

C. D. O.: 114.26

DEFICIENCIA DE BORO EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* D. DON EN  
CHILE  
I DISTRIBUCION Y ORIGEN

J. E. Schlatter; V. Gerding

SUMMARY

Boron deficiency makes one of the most important and widely distributed nutritional in *Pinus radiata* D. Don plantations within Central Chile. It is usually present in soils derived from granitic rocks and volcanic materials. The problem becomes worse when soils have lost much of its organic matter reserve, mainly by erosion, what means a lower water retention capacity and a lower boron availability. It is more serious if the plantation is located in districts with low annual rainfall and/or a long dry season.

RESUMEN

La deficiencia de boro constituye uno de los problemas nutricionales más importantes y extendidos en las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile Central. Ella se presenta especialmente en suelos derivados de rocas graníticas y de materiales volcánicos. Se agrava cuando el suelo ha perdido parte importante de sus reservas de materia orgánica, generalmente por erosión, lo que significa una disminución de la capacidad de retención de agua y de la disponibilidad de boro. El problema es más serio cuando la plantación se sitúa en zonas de escasa precipitación y/o

con períodos secos prolongados.

INTRODUCCION

El abastecimiento insuficiente de boro en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, conocido como "deficiencia de boro" se extiende a través de todo Chile Central (32°-42° lat. S.). La primera constancia documentada determinó tal deficiencia en plantaciones jóvenes de pino en suelos rojo-arcillosos y suelos de origen granítico desde Constitución hasta Santa Bárbara (Tollenaar 1969). Diagnósticos posteriores comprobaron deficiencias moderadas a leves en plantaciones sobre suelos derivados de cenizas y arenas volcánicas entre Valdivia y Llanquihue, resultando más grave la carencia del elemento nutritivo en suelos de cenizas volcánicas pleistocénicas, más antiguas, de transición a suelo rojo arcilloso (Moll 1973).

Condiciones críticas de la deficiencia de boro se detectaron principalmente en las regiones VIII y IX, en plantaciones jóvenes establecidas sobre suelos derivados de materiales graníticos, suelos rojo-arcillosos derivados de materiales volcánicos plio-pleistocénicos y suelos derivados de arenas andesítico-basálticas (sedimentos holocénicos) (Zoetl 1973; Schlatter, Grez 1978).

La gravedad de la ocurrencia de la deficiencia de boro en plantaciones de pino, ha quedado últimamente de manifiesto a través de prospecciones realizadas por la Corporación Nacional Forestal (1980-1981), que la ha definido como un problema forestal de primera importancia a nivel nacional.

En consideración a la importancia de esta problemática para la producción forestal chilena y a la información actualmente existente, se planteó como objetivos del presente trabajo lo siguiente:

- Determinar la distribución de la deficiencia de boro en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, y
- Determinar la asociación entre tal deficiencia y el tipo de suelo en que ocurre.

## MATERIAL Y METODO

La distribución de áreas con plantaciones de pino afectadas por deficiencia de boro se obtuvo por estudios y prospecciones propias, complementadas con referencias del país. Esta información fue utilizada para elaborar un mapa de dicha distribución en Chile Central, sobrepuesta a las principales asociaciones de suelos según los antecedentes cartográficos del Ministerio de Agricultura (1968).

El grado de dependencia entre la deficiencia de boro y el tipo de suelo en que ocurre, se analizó mediante la prueba  $X^2$  (Downie, Heath 1973). En esta prueba se consideraron los datos de concentración de boro foliar según niveles adaptados por Ballard (1977) y Zoettl (1973), que han demostrado indicar los niveles límites más acertados. Los niveles expresados como concentración de boro por unidad de materia seca son: a) deficiencia grave: 8 ppm; b) deficiencia moderada: 8-12 ppm; c) deficiencia leve: 12-15 ppm; d) buen abastecimiento: 15 ppm.

Para el caso de referencias que sólo alu-

dieran a síntomas visuales se procedió a repartirlas proporcionalmente entre los grados de deficiencia grave y moderada, que son niveles en que tales síntomas aparecen en forma notoria.

Para la prueba  $X^2$  se consideraron asociaciones de suelos de semejante material de origen (Iren 1964; Ministerio de Agricultura 1968; Iren - Universidad Austral de Chile 1978). Estos son los siguientes: a) graníticos, derivados de rocas graníticas, incluyendo suelos formados *in situ* (de lomajes y cerros) u originados por materia transportados (depositacionales); b) rojo-arcillosos, principalmente de materiales de origen volcánico plio-pleistocénico; c) cenizas volcánicas transportadas en formas eólica y aluvial, incluyendo sedimentos holocénicos como también pleistocénicos de transición a rojos arcillosos; d) arenales, incluyendo dunas litorales, dunas continentales de arena media y fina y arenas aluviales gruesas; e) otros suelos, cuyo origen no es representado adecuadamente por los grupos anteriores.

## DISTRIBUCION DE LA DEFICIENCIA DE BORO

La distribución de plantaciones de *Pinus radiata* con deficiencia de boro, se presenta en la Fig. 1. En ella se observa que la deficiencia ha sido detectada en toda la zona donde está establecida la especie, con una concentración de casos en los alrededores de la ciudades de Angol y Valdivia. Esto último no interpreta necesariamente la situación real, ya que tal situación está influida por: a) la actual distribución de las plantaciones de pino. Por ejemplo, la mayor cantidad de casos observados en Valdivia, se debe a que las plantaciones de pino en la X Región han sido establecidas en su gran mayoría alrededor de la ciudad de Valdivia; b) las prospecciones realizadas por las distintas insti-

tuciones o personas. Es así que, el bajo número de observaciones al Norte de Los Angeles, se debe a que las prospecciones realizadas en esa zona son muy escasas.

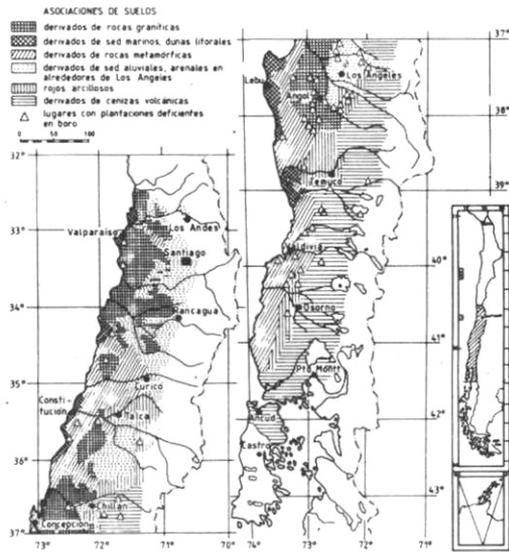


Fig. 1. Distribución de los lugares con plantaciones de *Pinus radiata* deficientes en boro.

*Distribution of localities with boron deficient Pinus radiata plantations.*

A lo largo de Chile Central, la deficiencia de boro es más frecuente en los faldeos orientales de la Cordillera de la Costa y en la Depresión Central. Esta ubicación geográfica coincide con condiciones climáticas de menos precipitaciones y menor humedad atmosférica en comparación a los lugares de similar latitud, ubicados en los faldeos occidentales expuestos al mar y en la precordillera de Los Andes.

Puede observarse además que, las plantaciones donde se determinó deficiencia de boro coinciden en general con las asociaciones de suelos graníticos, rojos arcillosos, arenales y derivados de cenizas volcánicas (ver Cuadro 1). Al respecto resulta particularmente interesante que, los suelos derivados de rocas metamórficas de

origen sedimentario y en especial los derivados de sedimentos marinos, no presentan prácticamente plantaciones con deficiencia de boro, no obstante que en ellos se encuentran importantes superficies de plantaciones de *Pinus radiata*.

Sin embargo, en las áreas de tales suelos de origen sedimentario se presentan algunas excepciones como es el caso de suelos derivados de material micaesquístico altamente meteorizado y gleizado (Corral, Valdivia), de material micaesquístico cubierto por una profunda capa de cenizas volcánicas pleistocénicas (Valdivia; eventualmente también en Lleu-Lleu, Arauco), derivados de rocas metamórficas altamente erosionadas (Pichilemu y Constitución) o dunas litorales (Chanco y Escuadrón, Concepción). En ellos el insuficiente abastecimiento de boro de las plantas de pino

Cuadro 1. Asociaciones de suelos con plantaciones de *Pinus radiata* deficientes en boro, Chile Central.

*Soil associations with boron deficient Pinus radiata plantations, Central Chile.*

FUENTE	Asociaciones de Suelos				
	Graníticos	Rojos Arcillosos	Arenales	Cenizas volcánicas	Otros
Tollenar, 1969	0	0			
Moll, 1973		X		X	X
Zoettl, 1973	0X	0	X		
Schlatter, 1978 1)	.		0		
Schlatter y Grez, 1978	0X	0X			
Adams, 1979	0	0	0		
Inst. Silvicultura, 1980 2)	X	X	0	0X	
Delmastro et al., 1980	X	X	X	X	
Toro et al., 1981					X
Toro y Córvalan, 1981	X				
Schlatter e Hidalgo, 1981		0			
Aranas y Jiménez, 1982					X
Gerding et al., 1982	X				
Kunz, 1982					X
Schlatter, 1983		X	X		
González et al., 1983		X	X		X
<b>Total áreas con referencias</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>4</b>

X Referencias con análisis foliar;

0 Referencias sólo de síntomas visuales.

(1) Síntomas visual en arenas y gravas de un lahar del volcán Llaima.

(2) Archivos del Instituto de Silvicultura, datos inéditos; véase también Gerding, V. 1982.

se debe en general a factores distintos al material de origen de los suelos como son: el grado de evolución (lixiviación) del suelo, insuficiente aireación o alta densidad que limitan el desarrollo de las raíces (gleización, compactación, suelos recientes o erosionados), baja retención de agua del suelo (arenas) y baja fertilidad del suelo superior (suelos erosionados).

En las asociaciones de suelos derivados de otros materiales formadores, no consultados anteriormente, son poco frecuentes los casos de deficiencia de boro. Esto se debe en parte a la menor existencia de plantaciones de pino sobre ellos, pero no puede excluirse la posibilidad de su detección a través de prospecciones sistemáticas que se desea implementar (Corporación Nacional Forestal 1980, 1981).

Las prospecciones efectuadas hasta ahora por la Corporación Nacional Forestal (no incluidas en el Cuadro 1), son de carácter fitosanitaria forestal y han detectado 12 agentes principales causantes de problemas fitosanitarios en plantaciones de *Pinus radiata*. Entre ellos, la deficiencia de boro ocupa el segundo lugar de importancia a nivel nacional, fluctuando entre el primer y el tercer lugar en las V a IX Regiones y está en cuarto lugar en la X Región. Un resumen de los resultados encontrados al respecto por las prospecciones mencionadas es entregado en el Cuadro 2. Ellos señalan que la deficiencia de boro se presenta en todas las regiones de Chile Central.

Con excepción de la X Región, un alto porcentaje de los predios con plantaciones forestales prospectadas tuvo deficiencia. Sin embargo, llama la atención la pequeña proporción de superficie comprometida en cada uno de ellos. Tal hecho se debe en gran parte al método utilizado en las prospecciones citadas, el cual sólo consideró árboles con síntomas visuales característicos para una deficiencia grave, lo

Cuadro 2.-Prospección de la deficiencia de boro en plantaciones de *Pinus radiata* (Corporación Nacional Forestal 1981).

*Survey of boron deficiency in Pinus radiata plantations (Corporación Nacional Forestal, 1981).*

REGION	Prospección		Deficiencia de boro	
	Nº de predios	Superficie (ha)	% de predios	% de superficie
V	20	6.363	90	7
VI	14	10.133	93	8
VII	79	23.036	78	12
VIII	101	40.364	54	6
IX	92	12.881	93	12
X	51	16.108	16	1
TOTAL	357	108.885	55	7

que limita la precisión en la detección de la real extensión de la deficiencia. Es decir, para lograr una mayor precisión en una prospección, el método actual debe ser mejorado. En primer lugar, debe utilizarse un adecuado diseño en las observaciones y en el muestreo en terreno y además, es conveniente precisar el diagnóstico a través del análisis foliar. Es conocido que el método de diagnóstico por intermedio de los síntomas visuales presente limitaciones de consideración, tanto desde el punto de vista físico como también humano.

Hasta aquí se ha analizado aspectos de la extensión y distribución de la deficiencia de boro y sus asociaciones con factores del medio. Pero, es de interés además conocer la relación que existe entre el grado de la deficiencia y las distintas asociaciones del suelo.

#### RELACION ENTRE SUELOS Y EL GRADO DE DEFICIENCIA DE BORO

La deficiencia de boro no alcanza igual intensidad en todas las asociaciones de

suelos, existiendo diferencias entre las plantaciones establecidas sobre distintos suelos (Cuadro 3). Como puede apreciarse en Cuadro 3, existe una alta dependencia entre el grado de deficiencia de boro y el suelo o material formador de éste. Esta dependencia alcanza una significancia al nivel de 1% ( $X^2$ ).

Cuadro 3.- Distribución proporcional de la deficiencia del boro en *Pinus radiata* según su relación con las asociaciones de suelos (%).

*Proportional distribution of boron deficiency in Pinus radiata according to its associations related soil associations (%)*.

Nivel de deficiencia	Asociaciones de Suelos				Otros
	Graníticos	Rojos arcillosos	Arenales	Cenizas volcánicas	
Grave	76	44	69	7	20
Moderada	10	38	31	33	40
Leve	14	18	0	60	40
TOTAL	100	100	100	100	100

Las plantaciones establecidas sobre suelos derivados de materiales graníticos y arenales, principalmente andesítico-basálticos continentales, son las que presentan mayor proporción de deficiencia grave, es decir, niveles menores a 8 ppm de boro en el follaje. Si se suman las deficiencias moderadas y graves, existe una similitud proporcional entre suelos graníticos, rojos arcillosos y arenales, con valores entre 80 y 100%. No así en suelos derivados de cenizas volcánicas y otros grupos en que los casos de deficiencia grave son menos frecuentes, predominando los de carácter leve o moderado.

El análisis anterior muestra que, la mayor frecuencia y gravedad de la deficiencia de boro en plantaciones de pino se presenta en suelos graníticos, arenales y rojos arcillosos, coincidiendo esto con la aproximación efectuada por Adams (1979). Las asociaciones de suelos nombradas se dis-

tribuyen principalmente entre la V y IX Regiones, zona más afectada por la deficiencia. Esto encuentra explicación en las diferentes condiciones de suelo, y complementariamente también de clima, donde han sido establecidas las plantaciones forestales. En la X Región los suelos son en gran parte derivados de cenizas volcánicas: profundos, ricos en materia orgánica y de alta capacidad de agua aprovechable, es decir, en general, de alta fertilidad. Además, en esta región el clima se caracteriza por una cantidad considerable de precipitaciones durante el período vegetativo. En cambio, entre las Regiones V y IX se presenta un clima caracterizado por 3 meses en el Sur a 8 meses en el Norte que pueden calificarse como secos y los suelos son generalmente de fertilidad moderada a baja, muchos de ellos erosionados. Esto queda reflejado en el índice de sitio de *Pinus radiata* que presenta una tendencia general a mejorar desde Valparaíso a Valdivia (Schlatter *et al* 1982).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

La deficiencia de boro en plantaciones de *Pinus radiata* constituye uno de los problemas nutricionales de mayor importancia en el sector forestal chileno y ocurre a través de toda la principal zona de distribución de esta especie en Chile Central. Sin embargo, el grado de la deficiencia es más grave entre Valparaíso y Malleco (V a IX Regiones), en comparación con las regiones más australes (X Región). Este hecho encuentra su explicación principalmente en la influencia del factor suelo y complementariamente en la del factor clima.

El grado de intensidad y la extensión de la deficiencia de boro están asociados fundamentalmente a las características del suelo y dentro de éstas el material de origen es la de mayor importancia. Los sue-

los derivados de materiales de origen ígneos, tanto intrusivos como extrusivos, generalmente presentan la deficiencia, destacando entre ellos los suelos derivados de rocas graníticas. Esto coincide con los antecedentes entregados por Mengel y Kirkby (1975), quienes señalan que la mayor frecuencia de la deficiencia de boro se presenta en suelos derivados de rocas ígneas ácidas. Pero también se determinó una alta probabilidad de la deficiencia en suelos derivados de arenas volcánicas aluviales y eólicas y en suelos rojos arcillosos derivados de materiales extrusivos plio-pleistocénicos, en coincidencia con Lambert y Turner (1977). En los suelos derivados de cenizas volcánicas más recientes existe una menor probabilidad de encontrar plantaciones con deficiencia, debido a su mayor fertilidad y a su coincidencia geográfica con áreas de mayores precipitaciones.

La deficiencia de boro en otro tipo de suelos puede encontrar su explicación en la composición mineral de éstos, ya que también pueden presentar una alta proporción de componentes ígneos. Pero, generalmente encuentra su causa en otros factores de la fertilidad del suelo, no relacionados con el material de origen.

El problema de la deficiencia de boro se agrava en las plantaciones de *Pinus radiata* cuando el suelo ha perdido sus reservas de materia orgánica por erosión, quema de residuos u otra causa. Esto es explicable pues durante la evolución del suelo se produce una concentración del elemento en el suelo en su parte superior a través del

ciclo biológico (Rankama, Sahama 1954; Scheffer, Schachtschabel 1970) lo que permite formar una reserva de boro generalmente suficiente para la demanda de la vegetación. Por otra parte, la pérdida del suelo superficial significa una disminución en la capacidad de agua aprovechable de éste y el afloramiento del subsuelo de estructura menos favorable. Esto favorece la fijación de boro en el suelo (Scheffer, Schachtschabel 1970) y también dificulta el desarrollo de las raíces de las plantas y con ello su abastecimiento de agua y elementos nutritivos.

En forma complementaria al suelo, el clima también tiene una importante influencia en la manifestación de la deficiencia de boro en las plantaciones de pino, a través de la longitud de los períodos secos (Lambert, Turner 1977) o la menor cantidad de precipitaciones en invierno y primavera (Lambert 1981). En Chile Central la deficiencia se pronuncia en posiciones geográficas de menores precipitaciones anuales y de períodos secos más prolongados. En esta región, las precipitaciones anuales disminuyen en dirección Norte, aumentando en tal dirección la longitud del período seco. Además existe un efecto orográfico en el sentido longitudinal (de mar a cordillera), que causa que las precipitaciones y la humedad atmosférica sean menores en los faldeos orientales de la Cordillera de la Costa y en la Depresión Central. Los sitios que por esta causa son más secos, tienen una mayor probabilidad de presentar plantaciones con deficiencia de boro, al agravar en ellos la menor humedad las limitaciones del suelo.

#### REFERENCIAS

- ADAMS, J. 1979. Fertilización en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. Documento de trabajo N° 19. FO:DP Proyecto CONAF/FAO/PNUD/CHI/76/003. Santiago, 58 p.
- ARANAS, M., JIMENEZ, M. 1981. Fertilización con nitrógeno, fósforo, boro y cobre en plantaciones de uno, dos y tres años de edad de *Pinus radiata* D. Don, en la VI Región. Tesis Ing. For., Universidad de Chile, Santiago.

- BALLARD, E. 1977. Predicting fertilizer requirements of production forests. in: Use of fertilizers in New Zealand Forestry. FRI Symposium N° 19. (33-44). N. For. Serv. For. Res. Inst., New Zealand.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1980. Informe final plantaciones forestales prospectadas por la Corporación Nacional Forestal. Corp. Nac. Forestal, Santiago 43 p.
- CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1981. Informe final, prospección fitosanitaria forestal, temporada 80/81. Documento de Trabajo N° 1, Corp. Nac. Forestal, Santiago. 94 p.
- DELMASTRO, R.; DIAZ-VAZ, J. E.; SCHLATTER, J. E. 1981. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias de *Pinus radiata* (D. Don). Informe de Convenio N° 43, Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia 187 p.
- DOWNIE, N.; HEATH, R. 1973. Métodos estadísticos aplicados. Haría, México, 373 p.
- GERDING, V. *et al.* 1982. Respuestas de *Pinus radiata* D. Don a fertilización con boro en suelos graníticos, Provincia de Malleco. Informe de Convenio N° 52, Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 90 p.
- GERDING, V. 1982. Características del suelo y estado nutritivo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don. in: Peñaloza, R. Uso silvopastoral en terrenos forestales ganaderos. Tercer Informe de Convenio ODEPA/UACH (24-29), Serie Técnica, Fac. de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile.
- GONZALEZ, C. *et al.* 1983. Estudio de fertilización en plantaciones de *Pinus radiata*. Primeros resultados. Documento de Trabajo N° 51 FO: DP/CHI/76/003, Santiago de Chile. 159 p.
- IREN. 1964. Suelos. Descripciones Proyecto Aerofotogramétrico. CHILE/OEA/BID. Inst. de Inv. de Rec. Nat., CORFO, Santiago. 391 p.
- IREN-UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1978. Suelos, Prov. de Valdivia. Instituto de Investigación de Rec. Naturales, CORFO y AUCH, Santiago. 94 p.
- KUNZ, M. 1982. Determinación del nivel nutritivo de plantaciones *Pinus radiata* D. Don de diferente edad. Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile, Valdivia 123 p.
- LAMBERT, M. J.; TURNER, J. 1977. Dieback in high site quality *Pinus radiata* -stands-the role of
- LAMBERT, M. J. 1980. For. Comm. N. S. W. Internal Report (14 p). cit. Hill, J., Lambert, M. J. 1981. Physiology and management of micronutrients in forest trees in Australian. In: Proceedings Austral. For. Nutrition Workshop. Productivity in Perpetuity: 93-103, Australian Forestry Council.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. 1978. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Berne, Switzerland 593 p.
- 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 Planificación Agrícola, Ministerio de Agricultura, Santiago (mapas).
- MOLL, W. 1973. Estado nutritivo de plantaciones de *Pinus radiata* entre Cautín y Llanquihue, Archivos del Instituto de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.CH. (inédito).
- RANKAMA, K; SAHAMA, TH. 1954. Geoquímica, Ed. Aguilar, Madrid. 862 p.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. 1970. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart 448 p.
- SCHLATTER, J. E.; GREZ, R. 1978. Diagnóstico de los factores causantes del crecimiento restringido en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, Prov. de la Malleco y Bío Bío. In: II simposio Nac. de la Ciencia del Suelo, Tomo I (36-63), Santiago de Chile.
- SCHLATTER, J. E.; HIDALGO, D. 1981. Calidad de sitios para *Pinus radiata* D. Don. Area de la Costa, Prov. de Cautín. Informe de Convenio N° 36, Serie Técnica, Fac. de Ing. For., U. A. CH., Valdivia. 77 p.
- SCHLATTER, J. E., GERDING, V.; BONNEFOY, M. 1982. Factores del sitio de mayor incidencia en la productividad de *Pinus radiata* (D. Don) In: Actas de la reunión de Trabajo sobre Evaluación de la Productividad de Sitios Forestales. U. A. CH., Valdivia, Chile. 61-97 p.
- SCHLATTER, J. E. 1983. Diagnóstico nutritivo en plantaciones de *Pinus radiata*. Doc. de Trabajo, Convenio U. A. CH. y For. Mininco, S. A. 17 p.
- TOLLENAAR, H. 1969. Deficiencia de boro en plantaciones de pino en la zona central de Chile, Agricultura Técnica 29 (2):85-88.
- TORO, J.; CAMPOS, L.; GOMEZ, J.; MERINO, C. 1981. Algunas variables que influyen en la produc-

- tividad de las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don ubicados en la Cordillera de Nahuelbuta. In: Resúmenes del III Simposio Nac. de la Ciencia del Suelo Santiago. 93-94 p.
- TORO, J.; CORVALAN, P. 1981. Fertilización mineral en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don con crecimiento restringido. In: Resúmenes del III Simposio Nac. de la Ciencia del Suelo 97-99, Santiago.
- ZOETTL, H. 1973. Suelos Forestales de la Región del Bío Bío. Fortalecimiento del Programa For. Nac. CHILE FO: SF/CHI/26, Informe Técnico N° 4, FAO 30 p.

(Recibido, 2 marzo 1984)

---

#### Los autores

- SCHLATTER, J. E. Prof. Dr. en Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia - Chile.
- GERDING, S. VICTOR. Ingeniero Forestal. Instituto de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia - Chile.