

LA RELACION ENTRE SUELO Y PLANTACIONES DE *PINUS RADIATA* D.DON EN CHILE CENTRAL ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL Y PLANTEAMIENTOS PARA SU FUTURO MANEJO

C. D. Oxf.: (181,3; 182.8)

Juan E. Schlatter (*)

RESUMEN

Gran parte del bosque nativo de Chile Central (32° — 42° lat. S.) ha sido explotado sin cuidado de las consecuencias ecológicas posteriores. Extensos terrenos de capacidad de uso forestal son utilizados para fines agropecuarios presentando diferente grado de degradación, lo que significa peligro de disminución de su fertilidad. Sobre algunos de estos terrenos se han establecido plantaciones de *Pinus radiata* en diferentes condiciones de sitio, sin considerar adecuadamente sus requerimientos ecológicos. Antes de efectuar extensas plantaciones de pino, es importante conocer bajo que condiciones de suelo esta especie se desarrolla bien, compatibilizando las características del suelo con las del crecimiento, para lograr que la posterior producción maderera entregue utilidades y se posibilite así su manejo forestal racional. El presente trabajo describe la actual situación de las plantaciones de *Pinus radiata*, analiza la relación de estas con el sitio y da indicaciones importantes para su futuro manejo.

SUMMARY

Large portion of the native forest of central Chile (32° — 42° S) have been exploited often without care for biological and adaphic consequences. Extensive areas of forest soils have been misused for agricultural purposes, as a result, there is a danger that the soil fertility, over large areas, will be reduced. Similarly, *Pinus radiata* has been planted in all kinds of soils without regards to soil conditions or to the ecological requirements of the species. Before large areas are planted to Monterrey pine, it is important to know under what soil conditions the species does best; one must always try to characterize soil conditions with growth

characteristics, a rational basis to good forest management. Accordingly, the present work describes the general condition of Monterrey pine plantations with regards to their growth potential. The growth requirements of *Pinus radiata* was analyzed and, in turn, the influences of these pine plantations on soil conditions also was studied. These analyses will provide silvicultural prescriptions for optimal pine growth in order to maximize future yields. These recommendations are essential to the rational management of pine plantations.

ZUSAMMENFASSUNG

In Mittelchile (32° — 42° s. Br.) ist ein grosser Teil des Naturwaldes einer primitiven Nutzung zum Opfer gefallen. Die Ertragsfähigkeit des Bodens ist gefährdet, da viele Waldböden landwirtschaftlich genutzt und dabei geschädigt werden. Auf diesen Böden sind ausgedehnte *Pinus radiata* Plantagen begründet worden, wobei sehr häufig die standortlichen Bedürfnisse dieser Baumart gegenüber der Vielfalt an Standortgegebenheiten übersehen oder falsch gedeutet wurden. Es ist wichtig, dass bevor solche Pflanzungen in grösserer Ausbreitung angelegt werden die Bodenansprüche dieser Kiefer berüclisichtigt werden um gute Erträge zu erzielen. Nur so kann man erwarten, dass die spätere Holznutzung tatsächlich Gewinn abwirft und eine sinnvolle Forsteinrichtung ermöglicht wird. Die vorliegende Arbeit beschreibt die derzeitige Lage der *Pinus radiata* Plantagen, untersucht ihr Verhältniss zum Standort und gibt wichtige Hinweise für ihre zukünftliche Einrichtung.

1. INTRODUCCION

En Chile una gran parte del bosque nativo ha sido eliminado o explotado, como consecuencia del aumento de la presión demográfica y de técnicas agropecuarias y de maderero inadecuadas. No sólo se ha eliminado en aquellos terrenos aptos para la actividad agropecuaria, sino

(*) Dr., Ingeniero Forestal, Profesor de Suelos y Nutrición Forestal, Departamento de Silvicultura, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

que también han sido afectados muchos terrenos de capacidad de uso forestal. De aquí que, existan extensas superficies con un uso inadecuado o con vegetación degradada. Desde principios de siglo se están estableciendo sobre ellas progresivamente plantaciones forestales, principalmente con especies introducidas entre las que destaca **Pinus radiata** (D. Don).

En el establecimiento de estas plantaciones no se ha considerado adecuadamente el factor suelo, que en el caso de las especies nativas ha sufrido una selección natural. En cambio para las especies introducidas es necesario conocer sus requerimientos y las condiciones del suelo. Esto es especialmente válido para obtener un alto rendimiento en rotaciones sucesivas.

Hasta ahora las forestaciones se han efectuado, en cuanto al sitio, prácticamente al azar. Los terrenos elegidos, por lo general bien accesibles, se caracterizan por haber sido abandonados luego de un uso temporal para explotación maderera y/o con fines agropecuarios. A menudo son terrenos erosionados.

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Indicar la diversidad de condiciones de sitio que se presentan en Chile Central, entre los 32° — 42° lat. S.
- Analizar las posibilidades para el establecimiento de la especie **Pinus radiata**.
- Indicar los requerimientos de esta especie en cuanto al suelo.
- Indicar el estado de los terrenos donde es plantada.
- Discutir las influencias probables de esta especie sobre la calidad de los terrenos; y
- Analizar cómo puede verse influenciado el desarrollo de ella por estos factores.

Finalmente se amplía la discusión hacia aquellas medidas que parecen recomendables para orientar este importante sector de la actividad forestal chilena hacia una planificación y manejo forestal racional.

2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CHILE CENTRAL

La problemática que aquí se discutirá excluye aquel territorio del país al norte del paralelo 32° lat. S. debido a que en él la actividad forestal se ve fuertemente disminuida por la insuficiencia de precipitaciones; también aquél al sur del paralelo 42° lat. S., límite donde **Pinus radiata** aparentemente ya no encuentra condiciones adecuadas para su desarrollo.

2.1. Condiciones naturales

Chile Central presenta una gran variación en sus condiciones naturales, siendo factores causantes de esta diversidad, (RUIZ et al, 1965):

- a) La morfología accidentada del país, causada por una fuerte actividad tectónica en el plio-pleistoceno y caracterizada por la Cordillera de los Andes y de la Costa, que encierran una Depresión Central (Valle Longitudinal).
- b) El volcanismo, aún activo, que ha tenido un papel fundamental, constituyendo actualmente los cerros más altos de la Cordillera de los Andes.
- c) La actividad glacial, que durante el pleistoceno alcanzó los faldeos orientales de la Cordillera de la Costa y llegó hasta el mar en su extremo sur.
- d) La influencia del mar sobre los terrenos del litoral; importantes extensiones están formadas por sedimentos marinos del terciario superior.

Agregando a estos factores el clima, cuya cantidad de radiación, temperatura y precipitaciones varía pronunciadamente con la latitud, se explica la dinámica superficial que ha dado origen a los diferentes sedimentos continentales que existen en la Depresión Central y valles de los ríos, como también en la precordillera y sectores de ambas cordilleras.

Donde no existen sedimentos afloran rocas metamórficas e ígneas de micaesquistos (pre-cámbrico), granitos (paleozoico, mesozoico y cenozoico) y volcánicas (cuaternario). En consecuencia, el material de origen de los suelos presenta una gran variación.

La vegetación como otro factor que influye en la génesis de los suelos — formada predominantemente por especies latifoliadas — es influenciada en su estructura y composición por el clima y el relieve, (SCHMITHUSEN, 1956); ella tiene en el extremo norte un carácter xeromórfico, entre 32°/33° lat. S. hasta 37°/38° lat. S. es mesomórfica y en el sur hidromórfica, (FUENZALIDA, 1965).

Los diferentes suelos, como consecuencia de los factores anteriores expuestos presentan una gran variación. En la figura N° 1 son indicados los "Grandes Grupos de Suelos" según ROBERTS y DIAZ (1959/60), modificados en base a los antecedentes de FUENZALIDA (1965) y v.

BUCH (1970). Los números en la figura corresponden a los siguientes grupos de suelos:

- 1 = praderas Costaneras;
- 2 = Pardos no Cálcidos;
- 3 = Pardos Forestales
- 4 = Litosoles;
- 5 = Transición Pardo no Cálcido-Pardo Rojizo Laterítico;
- 6 = Pardo Rojizos Lateríticos;
- 7 = Regosoles;
- 8 = Suelos de material de origen volcánico (postglacial):
- 8₁ = Trumaos de ladera con fuerte pendiente (mat. primario)
- 8₂ = Trumaos de precordillera y lomajes en Depresión Central (material de sedimentación aluvial y eólica)
- 8₃ = Ñadis (en llanos de Depresión Central, pantanosos)
- 8₄ = Suelos de material volcánico más antiguo (interglacial);
- 9 = Suelos Podsólicos, Grises de Bosques, Pradera Alpina, Pardos Podsólicos y Litosoles.

2.2. Actividad del hombre

A los factores naturales anteriormente indicados se suma, con especial intensidad entre mitad del siglo XIX y principios de este siglo, la actividad del hombre, (KAUFMANN, 1928). La actividad del hombre es un factor importante que influye en las condiciones de sitio. Se manifiesta principalmente en la eliminación de la vegetación natural para dar paso a otro uso del suelo. El manejo irracional de gran parte de los terrenos del país, como por ejemplo el barbecho en pendiente excesiva y/o bien el sobrepastoreo, ha provocado erosión que afecta alrededor de 19.000.000 há, (ELIZALDE, 1970).

Un reconocimiento de 4.850.650 há en la Cordillera de la Costa comprobó daños por erosión graves, principalmente en la zona de mayor densidad de población y clima de carácter mediterráneo, con una pronunciada época seca estival e intensas precipitaciones invernales, (IREN, 1965).

2.3. Superficie potencial de uso forestal

De las 20.000.000 há entre los paralelos 33° y 43° lat. S. se han reconocido alrededor de 18.000.000 há, las cuales se clasificaron según su capacidad de uso y cuyo resumen se muestra en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1.— Clasificación de los terrenos de Chile Central según su capacidad de uso.

Clase de uso	Superficie en Há.	% del total de superficie reconocida
Arables		
Clase I — IV	4.274.200	24.2 %
No Arables		
Clase V	90.000	0.5 %
Clase VI	2.057.350 (*)	11.7 %
Clase VII	6.476.650	36.6 %
Clase VIII	4.778.500	27.0 %
T O T A L	17.676.700	100.0 %

(*) Incluye algunos terrenos de clase V, pero de monto despreciable.

FUENTE: ALCAYAGA Y CONTRERAS (1966), IREN (1966).

Del total de la superficie reconocida un 27% corresponde a terrenos de clase VIII que incluye montañas, glaciares y lagos que deben ser conservados y protegidos como reserva de agua, de vida silvestre y uso recreativo.

El 73% restante se desglosa en 36.6% de terrenos de capacidad de uso netamente forestal — clase VII — y un 11.7% constituido por la clase VI que alternativamente pudiera ser empleado en praderas tomando las medidas de cuidado pertinentes. Solo un 24,7% corresponden a terrenos agrícolas y ganaderos, de los cuales una cierta proporción deberían ser forestados por estar erosionados o ser susceptibles a erosión (ELIZALDE, 1970).

La enorme proporción de terrenos potencialmente forestales, que es más de un 48,3%, no se verá significativamente afectada si agregamos los terrenos aún no reconocidos, que sólo son cerca de un 10% y principalmente de capacidad de uso VII y VIII.

Actualmente la posibilidad de extensión de los terrenos para uso agropecuario es restringida. De aquí que la actividad agrícola y ganadera deberá concentrarse, mejorarse e intensificarse en aquellos terrenos aptos para ello, con el fin de lograr un aumento del rendimiento por unidad de superficie. En cambio, existe una extensa superficie de terrenos que son un potencial para fines de forestación y otra que debe mantenerse cubierta con la vegetación natural existente.

2. 4. Extensión geográfica de las plantaciones de *Pinus radiata*

El Cuadro N° 2 muestra el estado de las plantaciones en el año 1969 relacionado con otros factores como densidad de población y superficie. Para estos efectos se divide a Chile Central en tres zonas:

Centro Norte: V, VI y VII Regiones sin Maule, incluyendo el Area Metropolitana.

Centro: Maule de la VII Región, VIII y IX Regiones.

Centro Sur: Gran parte de la X Región; sin Chiloé.

En la zona Centro Norte, con una densidad poblacional de 83 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km^2), la demanda interna de productos y servicios del bosque es alta. Como la superficie de bosque existente es restringida y existen terrenos forestables en un 26% de su extensión, se estima que las plantaciones forestales aumentarán considerablemente en los próximos años. Además de la población, las condiciones del clima, que se caracterizan por precipitaciones escasas entre 250 — 750 mm principalmente Invernales, y la menor producción relativa del bosque, determinarán el tipo de plantaciones a establecer en esos terrenos. Posiblemente primen en su elección la regulación del régimen hidrológico y la protección del suelo, como también la recreación de la población sobre la producción maderera.

Con respecto a la Zona Centro, la densidad poblacional es menor; pero por concentrarse aquí la mayor cantidad de empresas madereras la demanda interna es tanto más alta que en el caso anterior. Estas empresas consumen fundamentalmente madera de las plantaciones de *Pinus radiata*. Considerando las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de ésta y otras especies arbóreas y lo extenso de la superficie forestable en esta zona, la producción del bosque tendrá en ella una importancia igual o más alta que la que corresponde a la de la recreación de la población, protección y regulación hidrológica. Estas últimas finalidades son de consideración por la geomorfología accidentada, la extensa superficie afectada por erosión y el contraste entre las intensas precipitaciones invernales y un período estival seco.

Por último, en la zona Centro Sur existe la menor demanda interna, por presentar una densidad poblacional baja, de sólo 17 Hab/km^2 . Opuesta a esta pequeña demanda interna, esta zona presenta una gran productividad en las plantaciones actuales, lo que unido a la demanda de otras regiones llevará seguramente a aumentarlas. Las funciones que éstas han de cumplir, tendrán que ser entonces funciones de producción principalmente. Paralelamente, por la extensión que ocupa aún el bosque nativo, éste cumplirá fundamentalmente con las funciones de regulación hidrológica, protección y recreación.

Del cuadro N° 2 se desprende que el porcentaje de superficie cubierta por plantaciones de pino, 0.2 — 3.3% en 1969, es poco significativo en relación al total de las distintas zonas. Solo es significativo en la zona Centro, donde constituye un 10% de la superficie forestable. A pesar de ello, en 1969 el pino significó un 70% de la producción de madera rolliza en Chile, (CONTRERAS et al., 1970). La industria maderera actual y su desarrollo llega a tal punto, que se ha previsto la posibilidad de la falta de materia prima para la industria de celulosa y papel entre los años 1975—85. Así, la necesidad de forestar y reforestar se ha hecho muy notoria y se estimaron cuotas anuales que fluctuaban entre 60.000 — 75.000 há para los años 1970/74 (CONTRERAS et al., 1970; CORPORACION NACIONAL FORESTAL, 1975; INSTITUTO FORESTAL, 1971/72; ORTIZ et al., 1972; ZAÑARTU et al., 1970). De éstas un 80% aproximadamente correspondería a *Pinus radiata*. Según controles y cálculos posteriores, en ese período se plantaron 169.000 ha; en 1975 se plantaron alrededor de 82.000 há (CORPORACION NACIONAL FORESTAL, 1975). Sí esta cuota de plantación se mantiene, pueden esperarse unas 500.000 — 1.000.000 há de *Pinus radiata* en 1980. Con esta proyección es necesario hacer notar que apenas se alcanzará a cubrir un 10 — 20% de la superficie forestable.

Las áreas en donde se puede prever que se establecerán las plantaciones de esta especie, se esquematizan en la figura N° 1, basándose en: la carta de capacidades de uso del Ministerio de Agricultura (1968), la carta geográfica sobre el uso de la tierra en Chile de WEISCHET (1970), las plantaciones existentes en Chile en base a los inventarios del INSTITUTO FORESTAL (1966 y 1969), el Atlas de Chile del INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (1970), reconocimientos sobre erosión de IREN (1965), determinaciones de clases de sitio dados por el

CUADRO N° 2: Plantaciones existentes de **Pinus radiata** en Chile Central

REGION	CENTRO NORTE	CENTRO	CENTRO SUR	CHILE CENTRAL	TODO EL PAIS***
* Latitud Sur	32° - 35°30'	35°30' - 39°30'	39 30' - 42°	32° - 42°	17°30' - 56°
* Población (N° de habitantes)	5.261.418	2.550.788	765.645	8.577.851	9.880.494
% de Chile (país)	53.3	25.8	7.7	86.8	100
Densidad (hab./km²)	83	30	17	44	13
* Superficie de zona (há)	6.351.800	8.359.000	4.594.000	19.304.800 ¹⁾	74.176.700
% de Chile (país)	8.6	11.3	6.2	26.1	100
** Superficie forestable (há)	1.653.323	2.549.802	641.570	4.844.695	—
% sup. Zonal	26.0	30.5	14.0	25.1	—
% de Chile Central (¹⁾)	8.6	13.2	3.3	25.1	—
** Plantaciones de todas las especies introducidas (há)	42.421 ²⁾	277.944 ³⁾	10.420 ³⁾	330.785	—
% de sup. reforestable zona	2.6	10.9	1.6	6.8	—
** Plantaciones P. radiata (há)	22.921	260.685	10.036	293.642 ²⁾	—
% de sup. forestable zona	1.4	10.2	1.6	6.1	—
%superficie total zona	0.36	3.3	0.21	1.5	—
% superficie total de P. radiata (²⁾)	7.7	89.0	3.3	100	—
% superficie total plant. zona (³⁾)	53.3	93.8	96.3	88.8	—
** incremento m³/há/año	13 (a edad 28)	24 (a edad 27)	25 (a edad 27)	23 (promedio)	—
Estimación superficie con Pinus radiata para año 1980 (há)				500.000 — 1.000.000	
% de la superficie forestable				10.3 — 21.0	

* según INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (1970) (22)

** según INSTITUTO FORESTAL (1966; 1969) (21, 22)

*** no incluye el territorio antártico chileno.

¹, ², ³: indica relaciones directas.

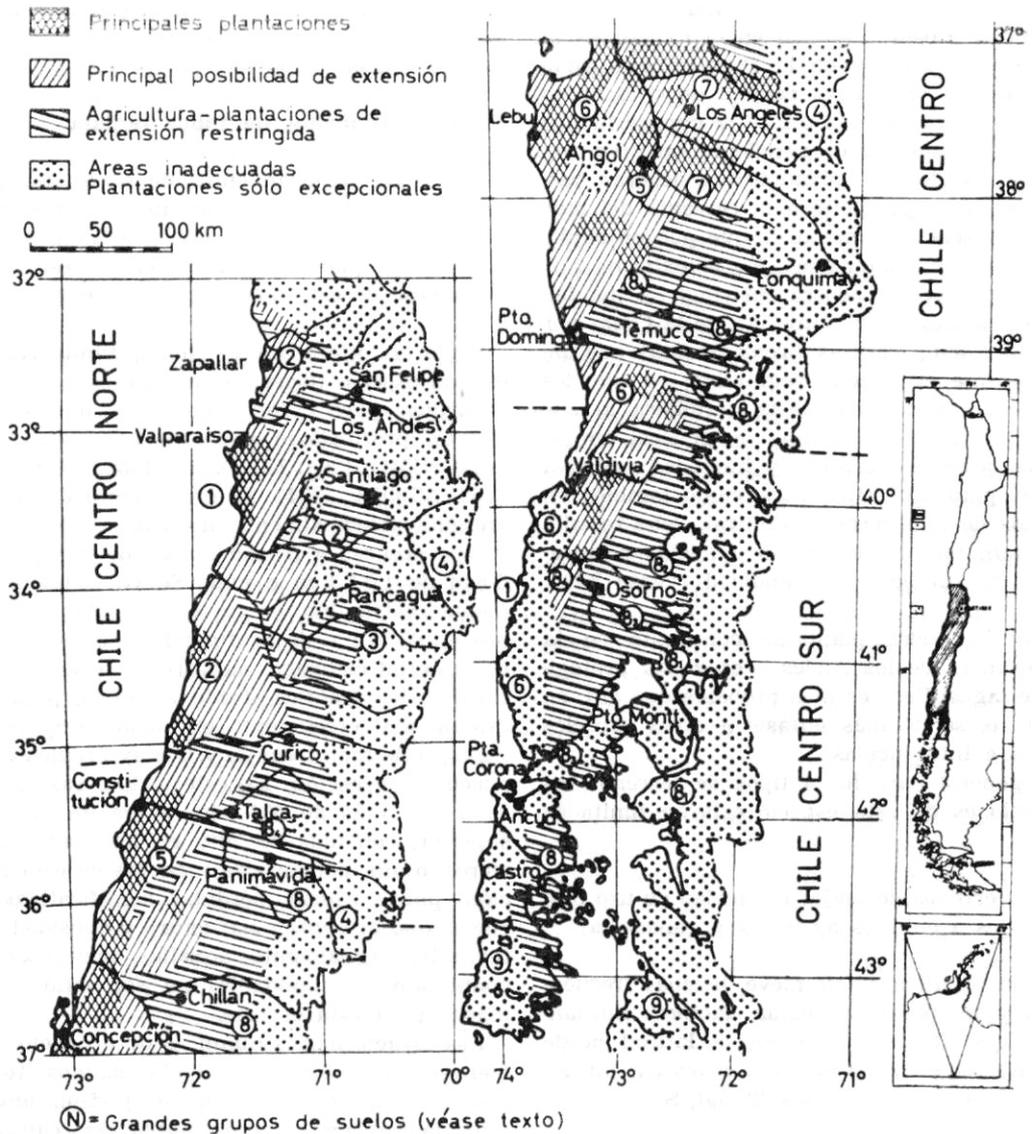


Fig. N° 1.- Extensión actual y probable de las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile Central.-

PROYECTO AEROFOTOGRAMETRICO OEA/ CHILE (1963) y en base a los requerimientos climáticos de esta especie, recopilados de diferentes autores (SCHLATTER, 1974).

En la figura N° 1 se separan 4 tipos de terrenos en donde:

1. actualmente existen extensas plantaciones de pino;
2. existe mayor probabilidad de que esta conífera sea establecida en plantaciones extensas.

3. sólo pocas veces aparecerá como plantación extensa. Son terrenos principalmente para producción agropecuaria o donde serán establecidas con mayor probabilidad otras especies forestales.

4. las condiciones no son adecuadas para la plantación con *Pinus radiata*. Su presencia allí sólo será excepcional.

En cuanto a las superficies cubiertas con plantaciones de pino, fueron mencionadas en relación al cuadro N° 2.

Las nuevas plantaciones se extenderán con mayor probabilidad en los terrenos de la Cordillera de la Costa; también en el Centro en la Depresión Central y en la Precordillera Andina, sobre terrenos cuya calidad de sitio no es adecuada para la agricultura o ganadería por ser muy arenosos o de pendiente excesiva.

En el Norte, las plantaciones deberán restringirse principalmente a la cercanía del mar por la presencia de neblinas, que pueden suplir la falta de precipitaciones. En el extremo Sur su distribución se deberá restringir a los faldeos orientales de la Cordillera de la Costa por encontrar temperaturas promedio más adecuadas durante el período vegetativo, ya que los faldeos occidentales de esta cordillera al sur de los 40° lat. S. presentan en general temperaturas promedio críticas y humedad excesiva para el pino. En estos sitios, como también en aquellos de la Depresión Central, debe restringirse aún más su extensión a suelos permeables y de suficiente profundidad (véase 3.1).

También podrá plantarse con éxito en la Precordillera de los Andes o en zonas protegidas de lagos. Pero es más probable que allí, en el futuro, se dé más énfasis a otras especies nativas e Introducidas.

En general para los 4 tipos de terrenos las plantaciones de esta especie estarán limitadas por:

- Los terrenos de mejor capacidad de uso destinados a cultivos agrícolas y ganadería;
- caída significativa de nieve, heladas frecuentes y temperaturas bajas, factores limitantes que fluctuarán según la latitud desde alrededor de 1.000 m s.n.m. a los 34° lat. S., a 300-400 m s.n.m. a los 42° lat. S.

3. RELACION PLANTACIONES FORESTALES - SUELO

Los distintos estudios existentes han demostrado un desarrollo heterogéneo de **Pinus radiata**, indicando diferencias pronunciadas de la calidad de sitio (ANONIMO, 1963; INSTITUTO FORESTAL, 1966 y 1969; SCHMALTZ, 1973; VALENZUELA, 1964).

Cuando la finalidad de una plantación es la producción maderera, se requiere establecerla en aquellos sitios que se aproximan a las condiciones óptimas para el desarrollo de la especie. En el caso de que la finalidad no sea la producción maderera sino que otra, como por ejemplo la protección del suelo, deberán considerarse las condiciones de sitio mínimas requere-

das por la especie. Es por esto que antes de establecer una plantación deben determinarse los requerimientos de la especie respecto al sitio, incluyendo al suelo.

3.1 Requerimientos de **Pinus radiata**

Sobre los requerimientos de suelo del pino, existen actualmente suficientes antecedentes, que si bien no permiten una precisión, pueden orientar la planificación de las forestaciones evitándose de este modo pérdidas cuantiosas.

Según la literatura existente, **Pinus radiata** es una especie tolerante en cuanto al material de origen, pero necesita de suelos de mediana a gran profundidad para un buen desarrollo (ANONIMO, 1963; LINDSAY, 1932; ROY, 1966; SCHLATTER, 1974). El crecimiento óptimo se presenta principalmente en suelos de una textura franco arenosa a franco limosa de una profundidad de 1.0-1.3 m o más. Se ve significativamente restringido, en aquellos suelos con menos de 60-70 cm de profundidad, sea por causa de material compacto subyacente o por presencia de napa freática. Junto a esto el pino tendrá un mal crecimiento en suelos muy pedregosos, o de mal drenaje, y/o muy arcillosos sin adecuada aireación. En este último caso se estima que más de 50% de arcilla en el suelo superior, con más de 70% en horizontes inferiores, o aún porcentajes menores de esta fracción, puede causar pérdidas significativas en suelos que presentan estructura y densidad desfavorable. Igualmente aquellos pantanosos o continuamente inundables no son sitios apropiados para esta especie.

Las características químicas de un suelo también deben considerarse. Suelos salinos, turbosos, muy ácidos, fuertemente podsolizados o muy pobres en reservas nutritivas, causarán pérdidas o bien restricciones del crecimiento de los árboles (SCHLATTER, 1974). Un ejemplo para la región de Chile Centro es la deficiencia del elemento boro (TOLLENAAR, 1969), que probablemente derive de la composición química del material formador del suelo (SCHEFFER et al., 1970). En suelos arenosos la falta de sustancia fina en el suelo, es decir minerales de arcilla o sustancias húmicas limitará la cantidad de elementos nutritivos disponibles y la capacidad de retención de agua, que en los meses secos de verano puede originar una restricción del crecimiento. Este es el caso de los arenales en la zona del río Laja, donde las plantaciones de pino presentan un menor crecimiento promedio (GARCIA, 1970). Aún así, en estos suelos y en dunas, donde las pre-

cipitaciones lo permiten, el pino ha podido sobrevivir y desarrollarse (KING et al., 1969).

Junto con las características del suelo, debe considerarse el efecto que pudo haber tenido el uso anterior del suelo, ya que puede ser que en el caso de usos inadecuados anteriores, ciertos terrenos ya no cumplan con los requisitos de la especie.

3.2 Incidencia del uso anterior en la calidad del sitio

Debido a que *Pinus radiata* prometía un buen rendimiento sobre aquellos terrenos que ya no eran rentables para la agricultura, comenzó a ocuparse para forestar terrenos ya intervenidos anteriormente (JUNGE, 1953).

Aquellos terrenos que durante su uso anterior tuvieron los cuidados correspondientes a las características del suelo, no presentarán a la plantación más que limitaciones naturales. Sin embargo, donde han sido establecidos cultivos agotadores como los cereales, y sin medidas de mejoramiento agrícola, es probable que aparezcan deficiencias en ciertos elementos nutritivos esenciales, (KLAPP, 1956; TOLLENAAR, 1969). Si se agrega a esto condiciones que favorezcan la erosión, las deficiencias en elementos nutritivos pueden ser aún más graves.

Las pérdidas de los elementos nutritivos más importantes son especialmente altas cuando comienza la erosión. Componentes coloidales y sales de fácil disolución son arrastradas por el agua con mayor facilidad. Entre los elementos nutritivos se verá afectado primero el potasio, luego el nitrógeno y también el fósforo aprovechable por las plantas y junto a ellos pérdida de la sustancia orgánica, (IREN, 1965, MUTSCHER, 1967).

Estudios efectuados en la quebrada de Uraco, al norte de Constitución, comprueban estas pérdidas (CONTRERAS et al., 1975). Se investigó la fertilidad de suelos usados agrícolamente en comparación a otros cubiertos por renoval de *Nothofagus leoni*, ambos sitios ubicados en laderas de pendiente entre 19 - 55 %, es decir, terrenos de capacidad de uso forestal. En el sitio cultivado se comprobaron pérdidas relativas sobre el 50% del nitrógeno, potasio y materia orgánica y sobre 25% de fósforo, calificado por los autores como pérdidas mínimas.

El nitrógeno de un sitio se pierde prácticamente todo con la vegetación, la hojarasca, el humus sobre el suelo y el horizonte superior rico en sustancias orgánicas (ELLENBERG, 1963). Dicha pérdida afectará sin embargo tam-

bién a otros elementos esenciales para los vegetales y organismos de un sitio. Se perderán por ejemplo, cantidades considerables de aquellos que se acumulan en el horizonte superior con la sustancia orgánica, como es el caso del fósforo (ULRICH et al., 1969), y el boro, (SCHEFFER et al., 1970). Este último elemento es fijado cuando el suelo está seco, lo que agrava la deficiencia de él en zonas de precipitaciones limitadas. En el caso del potasio, por su gran solubilidad, es susceptible de ser arrastrado por el agua de escurrimiento o lixiviado fuera del espacio arraigable en suelos muy permeables, sobre todo cuando no existe vegetación y se posibilita una intensa mineralización de la sustancia orgánica.

Si la erosión arrastra el horizonte mineral superior rico en sustancia orgánica y luego el subsuelo, no sólo disminuye la fertilidad, desde el punto de vista de los elementos nutritivos aprovechables y en reserva potencial, sino que también las propiedades físicas se verán gravemente afectadas, especialmente en suelos delgados. Disminuye entonces algo importante como es la capacidad de almacenamiento de agua y la profundidad arraigable. El reconocimiento efectuado en 4.850.650 ha en la Cordillera de la Costa entre Aconcagua y Cautín, detectó el grado de deterioro causado por la erosión, (IREN, 1965). El 60% de estos terrenos habían perdido parte o todo el horizonte A y algunos incluso parte del horizonte B. De los terrenos restantes, la mayoría estaba afectada por erosión ligera, es decir, pérdidas de parte del horizonte A en el 20 - 40% de la superficie.

Pero además de las características naturales y de los cambios causados en el suelo por usos agropecuarios anteriores, deben tomarse en cuenta en el balance la calidad de sitio actual y su proyección, la posible influencia que ejercen las mismas plantaciones de pino, su manejo y su explotación.

3.3 Influencia de las plantaciones sobre el suelo

3.3.1 Cambios durante el desarrollo de la plantación

3.3.1.1 Plantaciones en terrenos cubiertos anteriormente por vegetación natural.

Al reemplazar la vegetación natural por plantaciones de *Pinus radiata*, se cambia la variedad y composición de los desechos orgánicos sobre el suelo. En Nueva Zelanda se observó que al reemplazar el bosque natural de latifoliadas, este tipo de plantaciones formaba una

capa de hojarasca de estructura algo más densa y de descomposición más restringida. Al respecto en Europa se ha podido determinar, que la rapidez de descomposición de la hojarasca depende en gran medida de las condiciones de sitio, tales como riqueza en elementos nutritivos esenciales del suelo mineral y factores climáticos. El rol de la especie vegetal es menos importante en este sentido (WITTICH, 1969).

La descomposición de la hojarasca es efectuada por los organismos del suelo, los que se ven afectados por las condiciones de sitio anteriormente indicadas. Estudios comparativos al respecto son escasos en Chile, limitándose al horizonte mineral superior, sin haber considerado la hojarasca.

En los alrededores de la ciudad de Valdivia se encontraron diferencias en las poblaciones de microorganismos del suelo bajo **Pinus radiata** al compararlos con bosque nativo valdiviano, (FRANZ, 1971). Este bosque rico en latifoliadas presentó una mayor cantidad de microorganismos en comparación con el pino, en el cual se favoreció la proliferación fungosa en detrimento de la bacteriana. En la descripción del suelo que acompaña dicho estudio, se indica que bajo pino las condiciones de pH de 3.6 a 3.9 fueron significativamente más ácidas que bajo el bosque natural con pH entre 4.2 a 4.4, explicando con ésto en parte el cambio en la población de microorganismos. Sin embargo, en este estudio no se indica si hubo cambios en el suelo por fuego, erosión u otra causa durante el reemplazo del bosque natural por la plantación de pino. Además, la similitud entre ambos suelos no es condición valedera si no se considera la fluctuación natural del pH en el área(*).

En la misma zona valdiviana se comparó cualitativamente la fauna del suelo bajo bosque hígrófilo de **Nothofagus oblicua** y **Nothofagus dombeyii** sin intervención, con la fauna del suelo bajo **Pinus radiata**, bosque natural raleado y con pastoreo temporal y con una pradera de suelo labrado. En la comparación con la plantación sin labrado del suelo anterior, el índice de Shannon(**) no sufrió variaciones, sino que al contrario alcanzó valores altos de 5.01 bits

por individuo en relación al valor encontrado en el bosque natural de 4.08-5.01. Para el segundo caso del bosque natural intervenido hubo una reducción de la diversidad a 3.56 bits por individuo, y para la pradera con pastoreo se observaron los valores más bajos entre 2.79 - 3.22. Los autores, basándose en otros estudios indican que la diversidad es decreciente al aumentar el grado de intervención zoológica, (SAIZ et al., 1971).

El suelo de una plantación de **Pinus radiata** de 18 años de la quebrada de Uraco en Vichuquén, presentó un 75% de los organismos edáficos existentes bajo un renoval de **Nothofagus leoni** de 60 - 70 años de edad. La diversidad específica en ambos sitios fue similar, encontrándose para pino 3.56 y 3.72 para roble. El pH promedio para los primeros 45 cm del suelo mineral fue muy similar en ambos casos, 5.13 para pino y 5.18 para roble, respectivamente. Incluso a 5 cm de profundidad el pH de 5.15 bajo pino fue mayor que el pH de 5.0 bajo roble, (CONTRERAS et al., 1975). Basándose en estos antecedentes, no es fácil compartir la conclusión de los autores que señalan un pH significativamente más ácido bajo pino, ya que estas pequeñas diferencias pueden ser atribuidas a variaciones naturales del pH del sitio.

Los mismos autores indican que el cambio de renoval a plantación de pino fue rápido, pero no señalan el lapso transcurrido ni cómo sucedió el cambio, sea por cultivos intermedios, fuego u otros métodos, o si hubo erosión. Por otro lado, comprobaron que se produce un cambio mucho más pronunciado en la fauna del suelo, cuando luego de la explotación del bosque, el suelo es cultivado y ha sufrido algún tipo de erosión. Los sitios cultivados presentaban en comparación a aquellos con roble, sólo un 27% de los individuos de la fauna edáfica, una diversidad específica de 2.99 y un pH de 5.25. Es probable que si al reemplazar el bosque de roble por pino se han efectuado cultivos intermedios, la plantación esté posibilitando la recuperación del suelo al protegerlo contra la erosión y enriqueciéndolo con sustancia orgánica.

Estudios en la región del Maule y de Valdivia, indican que el cambio en la fauna edáfica por los cultivos agrícolas es pronunciado, (MONTERO et al., 1974; SAIZ et al., 1971). Sitios en relieve accidentado pueden ver agravado este efecto si han sufrido erosión. Al erosionarse el suelo superficial rico en sustancia orgánica, las pérdidas son más graves al comenzar la erosión, ya que se pierde parte importante de la fuente de alimento para la fau-

(*) Los suelos en el área de estudio pueden variar significativamente en el pH, de acuerdo al enriquecimiento que hayan experimentado por cenizas volcánicas distribuidas en forma aluvial y/o eólica, fenómeno característico de la zona.

(**) Índice de Shannon: índice que refleja la distribución cuantitativa de los individuos en las diferentes especies presentes en una muestra de suelo. Se expresa en bits (binary digits) por individuo; véase DI CASTRI et al., (1964).

na y flora edáfica, lo que afecta su dinámica poblacional.

Puede deducirse de lo anterior que, si bien existen ciertos antecedentes que indican un cambio en la estructura y dinámica de los horizontes orgánicos del suelo con el reemplazo de la vegetación natural por plantaciones de pino, no se ha demostrado aún si realmente este cambio es significativo y cuál puede ser su alcance. Por otro lado, existen antecedentes que indican que las plantaciones pueden favorecer la recuperación de terrenos ya afectados por prácticas agrícolas anteriores que hayan causado procesos de degradación del suelo.

3.3.1.2 Plantaciones en terrenos descubiertos de vegetación boscosa.

El caso más común en Chile, como ya se mencionó, es el establecimiento de plantaciones en terrenos anteriormente sometidos a cultivo agrícola o ganadería. Esto significa en primer lugar, la suspensión de la remoción del suelo por arado y pisoteo de animales. Establecida la plantación, ésta originará cambios en el suelo, los que se producen paulatinamente. El desarrollo de los rodales en cuanto a la biomasa se ilustra con un ejemplo en el cuadro N° 3.

CUADRO N° 3

Desarrollo de la biomasa de diferente rodales de *Pinus radiata* sobre sitios similares en Australia, (según FORREST y OVINGTON, 1970).

Edad de rodales (años)		3	5	7	9	12
N° árboles/há		1483	1492	1458	1470	1560
Biomasa (seca) en kg/há	árboles	1200	5600	50700	7400	118000
	veget. acompañante	5100	4800	1800	1200	400
	hojarasca	400	1800	4700	14300	17000
BIOMASA TOTAL (seca) en kg/há		6700	12200	57200	88900	136200

En el cuadro N° 3 puede observarse el desarrollo de los primeros 12 años de vida de un rodal de pino en Australia, en base a una serie de rodales sobre sitios similares. La plantación joven, entre 3 y 5 años con el estrato muy abierto de copas incipientes, permite la coexistencia de otra vegetación, normalmente herbácea o arbustiva. Una vez cerrado el estrato de copas, entre 5 y 7 años, edad que coincide con la etapa de desarrollo acelerado del rodal, la vegetación acompañante se reduce y en algunos casos desaparece debido a competencia por luz, agua y elementos nutritivos. En su lugar comienza a formarse hojarasca, principalmente de acículas y ramas del rodal, que lo cubrirá completamente y que aumentará progresivamente en cantidad.

A mayor edad, los rodales abiertos por raleos naturales o intervenciones silvícolas, permitirán mayor penetración de luz bajo las copas y la formación o desarrollo de un estrato de otras especies herbáceas o arbustivas. Este depende

rá en su diversidad y desarrollo, de la calidad del sitio y del comportamiento de la especie que constituye el estrato arbóreo. *Pinus radiata* como especie de luz, favorecerá esta formación y además los procesos de descomposición. Estos se acelerarán y la capa de desechos orgánicos disminuirá en cantidad. Esta tendencia del desarrollo de la cantidad de los desechos orgánicos en relación a la edad parece cumplirse para todas las coníferas, variando sólo las dimensiones con la especie, como pudo comprobarse para 3 especies en Canadá, (PAGE, 1968).

La biomasa que se ha acumulado en el piso del bosque en forma de desechos orgánicos, es descompuesta tanto por individuos de la flora como de la fauna del suelo. Esto se ha demostrado en un estudio realizado en Nueva Zelanda en sitios con plantaciones de pino, con suelo volcánico de buena calidad y clima favorable, (STYLES, 1967). En este mismo sitio se observó que luego de 3 años, la capa de desechos, principalmente acículas, perdió 2/3 de su

peso original y que a los 6 años el material orgánico descompuesto había sido incluido totalmente en el suelo mineral, (WILL, 1968). Datos semejantes se encuentran en un estudio realizado en Australia, en que se indica que la capa orgánica sobre el suelo corresponde a la cantidad de desechos caída entre 5 - 6 años, (FORREST et al., 1970).

Los antecedentes antes expuestos indicarían que las plantaciones de pino pueden presentar condiciones menos favorables que los suelos cubiertos con especies latifoliadas para los procesos de descomposición. Estudios efectuados en Chile indican al respecto, para terrenos cercanos a Constitución, que la hojarasca presenta un pH de aproximadamente 4.5 y una relación carbono/nitrógeno entre 40 y 47, (HARO et al., 1973). Esta relación C/N puede presentar valores aún más altos entre 45 y 70 en suelos pobres y secos como los arenales de la provincia de Bio-Bío, (FERNANDEZ et al., 1975).

Si bien es cierto que el valor pH medido en la plantación también suele encontrarse en la hojarasca de especies latifoliadas, la relación C/N superior a 30 es desfavorable para la fauna del suelo por la baja disponibilidad de nitrógeno, lo que implicará una restricción de la rapidez de la descomposición.

La restricción de la velocidad de descomposición y mezcla de la sustancia orgánica con el suelo mineral es importante para la cantidad de elementos nutritivos accesibles a las plantas, ya que ella representa una reserva significativa en elementos nutritivos, (SCHLATTER, 1974). Es por ésto que en suelos pobres en reservas —en donde la restricción es generalmente mayor— viene a significar que las plantas no tengan una adecuada disponibilidad de elementos nutritivos, pudiendo tener como resultado un crecimiento restringido.

En los estudios existentes no se demuestra si hay peligro real de deterioro del suelo causado por las plantaciones de **Pinus radiata**, (FLORENCE, 1967; HAMILTON, 1965; PAGE, 1968; SCHLATTER, 1974). La descomposición restringida de los desechos orgánicos, puede inducir procesos genéticos en el suelo superior, que favorezcan una acidificación por formación de compuestos orgánicos no favorables. Lamentablemente no existen antecedentes al respecto.

Al forestar terrenos descubiertos se ofrecerán nuevas condiciones ambientales. La reducción de la radiación solar al nivel del suelo originará una disminución de la temperatura y sus fluctuaciones y también una disminución de la evaporación a nivel edáfico (ARNTZ et al., 1969). La hojarasca por otra parte, favore-

cerá la infiltración del agua de lluvia, disminuyendo el escurrimiento superficial. Esto último se ha comprobado por ejemplo en California, en donde una capa de acículas de pino de 0.8 cm de espesor prácticamente detuvo el escurrimiento superficial en terrenos de pendiente (ROWE, 1955), lo que significa que hay un control eficaz de los procesos erosivos, que se ve reforzado por la acción agregante de las raíces. También se verá favorecido con ello el desarrollo de las poblaciones de organismos del suelo, lo que ha sido comprobado en terrenos degradados y naturalmente pobres como aquellos de dunas, (KING et al., 1969; ROBERTS, 1957).

Dada la importancia que tiene la erosión y la extensa superficie degradada, es que deben considerarse las ventajas de las plantaciones en la recuperación de estos terrenos.

No puede dejarse de lado el mejoramiento de los suelos para incrementar el rendimiento de las plantaciones o mantener la fertilidad del suelo, es por ésto, que debe mencionarse también el uso de especies acompañantes. Estas aumentan la variedad y mejoran la composición del material orgánico componente de la hojarasca. Otras medidas de mejoramiento son la mezcla de los desechos orgánicos con el suelo mineral mediante labrado y la fertilización mineral, (FLORENCE, 1967; HAUSSER et al., 1969; LEWIS, et al., 1963; ULRICH et al., 1971; WITTICH, 1960).

3.3.2 Cambios causados por la explotación.

En un bosque natural, los elementos nutritivos absorbidos por la vegetación vuelven al suelo con los desechos orgánicos formando un ciclo cerrado. Al utilizarse la madera y otros productos vegetales de un bosque, se interrumpe la continuidad de este ciclo, produciéndose una exportación de elementos nutritivos desde el sitio. Con el uso extensivo de los bosques, probablemente la productividad del sitio no sufrirá bajas significativas, menos aún si el suelo es muy fértil y tiene una gran reserva de elementos nutritivos.

Las rotaciones de las plantaciones de **Pinus radiata** en Chile, varían entre 11 y 35 años y con mayor frecuencia entre 16 y 25 años, (URZUA, 1971). Existe, por lo tanto, una exportación pronunciada de elementos nutritivos del sitio en forma de madera y corteza.

El cuadro N° 4 muestra la exportación de elementos nutritivos por la utilización maderera en especies europeas y **Pinus radiata** en Nueva Zelandia para un período de 100 años.

CUADRO N° 4

Exportación de elementos nutritivos por raleos y cortas finales en periodo de 100 años (según WILL, 1964).

Tipo de bosque	(autor)	Elementos nutritivos en kg/há			
		N	P	K	Ca
pinos (varias especies)(*))	RENNIE	n.d.	38	186	425
otras coníferas	"	n.d.	73	465	896
latifoliadas	"	n.d.	105.5	482	1940
Pinus radiata	WILL	690	97.5	850	560

(*) Todos los antecedentes excepto *Pinus radiata* son europeos;
n.d. = no determinado.

La mayor exportación que se aprecia en el cuadro N° 4 para el caso del *Pinus radiata*, es sólo aparente, ya que debe considerarse que éste presenta 3 o más rotaciones en comparación con el resto de los grupos de especies. Los antecedentes indicados, aún cuando aproximados, ilustran el posible alcance de las exportaciones de elementos nutritivos esenciales.

En plantaciones de pino de una rotación de 35 años en Nueva Zelanda, se determinó que cerca de un 15% del total de los elementos: nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, absorbidos desde el suelo durante este período, fueron exportados del sitio en forma de madera y corteza, durante los raleos y la corta final, (WILL, 1968).

El efecto que tiene la exportación sobre el régimen de elementos nutritivos del sitio, dependerá de las reservas en el suelo y de cómo éstas se presentan, es decir, si son accesibles o inaccesibles para las plantas. Esto se verá agravado, en el caso de haber un deficiente abastecimiento de agua, factor que tiene directa influencia en la disponibilidad y movilidad de los elementos nutritivos.

La exportación de elementos nutritivos del sitio y las condiciones menos favorables de descomposición de la hojarasca, deben considerarse como probables causantes de disminución del rendimiento en la 2ª o 3ª rotación en este tipo de plantaciones. Este hecho pudo detectarse en Australia y en Nueva Zelanda, principalmente en sitios más pobres. En algunos casos, como efecto temporal durante los primeros 10 años y en otros en forma permanente, (KEEVES, 1966; LEWIS et al., 1963; WHY-

TE et al., 1968). La caída de rendimiento significó 1 a 2 unidades de la escala de 7 calidades de sitio empleada en Australia.

Sin embargo, estas no son las únicas causas probables, se agregan algunas otras derivadas de la intervención humana entre la corta final y el establecimiento de la nueva plantación. Una de ellas es el efecto del fuego, usado frecuentemente para la eliminación de los desechos de explotación, luego de la corta a tala rasa del bosque, (KEEVES, 1966; LEWIS et al., 1963). En Australia, en un sitio donde se aplicó fuego, se pudo determinar una baja del rendimiento en comparación a la rotación anterior. En cambio, en sitios con regeneración natural, sin uso del fuego, o con fuego controlado, se mantuvo el rendimiento, (KEEVES, 1966). Un fuego no controlado, intenso, de altas temperaturas, prácticamente quema toda la sustancia orgánica sobre el suelo. Esto llevará a pérdidas considerables principalmente de nitrógeno por gasificación, aumentando por otra parte el peligro de erosión en terrenos de pendiente pronunciada, (PLATA et al., 1966; ULRICH, 1973). Ambos factores, fuego intenso y pérdida de la sustancia orgánica, afectarán además fuertemente a la flora y fauna del suelo. Con fuego controlado, que es en cambio superficial y de menor intensidad, sólo se elimina parte de los desechos orgánicos. Los efectos negativos de éste son mínimos e incluso en ciertos casos pueden haber efectos beneficiosos sobre las condiciones nutritivas, (PLATA et al., 1966). Al quemar los desechos de difícil descomposición acumulados en la superficie, puede acelerarse la mineralización de los elementos nutri-

tivos fijados en ellos. Esto favorecerá a los árboles aún en pie o la regeneración inmediata posterior, que así pueden aprovechar estos elementos liberados.

En el caso de corta a tala rasa, se aumenta bruscamente la cantidad de radiación solar que llega al suelo y con ello se eleva la temperatura del suelo superficial. No habiendo restricciones de agua, este hecho puede producir una mineralización acelerada de la hojarasca al estimular el desarrollo de la vida biológica edáfica. También se favorece la descomposición mediante la remoción del suelo durante la explotación, al mezclar la materia orgánica con el suelo mineral, (WITTICH, 1960). Así, la reserva de elementos nutritivos en los desechos orgánicos acumulados sobre el suelo, son liberados justamente cuando no existe vegetación que pueda aprovecharlos. Esto es especialmente crítico en sitios de altas precipitaciones y de poca retención, caso de los suelos arenosos. En éstos, los elementos nutritivos pueden ser lixiviados fuera del espacio arraigable (ULRICH et al., 1971; ULRICH, 1972). Precipitaciones intensas en terrenos de pendiente pronunciada y suelos poco permeables, pueden arrastrar las sales liberadas por la descomposición y/o las cenizas después del fuego, fuera del sitio con el agua de escurrimiento.

En resumen, las causas de pérdida de fertilidad de un suelo se pueden agrupar en condiciones inherentes de sitio, como ser limitantes naturales, erosión y otros; y causas directas de la explotación de los bosques, como exportación de madera y corteza, conos y otros y medidas provenientes del manejo, como el caso del empleo de fuego, períodos extensos entre corta y reforestación y otros. En consideración a estas causales, deben tomarse en cuenta fuera de las condiciones naturales del sitio, los efectos de los distintos métodos silvícolas y de utilización a fin de minimizar las pérdidas que afectan la productividad. Se afectará con ellos también el balance económico del manejo del bosque por la necesidad de inversiones futuras para recuperar las pérdidas.

4. DISCUSION DE MEDIDAS RECOMENDABLES

4.1 Reconocimiento de suelos.

Es un hecho que las plantaciones con **Pinus radiata** seguirán extendiéndose y probablemente alcancen 500.000 - 1.000.000 há en el año 1980 (cuadro N°. 2), constituyendo la fuente princi-

pal de abastecimiento de la Industria maderera en Chile.

El contar con antecedentes adecuados sobre reconocimientos de suelos en aquellas áreas donde se han establecido y se establecerán plantaciones, contribuirá a evitar futuras pérdidas por insuficiente selección de sitio y permitirá ampliar la información sobre requerimientos de **Pinus radiata**. En aquellos sitios por forestar, posibilitarán una planificación adecuada de acuerdo a las condiciones naturales evitándose errores de plantación. Esquematizados los resultados de tales reconocimientos sobre mapas, éstos deberán ser más detallados en terrenos con plantaciones para el abastecimiento industrial y uso intensivo del suelo, que en aquellos con bosques para protección de suelos, agua y fauna.

En Chile existen ya reconocimientos de suelos que fueron sintetizados en cartas preliminares y en fottomosaicos. En ellos se incluye uso actual de la tierra, geología y geomorfología, suelos y factores limitantes, capacidades de uso de la tierra y zonas agroclimáticas, (ANONIMO, 1963). La diferencia de intensidad con que fueron efectuados, estuvo de acuerdo con la accesibilidad y el potencial de uso. En las áreas más intensamente reconocidas, existen entonces antecedentes suficientes para la planificación a nivel comunal. Mapas a escala 1 : 20.000 cubren prácticamente toda la Depresión Central entre los ríos Aconcagua y Maullín con un total de aproximadamente 7.000.000 há.

En el área de la Cordillera de la Costa, la fotointerpretación y especialmente los reconocimientos de suelos fueron muy generalizados, faltando antecedentes que son necesarios para la adecuada selección de terrenos con fines de forestación. Esto es válido también para el área de la Cordillera de los Andes, cuyos terrenos más inaccesibles prácticamente no cuentan con estos reconocimientos.

Principalmente en la Cordillera de la Costa existen mapas con la clasificación de los terrenos de acuerdo a su capacidad de uso, tanto a escala 1 : 50.000 como a 1 : 250.000. Esta clasificación de la tierra facilita las decisiones de planificación regional del uso de la tierra, pero como los reconocimientos de suelos son insuficientes, no se cuenta con antecedentes adecuados para precisar la planificación regional y permitir la planificación local.

En Europa Central se reconoció ya a principios de siglo la necesidad de contar con los antecedentes que dan los reconocimientos semidetallados y detallados de suelos, incluso fue

previsto por especialistas forestales de principios de siglo pasado. En realidad, sólo contando con reconocimientos de suelos puede posibilitarse una silvicultura adaptada a las características y propiedades del sitio, (WITTICH, 1968). Los beneficios que pueden aportar estos reconocimientos se resumen en:

- a) mejorar la toma de decisiones sobre tipo y forma de uso del suelo, es decir, intensidad de uso;
- b) seleccionar la especie o asociación de especies a forestar en el caso de plantaciones con especies introducidas, o bien, las especies nativas de acuerdo a las características y propiedades del suelo;
- c) mejorar estimación y control del rendimiento en las plantaciones de sitios similares en productividad y su comparación con otros;
- d) indicar medidas de manejo y de mejoramiento más adecuadas al sitio con el fin de evitar deficiencias y mantener o aumentar su productividad;
- e) dar antecedentes para las decisiones sobre métodos de explotación y extracción de la madera, y para el trazado y construcción de caminos con el fin de no deteriorar la calidad de sitio y posibilitar el uso racional del recurso.

Si no existen reconocimientos de suelos a corto plazo antes de ejecutar una plantación, o bien si éstos son insuficientes o poco detallados, debería efectuarse por lo menos un reconocimiento orientador en terreno para determinar las condiciones de sitio. Sin embargo, deberá preverse finalmente la elaboración de reconocimientos de suelos sistemáticos como una meta a mediano y largo plazo.

Para la planificación regional es necesario contar con una adecuada síntesis de los antecedentes que se recopilen en estos reconocimientos sistemáticos. Para ello la escala 1:50.000 parece ser adecuada. Sobre estos mapas, necesariamente topográficos, se esquematizan las series de suelos, complementándolas con sus características y propiedades más importantes. Ellos deben ser de fácil interpretación, sobre todo para los responsables de la planificación y ejecución de planes regionales.

A mediano plazo, la escala 1:50.000 puede ser un buen apoyo para la orientación local.

Pero, en aquellas áreas de uso muy intensivo, con intervenciones silvícolas sucesivas y aplicación de medidas de mejoramiento del suelo, deberá contarse con antecedentes detallados, recomendándose para este caso la escala 1:10.000. Estos reconocimientos detallados son destinados a nivel predial, pero de ellos pueden sintetizarse a su vez mapas a escalas menores.

Para los reconocimientos orientadores en terreno se requiere de personal profesional universitario capacitado para conjugar las condiciones del sitio con los requerimientos de las especies a forestar.

Para los reconocimientos sistemáticos y detallados se requiere de especialistas y equipamiento adecuado, los que deberían concentrarse en distintas regiones del país considerando aquellas que tienen mayor demanda por estos antecedentes.

4. Producción de plantas, establecimiento y desarrollo de las plantaciones.

En este capítulo se planteará la problemática en el corto plazo de las plantaciones de pino.

La producción de plantas en los viveros, implica un uso intenso del suelo acercándose su problemática a la de los cultivos agrícolas. Es decir, ocupan para este fin generalmente suelos de alto valor. La alta producción de plantas originará una fuerte exportación de elementos nutritivos, por lo que es indispensable además de emplear métodos de labrado del suelo, de regadío o drenaje, restituir las reservas nutritivas.

La elección de sitios para la forestación es —dentro del establecimiento de nuevas plantaciones— una de las consideraciones más importantes con respecto al factor suelo. Necesariamente deben conocerse sus características y sus propiedades físicas, dentro de las cuales algunas de las más importantes por ejemplo, la profundidad del suelo y la textura, no pueden mejorarse a un costo aceptable. Esto es también válido para ciertas características químicas. Luego, conociendo los requerimientos de la especie a establecer deben conjugarse adecuadamente estos requerimientos y las características del sitio para obtener un buen rendimiento.

En el período que sigue a la plantación, las plantas son especialmente sensibles a los factores climáticos y a la competencia interespecífica. Por ésto, es importante desarrollar métodos de mejoramiento del suelo superficial alrededor de la planta, lográndose que ésta se establezca rápidamente y sobrepase este período

crítico en el tiempo más corto posible. Estas medidas deberán entenderse en apoyo a las prácticas silviculturales usuales y lo que es especialmente válido en suelos degradados.

Cuando la plantación ya se ha establecido pueden aparecer deficiencias de desarrollo causadas por factores limitantes del suelo. Será entonces, necesario precisar las causas, debiendo considerarse tanto las características del suelo, como las de los árboles. Detectadas éstas, podrán adaptarse medidas de mejoramiento pertinentes, que deben ser previamente experimentadas a escala reducida a fin de asegurar la inversión.

4.3 Estructura, dinámica, rendimiento y manejo de las plantaciones.

La actual existencia de grandes extensiones de terrenos potencialmente forestables indica que la solución más adecuada para incrementar la producción forestal es el aumento de las plantaciones en superficie. Aún así, en muchos sectores se observa el interés en incrementar y mantener una alta producción maderera en una superficie limitada y en forma permanente, especialmente en áreas de abastecimiento industrial. Esta última tendencia pronunciará la necesidad de un manejo forestal más intensivo, que a su vez demanda de antecedentes que lo permitan en una forma adecuada a las condiciones naturales del sitio. Es decir, se necesita de suficientes conocimientos del medio y de su susceptibilidad frente a un manejo forestal intensivo. Actualmente el nivel de antecedentes al respecto es insuficiente, presentándose muchos vacíos en el conocimiento sobre la estructura y dinámica de este tipo de plantaciones, como también del sitio y la relación entre ambos. Con ello se pone en duda la posibilidad de mantener la productividad en el tiempo. Esto es hoy día aún más dudoso al haberse comprobado una baja de rendimiento en la 2ª o 3ª rotación en determinadas plantaciones en Australia y Nueva Zelandia, semejantes a las existentes en Chile.

Entre los antecedentes que comprueban lo antedicho, sumado a los mencionados en capítulos anteriores, está la estimación de que las plantaciones de pino consumen mayor cantidad de agua que otro tipo de vegetación más abierta, no pudiendo descartarse cambios en el ciclo hídrico del sitio, donde ellas se establezcan. Lamentablemente, existen muy escasos antecedentes al respecto, (SCHLATTER, 1974).

Diversos autores han manifestado su preocupación, de que las plantaciones de pino dis-

minuyen la calidad de sitio al afectar el suelo superficial orgánico-mineral y su flora y fauna; sobre esto sin embargo no existe uniformidad de criterio, (PAGE, 1968). Desafortunadamente, la mayoría de los antecedentes considerados se basan en descripciones de ciertas condiciones existentes en la zona de coníferas de clima frío en el Hemisferio Norte y por lo tanto, no comparables para *Pinus radiata*, especie de la zona de clima de carácter mediterráneo a temperado-oceánico. Estudios al respecto son aún insuficientes e incompletos, no pudiendo llegarse a conclusiones definitivas.

No debe olvidarse a su vez, que se ha determinado que los cultivos agrícolas tienen una influencia mucho más pronunciada sobre el suelo, especialmente en relación a la fauna del suelo. Es conocido que si en ellos no se llevan a cabo medidas de cuidado especiales y de mejoramiento, también sufrirá una degradación el suelo mineral. Esto está demostrado en las grandes superficies de terrenos que sufren erosión en Chile y la baja que ha sufrido el rendimiento de los cultivos agrícolas sobre ellos, (ELIZALDE, 1970).

En el caso de las plantaciones forestales, que son manejadas y utilizadas intensamente, nos enfrentamos a problemas de cultivos forestales. También aquí deben tomarse medidas de cuidado y de mejoramiento del suelo. Sí bien ellas agotan en mucho menor grado las reservas nutritivas del suelo que los cultivos agrícolas, por su estructura y dinámica ellas afectan las condiciones orgánicas y químicas del suelo superficial. Además son establecidas en sitios de condiciones más delicadas, por ejemplo, de mayor pendiente, lo que los hace también susceptibles a medidas descuidadas. Existe así la necesidad de desarrollar métodos de manejo del suelo, dentro del manejo forestal, con el fin de mantener la productividad del sitio.

Para lograr el conocimiento necesario y permitir avanzar en los métodos, debe estudiarse la estructura, que incluye la distribución de la biomasa; la dinámica, que incluye el desarrollo de la biomasa, los ciclos del agua y de elementos nutritivos del sitio; y el efecto de las intervenciones del manejo forestal, incluyendo la utilización, sobre los factores anteriores. Para ahorrar esfuerzos deberán concentrarse los estudios en sitios representativos para áreas mayores.

Muchos aspectos pueden estudiarse con cierta exactitud en una secuencia de rodales de diferentes edades para un sitio determinado, (FORREST et al., 1970). La limitante es que

no siempre es fácil encontrarlos en las condiciones deseadas que permitan comparaciones. Para fines específicos, los estudios pueden limitarse a rodales de una edad definida. Eso sí que, en esta forma es difícil asegurar una precisión suficiente para todos los factores que inciden en el rendimiento y la calidad de sitio, fundamentalmente cuando quiere determinarse el efecto de los métodos de manejo forestal y la caída del rendimiento en rotaciones sucesivas (proyección a largo plazo). De aquí que, muchos investigadores recomienden el establecimiento de parcelas permanentes donde se lleve un control del desarrollo de un mismo rodal durante toda su vida y en rotaciones sucesivas posteriores. De hecho, en diferentes países ya se está aplicando este tipo de control y para evitar variaciones de las condiciones durante el desarrollo de la plantación, estas parcelas permanentes son sujetas a un mismo método de manejo forestal por varias rotaciones, métodos que pueden variar en parcelas permanentes complementarias. Diferentes parcelas permanentes pueden ser así sometidas a distintos métodos de manejo forestal, sirviendo como una base valiosa de comparación. Estos conocimientos darán las bases para la posterior búsqueda de métodos de manejo forestal más apropiados. Desde luego, estos estudios a largo plazo, sólo pueden ser llevados por un organismo estable, donde el cambio de funcionarios o políticas no afecten estos esfuerzos.

5. CONCLUSIONES

Del análisis sobre la problemática de las forestaciones masivas con especies introducidas, especialmente de **Pinus radiata** en Chile Central (32° - 42° lat. S.) se puede concluir:

1. Los terrenos de aptitud forestal constituyen alrededor de un 48.5% de esta región. Entre 4.000.000 - 5.000.000 há se consideran potencialmente forestables, en su mayoría sin cubierta forestal, o bien con vegetación degradada. Sobre ellos deberán establecerse bosques, tanto para fines productivos, como también para protección y recreación.
2. Por la mayor densidad de población y las limitadas precipitaciones en el Centro Norte (32° - 35° 30'), primarán aquí funciones de recreación y de protección sobre aquella de la producción maderera en el establecimiento de bosques. En el Centro (35° 30' - 39° 30') con menor población, se presentan favorables condiciones para la pro-

ducción maderera, pero deberán considerarse a su vez la función de protección del bosque por ser la zona más afectada por la erosión. Aquí se ha desarrollado rápidamente la industria maderera por las extensas plantaciones forestales ya establecidas. En el Centro Sur (39° 30' - 42°), aún con numerosos terrenos cubiertos con bosque natural, se presentan en menor extensión sitios potencialmente forestables con muy buenas condiciones para la producción forestal.

3. **Pinus radiata** puede ser plantada entre 32° - 42° lat. S., fuera de estos límites será una excepción. La mayoría de las plantaciones se establecerán en el área de la Cordillera de la Costa. En el extremo Norte, en aquellas serranías más húmedas expuestas al mar, por la escasez de precipitaciones en la zona. En el Centro se extenderá por sobre todo el ancho del país, pero limitada en el plano altitudinal por significativa caída de nieve, bajas temperaturas y heladas y en los terrenos restantes, por la actividad agropecuaria que deberá ocupar los mejores suelos. En el extremo Sur deberá establecerse principalmente en sitios con adecuadas temperaturas durante el período vegetativo y en suelos bien drenados.
4. La especie es tolerante en cuanto al material formador del suelo, pero su desarrollo se restringe significativamente en suelos con menos de 70 cm de profundidad arraigable, muy densos, mal drenados y sin adecuada aireación. Tampoco pueden esperarse resultados satisfactorios en suelos muy alcalinos, muy ácidos y pobres en elementos nutritivos. Una precisión de sus requerimientos sin embargo necesita de mayores investigaciones.
5. Para la mejor planificación del uso del suelo y adecuada elección de sitios en el establecimiento de plantaciones forestales, es necesario contar con antecedentes de reconocimientos de suelos. Estos son incompletos e insuficientes en los terrenos potencialmente forestables a nivel regional (1:50.000), o inexistentes a nivel predial y local (1:10.000). Esto puede solucionarse parcialmente capacitando a los profesionales encargados de ejecutar las forestaciones en la elección de sitios, pero sólo lo es finalmente efectuando reconocimientos en forma sistemática, organizados regionalmente y concentrándose en un principio en aquellos sectores de mayor demanda.

6. Muchos terrenos donde las plantaciones forestales son establecidas presentan limitantes en la fertilidad del suelo, lo que es necesario considerar en las forestaciones e investigar el alcance que pueda significar. En su mayoría esto se debe a que anteriormente fueron intervenidos con fines agropecuarios y muchos se encuentran erosionados.
7. En los suelos afectados por usos agropecuarios anteriores, que presentan un mayor o menor grado de erosión y son aptos para el establecimiento de esta especie, las plantaciones pueden paralizar los procesos erosivos y recuperar en parte la fertilidad del suelo al agregarle sustancia orgánica. Similar es esta última influencia en suelos marginales como aquellos de dunas.
8. Sólo en ciertos casos, las plantaciones de **Pinus radiata** reemplazarán a algún tipo de vegetación natural. Esto causará un cambio en la estructura y dinámica de los horizontes orgánicos del suelo, por su diferente composición. Se ha estimado a raíz de esto cierta influencia negativa de esta especie sobre el suelo, lo que sin embargo aún no ha podido ser verificado adecuadamente.
9. La hojarasca o desechos orgánicos de **Pinus radiata** aparentemente no presentan una composición que favorezca una descomposición rápida. Sin embargo, en una forma similar a la práctica agrícola pero en forma mucho más extensiva, podrán usarse medidas económicas de mejoramiento del suelo, con el fin de evitar procesos que lleven a disminuir su fertilidad o bien incluso, con el fin de aumentar la productividad del sitio.
10. La utilización maderera produce una exportación de elementos nutritivos del sitio que puede ser significativa. En países como Nueva Zelandia y Australia se ha comprobado una disminución del rendimiento después de la 1ª o 2ª rotación en ciertos sitios con plantaciones similares, principalmente de suelos con menores reservas nutritivas. Es lógico que en sitios con menos reservas este hecho se manifieste antes. De aquí se desprende la necesidad de desarrollar métodos de mejoramiento del suelo, especialmente con el fin de restituir tales pérdidas y mantener un buen rendimiento maderero.
11. Métodos inadecuados del manejo forestal también pueden causar una disminución de la calidad de sitio. Ciertos antecedentes indican que el uso de fuego incontrolado e intenso en la eliminación de desechos de explotación causan una disminución del rendimiento forestal. Un efecto similar puede inducir la explotación a tala rasa en suelos muy permeables o de pendiente pronunciada, especialmente en sitios con intensas precipitaciones. Ambas prácticas causan pérdidas de elementos nutritivos al sitio ya sea por gasificación, lixiviación o erosión. En estos últimos dos casos, mientras el suelo no está cubierto con vegetación.
12. Los métodos de manejo forestal empleados actualmente en las plantaciones, no consideran en forma suficiente la estructura y dinámica de este tipo de bosques, ni los factores del sitio. Tampoco se han utilizado adecuadamente las experiencias obtenidas en países con plantaciones similares del Hemisferio Sur, ni aquellos de países del Hemisferio Norte. En Chile las investigaciones al respecto son muy escasas.
13. Entre los factores del sitio, el suelo juega un rol fundamental, por lo que debe considerarse en el manejo forestal. Esto comienza con la producción de plantas en viveros, continúa en el establecimiento de nuevas plantaciones, el desarrollo posterior de éstas y finaliza con la utilización maderera y preparación del terreno para la reforestación.
14. Muchos problemas podrán solucionarse con investigaciones y ensayos a corto plazo. Sin embargo, en estas plantaciones deben instalarse también parcelas permanentes en sitios representativos de áreas mayores, con el fin de evaluar todos los factores del medio, del rodal y del manejo en el largo plazo, a lo largo de varias rotaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dr. Roberto Schlatter su colaboración, al enriquecer el material bibliográfico (fauna del suelo) y revisar el manuscrito. A su vez agradezco a Dr. Juan E. Díaz Vaz por su valiosa ayuda en la redacción final.

R E F E R E N C I A S

- 1.—ALCAYAGA, S.; CONTRERAS, H.; 1966. Suelos. En Geografía Económica de Chile, Primer Apéndice: 55-61. CORFO, Stgo., Chile.
- 2.—ANONIMO, 1963. Informe final del Proyecto Aerofotogramétrico. OEA/CHILE, (PP. 131).
- 3.—ARNTZ, J. G., DELMASTRO, R., SCHLATTER, J. E., 1969. Influencia de un rodal de *Pinus radiata* D. Don. sobre algunos factores ecológicos en comparación al campo abierto. Tesis Ing. For., Fac. de Ing. For., Universidad Austral de Chile, (pp. 209).
- 4.—BUCH, M. W. v., 1970. Der Einfluss vulkanischer Eruptionen und Erdbeben auf die Böden Südkiles. Z. deutsch. geol. Ges. (121): 225-52.
- 5.—CONTRERAS, A., SEVE, J., 1970. Perspectivas de la actividad forestal dentro del desarrollo de la economía nacional. Actas VI Jornadas Forestales, Asoc. Chilena Ing. For.: 53 - 67. Stgo., Chile.
- 6.—CONTRERAS, H. M., MONTERO, A. S., 1975. Caracterización prospectiva de los suelos de la quebrada de Uraco (Vichuquén). Inf. de Progreso de Inv. Regionales, Tech. Rep. 15 (1): 1-24. Univers. de Chile, Talca.
- 7.—CORPORACION NACIONAL FORESTAL, 1975. La reforestación en el último quinquenio. Chile Forestal, 1 (5) Suplemento N° 3 (pp. 8).
- 8.—DI CASTRI, F., ASTUDILLO, V., SAIZ, F., 1964. Aplicación de la teoría de la información al estudio de las biocenosis muscícolas. Bol. Prod. Anim. 2 (2): 153-171; Universidad de Chile.
- 9.—ELIZALDE, R. M., 1970. La sobrevivencia de Chile. Ministerio de Agricultura (pp. 492); Santiago de Chile.
- 10.—ELLENBERG, H., 1963. Stickstoff als Standortfaktor. Ber. Dtsch. Bot. Ges., 77 (3): 82-92.
- 11.—FERNANDEZ, B. M., ROCUANT, L. T., 1975. Influencia de la cubierta forestal sobre las propiedades físicas y químicas de algunos suelos. Ier. Simposio Nac. de la Ciencia del Suelo, 7-9 mayo 1975, Chillán Chile, (pp. 5).
- 12.—FLORENCE, R. G., 1967. Factors that may have a bearing upon the decline of productivity under forest monoculture. Aust. For., 31 (1): 50-71.
- 13.—FORREST, W. G., OVINGTON, J. D., 1970. Organic matter changes in an age series of *Pinus radiata* plantations in Australia. J. appl. Ecol., 7 (1): 177-286.
- 14.—FRANZ, G., 1971. Mikrobiologische Charakterisierung einiger natürlicher und kultivierter Standorte in drei verschiedenen ökologischen Regionen Chiles. Plant and Soil, (34): 133 - 158.
- 15.—FUENZALIDA, V. H., 1965. Clima. Biogeografía. in: Geog. Econ. de Chile, Texto refundido: 98-152; 228-67. CORFO, (pp. 885).
- 16.—GARCIA, O., 1970. Indices de sitio para pino insigne en Chile. Serie de Inv., (2): 1-29. Instituto Forestal, Stgo., Chile.
- 17.—HAMILTON, C. D., 1965. Changes in the soil under *Pinus radiata*. Austr. For., 29 (4): 275-89.
- 18.—HARO, F., FERNANDEZ, B. ROCUANT, L., 1973. Efectos de la cubierta vegetal en las propiedades químicas y físicas de los suelos forestales. I. Suelos Constitución y complejo Constitución - Curanipe. Bol. Tec. (38): 1-45. Esc. Agron., Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- 19.—HAUSSER, K., WITTICH, W., 1969. Ergebnisse eines Düngungsversuchs zu 66 jährigen Fichten auf einem typischen Standort des oberen Buntsandsteins im Württ. Schwarzwald. Allg. Forst— u. J. Ztg., 140 (2 - 4): 25 - 34; 49 - 62; 88 - 99.
- 20.—HUSEN, CH. v., 1967. Klimagliederung in Chile auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen der Niederchlagssuramen. Freiburg Geogr. Hefte, Heft 4.
- 21.—INSTITUTO FORESTAL, 1966. Inventario de las plantaciones forestales de la zona Centro Sur de Chile. Informe Tec. N° 24, (pp. 93). Stgo., Chile.
- 22.—INSTITUTO FORESTAL, 1969. Inventario de las plantaciones forestales de la provincia de Coquimbo a Talca y de Valdivia a Llanquihue. Informe Téc. N° 30, (pp. 75). Stgo., Chile.
- 23.—INSTITUTO FORESTAL, 1971/72. Boletines Estadísticos. I (3, 4, 5, 9 y 10).
- 24.—INSTITUTO GEOGR. MILIAR, 1970. Atlas de la República de Chile. Segunda edición, (pp. 249), Stgo., Chile.
- 25.—IREN, 1965. Evaluación de la erosión. Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín. Informe N° 3 (pp. 17) Stgo., Chile.
- 26.—IREN, 1966. Estudio preliminar de la capacidad de uso de los suelos en la zona precordillerana y cordillerana de las provincias de Aconcagua a Llanquihue. Informe N° 7, Stgo., Chile.
- 27.—JUNGE, A., 1953. Historia del pino insigne en Chile y el premio Arturo Junge Sahr. Chile Maderero, Año III, N° 10.
- 28.—KAUFMANN, G., 1928. Ansiedlungen und Volksdichte in Chile. Diss. Universität Heidelberg. Philosophische Fakultät.

- 29.—KEEVES, A., 1966. Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in the south - east of South Australia. Austr. For., 30 (1): 51-63.
- 30.—KING, R. C, KINDEL, K. K., 1969. One step control of coastal sand dune in Chile. J. For., 67 (11): 810-12.
- 31.—KITTRIDGE, J., 1962. La influencia de los montes sobre el clima y otros factores ambientales. En la influencia de los montes: 89-149, FAO, Roma.
- 32.—KLAPP, E., 1956. Futterbau u. Futterwirtschaft in Chile zwischen dem 30° und 42° s. Br. En Forschungen in Chile. Bonner Geographische Abhandlungen, (7): 87-137.
- 33.—LAWTON, R. M., 1973. A review of the possible causes of yield decline in second rotation conifer plantations and some suggested line of investigation. FAO/IUFRO Symposium on Forest Fertilization. 3-7 Dec. 1973, Paris.
- 34.—LEWIS, N. B., HARDING, J. H., 1963. Soil factors in relation to pine growth in South Australia. Austr. For., 27 (1): 27-34.
- 35.—LINDSAY, A. D., 1932. Report on Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) in its native habitat. Commonwealth (Austral.) Forestry Bur. Bull. 10, (pp. 57). En ROY, D. F. (N° 45).
- 36.—MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1968. Unidades de uso agrícola de los suelos de Chile entre las provincias de Aconcagua y Chiloé. Plan de desarrollo agropecuario 1965 - 80, Oficina de Plan. Agric, Stgo., Chile.
- 37.—MONTERO, A. S., CHRISTEN, E. S., 1974. Meso y Macrofauna edáfica en terrenos naturales e intervenidos de la región del Maule. Pub. Reg. N° 4, (pp. 53). Universidad de Chile, Sede Talca.
- 38.—MUTSCHER, H., 1967. Bodenerhaltung. Hochschulstudium der Landwirtschaften. Trop. und sub. Landwirtschaft, Leipzig.
- 39.—ORTIZ, M., ZAÑARTU, E., YUDELEVICH, M., 1972. La contribución de las plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don) en el desarrollo de las industrias forestales de Chile. 7° Congr. For. Mundial. Buenos Aires, Argentina.
- 40.—PAGE, G., 1968. Some effects of conifer crops on soil properties. Commonw. For. Rev., 47 (1): 52-62.
- 41.—PLATA, G. A., GUITIAN, O. F., 1966. Transformaciones experimentadas en el suelo por la acción del fuego. An. Edafol. Agrobiol., (25): 57-68.
- 42.—ROBERTS, R. C, 1957. Observaciones hechas comparando agujas de pino Monterey, hojas de eucalypto y pastos con respecto a la estabilización de suelos erosionados a lo largo de la costa de Chile. Bosq. Maderas, 1 (1): 36. Chile.
- 43.—ROBERTS, R. C, DIAZ, C. V., 1959/60. Los grandes grupos de suelos en Chile. Agric. Técnica (XIX y XX): 7-37. Ministerio de Agricultura, Chile.
- 44.—ROWE, P. B., 1955. Effects of the forest floor on disposition of rainfall in *Pinus radiata*. J. For., 53 (5): 342 - 348.
- 45.—ROY, D. F., 1966. Silvical Characteristics of Monterey Pine. Res. Pap. PSW - 31, Pac. Southw. For. Range Exp. St. U. S. Forest Service, (pp. 21).
- 46.—RUIZ, C., CORVALAN, J., AGUIRRE, L., 1965. Geología. En Geog. Econ. de Chile. Texto refundido: 35 - 97. CORFO, Chile (pp. 885).
- 47.—SAIZ, F., DI CASTRI, F., 1971. La fauna de terrenos naturales e intervenidos en la región Valdiviana de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat., (32): 5 - 16. Ministerio de Educación, Santiago, Chile.
- 48.—SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 1970. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, 7. Aufl., Stuttgart, (pp. 448).
- 49.—SCHLATTER, J. E., 1974. *Pinus radiata* und ihre Anbaumöglichkeiten in Chile. Literaturübersicht. Gött. Bkd. Berichte, (31): 1 - 90.
- 50.—SCHMALTZ, J., 1973. Das Wachstum von *Pinus radiata* in Südkhile. Forstarchiv, 44 (6): 123-128.
- 51.—SCHMITHÜSEN, J., 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Forschungen in Chile, Bonner Geogr. Abhand. (17): 1 - 86.
- 52.—STYLES, J. H., 1967. Descomposition of *Pinus radiata* litter on the forest floor. Part 2. Changes in microfauna population. N. Z. J. Sci., 10 (4): 1045 - 60.
- 53.—TOLLENAAR, H., 1969. Deficiencia de boro en plantaciones de pino en la zona central de Chile. Agric. Técnica, 29 (2): 85 - 88.
- 54.—ULRICH, B., KHANNA, P. K., 1969. Oekologisch bedingte Phosphatumlagerung und Phosphatformenwandel bei der Pedogenese. Flora (158): 594 - 602.
- 55.—ULRICH, B., WACHTER H., 1971. Bodenkundliche Gesichtspunkte zur Frage der Bodenbearbeitung im Wald. Allg. Forst- u. Jagdztg., 142 (11): 257-265.
- 56.—ULRICH, B., 1972. Betriebswirtschaftliche Konsequenzen von Eingriffen in den Nährstoffhaushalt von Waldoekosystemen. Forstarchiv, 41 (7): 129 - 132.
- 57.—ULRICH, B., 1973. Einige bodenökologische und umweltrelevante Konsequenzen zu den Behandlungsvarianten für sturmgeworfene Stangenhölzer. Forstarchiv, 44 (3): 71-73.
- 58.—URZUA, J.D., 1971. El abastecimiento de materia prima para la industria de

- celulosa y papel en Chile. En Actas VII Jornadas Forestales, Asoc. Chil. Ing. For. Santiago, Chile.
- 59.— VALENZUELA, H., 1964. Productividad de los pinares en algunos suelos. Maderero, (11): 6-8; 25-26. Santiago, Chile.
- 60.— WEISCHET, W., 1970. Chile: Seine Länderkundliche Individualität und Struktur. Wissenschaftliche Länderkunden, Wiss. Buchgesellschaft. Band 2/3, Kartenteil.
- 61.— WHYTE, A.G.D., WILL, G.M., MEAD, D.J., 1968. Nutritional disorders of **Pinus radiata** in Nelson. Report of Forest Research Institute N.Z. For. Serv.: 25-26.
- 62.— WILL, G.M., 1964. Dry matter production and nutrient uptake by **Pinus radiata** in New Zealand. Commonw. For. Rev., 43 (1): 57-70.
- 63.— WILL, G.M., 1968. Some aspects of organic matter formation and decomposition in pumice soils growing **Pinus radiata** forest. Trans. 9th. Int. Congr. Soil Sci. (3): 237-46.
- 64.— WILL, G.M., 1968. The uptake, cycling and removal of mineral nutrients by crops of **Pinus radiata**. Proc. N.Z. Ecol. Soc, (15): 20-24.
- 65.— WITTICH, W., 1960. Forstliche Bodenkunde. in: Fortschritte in der Forstwirtschaft: 47-67.
- 66.— WITTICH, W., 1968. Die biologische und ökonomische Bedeutung einer Standortskartierung für die optimale Forstbetriebsgestaltung. in: Möglichkeiten optimaler Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft: 61-332.
- 67.— ZAÑARTU, E., URZUA, J.D., 1970. Análisis teórico del desarrollo forestal industrial a corto plazo. En Actas VI Jornadas Forestales, Asoc. Chil. Ing. For.: 99-109. Santiago, Chile.
- 68.— ZOETTL, H.W., 1973. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization. 3 - 7 Dec. 1973, Paris.