dos tipos de clientes: las fábricas de celulosa y sus derivados y, aserraderos y plantas de remanufactura. Parte de la materia prima (rollizos) o se exportan directamente o se venden a otros clientes chilenos.

El patrimonio total de suelos de Forestal Mininco S. A. alcanza las 508.000 has, de las cuales un 65 % está utilizado con plantaciones.

Alrededor de 94.000 has están cubiertas por bosques nativos, los que por el momento no están siendo intervenidos, con excepción de algunos estudios de manejo de renovales de roble y raulí.



3.2. Proceso silvícola

Gráficamente, el proceso de producción de madera se puede presentar como una cadena secuencialmente conectada, donde cada uno de los eslabones representa una actividad a realizar en forma exitosa, para poder continuar con la secuencia lógica de las operaciones. De no ser así, al romper una parte de la cadena, se complica el éxito de la totalidad de las operaciones.

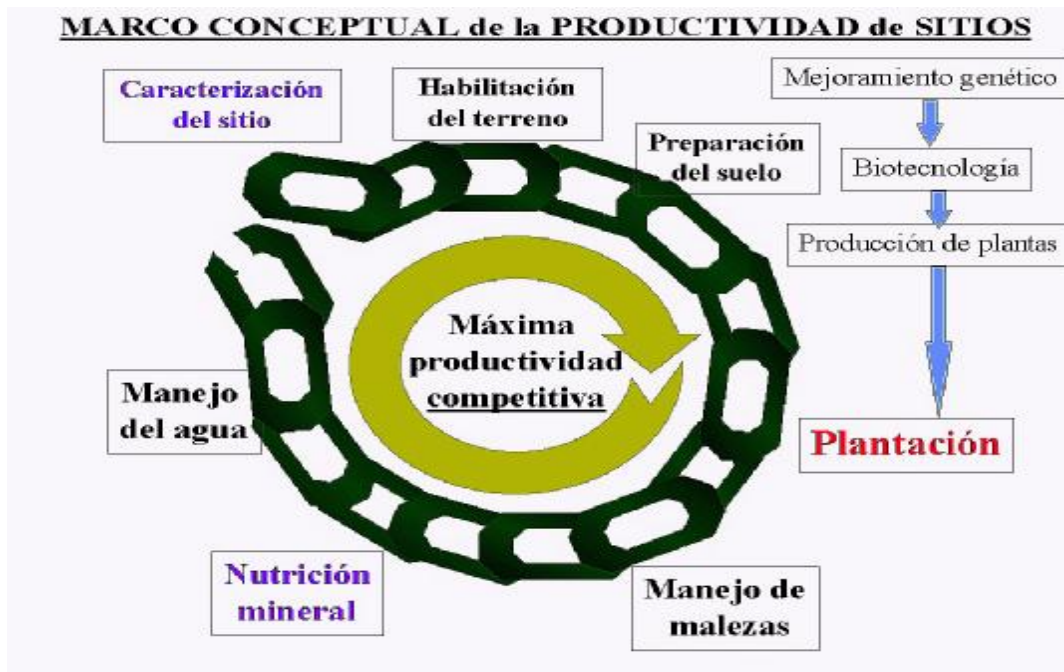


Fig. 5. Representación esquemática de actividades tendientes a mejorar la productividad de los sitios forestales.

El proceso silvícola está orientado hacia la obtención del máximo diferencial entre el potencial productivo de las plantaciones y, sus costos involucrados. Para esto, las diversas tareas abordadas por el área silvícola de la empresa están orientadas hacia:

a) Aumento de la productividad.

- Mejoramiento genético.
- Producción y transporte de plantas.
- Plantación.

- Manejo de desechos.
- Preparación de suelos.
- Control de malezas.
- Fertilización al establecimiento o post-raleo.
- Manejo de agua.

b) Reducción de las pérdidas de plantaciones:

- Protección contra plagas y enfermedades.
- Protección contra incendios.

3.2.1. ACTIVIDADES TENDIENTES A MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PLANTACIONES FORESTALES.

En general, las actividades silvícolas están orientadas hacia el manejo económico de los factores de sitio, esto es, lograr disminuir el impacto negativo en la productividad, de las distintas restricciones que presenta un sitio hacia el logro del máximo potencial de crecimiento de las plantaciones.

La siguiente figura presenta un esquema de categorización de los factores de sitio a ser manejados para el mejoramiento de la productividad de plantaciones.

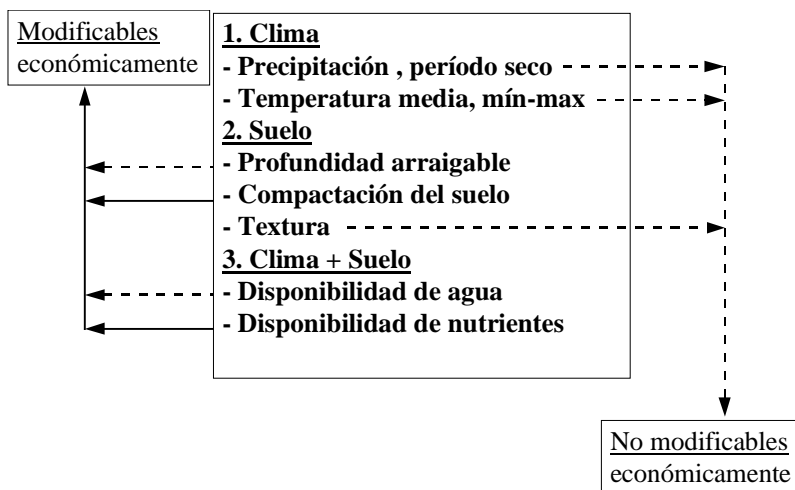


Fig. 6. Categorización de factores de sitio a ser manejados para mejorar la productividad de las plantaciones.

A continuación se detalla brevemente algunos de los aspectos considerados en el desarrollo operacional del cultivo de plantaciones.

a.- CARACTERIZACIÓN DEL SITIO FORESTAL:

Esta actividad consiste en identificar en las distintas condiciones de suelo y clima, todos aquellos factores de sitio que son limitantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas y, su posterior priorización. Conocido esto, es posible iniciar las actividades de prescripción de las operaciones, desde la selección de la especie a forestar y/o reforestar hasta los controles de malezas a efectuar.

b.- ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES:

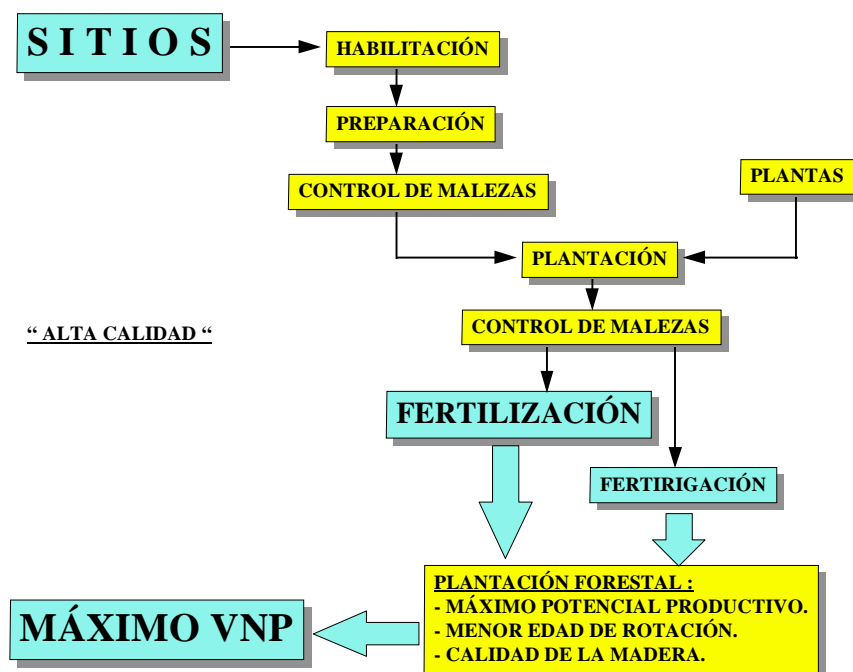


Fig. 7. Esquema general de faenas operativas a realizar en el establecimiento de plantaciones.

b.1.- ACTIVIDADES PREVIAS A LA PLANTACIÓN:

• **Habilitación de terrenos para plantar:**

En los últimos años, se ha privilegiado el uso de maquinaria pesada para el manejo de desechos (matorrales y/o desechos de cosecha) en vez de las quemas realizadas con frecuencia en el pasado. Esta estrategia se basa en varios estudios realizados en Chile (Proyecto EULA - U. de Concepción, ensayos propios y estudios australianos), los que indicaban los efectos negativos de esta faena, en los distintos suelos. Principalmente se reporta las pérdidas de nitrógeno (Nambiar, 1995) y azufre. Además, en suelos graníticos, con la quema se genera el fenómeno de “laterización”, el cual contribuye a acelerar el proceso erosivo por el agua de las lluvias.

Cuadro Nº 3. Opciones de maquinaria utilizada.

Condición	Tipo maquinaria	Accesorio	Rendimiento	Comentarios
1.- Reforestación terrenos planos.	- Supertruck.	- Rodillo Marden.	- 1.2 - 1.5 horas/ha	- Sólo en arenas
2.- Forestación y Reforestación terrenos > 30 % de pendiente.	- Excavadora. - Manual	- Tridente.	- 3 horas/ha - 8 - 14 jornadas/ha	- Fajeo mecanizado a 15 - 30 m de ancho. - Se realiza en sectores de difícil

				acceso.
--	--	--	--	---------

Cuando se emplea excavadora los costos varían entre 120 - 150 US\$/ha. El fajeo manual varía entre 100 - 150 US\$/ha.

En algunos casos, en la medida que la cantidad de desechos sea despreciable, se opta sólo por realizar la preparación de suelos.

Cuando se está en presencia de un terreno con matorrales, la idea es eliminar este material mediante el empleo de excavadora o simplemente, desbrozadoras de uso manual. La limitante de esta última faena está dada por el diámetro (< 4 cm).

- **Preparación de suelos:**

Dado el uso anterior de los suelos en donde hoy se cultiva pino radiata o eucaliptos, con un historial de prácticas de manejo extensivo, hoy es normal encontrar suelos altamente compactados, lo que impide un rápido desarrollo del sistema radicular de las plántulas, y evita la mayor retención de humedad para los períodos estivales. Es necesario entonces, aplicar maquinaria tendiente a romper las estratas compactadas ("pie de arado") o simplemente generar una área de cultivo para cada nueva planta.

Cuadro Nº 4. Opciones de maquinaria utilizadas.

<i>Condición</i>	<i>Tipo maquinaria</i>	<i>Accesorio</i>	<i>Rendimiento</i>
1.- Reforestación terrenos planos.	- Supertruck. - Bulkdozer D-6 o D-7 - Tractor agrícola.	- Ripper alado (80 cm profundidad) y rastra Savannah (c/mounding). - Idem sin mounding. - Subsolador a 40 cm. de profundidad.	- 1 - 1.6 horas/ha - 0.9 - 1.4 horas/ha
2.- Reforestación y Forestación terrenos > 30 % de pendiente.	- Excavadora.	-Tridente.	- 3.5 - 4.2 horas/ha

- **Control de malezas pre-plantación:**

En función del tipo, cobertura (> 30 %) y altura (> 10 cm) de las malezas.

Cuadro Nº 5. Opciones de control de malezas pre-plantación.

Tipo malezas	Especie forestal	Producto	Dosis	Oportunidad
Herbáceas	Eucaliptos	- Glifosato (48 %) - Galactic - Simazina (90 %)	- 3 - 6 lt pc/ha - 70 cc/100 lt agua - 2 -3 kg pc/ha	Lo más cercano posible a la plantación.
Herbáceas	Pino radiata	- Glifosato (48 %) - Galactic - Triazina (90%). Ej. Atrazina	- 3 - 6 lt pc/ha - 70 cc/100 lt agua - 2- 4 lt pc/ha.	Lo más cercano posible a la plantación.
Arbustivas	Pino radiata y/o eucaliptos	En función malezas existentes: Opciones : - Glifosato. - Metsulfurón-metil.	Según prescripción. - 4 - 6 lt pc/ha - 130 - 170 gr/ha - 2 % - 8 %	En función de la residualidad de los herbicidas. Glufosinato de amonio de ha probado exitosamente para el control de regeneración de pino

		- Glufosinato de amonio		radiata.
--	--	-------------------------	--	----------

- **Extracción, almacenamiento y transporte de plantas:**

Esta etapa está marcada por el riguroso control de calidad de las plantas, así como de los cuidados que se debe tener en la extracción (evitar daño a raíces), almacenamiento (evitar exposición al viento y al sol) y transporte. En definitiva, el objetivo es que la planta no demore más allá de 24 horas desde que sale del vivero, hasta el lugar de plantación.

Respecto a indicadores de calidad de plantas, se utiliza algunos de tipo morfológico (diámetro de cuello, altura, longitud de raíces) y otros de carácter fisiológico (potencial hídrico, potencial de crecimiento radicular, conductividad electrolítica, entre los principales). En ambos casos, el objetivo es obtener plantas de la más alta calidad para las futuras plantaciones.

Un estudio desarrollado por Mininco (1997) encontró una estrecha relación entre el potencial hídrico y sobrevivencia inicial y crecimiento de plantas de pino radiata. Bajo -0,5 Mpa de potencial hídrico existe un efecto negativo sobre el potencial de crecimiento radicular.

La producción de plantas actualmente se concentra en tres viveros, con una cantidad que supera los 27 millones de plantas anualmente.

En pino radiata se está privilegiando la producción vía cuttings (asexual), lo que permite reproducir de mejor forma el material genético mejorado. En eucalipto se trabaja con semillas de huertos semilleros.

El cultivo de plantas en vivero se realiza a raíz desnuda para pino radiata y en contenedores para eucaliptos nitens y globulus. Actualmente se está desarrollando algunas experiencias para producir plantas de eucaliptos a raíz desnuda.

Gran parte de los contenedores tiene un tamaño de 135 cc.

b.2.- PLANTACIÓN:

Anualmente, Forestal Mininco S. A. planta una superficie promedio de 22.000 has. Cabe hacer notar que, de éstas sólo 8.000 has corresponden a reforestaciones. Esta misma proporción se mantiene a nivel de país, es decir, por cada hectárea cortada, se plantan entre 3 - 4.

Época de plantación:

La oportunidad de plantación tiene relación con la disminución del estrés generado en las plantas, producto de las sucesivas etapas iniciadas en la extracción en el vivero. El objetivo es no someter a las plantas en forma excesiva al estrés, disminuyendo los tiempos y, manteniendo condiciones de almacenamiento y transporte óptimos (evitar ventilación, exposición al sol, evitar exposición a heladas, etc.).

En general, se ha medido de que el sistema radicular de las plantas se incrementa significativamente con temperaturas del suelo sobre 10° C. Con este tipo de datos es posible precisar el momento de plantación. En nuestras condiciones, la temperatura del suelo se incrementa a partir de mediados de agosto.

Plantación :

Esta faena, altamente crítica, está orientada a lograr una rápida “comunicación” entre el suelo y el microsítio adyacente, de manera tal de obtener un gran crecimiento inicial. Sin duda de que la preparación del suelo contribuye a facilitar esta faena, evitando que las raíces de las plantas queden inclinadas, lo que además es crítico al momento de soportar los vientos invernales.

Cuadro Nº 6. Densidad actual de plantación pino radiata y eucaliptos.

Pino radiata		Eucaliptos	
<i>Densidad (árb/ha)</i>	<i>Espaciamiento (m x m)</i>	<i>Densidad (árb/ha)</i>	<i>Espaciamiento (m x m)</i>
600 - 800	4 X 4, 3.5. X 3.5	1250 - 1429	4 x 2
800 - 1000	4 x 3,13, 5 X 2, 4 X 2.5	1000 - 1250	(4 x 2,5), (4 X 2,25), (3,5 X 2,5) o (3,16 X 3,16), (4X2)
1000- 1250	(4 x 2,5), (4 X 2,25), (3,5 X 2,5) o (3,16 X 3,16), (4X2)	-	-

Para los mejores sitios, en el caso de pino radiata, se privilegia la plantación de bajas densidades (600 - 800 pl/ha), cuyo destino es madera libre nudos (300 árb./ha al final de la rotación, 23 años).

En el caso de eucaliptos, el destino es madera pulpable y se busca el mejor aprovechamiento del sitio, sólo restringido por el costo. La edad de rotación económica oscila entre los 12 y 14 años.

La técnica de plantación clásica corresponde al empleo de la pala neozelandesa. En algunos casos de plantaciones de eucaliptos, se emplea la máquina fertiplantadora, cuyo rendimiento es de alrededor de 8 - 12 has/jornada.

Para el caso de la plantación manual, los rendimientos oscilan entre 400 plantas/jornada-hombre hasta los 800 plantas/jornada-hombre. La variación se genera producto de la pendiente del sitio, del estado de preparación, etc. En este punto aún es posible incrementar la productividad, dado que en Nueva Zelandia y Australia, los rendimientos superan las 1000 plantas/jornada-hombre en promedio.

b.3.- ACTIVIDADES POSTERIORES A LA PLANTACIÓN:

i) Año 0:

Control de malezas post-plantación:

Por definición, las malezas corresponden a aquellas plantas que compiten por luz, agua y nutrientes, con el cultivo de interés. Siempre las malezas son más eficientes en cuanto al desarrollo radicular, resistencia a estreses (heladas, sequía y altas temperaturas), por lo que su impacto en la productividad es significativo.

En un escenario crítico de disponibilidad de recursos, el control de malezas es la última faena que se puede postergar. No controlar malezas no sólo implica pérdidas de crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que definitivamente la temprana muerte de estas.

La superficie y el período a mantener libre de malezas ha sido estudiado por Adams (1995), Izquierdo (1996) y Venegas (1996, 1997), lo que ha permitido definir esquemas para distintos sitios. Para el caso de pino radiata, la mejor opción en cuanto a la relación beneficio/costo es la de bandas de 2 m de ancho. La única excepción la constituyen los suelos arenosos del valle central donde, dadas sus limitaciones en cuanto a la retención de humedad, se hace necesario realizar un control al 100 % de la superficie. Esta estrategia se mantiene hasta el año 1 después de plantado.

Hasta el momento, en el caso de plantaciones de eucaliptos, la estrategia ha sido mantener libre de malezas el 100 % de la superficie durante los dos primeros años de edad (hasta el cierre de copas). Es posible que a futuro, este esquema se asimile a lo realizado en pino radiata.

Cuadro N° 7. Opciones de control de malezas post-plantación.

Tipo malezas	Especie forestal	Producto	Dosis	Oportunidad
Herbáceas	Pino radiata	<u>1.- Herbicidas suelo activo:</u> a) Velpar (90%). b) Velpar (90 %) + - Triazina (90 %) <u>2.- Herbicidas al follaje:</u> <u>2.1.- Hoja angosta (+surfactante):</u> - Galant plus - H1 2000 <u>2.2.- Hoja ancha:</u> - Lontrel - Garlón <u>3.- Herbicidas no selectivos (con protección):</u> - Roundup (48 %).	- 2 - 3 kg pc/ha - 2 - 3 kg pc/ha - 2 - 3 kg pc/ha - 1.5. - 2.5 lt pc/ha - 1.5 - 2.5 lt pc/ha - 1 - 2 lt pc/ha - 0.5 lt pc/ha 3 - 5 lt pc/ha	En época de lluvias (antes 18/) Altura malezas > 10 cm
Herbáceas	Eucaliptos	<u>1.- Herbicidas suelo activo:</u> a) Simazina (90%). <u>2.- Herbicidas al follaje:</u> <u>2.1.- Hoja angosta (+surfactante):</u> - Galant plus - H1 2000 <u>3.- Herbicidas no selectivos (con protección):</u> - Roundup (48 %).	- 2 - 3 kg pc/ha - 1.5. - 2.5 lt pc/ha - 1.5 - 2.5 lt pc/ha 3 - 5 lt pc/ha	Utilizar la menor dosis si se aplicó en pre-plantación. En época de lluvias (antes 18/) sin malezas presentes.
Arbustivas	Pino radiata y/o eucaliptos	- Garlón. - Roundup (48 %).	- 0.5 lt pc/ha - 3 - 5 lt pc/ha	Sólo pino Con protección

pc = producto comercial.

Velpar no se utiliza en suelos arenosos o con bajos niveles de materia orgánica (< 4 %).

Manejo nutricional:

Esta etapa del proceso es crítica, dado que, para que sea exitosa, dependerá también del éxito de las actividades precedentes. Es así que, la calidad de la planta (y su manejo post-vivero), la preparación de suelos y el control de malezas, constituirán el elemento detonante del aumento en la productividad de las plantaciones.

El siguiente diagrama resume la estrategia seguida en fertilización de plantaciones por Forestal Mininco S.A.

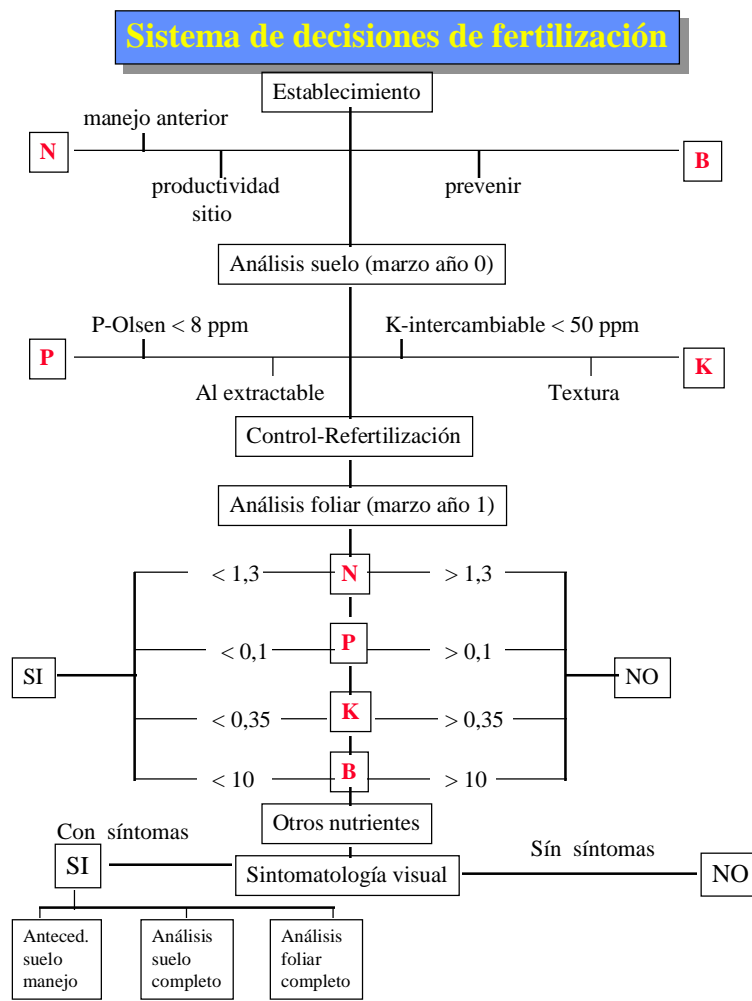


Fig. 8 Estrategia de fertilización de plantaciones.

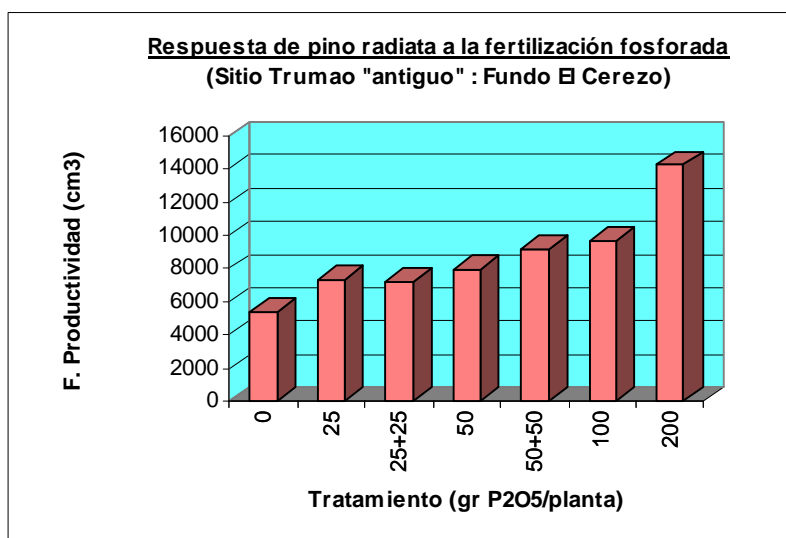
Fertilización al establecimiento.

Con un buen conocimiento del historial de los sitios, así como de los resultados de las experiencias empíricas, es posible establecer un adecuado balance entre la oferta del sitio, la demanda del cultivo y la eficiencia de la fertilización. Una vez conocidas estas variables, entonces es posible determinar la dosis, fuente y oportunidad de la fertilización.

En Chile, dada las características de nuestros suelos, existen problemas deficitarios con los elementos fósforo, nitrógeno y boro, principalmente.

Las distintas prescripciones operacionales de fertilización se basan en estudios realizados para tales propósitos. El caso de un área ubicada en suelos de origen volcánico presenta una clara respuesta a la fertilización fosfatada (Superfosfato triple). Este suelo presentaba un nivel inicial de 1 ppm P-Olsen y 1030 ppm de Aluminio extractable.

Hasta la fecha, los ensayos de campo, aparte de la respuesta positiva al fósforo, presentan incrementos en productividad de entre un 15 - 30 % para la fertilización nitrogenada en suelos arenosos, de un 20 % para la fertilización bórica. No se ha encontrado respuesta significativa al potasio.



Fuente : Proyecto Fertilización de pino radiata Formin - UC (1998)

Fig. 9. Efecto de la fertilización fosfatada en el crecimiento inicial (31 meses de edad), en un suelo volcánico reciente.

A pesar de los resultados promisorios a la fecha, la fertilización de plantaciones es un tema aún en desarrollo. Aspectos como las tasas de mineralización de nitrógeno en distintos sitios, eficiencia en el uso de nutrientes de distinto material genético están hoy en la carpeta de nuevos proyectos.

Manejo hídrico:

Sólo en suelos planos (< 10 % de pendiente) y en donde se tiene “derechos de agua”, la empresa está desarrollando una estrategia de riego de plantaciones de pino radiata y eucaliptos. Los ensayos acerca del tema han mostrado que al aplicar en forma periódica la cantidad equivalente a un 75 % de la evaporación de bandeja, presenta el mejor resultado en productividad.

Operacionalmente, por razones de costo, sólo se realiza aplicación de agua mediante ductos paralelos a las líneas de plantación. Este tema está en proceso de ser mejorado.

Respecto a este tema, autores australianos como Nambiar (1995), indican que es posible mejorar la productividad de plantaciones de pino radiata, a volúmenes periódicos sobre 56 m³/ha-año (entre los 9 y 13 años de edad), al aplicar en forma combinada agua y nutrientes.

Cuando se trata de presencia de exceso de agua, se ha privilegiado la generación de redes de drenaje (mediante Bulldozers), para evacuar las aguas y proceder a la plantación de estos suelos. En otros casos se planta especies alternativas como *Populus sp.*

ii) Año 1:

- Control de malezas: En función del tipo, cobertura y altura de las malezas, se continúa con el control en banda de 2 m de ancho.
- Fertilización : En eucaliptos, se aplica principalmente nitrógeno, en dosis de 50 gr N/planta.

iii) Año 2:

- Control de malezas:

Pino radiata: Este sólo se hace en casos de presencia de malezas arbustivas (cerros), y se emplea principalmente Roundup (48 %) (3 - 5 lt pc/ha) y Garlón (0,5 kg pc/ha). En este caso sólo se realizan “desmanches” de áreas no controladas anteriormente. Ambos productos se aplican con protección.

Eucaliptos : En este caso sólo se realizan “desmanches” de áreas no controladas anteriormente. Para esto se utilizan los productos Roundup 48 % (3 - 5 lt pc/ha) y Simazina 90 % (2- 3 kg pc/ha). El Roundup se aplica con protección.

c.- MANEJO DE PLANTACIONES ESTABLECIDAS:

Las actividades de manejo posterior al establecimiento de plantaciones (“post cierre de copas”), está orientado a maximizar el valor de los productos finales a obtener del bosque. De esta forma, según las características de cada sitio, se establece un esquema diferenciado. Este esquema parte en la etapa de planificación de las nuevas plantaciones, no obstante, será finalmente un muestreo de asignación de manejo (4 -5 años de edad), el que precisará el destino final del rodal.

Básicamente se distinguen dos tipos de faenas orientadas a producir maderas aserrables, ya sea con nudos o sin nudos (clear).

c.1.- Podas:

En general, las podas se orientan hacia aquellos mejores sitios, siendo el indicador Índice de sitios (altura promedio de los 100 árboles más altos del rodal, a los 20 años de edad), lo que en definitiva precisa la toma de la decisión final. Se privilegia trabajar en manejo intensivo con un Índice de sitio mayor a 28 m.

Esta operación está basada en los conceptos: severidad de poda, es decir, dejar una copa residual de al menos 4.5 m y un DOS objetivo (diámetro sobre el área cicatrizada) de 15 cm.

Un esquema intensivo involucra una primera poda de 700 árb./ha, seguida de podas 2 y 3 de 400 árb./ha, para terminar en una cuarta poda en 300 árb./ha. La altura final de poda variará, en función del índice de sitio, entre 5,5 a 7,9 m.

Este tipo de faenas se realiza en forma manual, con serruchos cola de zorro, tijerones, etc.

c.2.- Raleos:

Esta faena va conectada a la poda. Se distingue dos tipos de raleos:

- Desecho : en este caso no se extraerá la madera para uso comercial, dejando este material para su descomposición en el piso del bosque. Este tipo de raleo se realiza a una edad de entre 4,5 a 6 años.
- Comercial : en este caso se produce madera cuyo destino son las fábricas de celulosa. Este tipo de raleos se realiza a una edad de entre 10 a 12 años de edad. El volumen a obtener variará entre 35 a 45 m³/ha, en función de las características productivas del sitio.

Los raleos a desecho se realizan en forma manual y los raleos comerciales, siempre y cuando las condiciones topográficas lo permitan se realiza en forma mecanizada, ya sea con equipos terrestres (harvesters) o aéreos (torres de madereo).

3.2.2. Actividades tendientes a proteger las plantaciones forestales

a.- Protección contra plagas y enfermedades forestales.

La presencia de agentes patógenos contribuye a reducir las ganancias obtenidas por la silvicultura intensiva. De esta forma, se trata de adelantarse a los daños y generar una estrategia de control integrado, esto es, control biológico, mecánico y químico.

Cuadro Nº 8. Principales plagas forestales presentes en Chile.

Especie forestal	Plaga actual	Severidad de ataque	Estrategia de control
<i>Pinus radiata</i> D. Don	- <i>Rhyacionia buoliana</i> (Polilla del brote). - <i>Shaeropsis sapinea</i> - <i>Dothistroma pini</i> - <i>Phytophthora cinnamomi</i> .	- Importante - Leve - Importante (1) - Importante	- Integrado. - Mej. genético - Químico. - Químico.
<i>Eucalyptus nitens</i> Maiden	- <i>Chilecomadia valdiviana</i>	- Mediano.	- Raleos sanitarios.
<i>Eucalyptus globulus</i> Moll	- <i>Phoracantha semipunctata</i> .	- Leve.	- Árboles cebo. - Raleos sanitarios.

(1) Sólo en el sur del país.

En la especie pino radiata, existen otras plagas potenciales, las que están en forma permanente siendo prospectadas. Las principales son:

- *Hilurgus ligniperda* (ataca desechos de pino radiata y plantas jóvenes).
- *Hylastes hater* (idem).
- *Ormiscodes cinnamomi*. (se presenta en forma aislada en algunos rodales).

- *Sirex sp.* : Aún no se encuentra el país, pero se está preparando el personal para trabajar con *Deladenus siricidicola*.

En el caso de eucalipto globulus, *Gonipterus sp.* se presenta como una plaga potencial. Para este caso, se está trabajando desde ya.

Productos químicos se aplican mediante aeronaves (principalmente helicópteros) y equipos terrestres (bombas de espalda).

Este año se hará 26.000 has en aplicaciones químicas, principalmente para control de *Rhyaciona buoliana*. Productos a utilizar: Karate (30 cc/ha) y Mimic (200 cc/ha) + Citoliv (1 lt/ha). La mezcla total debe ser de unos 5 lt/ha.

b.- Protección contra incendios forestales.

Forestal Mininco S. A. destina alrededor de 3 millones de US\$ para la prevención, detección y combate incendios forestales cada año. La estrategia está destinada principalmente hacia la prevención y en caso de que se presente algún foco, la idea es atacarlo al instante. Para esto se dispone de personal y recursos terrestres y aéreos altamente especializados.

En los últimos años, a pesar de los años secos, la superficie dañada por incendios ha ido en disminución, esto a pesar de que el número de focos tiende a mantenerse en un.

c.- Protección contra daño de viento.

Este tipo de daños, ha aparecido en los últimos años, al parecer como consecuencia del mayor crecimiento inicial de las plantas, fruto de la aplicación de técnicas modernas de silvicultura.

Dentro de la bibliografía, este tipo de daños fue reportado en Nueva Zelanda en el año 1987. Se denomina toppling. Este daño se generó debido a algunos ciclones que afectaron la Isla del Norte de ese país.

A la fecha, la estrategia para solucionar este tipo de problemas va por la vía de mejorar la técnica de plantación (evitar la raíz doblada) y el uso de material genético de mejor enraizamiento (cuttings).

4. Evaluaciones de operaciones silvícolas

Dada la envergadura de las inversiones realizadas en la silvicultura de especies de rápido crecimiento, se hace necesario el contar con los mecanismos de carácter técnico - económico para evaluar los resultados de dichas operaciones.

Especialmente exitoso ha resultado ser la instauración de los muestreos denominados Evaluación de plantaciones establecidas (EPES), realizados a las edades de 1 - 2 años. En este muestreo, se evalúa la supervivencia inicial y un índice de productividad (diámetro de cuello \times altura de las plantas). Asimismo, se obtiene indicadores de dispersión de resultados, asociados a condiciones específicas de sitios. Esta herramienta apoya, además, la medición de la gestión desarrollada en el año inmediatamente anterior.

Posteriormente, se realizan otro tipo de muestreos, en forma posterior a las faenas de poda y raleos.

En todos los casos, esta herramienta ha logrado internalizarse como un apoyo a la gestión de las distintas personas a cargo de la planificación, ejecución y control de las operaciones. Asimismo, se utiliza como retroalimentación para mejorar las posteriores prescripciones.

5. Desafíos futuros

Pronto, una vez que se logre mejorar los estándares de calidad en las faenas “básicas” de plantación, control de malezas y fertilización, se estará entrando en el área de las tasas marginales de crecimiento, por lo que será más difícil obtener ganancias en productividad que sean significativas. Para esto, los siguientes aspectos son prioritarios:

5.1. *Transferencia de tecnología:*

El aspecto más importante para la obtención de plantaciones de alta productividad y calidad, son las personas responsables de actuar en cada una de las partes del proceso. Resulta fundamental, entonces, generar todos los mecanismos posibles para que las personas internalicen conceptos y logren ejecutar a cabalidad las faenas. Esto es, desarrollar las actividades encomendadas con un alto estándar de calidad, en el primer intento.

El personal de las empresas de servicios debe ser incorporado como parte relevante del proceso, estableciendo una especie de “sociedad estratégica”.

5.2. *Eficiencia en las operaciones:*

A pesar de que se ha logrado a la fecha superar los históricos problemas presentados por la baja supervivencia inicial de las plantas, alcanzando a la fecha estándares superiores a un 90 %, existe una fuerte dispersión en los resultados, lo que amerita un esfuerzo adicional en la capacitación del personal a cargo de la ejecución de las faenas. Algunas medidas de control muy cercanas a la operación han resultado ser exitosas.

5.3. *Fertilización post-establecimiento*

Al intervenir un rodal (raleos), se altera significativamente los equilibrios existentes en el rodal, incrementándose nuevamente la demanda de nutrientes, dada la mayor actividad fotosintética de la copa, por lo que es necesario nuevamente suministrar el déficit presente.

La ventaja que tiene este tipo de faenas, es el menor impacto financiero asociado, dado que se requiere un menor número de años para recuperar la inversión. En función de las características de las plantaciones y del suelo en el que se desarrollan, en general los estudios tienden hacia la aplicación combinada de nitrógeno y fósforo como elementos principales.

Este tema está siendo hoy abordado mediante la instalación de algunos ensayos en distintos sitios. En el sur este de Estados Unidos (Carolina del Norte), Australia y Nueva Zelanda, las experiencias hasta la fecha han sido exitosas.

5.4. *Sustentabilidad del negocio de plantaciones forestales de rápido crecimiento*

Este tema es urgente de abordar, por el fuerte impacto de las operaciones de cosecha y establecimiento de plantaciones. Un logro ha sido el disminuir las quemadas, sin embargo, el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes está bajo constante revisión. En definitiva, la idea es mantener la productividad del recurso suelo en el largo plazo.

No obstante el aporte benéfico que plantean las plantaciones comerciales (captura de CO₂, aporte de oxígeno), en muchos casos existe una presión por el uso del agua. En este sentido, la meta de los silvicultores es llegar a un equilibrio en el uso del agua, tanto para riego, consumo humano y para las plantaciones forestales.

Otro desafío lo constituye el utilizar las aguas servidas de las ciudades, para el riego de plantaciones. Se transforma de este modo un problema (polución) en una oportunidad (mejorar la productividad de plantaciones). Numerosas experiencias australianas, neozelandesas y norteamericanas están dando luces en esta dirección.

6. Bibliografía

Adams, P. and Dutkowski, G. 1995. Radiata Pine Growth Response to Pattern of Weed Control in South Australia.

Balneaves J., Christie M. 1992. Long-term Growth Response of radiata Pine to Herbaceous Weed Control at Establishment.

Dalla-Tea F., Jokela E. 1993. Needlefall, Canopy Light Interception, and Productivity of Young Intensively Managed Slash and Loblolly Pine Stands.

Forest Research Institute. 1987. Derribamiento de pino insigné. En: What's new in forest research.

Forestal Mininco S.A. 1994. Almanaque de establecimiento de plantaciones. Versión 1.0.

Forestal Mininco S.A. 1995. Proyecto : Aplicación de Silvicultura Integrada en Plantaciones de *Pinus radiata* (D.Don) y *E. nitens*. Informe de Resultados del Primer Año.

Forestal Mininco S.A. 1997. Antecedentes de mejoramiento de la productividad de sitio a través del uso de silvicultura intensiva. Revisión bibliográfica.

Forestal Mininco S.A. 1997. Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diferentes potenciales hídricos. Informe Técnico Interno N° 97-1.

Instituto forestal. 1996. Informe técnico N° 50. Estadísticas forestales 1996.

Mason E., South D., Weizhong Z. 1995. Interaction Among Seedling Grade, Weed Control, and Soil Cultivation for *Pinus radiata* in the Central North Island of New Zealand.

Nambiar, E. K. Sadanandan. 1995. Relationships between water, nutrients and productivity in Australian forests: Application to wood production and quality.

Proyecto CONAF-CONAMA-BIRF. 1997. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Universidad Austral de Chile-Pontificia Universidad Católica de Chile-Universidad Católica de Temuco.

Richardson B., Vanner A., et al. 1995. Competitive Influence of Weed on Radiata Pine Growth.

Santibañez, F. y Uribe, J. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio de agroclimatología. Departamento de Ingeniería y suelos.

Schlatter, J., Gerding, V. y Adriazola, J. 1997. Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicada a las regiones VII, VIII y IX. 2ª edición. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Serie Técnica. Valdivia-Chile.

What´s New in Forest Research. Nº 220. 1992. Weed Control Increases Radiata Pine Productivity.