



cnf



FO : DP/CHI/76/003
DOCUMENTO DE TRABAJO Nº 51

INVESTIGACION Y DESARROLLO FORESTAL

CORPORACION NACIONAL FORESTAL
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

“ESTUDIO DE FERTILIZACION EN PLANTACIONES
DE PINUS RADIATA. PRIMEROS RESULTADOS”

GASTON GONZALEZ V.
CESAR GONZALEZ O.
JAIME MILLAN H.
RENE ESCOBAR R.

JULIO 1983

SANTIAGO DE CHILE

C743e
5811
c.1

FO: DP/CHI/76/003
Documento de Trabajo N° 51

INVESTIGACION Y DESARROLLO FORESTAL

Corporación Nacional Forestal
Organización de las Naciones Unidas
Para la Agricultura y la Alimentación

"ESTUDIO DE FERTILIZACION EN PLANTACIONES
DE PINUS RADIATA. PRIMEROS RESULTADOS"

Gastón González V.
César González O.
Jaime Millán H.
René Escobar R.



JULIO-1983

SANTIAGO-CHILE

PROLOGO

El presente estudio, titulado "Estudio de fertilización en plantaciones de Pinus radiata. Primeros resultados", es un trabajo publicado como resultado del subcontrato N° DP/CHI/76/003 7/3/FO, celebrado entre el Proyecto CONAF/PNUD/FAO de "Investigación y Desarrollo Forestal" y el Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción.

Dado que lo aquí presentado corresponde a resultados iniciales obtenidos en tres años de experimentación, se continuará con su desarrollo a fin de poseer resultados finales una vez terminado, en forma definitiva, con las intervenciones de manejo y fertilización que se efectúen a las plantaciones, en el mediano plazo.

Se debe hacer presente que los trabajos iniciales de este importante estudio, fueron dirigidos por el Sr. Luis Rocuant T. Ingeniero Forestal, y que a contar desde abril de 1980 están a cargo de los autores de este Documento de Trabajo, señores: Gastón González Vargas, Jaime Millán Herrera y René Escobar Rodríguez, académicos del Departamento de Ciencias Forestales de dicha Universidad. Además de la destacada labor del señor César González Oróstica del Departamento de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

A todos ellos, el Proyecto les agradece sinceramente la calidad del estudio y la eficiencia demostrada durante su elaboración.

Finalmente, el Proyecto desea agradecer a las empresas y propietarios de los predios en que se instalaron los ensayos respectivos, por la colaboración dispensada.

BERTRAM HUSCH
Director Internacional



JAIME LATORRE A.
Director Nacional

RESUMEN

El presente documento entrega los primeros resultados - obtenidos de una investigación sobre fertilización en plantaciones de pino insigne (Pinus radiata D. Don), realizado a través de cuatro diferentes subcontratos, aplicados algunos al establecimiento de plantaciones y otros, a rodales jóvenes, con el fin de identificar los elementos minerales que limitan el desarrollo normal de la especie, determinar los métodos técnicos de aplicación de éstos y sus dosis más adecuadas.

SUMMARY

The document presents the initial results of a study regarding the fertilization of plantations of insignis pine (Pinus radiata D. Don) carried out by means of four subcontracts. Fertilizers were applied at plantation establishment and to going stands to identify the elements which limit normal development of the species and to determine the best method of application and the appropriate dosage.

INDICE DE MATERIA

	<u>Pág.</u>
PROLOGO	
RESUMEN/SUMMARY	
1. INTRODUCCION	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivos de la Investigación	3
2. IDENTIFICACION DE DEFICIENCIAS MINERALES	5
2.1. Generalidades	5
2.2. Niveles Nutricionales en Plantaciones Creciendo en Chile	6
3. DESCRIPCION DE SUELOS	12
3.1. Grupo de Suelos Arenosos	12
3.2. Grupo de Suelos Rojo Arcillosos	13
3.3. Grupo de Suelos Metamórficos	14
3.4. Grupo de Suelos Derivados de Sedimentos Marinos .	14
4. DESCRIPCION DE ESTUDIOS, SUS ENSAYOS Y LOS LUGARES	15
4.1. Los Estudios y Ensayos	15
4.2. Los Lugares	17
4.2.1. Predio "Santa Marta"	17
4.2.2. Predio "Pichilemu"	18
4.2.3. Predio "San Pedro"	18
4.2.4. Predio "Lo Moreno"	19
4.2.5. Predio "La Alfalfa"	20
4.2.6. Predio "Cholguahue"	21
4.2.7. Predio "El Porvenir"	21
4.2.8. Predio "María Las Cruces"	22
5. DESCRIPCION DE ENSAYOS POR ESTUDIO	23
5.1. Estudio de Dosis Preventivas de Boro al Estableci miento de la Plantación	23
5.1.1. Diseño experimental	23
5.1.2. Tratamientos	23
5.1.3. Plantación	23
5.1.4. Fertilización	24
5.1.5. Mediciones	24
5.1.6. Análisis foliares	24

	<u>Pág.</u>
5.1.7. Calendario de actividades	24
5.2. Estudio de Corrección de Deficiencia de Boro en Plantaciones de 2 a 4 Años	25
5.2.1. Diseño experimental	25
5.2.2. Tratamientos	26
5.2.3. Descripción de la plantación	26
5.2.4. Mediciones	27
5.2.5. Fertilización	27
5.2.6. Análisis foliar	27
5.2.7. Calendario de actividades	28
5.3. Estudio de Respuesta a la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes	28
5.3.1. Diseño experimental	28
5.3.2. Tratamientos	29
5.3.3. Descripción de la plantación	29
5.3.4. Mediciones	29
5.3.5. Análisis foliares	30
5.3.6. Calendario de actividades	30
5.4. Estudio de Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Plantaciones Recién Establecidas	30
5.4.1. Diseño experimental	30
5.4.2. Tratamientos	31
5.4.3. Fertilización	31
5.4.4. Descripción de las plantaciones	31
5.4.5. Mediciones	31
5.4.6. Análisis foliares	32
5.4.7. Calendario de actividades	32
5.5. Estudio del Efecto de Fertilizantes Nitrogenados en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad ...	33
5.5.1. Diseño experimental	33
5.5.2. Tratamientos	33
5.5.3. Fertilización	33
5.5.4. Descripción de las plantaciones	33
5.5.5. Mediciones	35
5.5.6. Análisis foliares	35
5.5.7. Calendario de actividades	35
6. RESULTADOS Y DISCUSION	36
6.1. Métodos de Análisis Estadístico	36
6.2. Estudio 1. Dosis Preventivas de Boro al Estable- cimiento de la Plantación	36
6.2.1. Ensayo 1.1 "Lo Moreno"	36
6.2.2. Ensayo 1.2 "El Porvenir"	42
6.2.3. Ensayo 1.3 "Pichilemu"	47
6.2.4. Análisis conjunto de los ensayos del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la planta - ción	51

	<u>Pág.</u>
6.3. Estudio 2. Corrección de Deficiencias de Boro en Plantaciones de 2 a 4 años	56
6.3.1. Ensayo 2.1 "El Porvenir"	56
6.3.2. Ensayo 2.2 "La Alfalfa"	62
6.3.3. Ensayo 2.3 "Pichilemu"	70
6.3.4. Análisis conjunto de los ensayos del Estudio 2, corrección de deficiencias de boro en plantaciones establecidas	77
6.4. Estudio 3. Respuesta de la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes	83
6.4.1. Ensayo 3.1 "Santa Marta"	83
6.5. Estudio 4. Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Plantaciones Recién Establecidas	88
6.5.1. Ensayos 4.1 "Lo Moreno" y 4.2 "Cholguahue"	88
6.6. Estudio 5. Efecto de Fertilizante Nitrogenado en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad	96
6.6.1. Ensayos 5.1 "San Pedro" y 5.2 "María Las Cruces"	96
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
7.1. Estudio de Dosis Preventivas de Boro al Establecimiento de la Plantación	102
7.2. Estudio de Corrección de Deficiencia de Boro en Plantaciones de 2 a 4 Años	104
7.3. Estudio de Respuesta a la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes	108
7.4. Estudio de Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Plantaciones Recién Establecidas	108
7.5. Estudio de Efecto de Fertilizante Nitrogenado en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad	109
7.6. Otras Conclusiones y Recomendaciones	109
8. BIBLIOGRAFIA	111
ANEXOS	
1 Rol de los Elementos Principales en la Nutrición Vegetal	124
2 Síntomas Visuales de Deficiencia de Algunos Elementos Nutritivos en Pino insigne	132
3 Descripciones de Series de Suelos	140
4 Análisis de Covariancia	150
Lista de Publicaciones del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003	154

INDICE DE PLANOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
1	Ubicación de predios en que se instalaron - los ensayos de fertilización	16

INDICE DE GRAFICOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	
1	Altura inicial e incrementos anuales para cada tratamiento y ensayo del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la plantación	38
2	Evolución del contenido de boro en los ensayos del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la plantación	41
3	Altura inicial e incrementos anuales para cada tratamiento y ensayo del Estudio 2, corrección de deficiencias de boro en plantaciones establecidas	61
4	Evolución del contenido de boro en el ensayo 2.1 "El Porvenir"	64
5	Evolución del contenido de boro en el ensayo 2.2 "La Alfalfa"	71
6	Evolución del contenido de boro en el ensayo 2.3 "Pichilemu"	76

INDICE DE TABLAS

<u>N°</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
1	Ordenamiento según contenido inicial de boro por ensayo y tratamiento	80
2	Ordenamiento de contenidos de boro inicial - según sistema de aplicación y fuente boratada con indicación de contenidos finales y series de suelos	81
3	Ordenamiento de contenidos de boro a 30 meses según sistema de aplicación, serie de suelos y fuente de boro	82

INDICE DE CUADROS

<u>N°</u>	<u>Título</u>	
1	Niveles de análisis foliar usados para indicar los estados nutricionales de <u>Pinus radiata</u>	7
2	Ubicación, serie de suelos, edad y crecimiento promedio en altura y diámetro de árboles dominantes, en rodales muestreados	10
3	Niveles de análisis foliar determinados en plantaciones de <u>Pinus radiata</u> de 5 a 7 años de edad, que muestran buen crecimiento en cuatro predios seleccionados	10
4	Fechas de establecimiento, fertilización, muestreo foliar y mediciones de los ensayos del Estudio 1	25
5	Tamaño del experimento en el Estudio 2	26
6	Características de las plantaciones en que se establecieron los ensayos del Estudio 2 .	27

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
7	Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos del Estudio 2 ..	28
8	Características de la plantación en que se estableció el ensayo 3.1	29
9	Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones del Estudio 3	30
10	Características de la plantación en que se establecieron los ensayos del Estudio 4	31
11	Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos del Estudio 4 ..	32
12	Características de las plantaciones en que se establecieron los ensayos del Estudio 5 .	34
13	Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos del Estudio 5 ..	35
14	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.1 "Lo Moreno"	37
15	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.1 "Lo Moreno"	37
16	Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.1 "Lo Moreno"	39
17	Contenido promedio, determinado por análisis foliar de los elementos que se indica. Ensayo 1.1 "Lo Moreno"	40
18	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.2 "El Porvenir"	43

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
19	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.2 "El Porvenir"	43
20	Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.2 "El Porvenir"	44
21	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 1.2 "El Porvenir"	46
22	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.3 "Pichilemu"	47
23	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 1.3 "Pichilemu"	48
24	Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.3 "Pichilemu"	49
25	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 1.3 "Pichilemu"	50
26	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 2.1 "El Porvenir"	58
27	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 2.1 "El Porvenir"	58

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
28	Resultados de análisis de covariancia para - medios ajustados de incremento en altura y - diámetro sobre altura y diámetro inicial. En ensayo 2.1 "El Porvenir"	59
29	Comparaciones en estudio para las variables que se indica. Ensayo 2.1 "El Porvenir". (Prueba de F 0,05 para 1 grado de libertad)	59
30	Evolución de síntomas en las diferentes tem- poradas de observación expresados como por - centaje del total de plantas. Ensayo 2.1 "El Porvenir"	60
31	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. En ensayo 2.1 "El Porvenir"	63
32	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del en ensayo 2.2 "La Alfalfa"	65
33	Resultados de análisis de covariancia para - medios ajustados de incremento en altura y - diámetro sobre altura y diámetro inicial En ensayo 2.2 "La Alfalfa"	65
34	Comparaciones en estudio para las variables que se indica. Ensayo 2.2 "La Alfalfa". - (Prueba de F 0,01 grado de libertad)	66
35	Evolución de síntomas en las diferentes tem- poradas de observación expresados como por - centaje del total de plantas. Ensayo 2.2 - "La Alfalfa"	67
36	Promedio de diámetro, de incremento de diáme- tro en las temporadas que se indica y porcen- taje de crecimiento final sobre el testigo - del ensayo 2.2 "La Alfalfa"	68

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
37	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 2.2 "La Alfalfa"	69
38	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 2.3 "Pichilemu"	72
39	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 2.3 "Pichilemu"	72
40	Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 2.3 - "Pichilemu"	74
41	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 2.3 "Pichilemu"	75
42	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 3.1 "Santa Marta"	84
43	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 3.1 "Santa Marta"	84
44	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 3.1 "Santa Marta"	86
45	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 4.1 "Lo Moreno"	90
46	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 4.1 "Lo Moreno"	90

<u>N°</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
47	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 4.2 "Cholguahue"	91
48	Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 4.2 "Cholguahue"	91
49	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 4.1 "Lo Moreno"	92
50	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 4.2. "Cholguahue"	93
51	Evolución de síntomas, expresados como porcentaje del total de plantas por tratamiento, en las diferentes temporadas de observación. Ensayos 4.1 "Lo Moreno" y 4.2 "Cholguahue" .	95
52	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 5.1 "San Pedro"	97
53	Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 5.2 "María Las Cruces"	97
54	Promedio de área basal (G), de incremento de área basal en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 5.1 "San Pedro"	98
55	Promedio de área basal (G), de incremento de área basal en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del ensayo 5.2 "María Las Cruces"	98

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Pág.</u>
56	Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 5.1 "San Pedro"	99
57	Contenido promedio, determinado por análisis foliar de los elementos que se indica. Ensayo 5.2 "María Las Cruces"	100

1. INTRODUCCION.

1.1. Generalidades.

El importante aumento de la superficie forestada en los últimos años en Chile, ha estado basado fundamentalmente en extensas plantaciones de pino insigne (Pinus radiata D. Don) que cubren, a inicios de 1983, aproximadamente 900.000 ha, ubicadas entre la V y X Regiones (32° 30' - 41° 30' Lat. sur) en muy diversas condiciones edafoclimáticas.

Esta amplia distribución ha sido posible por la gran adaptabilidad que ha demostrado tener la especie. Probablemente su adaptabilidad se deba, en gran medida, a la amplia base genética del material usado en las plantaciones, producto de las condiciones de comercialización de semillas existentes en Chile hasta hace unos 10 años, cuando no había control riguroso de las características de los progenitores ni origen de los mismos.

Sin embargo, es dable esperar que con las nuevas exigencias en comercialización de semillas y mejoramiento genético, disminuya dicha heterogeneidad y adquieran una nueva dimensión los problemas nutricionales, sanitarios y de adaptación ecológica.

La gran dispersión de la especie ha llevado a establecerla, sobre todo en los últimos cinco años, en superficies muy degradadas por malos usos anteriores y cabe esperar dificultades para su normal crecimiento. Además, se están iniciando segundas y terceras rotaciones con la especie, en otras extensas áreas, sin conocer su respuesta en estas condiciones.

Por último, no resulta menos preocupante la unilateral intensificación del manejo en las plantaciones, buscando un incremento del crecimiento y un acortamiento de los períodos de rotación, lo que conduciría a una mayor demanda de nutrientes en un período más corto y, como consecuencia, a un empobrecimiento de los sitios por reciclaje parcial de algunos elementos y extracción de otros, inmovilizados en la biomasa aprovechada en las cortas intermedias y final. Los antecedentes ya citados hacen necesario que el racional aprovechamiento de las plantaciones debe basarse en la búsqueda de un óptimo crecimiento y desarrollo que, a la par, no signifique un empobrecimiento del sitio. Para ello resulta indispensable avanzar en estudios nutricionales que, como objetivo final, diluciden las características de la economía de los nutrientes en los distintos sitios.

Indudablemente, es éste un largo esfuerzo cuyo inicio - está en 1968, con la detección de los primeros problemas nutricio - nales en plantaciones. Al editar este documento, si bien no hay una prospección sistemática, existe ya acuerdo en considerar como susceptibles a la deficiencia en boro, a las plantaciones ubica - das en la zona del secano interior de la Cordillera de la Costa, entre Valparaíso y Traiguén; en los suelos rojo arcillosos del - Llano Central, al este de Parral, Chillán y sur de Los Angeles y, en los arenales de la Provincia de Bío-Bío. Este mismo elemento es mencionado también como deficitario en plantaciones jóvenes de la Provincia de Valdivia y ha sido detectado en la vertiente marí - tima de la Cordillera de la Costa en las zonas de Hualañé, Curep - to, Constitución, Cauquenes y Llico de Arauco.

Respecto de otros elementos, como fósforo y nitrógeno, los antecedentes de sintomatología no están muy claros y salvo ob - servaciones de ADAMS (1979) y RAMIREZ *et al* (1982), pareciera que las plantaciones no presentan síntomas de carencia. Sobre el ni - trógeno, aparte de lo expresado por Adams, hasta 1976 no había es - tudios en Chile sobre el efecto que podría tener la agregación - del elemento en plantaciones bien nutridas y de buen crecimiento.

Sólo a partir de 1979 se inician estudios sobre otros e - lementos como cobre, potasio, azufre, que pudieran con su caren - cia, afectar el desarrollo del pino insigne. 1/.

Todos los antecedentes disponibles hasta 1976 llevaron a considerar como tema prioritario del Proyecto CONAF/PNUD/FAO - CHI/76/003 de Investigación y Desarrollo Forestal, la fertiliza - ción de plantaciones, con la intención de entregar antecedentes - que permitan avanzar, mediante un estudio amplio e interdiscipli - nario, en la búsqueda de las primeras respuestas generales sobre la acción de fertilizantes en relación a los principales proble - mas nutricionales en las plantaciones de pino insigne en Chile.

El trabajo realizado consultó, en una primera fase, la revisión de la bibliografía disponible sobre el tema, tanto en - Chile como en el extranjero y una recopilación de los anteceden -

1/ En el Anexo 1 se entrega un resumen del rol de los principa - les elementos en la nutrición vegetal.

tes de diversos ensayos efectuados y en ejecución en Chile. En una segunda fase, contando con la colaboración y consejos del consultor neozelandés Dr. J.A. Adams, se observaron los principales problemas nutricionales que estarían afectando a las plantaciones ubicadas en la zona Talca a Malleco, se prepararon los diseños de los principales estudios y se establecieron 11 ensayos en terreno. En la tercera fase se han concentrado los esfuerzos en el control y evaluación de estos ensayos.

A tres años de la instalación de las experiencias de campo, es posible entregar este documento como un informe de avance que describe sus diseños y primeros resultados. Este, sin embargo, no es el único fruto de este esfuerzo de cooperación internacional, pues, hay hoy en día, una preocupación de empresarios forestales, profesionales e investigadores que ven en la fertilización forestal una técnica que habrá de contribuir significativamente a la mayor productividad de las plantaciones de pino insigne en Chile.

1.2. Objetivos de la Investigación.

A través del establecimiento y control de ensayos en plantaciones de pino insigne creciendo en la zona Talca a Malleco, la investigación del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003 perseguía los siguientes objetivos específicos:

- 1) Identificar los minerales que limitan el desarrollo normal de la especie.
- 2) Definir métodos de aplicación y dosis más adecuadas de fertilizantes.
- 3) Determinar la magnitud y duración de las respuestas a la fertilización.
- 4) Establecer un balance costo-beneficio correspondiente a la fertilización.
- 5) Definir la factibilidad de incorporar la fertilización al manejo de plantaciones deficitarias en elementos minerales.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se están ejecutando los siguientes estudios:

Estudio 1 : Dosis preventivas de boro al establecimiento de la plantación, con 3 ensayos.

Estudio 2 : Corrección de deficiencia de boro en plantaciones de 2 a 4 años, con 3 ensayos.

Estudio 3 : Respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes, con 1 ensayo.

Estudio 4 : Prevención de deficiencia de nitrógeno en plantaciones recién establecidas, con 2 ensayos.

Estudio 5 : Efecto de fertilizante nitrogenado en el crecimiento de rodales de buena calidad, con 2 ensayos.

Este documento incluye resultados y su análisis para un período de 30 meses, contados a partir de la fertilización. En consecuencia, no es posible satisfacer el conjunto de los objetivos específicos planteados, lo que habrá de cumplirse a medida que vayan finalizando los períodos experimentales previstos. No obstante, para algunos estudios, ya hay significativos avances que se presentan en conclusiones.

2. IDENTIFICACION DE DEFICIENCIAS MINERALES.

2.1. Generalidades.

En el cultivo de las plantas se usan varios métodos para identificar deficiencias minerales, distinguiendo entre aquellos que tienen un uso puramente de diagnóstico y aquellos de uso para fines predictivos; los de diagnóstico involucran la identificación de los factores influyentes en el crecimiento y, los de predicción, un pronóstico de la respuesta a alteraciones en las condiciones determinantes del crecimiento.

El más conocido de estos métodos, es el de ensayo de campo, que tiene valores de diagnóstico y predictivo, con restricciones en costo, espacio experimental y tiempo necesario para obtener resultados.

Otro método muy usado es el de ensayos en macetas que pueden ser de variada índole (ensayos en maceta con cultivo indicador o con cultivo específico, ensayos sobre suelo inerte, ensayo de cultivo hidropónico). Normalmente se utilizan como técnica de diagnóstico, pues para alcanzar un valor predictivo deben complementarse con ensayos de campo.

El análisis de suelo es un método comúnmente utilizado como diagnóstico, que ve ampliado su valor predictivo cuando, mediante ensayos de campo, se ha llegado a identificar el factor del suelo más estrechamente asociado con respuesta de crecimiento e identificar el nivel o umbral de respuesta.

La sintomatología visual, basada en la observación de alteraciones morfológicas inducidas por desequilibrios nutricionales, es un método de diagnóstico que debe complementarse con los predictivos para llegar a un correcto pronóstico. 1/.

Por último, el método de análisis químico de tejidos (en hojas, raíces, frutos, pecíolos, cortezas u otros) parece, para algunos, biológicamente más adecuado para medir los niveles fisiológicos más importantes, pero presenta dificultades de mues

1/. En el Anexo 2 se entrega una descripción de los síntomas visuales de deficiencias de algunos elementos nutritivos en pino insignis.

treo e interpretación. De entre todos, el análisis foliar se ha convertido en el preferido, sobre todo por presentar estrechas relaciones entre niveles y desarrollo (MORRISON, 1974).

Con la posible excepción de los ensayos de campo, ningún método ha recibido tanta atención como el de análisis foliar que, como diagnóstico, no mide la disponibilidad de elementos en el suelo, sino la cantidad tomada por la planta. Para su adecuado uso resulta indispensable establecer niveles óptimos, marginales y críticos, variación de contenidos por parte del follaje, época de muestreo, aspectos que deben estar relacionados con la edad de las plantas, entre otras condiciones.

En el ámbito de las relaciones, resulta fundamental establecerlas entre disponibilidad y absorción de elementos y entre concentración foliar y desarrollo de la planta.

En esta investigación del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003 la técnica que permitió relacionar los resultados de crecimiento y sintomatología con contenidos de los elementos, fue el análisis foliar realizado periódicamente. Las muestras, recolectadas entre febrero y marzo, fueron las acículas de ramas del tercio superior en árboles adultos y acículas del último verticilo en plantas recién establecidas, tomadas de ramas orientadas en los cuatro puntos cardinales.

Las muestras se transportan refrigeradas al laboratorio de análisis donde se lavan, secan, muelen y mineralizan por vía seca, según técnicas descritas por GONZALEZ, O.C. et al (1973). En la determinación de nitrógeno se usa el método de Dumas (análizador Coleman, modelo 29 A); para fósforo, espectroscopía de absorción; para potasio, fotometría de llama; para cobre, magnesio, zinc, calcio, manganeso y fierro, espectroscopía de absorción atómica con llama y, para boro, método de la azomethina H.

2.2. Niveles Nutricionales en Plantaciones Creciendo en Chile.

Para la interpretación de los resultados de análisis foliar debe contarse con niveles de referencia, establecidos a partir de determinaciones en árboles de diferente situación nutricional. Como en Chile no se dispone aún de esta información se ha recurrido, para los fines de esta investigación, a los niveles recopilados por WILL (1978) y que se transcriben en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Niveles de análisis foliar usados para indicar los estados nutricionales de Pinus radiata.

Nutriente	Bajo (menos que)	Marginal	Satisfactorio (más que)	Rango de confianza
N	1,2	1,2 - 1,5	1,5	**
P	0,12	0,12 - 0,14	0,14	***
K	0,30	0,30 - 0,50	0,50	*
Ca	0,10	0,10	0,10	*
Mg	0,07	0,07 - 0,10	0,10	**
%				
B	8	8 - 12	12	**
Cu	2	2 - 4	4	**
Zn	10	10 - 20	20	*
Mn	10	10 - 20?	20?	*
ppm				

- *** Buena predicción de respuesta en sitios de niveles bajo y marginal.
- ** Buena predicción de respuesta en sitios de nivel bajo, pero no en nivel marginal.
- * Insuficiente información y experiencia para predecir confiablemente una respuesta aún en nivel bajo (nivel está basado fundamentalmente en experiencias de ultramar).

Los autores del presente documento están plenamente conscientes de las limitaciones de esta referencia y en que es de urgente necesidad establecer los niveles para el pino insigne que crece en Chile, así como comprobar la mejor oportunidad de muestreo para lograr una correcta interpretación del estado nutricional del cultivo.

De estos y otros estudios realizados por los autores se puede señalar que la pauta de Will, al utilizarla para Chile, presenta diferencias para algunos elementos, tanto respecto a la época de muestreo como a la edad de los cultivos. Así, para muestreo de fines de verano es aplicable sólo para algunos elementos

y para otros con ciertas restricciones. Por ejemplo, como se verá en la discusión posterior, los niveles para boro correlacionan bien con la pauta neozelandesa en edades de hasta 6 años; además, se ha determinado presencia de síntomas de deficiencia de magnesio y potasio con niveles bajos y marginales, según la pauta mencionada. Sin embargo, hay casos como la determinación de síntomas de deficiencia de cobre con niveles satisfactorios y la ausencia de síntomas con niveles bajo en rodales de buen crecimiento; igualmente, para el fósforo, se ha medido niveles bajos en plantaciones mayores de 10 años sin que se hayan observado síntomas característicos de la deficiencia.

Otros aspectos que se hacen notar en la pauta de Will, son los valores uniformes para el elemento calcio, que no sirven para comparaciones en Chile, donde se han medido niveles que fluctúan entre 0,10 - 0,30% para una misma plantación (predio "Santa Marta"). De la misma manera experiencia de los autores del documento, en plantaciones de diversas edades y localidades, indican que los niveles de zinc, hierro y manganeso están siempre muy por encima de los valores satisfactorios entregados por la pauta. Esta situación sólo indicaría que en Chile no hay deficiencias de estos elementos y en el hecho nunca se han detectado. Estos microelementos muestran gran variabilidad, especialmente el manganeso, que alcanza valores entre 30 y más de 500 ppm, sin que se tenga una explicación para los aspectos nutricionales.

Se considera necesario, además, confirmar los valores para azufre que se entregan más adelante en este documento, pues es reconocida la importancia de la relación N/S en otros cultivos y ya existen estudios que demuestran su igual o mayor importancia en pino insigne.

Otro aspecto necesario de dilucidar es la mejor oportunidad de muestreo para los diferentes elementos. En el presente trabajo se siguieron las indicaciones neozelandesas para muestreo de fines de verano; sin embargo, en Chile hay estudios que están demostrando, mediante la variación estacional, que algunos elementos requerirían de otras épocas de muestreo (FERRADA, 1982). Además, actualmente se está efectuando una experiencia para establecer las épocas que permitan mejorar el valor de diagnóstico del análisis foliar para los distintos elementos.

Considerando lo antes mencionado, queda clara la necesidad de establecer pautas nacionales para determinar estados nutricionales para el cultivo de pino insigne. A diferencia de la producción agrícola, donde aún en cultivos perennes es posible medir

productividad anualmente y relacionarla con estatus nutricional, en la producción forestal sería un trabajo muy lento y costoso. De aquí que las pautas para las diversas edades se hayan ido obteniendo a partir de estudios de dosis-respuesta en crecimiento o recuperación de síntomas y por asociaciones entre contenidos y diversas tasas de crecimiento. La revisión de las pautas para Nueva Zelanda demuestran un trabajo sostenido y mancomunado donde se han ido expresando y corrigiendo los valores entregados.

La mayoría de los análisis foliares efectuados o revisados por los autores se refieren a plantaciones chilenas que presentan características de crecimiento restringido y, en tal caso, será más fácil establecer una validación para niveles bajos y marginales vía ensayos de dosis-respuesta.

Es más lento y dificultoso, en cambio, establecer dicha validación para niveles satisfactorios. La dificultad de poder discriminar entre niveles marginales y satisfactorios se presentó especialmente en los ensayos con fertilización nitrogenada en rodales de buena calidad (Estudio 5) en donde, de acuerdo a la pauta de Will, se constataban niveles marginales o bajos de algunos elementos, con ausencia de síntomas y sin afectar la tasa de crecimiento.

Este hecho y otros, decidieron a los autores a comenzar un estudio destinado a entregar los primeros resultados sobre niveles satisfactorios para plantaciones en Chile. Por considerarlo de interés, a continuación se entregan los principales antecedentes de este estudio, efectuado en plantaciones de diversas localidades que tuvieran en común un buen crecimiento, ausencia de síntomas obvios y edad entre 5 y 7 años.

En cada lugar de los cuatro predios elegidos se midió altura y diámetro de todos los árboles muestreados para análisis foliar. La muestra estuvo constituida por acículas recolectadas del tercio superior de 5 árboles; en cada rodal se muestrearon 5 puntos diferentes. El muestreo se realizó en la primera semana de marzo de 1983. Los resultados se presentan en los cuadros 2 y 3. Los valores de altura para todos los rodales muestreados indican un excelente crecimiento.

Los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio son muy similares entre sí y se encuentran muy por encima del límite satisfactorio de la pauta Will. Lo mismo ocurre para los microelementos zinc, manganeso y fierro. Los niveles de magnesio y boro se encontrarían en rangos marginales. Considerando que estas plantaciones muestran excelente crecimiento y ausencia de sínto -

CUADRO 2. Ubicación, serie de suelo, edad y crecimiento promedio en altura y diámetro de árboles dominantes, en rodales muestreados.

Predio	Comuna	Serie de suelo	Edad (años)	Alturas Dominantes (m)	Diámetro medio (cm)
San Francisco	Mulchén	Sta. Bárbara	7	16,2	14,8
Boliche	Mulchén	Sta. Bárbara	6	12,8	11,1
Sta. Elena	Yumbel	Sta. Teresa	7	15,5	14,2
Mininco	Collipulli	Mininco	5	10,4	10,0

CUADRO 3. Niveles de análisis foliar determinados en plantaciones de *Pinus radiata* de 5 a 7 años de edad, que muestran buen crecimiento en cuatro predios seleccionados.

Nutriente	San Francisco	Boliche		Santa Elena	Mininco
N	2,52	2,32	%	2,29	<u>2,23</u> *
P	<u>0,21</u>	0,23		0,27	0,22
K	<u>0,88</u>	0,88		1,06	1,11
Ca	0,23	0,20		<u>0,18</u>	0,21
Mg	0,12	<u>0,09</u>		0,14	0,12
			ppm		
B	15	17		<u>9</u>	10
Cu	11	10		7	<u>5</u>
Zn	36	<u>34</u>		36	34
Mn	179	<u>110</u>		116	272
Fe	<u>47</u>	63		73	73

* Valor mínimo para el nutriente.

mas de deficiencia, el valor mínimo obtenido para cada elemento - en el muestreo puede considerarse como "nivel óptimo tentativo", para plantaciones entre 5 y 7 años.

Especial atención debe ponerse para los niveles de magnesio y boro que deberían considerarse como el punto mínimo del nivel satisfactorio, ya que no aparecen afectando el crecimiento.

Este trabajo adicional, de magnitud muy limitada, se incluye como un aporte a la necesaria discusión que los diversos grupos de especialistas deben considerar. Los autores estiman que para formular una pauta nacional es necesario uniformar criterios sobre época de muestreo, síntomas, período de seguimiento, asociación con datos dasométricos y diseños experimentales uniformes para experiencias que no impliquen interacciones.

La magnitud de esta formulación implica un trabajo coordinado de todos los investigadores, al cual no pueden estar ajenas la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y las empresas del sector forestal chileno.

3. DESCRIPCION DE SUELOS. 1/.

Luego de una prospección visual efectuada en 1979, ADAMS (1979) - concluyó que las deficiencias más frecuentemente observadas en plantaciones establecidas, en la zona de Talca a Malleco, eran las atribuibles a boro, nitrógeno y fósforo. Las recomendaciones del mismo especialista determinaron que el Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003 decidiera establecer ensayos en los siguientes grupos de suelos, clasificados según su material de origen:

- Arenosos (series Coreo y Arenales), ensayos con aplicaciones de boro y nitrógeno.
- Rojo arcillosos (serie Collipulli), ensayos con aplicación de boro.
- Metamórficos (serie Constitución), ensayos con aplicaciones de boro y fósforo.

Asimismo, se consideró útil estudiar los efectos de la fertilización nitrogenada en rodales adultos que estuviesen creciendo en sitios de buena calidad. Para ello se eligieron suelos derivados de sedimentos marinos (serie Curanipe).

A continuación, se presenta una caracterización general de los grupos de suelos antes mencionados. En el Anexo 3 se incluyen las descripciones de las series de suelo en que están establecidos los ensayos, junto con los resultados de los respectivos análisis químicos y físicos.

3.1. Grupo de Suelos Arenosos.

Este grupo, que comprende las series Arenales, Coreo, Dunas Continentales y Santa Teresa, adquiere una especial relevancia en las plantaciones de pino insigne por su extensión, alrededor de ---- 500.00 hectáreas; por su ubicación, en la Octava Región, muy cercano a las principales plantas industriales y; por último, por su

1/ Preparado por el Profesor Pedro Carrasco P.

facilidad de explotación durante la temporada invernal.

Se caracteriza por su topografía plana, excepto en el caso de la serie Dunas que es ligeramente ondulada y por estar constituidas por depósitos aluviales estratificados, que forman el gran cono aluvial del río Laja.

Son suelos recientes con características físicas desfavorables, derivadas de su material de origen que determina texturas arenosas, con altos índices de infiltración y baja capacidad de retención de humedad aprovechable. El material generador lo constituyen arenas oscuras provenientes de procesos de intemperización de rocas andesíticas y basálticas que presentan altas tasas de absorción de radiación solar, fenómeno que determina que en el verano las temperaturas superficiales del suelo lleguen hasta los 70° C.

Las características mencionadas determinan la ocurrencia de elevado porcentaje de mortalidad inicial en las plantaciones forestales, siendo usual el replante para lograr un porcentaje de sobrevivencia aceptable.

Especial atención merece el bajo porcentaje de humedad aprovechable, debido a que la capacidad de campo está muy cerca del punto de marchitez permanente.

Todas estas características evidencian la presencia de un material primario poco evolucionado, cuyo régimen hídrico será determinante en la nutrición mineral del pino insigne. La excepción en este grupo de suelos arenosos la constituye la serie Santa Teresa, que tiene napas freáticas altas.

3.2. Grupo de Suelos Rojo Arcillosos.

En la zona sur del área en estudio, el grupo de suelos rojo arcillosos cubre una superficie de aproximadamente 160.000 ha, con sus series Collipulli, Mirador y Mininco, que han permitido el establecimiento de extensas plantaciones de pino insigne.

Estos suelos han experimentado un acelerado proceso de degradación debido a su gran susceptibilidad a la erosión, derivada de sus características texturales y topográficas.

Para comprender su comportamiento actual, es necesario mencionar que han llegado, en la mayoría de los casos, a ser fo -

restados como consecuencia de un continuado proceso erosivo, provocado por un intenso e irracional cultivo agrícola que ha generado suelos decapitados, donde los horizontes genéticos superiores han desaparecido.

Estas características se han visto agravadas por una compactación superficial producida por el ganado, tránsito de maquinaria y el uso posterior del fuego utilizado al habilitarlos para plantación. Este elemento produce una laterización superficial que lo endurece, determinando bajos índices de infiltración, escurrimiento superficial exagerado y baja capacidad de intercambio gaseoso por la drástica alteración de su porosidad; todo ello se resume en una notoria modificación de su régimen hídrico, aspecto básico en la nutrición de las plantas.

Los factores limitantes de estos suelos se ven agravados por las condiciones climáticas adversas del verano.

3.3. Grupo de Suelos Metamórficos.

En la zona norte del área en estudio, aparece la serie de suelos Constitución, perteneciente al grupo de los metamórficos, que cubre una superficie de alrededor de 300.000 ha y de importante uso forestal. Son suelos de posición alta con topografía ondulada o quebrada, derivada de rocas de tipo micaesquitos, con pluviometría variable entre 1.000 y 1.500 mm. Presentan erosión laminar intensa, la que no afecta notoriamente al establecimiento y desarrollo de pino insigne, debido a la importante acción benéfica del clima, sobre todo en la franja costera, con elevada pluviometría y humedad relativa que determina un adecuado régimen hídrico.

3.4. Grupo de Suelos Derivados de Sedimentos Marinos.

A lo largo de la zona costera del área en estudio aparecen suelos derivados de sedimentos marinos, una de cuyas series, la Curanipe, que abarca unas 230.000 ha, es de alta productividad para las plantaciones de pino insigne.

Con una pluviometría variable entre 700 y 1.200 mm, presentan un régimen hídrico muy adecuado. Por razones de pendiente y uso inadecuado, hay sectores que presentan fases con una erosión laminar fuerte a severa. En general, sin embargo, es esta una serie que no presenta problemas para el establecimiento, crecimiento y desarrollo del pino insigne.

4. DESCRIPCION DE ESTUDIOS, SUS ENSAYOS Y LOS LUGARES.

4.1. Los Estudios y Ensayos.

En el primer semestre de 1980 fueron establecidos los distintos ensayos que contemplan los cinco estudios de la investigación del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Su desglose y ubicación se señalan a continuación y, en el Plano 1, se visualiza la ubicación de cada predio.

Estudio 1. Dosis preventivas de boro al establecimiento de la plantación.

Ensayo 1.1 : Predio "Lo Moreno" de la Empresa Forestal Mininco S.A., serie Arenales (Orden Entisoles).

Ensayo 1.2 : Predio "El Porvenir" de la Empresa Forestal Río Vergara S.A. (FORVESA), serie Collipulli, (Orden Ultisoles).

Ensayo 1.3 : Predio "Pichilemu" de la Empresa Forestal Celco S.A., serie Constitución (Orden Alfisoles).

Estudio 2. Corrección de deficiencia de boro en plantaciones de 2 a 4 años.

Ensayo 2.1 : Predio "El Porvenir" de FORVESA, serie Collipulli, (Orden Ultisoles).

Ensayo 2.2 : Predio "La Alfalfa" de Forestal Mininco S.A., serie Coreo, (Orden Entisoles).

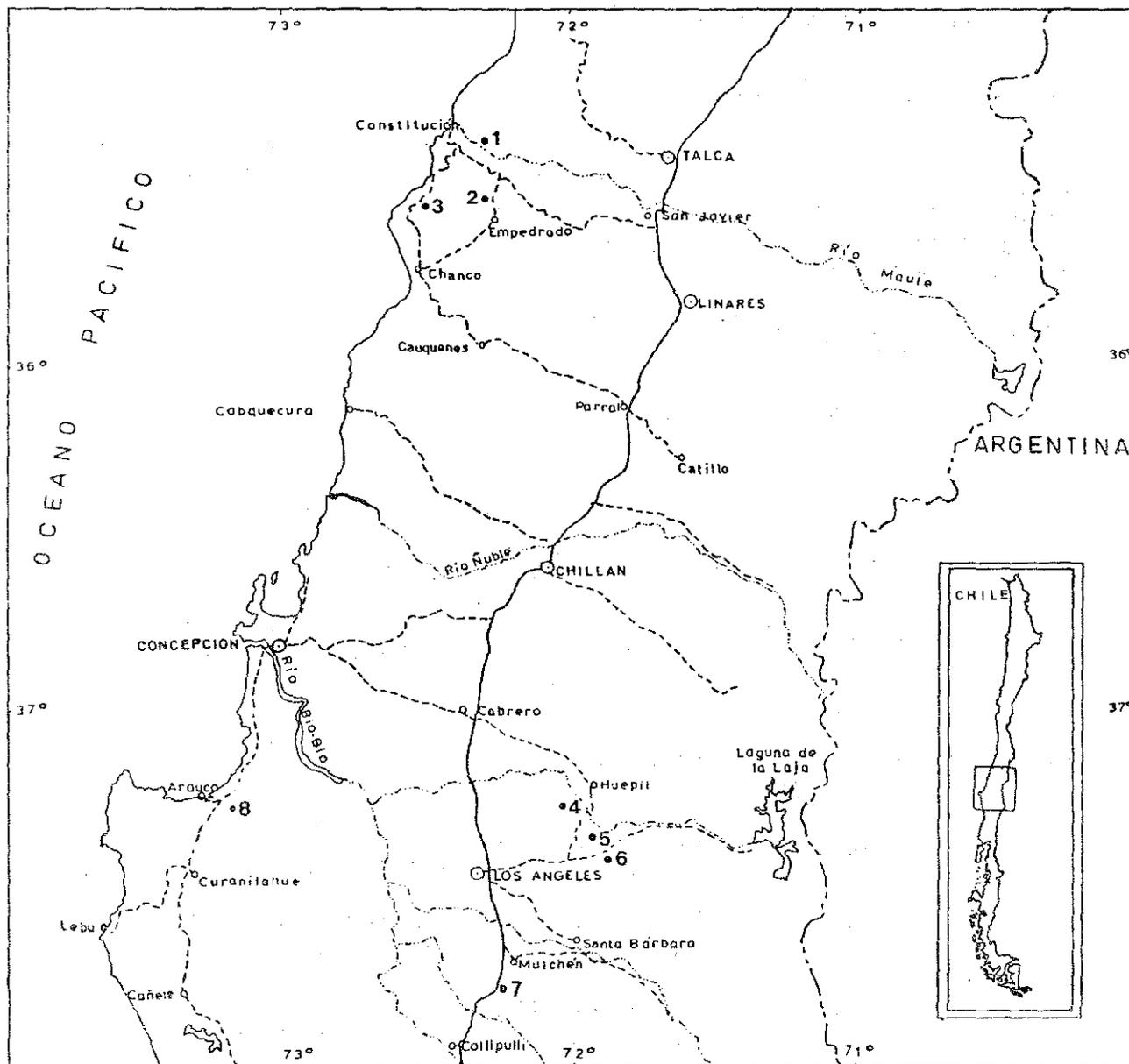
Ensayo 2.3 : Predio "Pichilemu" de Forestal Celco S.A. serie Constitución (Orden Alfisoles).

Estudio 3. Respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes.

Ensayo 3.1 : Predio "Santa Marta" de Forestal Celco S.A., serie Constitución (Orden Alfisoles).

Estudio 4. Prevención de deficiencia de nitrógeno en plantacio -

PLANO 1. Ubicación de predios en que se instalaron los ensayos - de fertilización.



Predios:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. "Santa Marta" (Forestal CELCO) | 5. "La Alfalfa" (Forestal Mininco) |
| 2. "Pichilemu" (Forestal CELCO) | 6. "Cholguahue" (Forestal Mininco) |
| 3. "San Pedro" (Forestal Copihue) | 7. "El Porvenir" (FORVESA) |
| 4. "Lo Moreno" (Forestal Mininco) | 8. "María Las Cruces" (Forestal Arauco) |

nes recién establecidas.

Ensayo 4.1 : Predio "Lo Moreno" de Forestal Mininco S.A., serie Arenales (Orden Entisoles).

Ensayo 4.2 : Predio "Cholguahue" de Forestal Mininco S.A., serie Coreo (Orden Entisoles).

Estudio 5. Efecto de fertilizante nitrogenado en el crecimiento de rodales de buena calidad.

Ensayo 5.1 : Predio "San Pedro" de la Empresa Forestal Copihue S.A., serie Curanipe (Orden Alfisoles).

Ensayo 5.2 : Predio "María Las Cruces" de la Empresa Forestal Arauco Ltda., serie Curanipe, (Orden Alfisoles).

4.2. Los Lugares.

Por haberse establecido dos ensayos en algunos predios ("Pichilemu", "Lo Moreno" y "El Porvenir"), a continuación se describen los lugares por predio.

4.2.1. Predio "Santa Marta".

En este predio se instaló el ensayo 3.1, respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes.

Está ubicado a 8 km al este de Constitución, por el camino que conduce a San Javier.

Al predio pertenece el rol 512-6 de la Comuna de Constitución, Provincia de Talca, VII Región.

La topografía del lugar del ensayo es plana, de posición intermedia, con leve pendiente al noroeste. La erosión laminar ha sido intensa.

El clima del área es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejante y está ubicado en la isoyeta 1.000 mm y la isoterma 14,5° (ALMEYDA, 1958; FUENZALIDA, 1965).

El suelo pertenece a la serie Constitución, cuya descripción y principales características físicas y químicas aparecen en el Anexo 1.

La vegetación natural del lugar está compuesta, principalmente, por roble (Nothofagus obliqua (Mirb) Oerst); roble maulino (Nothofagus glauca (Phil.) Krasser); boldo (Peumus boldus - Mol.).

4.2.2. Predio "Pichilemu".

En este predio se instalaron los ensayos 1.3 y 2.3, dosis preventivas de boro al establecimiento de la plantación y corrección de deficiencia de boro en plantaciones establecidas, respectivamente.

El predio está ubicado a 18 km al sur de la carretera - San Javier-Constitución, por el camino a Empedrado-Colmenares.

Al predio le pertenece el rol 206-21 de la Comuna de Empedrado, Provincia de Talca, VII Región.

La topografía del predio es escarpada, con pendientes superiores a 45° en el ensayo 1.3 y 25° en el ensayo 2.3. La posición del ensayo 1.3 es vecina a cumbre y la del otro ensayo es intermedia. Hay señales de erosión laminar intensa, existiendo algunas cárcavas en el ensayo 2.3.

El suelo pertenece a la serie Constitución, cuya descripción, junto a sus principales características físicas y químicas, aparece en el Anexo 1.

Anteriormente estuvo cubierto con bosques de pino insign.

La vegetación natural está compuesta principalmente, por las siguientes especies: roble (Nothofagus obliqua (Mirb.) - Oerst); roble maulino (Nothofagus glauca (Phil.) Krasser); mardón (Escallonia pulverulenta (R. et P.) Pers.); maqui (Aristotelia chilensis (Mol.) Stuntz); boldo (Peumus boldus Mol.).

4.2.3. Predio "San Pedro".

En este predio se instaló el ensayo 5.1, efecto de fertilizante - nitrogenado en el crecimiento de rodales de buena calidad.

El predio está ubicado a 20 km de Constitución, por el camino que conduce a Las Cañas-Chanco.

Al predio le pertenece el rol 461-11 de la Comuna de Constitución, Provincia de Talca, VII Región.

La topografía del predio es de lomajes, con pendientes suaves hacia el oeste.

El clima del área, con fuerte influencia marina, es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes (6 meses secos) y está ubicada en la isoyeta 1.000 mm y la isoterma 13° C. (ALMEYDA, 1958; FUENZALIDA, 1965).

El suelo pertenece a la serie Curanipe, fase delgada, - cuya descripción y principales características físicas y químicas aparecen en el Anexo 1.

La vegetación natural está compuesta por litre (Lithraea caustica (Mol.) H. et A.); boldo (Peumus boldus Mol); mardoño (Escallonia pulverulenta (R. et P.) Pers.).

4.2.4. Predio "Lo Moreno".

En este predio se instalaron los ensayos 1.1, dosis preventivas - de boro al establecimiento de la plantación y 4.1, prevención de deficiencia de nitrógeno en plantaciones recién establecidas.

El predio está ubicado a 32 km al oriente de la Carretera Panamericana, por el camino Salto del Laja-El Pinar-Paraguay-Alcapán.

Al predio pertenece el rol 1512-79 de la Comuna de Los Angeles, Provincia de Bío-Bío, VIII Región.

La topografía del predio es plana, correspondiente a un depósito aluvial reciente. Su clima es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes, con acentuada aridez estival. Está ubicado en la isoyeta 1.300 mm y en la isoterma 14,5° C.

Según el Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID, - (IREN, 1964), el suelo en que están los ensayos corresponde a la serie Arenales, cuya descripción y características físicas y químicas más relevantes aparecen en el Anexo 1.

El uso anterior del suelo fue bosque artificial de pino insigne, cuyos desechos de explotación fueron quemados.

La vegetación natural del lugar está constituida principalmente por quillay (Quillaja saponaria Mol.); litre (Lithraea caustica (Mol.) H. et A.); maitén (Maytenus boaria Mol.); radaí (Lomatia hirsuta (Lam.) Diels ex Macbr.); pichi (Fabiana imbricata R. et Pav.); romerillo (Baccharis concava Pers.); mosqueta (Rosa moschata L.); huingan (Schinus polygamus (Cav.) Cabrera); retamilla (Retamilla ephedra (Vent.) Brongn); corcolén (Azara celastrina D. Don); entre las especies arbustivas.

4.2.5. Predio "La Alfalfa".

En este predio se instaló el ensayo 2.2, corrección de deficiencia de boro en plantaciones establecidas.

Está ubicado a 37 km al este de los Angeles, por la carretera a Antuco.

Al predio le pertenece el rol 511-57 de la Comuna de Quilleco, Provincia de Bío-Bío, VIII Región.

La topografía del predio es plana, correspondiente a un depósito aluvial reciente. Su clima es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes, con acentuada aridez estival. Está ubicado en la isoyeta 1.300 mm y en la isoterma 14,5° C.

De acuerdo con el Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA BID (IREN, 1964), el suelo del ensayo pertenece a la serie Coreo, cuya descripción detallada se presenta en el Anexo 1.

El suelo anteriormente estuvo cubierto con bosque artificial de pino insigne, cuyos desechos de explotación fueron quemados.

La vegetación natural del lugar está compuesta, principalmente por quillay (Quillaja saponaria Mol.); litre (Lithraea caustica (Mol.) H. et A.); radaí (Lomatia hirsuta (Lam.) Diels ex Macbr.); huingan (Schinus polygamus (Cav.) Cabrera); mosqueta, (Rosa moschata L.); retamilla (Retamilla ephedra (Vent.) Brongn); pichi (Fabiana imbricata R. et Pav.); yaqui (Colletia spinosa Lam.).

4.2.6. Predio "Cholguahue".

En este predio se instaló el ensayo 4.2, prevención de deficiencia de nitrógeno en plantaciones recién establecidas.

Está ubicado a 28 km al este de Los Angeles, por el camino que conduce a Antuco. A 20 km de Los Angeles se toma el camino Quilleco-Río Pardo.

Al predio le pertenecen los roles 1541-1; 1541-2 y 1541-8 de la Comuna de Los Angeles, Provincia de Bío-Bío, VIII Región.

La topografía del predio es plana, correspondiente a un depósito aluvial. Su clima es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes, con acentuada aridez estival. Está ubicado en la isoyeta 1.300 mm y en la isoterma 14,5°C.

De acuerdo a la descripción de suelos del Proyecto Aero fotogramétrico CHILE/OEA/BID (IREN, 1964), el suelo pertenece a la serie Coreo. Sus principales características aparecen descritas en el Anexo 1.

El suelo anteriormente estuvo cubierto por bosque de pino insignis, cuyos desechos fueron quemados en fajas.

La vegetación natural está constituida por las siguientes especies: quillay (Quillaja saponaria Mol.); litre (Lithraea caustica (Mol.) H. et A.); huíngan (Schinus polygamus (Cav.) Cabrera); corcolén (Azara celastrina D. Don); retamilla (Retamilla ephedra (Vent.) Brongn.); yaquí (Colletia spinosa Lam.).

4.2.7. Predio "El Porvenir".

En este predio se instalaron los ensayos 1.2, dosis preventivas de boro al establecimiento de la plantación y 2.1, corrección de deficiencia de boro en plantaciones de 2 a 4 años.

Está ubicado al costado de la Carretera Panamericana, 14 km al sur del cruce a Mulchén.

Al predio le pertenece el rol 628-12 de la Comuna de Mulchén, provincia de Bío-Bío, VIII Región.

La topografía del área de ensayo es plana, con pendientes suaves. Hay severa erosión laminar. El clima del área es

templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes y está ubicado en la isoyeta 1.300 mm y en la isoterma 14,5° C.

De acuerdo a las descripciones de suelo del Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID (IREN, 1964), pertenece a la serie Collipulli, cuyas características principales aparecen en el Anexo 1.

La vegetación natural anterior estuvo compuesta por roble (Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst); lingue (Persea lingue (R. et P.) Nees ex Kopp); Laurel (Laurelia sempervirens (R. et Pav.) Tul.); arrayán (Luma apiculata (D.C.) Barret.).

Se estima que la vegetación natural del lugar fue eliminada hace aproximadamente 100 años, para dedicarlo a uso agrícola, el que fue abandonado por degradación del suelo.

4.2.8. Predio "María Las Cruces".

En este predio se instaló el ensayo 5.1, efecto de fertilizante - nitrogenado en el crecimiento de rodales de buena calidad.

El predio está ubicado a un kilómetro al este del camino Concepción-Carampangue, frente al desvío hacia la Planta Hornos de la Empresa Celulosa Arauco S.A.

Al predio le pertenecen los roles 151-39; 151-48; 151-49 de la Comuna de Arauco, Provincia de Arauco, VIII Región.

El suelo corresponde a la serie Curanipe. Las características más relevantes aparecen descritas en el Anexo 1.

La vegetación natural del lugar del ensayo está compuesta, principalmente, por roble (Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst); boldo (Peumus boldus Mol.); lingue (Persea lingue (R. et P.) Nees ex Kopp); maqui (Aristotelia chilensis (Mol.) Stuntz); murta (Ugni molinae Turcz.); copihue (Lapageria rosea R. et Pav.).

La topografía del predio es de lomajes abruptos.

El clima del área es templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes y está ubicada en la isoyeta 1.500 mm y en la isoterma 13° C.

5. DESCRIPCION DE ENSAYOS POR ESTUDIO.

La parte experimental de la investigación comprende el establecimiento y control de los cinco estudios ya mencionados en el Capítulo 4 y que a continuación se describen.

5.1. Estudio de Dosis Preventivas de Boro al Establecimiento de la Plantación.

5.1.1. Diseño experimental.

En este Estudio 1, los ensayos (1.1 "Lo Moreno", 1.2 "El Porvenir" y 1.3 "Pichilemu"), fueron establecidos en bloques al azar, con 4 tratamientos y 6 repeticiones.

La unidad experimental es una parcela de 10 plantas en línea, a 1,5 m entre sí. Las parcelas se separan por una franja de 4 m y los bloques por una de 3 m entre 2 conjuntos de 3 bloques contiguos.

5.1.2. Tratamientos.

Los tratamientos son:

1. Control sin aplicación.
2. 1 g de boro por planta, aplicado en hoyo.
3. 2 g de boro por planta, aplicado en hoyo.
4. 4 g de boro por planta, aplicado en hoyo.

En los ensayos 1.1 "El Porvenir" y 1.3 "Pichilemu", la fuente de boro fue bórax; en el ensayo 1.1 "Lo Moreno", fue boronatrocalcita.

5.1.3. Plantación.

Las plantas empleadas en los 3 ensayos provienen de semillas de árboles seleccionados del fundo "Monterrey", de propiedad de la Empresa Forestal Mininco S.A., ubicado en la ribera del río Bío-Bío, frente a Laja.

Las plantas cultivadas en el vivero experimental del Departamento de Ciencias Forestales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, en Chillán, se manejaron a una densidad de 25 plántulas por metro lineal y se les sometió a poda y descalce. Para la plantación se seleccionaron plantas de 30 a 35 cm de altura y más de 4 mm de diámetro de cuello. La plantación se hizo en hoyo por un solo operario, en todos los ensayos.

Sólo en el ensayo 1.2 "El Porvenir", fue necesario un replante de 15 plantas, por daño de conejos. En los otros dos la sobrevivencia, hasta la fertilización, era de un 100%.

5.1.4. Fertilización.

La agregación de fertilizantes se hizo en hoyo, con barra plantadora a 15 cm del tallo y a 20 cm de profundidad.

5.1.5. Mediciones.

Las mediciones de altura total son hechas en centímetros y las mediciones de diámetro a 5 cm sobre el nivel del suelo, en milímetros. Además, se registra el número de árboles afectados por muerte apical, doble flecha y distorsiones de líder o ramillas.

5.1.6. Análisis foliares.

La muestra para análisis foliar es tomada de todas las plantas de la parcela.

5.1.7. Calendario de actividades.

En el Cuadro 4 se presenta un calendario de las actividades realizadas en cada ensayo.

CUADRO 4. Fechas de establecimiento, fertilización, muestreo foliar y mediciones de los ensayos del Estudio 1.

Ensayo	Plantación	Replante	Fertilización	Muestreo	Medición
1.1 "Lo Moreno"	30/05/80	No	16/09/80	-	26/07/80
				26/03/81	29/07/81
				24/02/82	13/07/82
				1/03/83	-
1.2 "El Porvenir"	29/05/80	2/07/80	16/09/80	-	23/07/80
				25/03/81	24/07/81
				25/02/82	28/06/82
				1/03/83	-
1.3 "Pichilemu"	2/06/80	No	4/09/80	-	31/07/80
				20/03/81	8/08/80
				10/03/82	28/08/80
				5/03/83	-

5.2. Estudio de Corrección de Deficiencia de Boro en Plantaciones de 2 a 4 Años.

5.2.1. Diseño experimental.

En el Estudio 2, los 3 ensayos (2.1 "El Porvenir", 2.2 "La Alfalfa" y 2.3 "Pichilemu"), fueron establecidos en bloques al azar, - con 7 tratamientos y 3 repeticiones.

La unidad experimental tiene un tamaño variable por ensayo determinado por la sobrevivencia y distancia de plantación, de modo de alcanzar un número mínimo de 36 plantas vivas por parcela.

En el Cuadro 5 se presenta el tamaño de las parcelas, - separación entre ellas y separación entre bloques. Estos ensayos no contemplan fertilización de franjas bordes.

CUADRO 5. Tamaño del experimento en el Estudio 2.

Ensayo	Tamaño parcela (m)	Distanciamiento (m)	
		Entre parcelas	Entre bloques
2.1 "El Porvenir"	10,5 x 13,5 (141,75 m ²)	3,5	9,5
2.2 "La Alfalfa"	10,0 x 10,0 (100,00 m ²)	4,0	8,0
2.3 "Pichilemu"	12,0 x 14,0 (168,00 m ²)	4,0	6,0

5.2.2. Tratamientos.

Los tratamientos son:

1. Control sin aplicación.
2. 4 g boro como boronatrocalcita, por planta, aplicado en hoyo (equivalente a 10 kg/ha).
3. 4 g de boro como bórax, por planta, aplicado en hoyo (equivalente a 10 kg/ha).
4. 4 g de boro como boronatrocalcita, por planta, aplicado al voleo e incorporado alrededor de la planta (equivalente a 10 kg boro/ha).
5. 4 g de boro como bórax, por planta, aplicado al voleo e incorporado alrededor de la planta (equivalente a 10 kg/ha).
6. 4 g de boro como boronatrocalcita, por planta, aplicado al voleo, sin incorporación (equivalente a 10 kg/ha).
7. 4 g de boro como bórax, por planta, aplicado al voleo, sin incorporación (equivalente a 10 kg/ha).

5.2.3. Descripción de la plantación.

Las plantaciones en las que se establecieron los ensayos presentaban, en junio de 1980, las características que se describen en el Cuadro 6.

CUADRO 6. Características de las plantaciones en que se establecieron los ensayos del Estudio 2.

Ensayo	Edad (años)	Densidad (Arb/ha)	Altura media (cm)	Diámetro medio a 5 centímetros (mm)	Observaciones
2.1 "El Porvenir"	2	2.200	41,7	8,3	-
2.2 "La Alfalfa"	4	1.700	139,6	23,5*	2 replantes
2.3 "Pichilemu"	3	2.000	42,9	8,6	-

* Medido a 50 cm del suelo.

5.2.4. Mediciones.

Las mediciones de altura total son hechas en centímetros y las mediciones de diámetro en milímetros, a 5 cm del suelo para los ensayos "El Porvenir" y "Pichilemu" y a 50 cm del suelo para "La Alfalfa". Además, se contabiliza el número de plantas con muerte apical.

5.2.5. Fertilización.

Las aplicaciones de fertilizante fueron hechas en hoyo, preparado con barra plantadora, a 15 cm de la planta y a 20 cm de profundidad; en las aplicaciones al voleo, el fertilizante se aplicó en un círculo de 70 cm de radio, alrededor de la planta. Cuando correspondía, se incorporó con azadón, en los primeros 10 cm.

5.2.6. Análisis foliar.

La muestra para análisis foliar es tomada de 5 plantas, seleccionadas al azar, en cada parcela.

5.2.7. Calendario de actividades.

El calendario de actividades realizadas en los distintos ensayos - se presenta en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos del Estudio 2.

Ensayo	Fertilización	Muestreo foliar	Mediciones
2.1 "El Porvenir"	10/09/80	16/02/80*	23/06/80
		25/03/81	24/07/81
		25/03/82	28/06/82
		1/03/83	-
2.2 "La Alfalfa"	15/09/80	16/02/80*	24/07/80
		26/03/81	22/07/81
		24/02/82	19/08/82
		1/03/83	-
2.3 "Pichilemu"	3/09/80	18/02/80*	31/07/80
		20/03/81	7/08/81
		10/03/82	27/08/82
		5/03/83	-

* Corresponde a muestreo de prospección para seleccionar lugar - del ensayo.

5.3. Estudio de Respuesta a la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes.

5.3.1. Diseño experimental.

En el Estudio 3, el único ensayo (3.1 "Santa Marta") fue establecido en bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

La unidad experimental es una parcela de 20 x 20 m --- (400 m²), con una separación, fertilizada, entre parcelas de 8 m y entre bloques de 16 m. Rodea el ensayo una franja borde no fertilizada de 8 m.

5.3.2. Tratamientos.

Los tratamientos son:

1. Control sin aplicación.
2. 8,5 kg de superfosfato triple (SFT) por parcela, aplicados al voleo en toda la superficie (equivalente a 213 kg SFT/ha y a 100 unidades P_{205} /ha).
3. 17 kg de SFT por parcela, aplicados al voleo en toda la superficie (equivalente a 425 kg SFT/ha y a 200 unidades P_{205} /ha).
4. 34 kg de SFT por parcela, aplicados al voleo en toda la superficie (equivalente a 850 kg SFT/ha y a 400 unidades P_{205} /ha).

Para una mejor distribución del fertilizante, la parcela se dividió en 16 cuadrantes.

5.3.3. Descripción de la plantación.

La plantación en que se estableció el ensayo presentaba, en junio de 1980, las características que se señalan en el Cuadro 8.

CUADRO 8. Características de la plantación en que se estableció el ensayo 3.1.

Ensayo	Edad (años)	Densidad (Arb/ha)	Altura media (m)	DAP medio (cm)
3.1 "Santa Marta"	6	1.750	4,28	5,4

Al establecimiento del ensayo se efectuó una limpia manual de vegetación arbustiva y una poda baja para facilitar las labores propias del ensayo.

5.3.4. Mediciones.

Las mediciones, efectuadas sobre 20 árboles seleccionados sistemáticamente y marcados, se realizan en altura, con precisión de 5 cm y en diámetro, a 1,37 m, con precisión de 0,1 cm.

5.3.5. Análisis foliares.

La muestra para análisis foliar es tomada de 5 árboles, elegidos - al azar, en cada parcela.

5.3.6. Calendario de actividades.

El calendario de actividades efectuadas en el ensayo, se presenta en el Cuadro 9.

CUADRO 9. Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones del Estudio 3.

Ensayo	Fertilización	Muestreo foliar	Mediciones
3.1 "Santa Marta"	1/09/80	18/02/80* 20/03/81 10/03/82 5/03/83	1/08/80 6/08/81 26/08/82 -

* Corresponde a muestreo de prospección para seleccionar lugar del ensayo.

5.4. Estudio de Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Plantaciones Recién Establecidas.

5.4.1. Diseño experimental.

En el Estudio 4, los 2 ensayos (4.1 "Lo Moreno" y 4.2 "Cholguahue") fueron establecidos en bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

La unidad experimental es una parcela de 12,5 x 25,0 m (312,5 m²) en 4.1 "Lo Moreno" y 20 x 20 m (400 m²) en 4.2 "Cholguahue". La separación entre parcelas es de 8 m y entre bloques de 8 m, con una franja borde no fertilizada de 4 m.

5.4.2. Tratamientos.

Los tratamientos son:

1. Control sin aplicación.
2. 26 g de urea por planta, aplicada en hoyo (equivalente a 12 g de N/planta y 30 kg N/ha).
3. 52 g de urea por planta, aplicada en hoyo (equivalente a 24 g de N/planta y 60 kg N/ha).
4. 78 g de urea por planta, aplicada en hoyo (equivalente a 36 g de N/planta y 90 kg N/ha).

5.4.3. Fertilización.

El fertilizante se aplicó a 15 cm del tallo de la planta y a 20 cm de profundidad en hoyo preparado con barra plantadora.

5.4.4. Descripción de las plantaciones.

Los ensayos están establecidos en plantaciones que presentaban, en junio de 1980, las características que se indican en el Cuadro 10.

CUADRO 10. Características de la plantación en que se establecieron los ensayos del Estudio 4.

Ensayo	Edad (años)	Densidad (Arb/ha)	Altura media (cm)	Diámetro medio* (mm)	Observaciones
4.1 "Lo Moreno"	1	1.900	36,3	6,2	1 replante
4.2 "Cholguahue"	1	1.800	29,3	4,6	1 replante

* Medido a 5 cm del suelo

Al establecer ambos ensayos se efectuó una limpia manual de vegetación arbustiva.

5.4.5. Mediciones.

Las mediciones sobre 20 plantas seleccionadas sistemáticamente e -

identificadas para subsecuentes mediciones, se realizan en altura, con precisión de 0,5 cm y en diámetro, a 5 cm del suelo, con precisión de 0,01 cm.

El estado de las 20 plantas identificadas, se registra de acuerdo a la siguiente escala:

1. Muerto.
2. Coloración amarilla a verde pálido.
3. Sano, verde normal.
4. Achaparrada, ápices secos.
5. Dañado por heladas.
6. Dañado por animales.
7. Apice de acículas necróticas.

5.4.6. Análisis foliares.

La muestra para los análisis foliares es tomada de 5 plantas, elegidas al azar, en cada parcela.

5.4.7. Calendario de actividades.

En el Cuadro 11 se presenta el calendario de actividades efectuadas en los ensayos.

CUADRO 11. Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos del Estudio 4.

Ensayo	Fertilización	Muestreo foliar	Mediciones
4.1 "Lo Moreno"	16/09/80	1/03/80*	25/07/80
		26/03/81	29/07/81
		24/02/82	13/07/82
		1/03/83	-
4.2 "Cholguahue"	15/09/80	1/03/80*	24/07/80
		25/03/81	23/07/81
		24/02/82	10/07/82
		1/03/83	-

* Corresponde a muestreo de prospección para seleccionar lugar del ensayo.

5.5. Estudio del Efecto de Fertilizante Nitrogenado en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad.

5.5.1. Diseño experimental.

En el Estudio 5, los 2 ensayos (5.1 "San Pedro" y 5.2 "María Las Cruces"), fueron establecidos en bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

En el ensayo 5.1 "San Pedro", la unidad experimental es una parcela de 30 x 30 m (900 m²), con una separación entre parcelas de 16 m, con aplicación de fertilizante. Pese a estar los bloques distantes unos de otros, se aplicó la fertilización en la franja borde.

La unidad experimental es, para el ensayo 5.2 "María Las Cruces", una parcela de 30 x 30 m, con una separación entre parcelas de 16 m, con aplicación de fertilizante y separación entre bloques de 16 m, con aplicación de fertilizante. El ensayo está rodeado por una franja borde de 8 m, con aplicación de fertilizante.

5.5.2. Tratamientos.

Los tratamientos son:

1. Control sin aplicación.
2. 100 kg de N, como urea, por hectárea.
3. 200 kg de N, como urea, por hectárea.
4. 300 kg de N, como urea, por hectárea.

5.5.3. Fertilización.

Para asegurar una homogénea distribución del fertilizante, se dividió el área a tratar en franjas de 5 m de ancho.

5.5.4. Descripción de las plantaciones.

Para establecer los ensayos se efectuó, en julio de 1980, una poda y raleo de los rodales elegidos. El criterio para el raleo fue el cociente de espaciamiento (ROCUANT, 1972), ajustando área basal -

(G) y número de árboles (N) por hectárea, para alcanzar un valor similar entre las parcelas de un mismo bloque.

Luego del raleo, en septiembre de 1980, los rodales presentaban las características indicadas en el Cuadro 12.

CUADRO 12. Características de las plantaciones en que se establecieron los ensayos del Estudio 5.

Ensayo	Edad (años)	N (Arb/ha)	G (m ² /ha)	dg (cm)	Rango diámetro métrico (cm)	h̄ (m)	hdo (m)	I.S.
5.1 "San Pedro"								
Bloque A		758	27,438	21,5	(10,6-32,0)	17,6	19,7	
B		808	27,614	20,9	(11,5-34,1)	17,8	19,4	
C		880	28,289	20,2	(10,3-36,0)	18,4	20,3	
Promedio	11	815	27,780	20,9		17,9	19,8	38
5.2 "María Las Cruces"								
Bloque A		694	17,089	17,7	(7,6-28,3)	15,9	17,7	
B		761	16,759	16,7	(8,5-27,0)	15,5	17,5	
C		655	15,628	17,4	(7,8-28,3)	14,9	16,9	
Promedio	9	703	16,492	17,3		15,4	17,4	41

E = Edad

G = Área basal

dg = Diámetro árbol de área basal media

h̄ = Altura media

hdo = Altura árboles dominantes

I.S. = Índice de sitio, según GARCIA, O. (1970). Regresión utilizada:

$$IS_{\text{Maule}} = 0,4939 e^{(14,11/E)} \cdot h$$

$$IS_{\text{Arauco}} = 0,4402 e^{(16,41/E)} \cdot h$$

5.5.5. Mediciones.

Las mediciones de diámetro, para todos los árboles de la parcela, se efectúan con precisión de 0,1 cm. Las mediciones de altura, - en 20 árboles seleccionados sistemáticamente e identificados, tienen una precisión de 0,1 m.

5.5.6. Análisis foliares.

El muestreo para análisis foliar se efectúa tomando acículas de - los 5 árboles dominantes más cercanos al árbol-centro de la parcela, de ramas del tercio superior y ubicadas en los cuatro puntos cardinales. Del material así recolectado se genera una muestra - compuesta por parcela.

5.5.7. Calendario de actividades.

El Cuadro 13 presenta un calendario de las actividades realizadas en cada lugar de ensayo.

CUADRO 13. Fechas de fertilización, muestreos foliares y mediciones de los ensayos en el Estudio 5.

Ensayo	Fertilización	Muestreo foliar	Mediciones
5.1 "San Pedro"	23/09/80	3/06/80*	2/09/80
		22/03/81	5/08/81
		11/03/82	2/09/82
		10/03/83	-
5.2 "María Las Cruces"	30/08/80	8/02/80*	30/08/80
		13/03/81	25/07/81
		8/03/82	24/06/82
		28/03/83	-

* Corresponde a muestreo de prospección para seleccionar lugar - de ensayo.

6. RESULTADOS Y DISCUSION.

6.1. Método de Análisis Estadístico.

La totalidad de los ensayos estuvieron sujetos a un diseño de bloques al azar.

Para determinar los resultados de incrementos en diámetro y altura de los ensayos, se realizó un análisis de variancia con fuentes de variación debida a bloques, tratamientos y residuos; la determinación de la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos se hizo en base a la Prueba de F para un grado de libertad.

En el análisis de covariancia, la variable X correspondió a las mediciones del año 1980 y la variable Y, al incremento 1980-1982.

El desarrollo matemático del análisis se encuentra descrito en el Anexo 4.

6.2. Estudio 1. Dosis Preventivas de Boro al Establecimiento de la plantación.

6.2.1. Ensayo 1.1 "Lo Moreno".

En este ensayo, ubicado en suelo arenales, donde se usó boronatro calcita como fuente de boro, hubo un 20% de mortalidad de plantas en el testigo; en los tratamientos con fertilización, la mortalidad fluctuó entre 20 y 32%.

Sin embargo, la mortalidad no estuvo asociada a tratamientos y correspondió a daño por conejos, abrasión a nivel de cuello, sequía y otras causas no determinadas.

El crecimiento en altura y los incrementos para las dos temporadas de observación (1980/1981 y 1981/1982) muestran similar comportamiento entre promedios de tratamientos y testigo. (Cuadro 14 y Gráfico 1). Tampoco se presentan diferencias estadísticas para crecimiento en diámetro e incrementos en esta variable entre tratamientos y testigo (Cuadro 15).

CUADRO 14. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 1.1 "Lo Moreno".

Tratamiento	Altura (cm)			Incremento (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-81	
1. Control	16,5	31,7	57,8	15,2	26,2	41,4	100,0
2. 1 g B/planta	17,0	31,7	56,2	14,7	24,5	39,2	97,2
3. 2 g B/planta	16,8	31,5	63,0	14,7	31,5	46,2	109,0
4. 4 g B/planta	16,5	33,7	64,0	17,2	30,7	47,9	111,2
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 15. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo en Ensayo 1.1 "Lo Moreno"

Tratamiento	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-81	80-82	
1. Control	3,8	6,4	12,4	2,6	6,0	8,6	100,0
2. 1 g B/planta	3,8	6,6	12,0	2,8	5,4	8,2	97,3
3. 2 g B/planta	3,6	6,7	13,1	3,1	6,4	9,5	106,3
4. 4 g B/planta	3,9	6,7	13,3	2,8	6,6	9,4	107,9
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

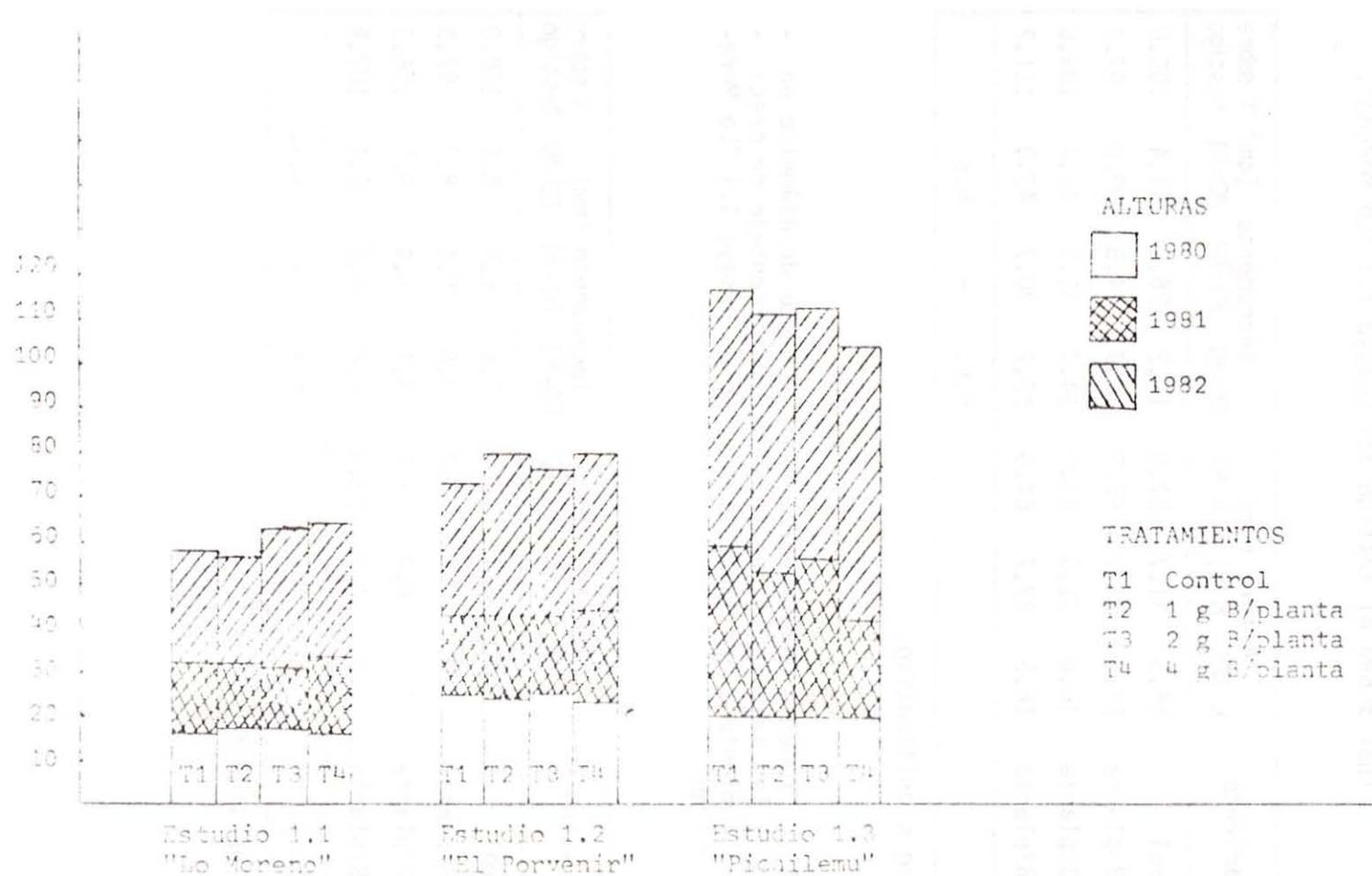


GRAFICO 1. Altura inicial e incrementos anuales para cada tratamiento y ensayo del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la plantación.

Los síntomas determinados no varían, esencialmente, entre tratamientos. El síntoma de "flecha múltiple", que proviene de la pérdida de dominancia apical y de más difícil caracterización que otros síntomas, fue el más comúnmente observado, presentándose con mayor frecuencia en las evaluaciones de invierno que en la de inicios de verano. El síntoma de "muerte de yemas y brotes" tampoco aparece relacionado a tratamientos, aún cuando en la evaluación de invierno de 1981 es más frecuente en el testigo que en los tratamientos 2 g y 4 g de boro por planta. En la temporada siguiente (invierno de 1982), aparece con similar frecuencia en todos los tratamientos y disminuye en la evaluación de inicios de verano (Cuadro 16).

CUADRO 16. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.1 "Lo Moreno".

Tratamiento Año	Síntomas observados (%)					% plantas vi- vas
	Flecha múltiple	Doble flecha	Muerte ápice-yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1981						
1. Control	29,8	2,1	12,8	2,1	2,1	78,3
2. 1 g B/planta	38,2	7,3	9,1	1,8	1,8	91,7
3. 2 g B/planta	29,8	6,4	6,4	0,0	0,0	78,3
4. 4 g B/planta	30,0	6,0	6,0	0,0	0,0	83,3
1982						
1. Control	60,4	0,0	25,0	35,4	25,0	80,0
2. 1 g B/planta	73,5	0,0	30,6	28,6	18,4	81,7
3. 2 g B/planta	64,3	0,0	26,2	31,0	21,4	70,0
4. 4 g B/planta	70,2	0,0	27,6	21,3	21,3	78,3
1982**						
1. Control	18,8	12,5	18,7	12,5	12,5	80,0
2. 1 g B/planta	26,5	14,3	18,4	8,2	6,1	81,7
3. 2 g B/planta	14,6	2,4	22,0	14,6	9,8	68,3
4. 4 g B/planta	21,7	4,3	17,4	15,2	15,2	76,7

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación en diciembre de 1982.

El período de 3 años de observaciones y mediciones del contenido de boro en las acículas, muestra que el elemento agregado no fue absorbido por las plantas. Los mejores niveles se observan en el primer muestreo, efectuado 6 meses después de la aplicación, y ningún tratamiento sobrepasa el nivel marginal, según la pauta de WILL (1978) (Cuadro 17 y Gráfico 2). En las dos temporadas siguientes, el boro se mantiene en niveles bajos. El resto de los elementos, excepto cobre, que en la primera temporada aparece en niveles marginales para el tratamiento 4 g boro/planta y testigo, no causarían restricciones al crecimiento inicial en este sitio.

CUADRO 17. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 1.1 "Lo Moreno".

Tratamiento Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn (ppm)
1981										
1. Control	1,48	0,18	0,69	0,28	0,12	13	49	47	4	164
2. 1 g B/planta	1,40	0,18	0,67	0,28	0,11	13	51	50	5	153
3. 2 g B/planta	1,48	0,18	0,72	0,28	0,12	11	46	49	4	142
4. 4 g B/planta	1,42	0,19	0,76	0,30	0,11	11	51	49	4	171
1982										
1. Control	1,83	0,20	0,68	0,39	0,15	6	54	44	7	166
2. 1 g B/planta	1,70	0,19	0,69	0,45	0,15	6	70	50	6	167
3. 2 g B/planta	1,73	0,19	0,65	0,39	0,15	6	60	46	7	153
4. 4 g B/planta	1,67	0,21	0,76	0,40	0,14	7	61	46	7	153
1983										
1. Control	1,71	0,19	0,69	0,29	0,11	5	50	36	6	96
2. 1 g B/planta	1,65	0,20	0,72	0,30	0,11	5	50	40	6	97
3. 2 g B/planta	1,68	0,18	0,71	0,28	0,11	5	48	38	7	105
4. 4 g B/planta	1,72	0,20	0,78	0,28	0,11	6	50	39	6	106

ENSAYO 1.2
"El Porvenir"

ENSAYO 1.3
"Pichilemu"

ENSAYO 1.1
"Lo Moreno"

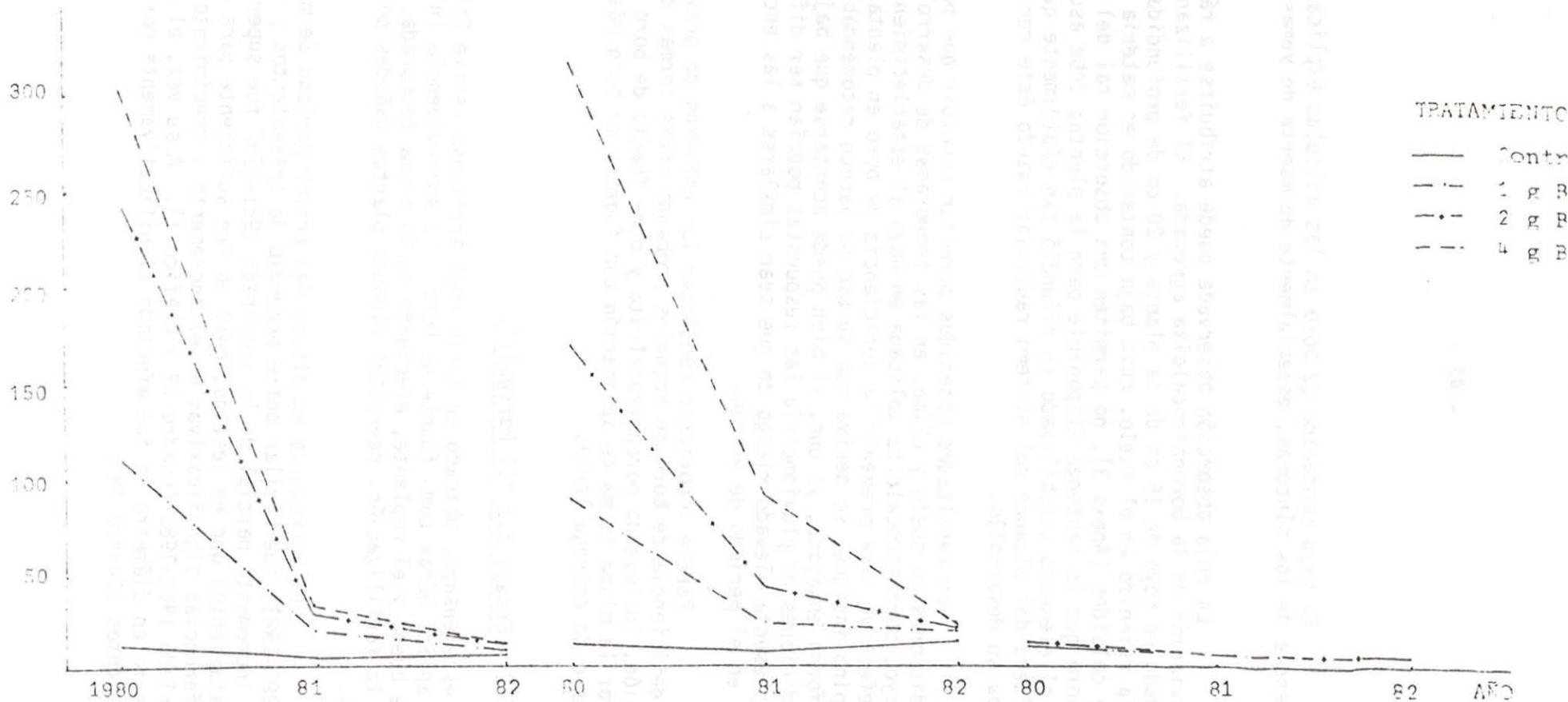


GRAFICO 2. Evolución del contenido de boro en los ensayos del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la plantación.

El bajo contenido de boro en las acículas explica la ocurrencia de los síntomas, especialmente de muerte de yemas y brotes.

La nula absorción observada puede atribuirse a rápida lixiviación de la boronatrocalcita agregada. El fertilizante agregado en hoyo de 15 cm de la planta y 20 cm de profundidad no sería retenido en el suelo, cuyo bajo contenido en materia orgánica y coloides (Anexo 3), no permiten una absorción tal del elemento boro que lo mantenga disponible para la planta; debe asumirse que el elemento solubilizado se difundió tan rápidamente que quedó fuera del alcance del sistema radicular cuando éste recién iniciaba su desarrollo.

Los resultados obtenidos permiten concluir que para las condiciones de suelo y clima, en las temporadas de desarrollo del ensayo, boronatrocalcita aplicada en hoyo al establecimiento no es efectiva para prevenir la deficiencia de boro en plantaciones de pino insigne; se deriva que su uso no parece recomendable en la forma ensayada, ya que, si bien puede aceptarse que bajo otras condiciones de pluviometría las respuestas podrían ser diferentes, se presenta elevado riesgo de que sean similares a las encontradas en el período de ensayo.

Parece importante continuar los estudios de prevención de deficiencia de boro en arenales probando otras formas de aplicación, incluyendo boronatrocalcita y otra fuente de boro o considerar la misma forma de aplicación con fuentes de boro más insolubles o de entrega lenta.

6.2.2. Ensayo 1.2 "El Porvenir".

En este ensayo, ubicado en suelo rojo arcilloso (serie Collipulli), se aplicó bórax como fuente de boro. La sobrevivencia inicial fue buena y el replante, efectuado en la misma temporada, antes de la fertilización, reemplazó algunas plantas dañadas por conejos.

El incremento en altura del primer período de medición (1980-1981) fue similar entre promedio de tratamientos y testigo; el incremento parcial de la temporada 1981-1982 fue superior en tratamientos que en testigo, pero no fue suficiente para reflejar diferencias significativas en el incremento y crecimiento en el período 1980-1982 (Cuadro 18 y Gráfico 1). A su vez, el crecimiento en diámetro no fue afectado significativamente por los tratamientos (Cuadro 19).

CUADRO 18. Promedio en altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 1.2 "El Porvenir".

Tratamiento	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	25,1	43,3	72,8	18,2	29,5	47,7	100,0
2. 1 g B/planta	24,2	43,3	80,0	19,2	36,7	55,8	109,9
3. 2 g B/planta	24,8	43,2	76,5	18,3	33,3	51,6	105,1
4. 4 g B/planta	23,2	43,7	79,8	20,5	36,1	56,6	109,6
F 0,05				s.n.	-	n.s.	

n.s.: no significativo

CUADRO 19. Promedio de diámetro, de incremento en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 1.2 "El Porvenir".

Tratamiento	Altura (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	4,1	8,8	18,8	4,7	10,0	14,7	100,0
2. 1 g B/planta	4,0	8,7	20,3	4,7	11,6	16,3	108,0
3. 2 g B/planta	4,1	8,6	19,5	4,5	10,9	15,4	103,7
4. 4 g B/planta	3,9	8,5	19,1	4,6	10,6	15,2	101,6
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

El síntoma observado más frecuentemente fue "flecha múltiple" que, aún cuando fue más común en la segunda temporada de evaluación que en la primera, no se encontró asociado a tratamientos en las evaluaciones de invierno de las temporadas 1981 y 1982; para la evaluación de inicios de verano (1982), disminuyó en todos los tratamientos que recibieron fertilizante (Cuadro 20). El síntoma "doble flecha" se manifiesta asociado a tratamientos a partir de la segunda temporada de observación, siendo el único que aumenta en la evaluación de verano. El síntoma "muerte de yemas o brotes" se observa, igualmente, asociado a tratamientos desde la segunda temporada, pero disminuye drásticamente en la observación de primavera con respecto a la evaluación de invierno del mismo año. Los síntomas relacionados con clorosis, por ejemplo, clorosis de acículas cercanas a los ápices, de extremo de acículas y generalizada, no se asocian a tratamiento ni tampoco a esta estación de evaluación. Esta situación podría depender de los contenidos de magnesio y potasio, que aparecen como marginales en el análisis foliar de marzo de 1983.

CUADRO 20. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.2 "El Porvenir".

Tratamiento Año	Síntomas observados (%)					% plantas vivas
	Flecha múltiple	Doble flecha	Muerte ápice- yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1981						
1. Control	26,7	3,3	0,0	10,0	0,0	100,0
2. 1 g B/planta	30,0	5,0	0,0	11,7	3,3	100,0
3. 2 g B/planta	16,7	5,0	0,0	13,3	8,3	100,0
4. 4 g B/planta	15,0	1,7	0,0	38,3	10,0	100,0
1982						
1. Control	63,3	11,7	58,3	46,7	26,7	100,0
2. 1 g B/planta	67,8	1,7	1,7	26,7	18,6	98,3
3. 2 g B/planta	81,7	0,0	0,0	15,0	6,6	100,0
4. 4 g B/planta	74,6	3,4	3,4	25,4	5,0	98,3

Continuación Cuadro 20

Tratamiento Año	Síntomas observados (%)					% plan- tas vivas
	Flecha múlti- ple	Doble flecha	Muerte ápice- yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1982**						
1. Control	46,7	16,7	8,3	11,7	11,7	100,0
2. 1 g B/planta	5,1	1,7	0,0	0,0	0,0	98,3
3. 2 g B/planta	5,0	1,7	0,0	8,3	5,0	100,0
4. 4 g B/planta	1,7	3,4	0,0	6,8	4,8	98,3

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación en diciembre de 1982.

Los resultados de 3 años de determinaciones de contenido de boro por análisis foliar muestran en el primer muestreo, efectuado a 6 meses de la fertilización, que hay muy alta y rápida absorción del elemento, la que es proporcional a la dosis aplicada. En el segundo muestreo, 18 meses después de la fertilización, se produce un notorio descenso del boro medido en las acículas, especialmente en los tratamientos; así, en las muestras correspondientes a los tratamientos 1 g; 2 g y 4 g boro/planta disminuyó al 12,27%; 11,11% y 10,60%, respectivamente, del contenido determinado el año anterior y, luego, a 30 meses de la aplicación de bórax, los contenidos de los tratamientos representan sólo el 8,18%; 4,9% y 4,0% del contenido medido en 1981 y corresponden a niveles marginales según WILL (1978) (Cuadro 21 y Gráfico 2). Estos resultados demuestran que no hay una absorción continua del boro y que el elemento no queda disponible para la planta, en este tipo de suelo, sino por un período inmediatamente posterior a la aplicación e inferior a 6 meses, cuando es aplicado en hoyo.

CUADRO 21. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indican. Ensayo 1.2 "El Porvenir".

Tratamiento Año	N	P (%)	K	Ca	Mg	B	Fe (pmm)	Zn	Cu	Mn
1981										
1. Control	1,63	0,14	0,41	0,45	0,12	12	88	58	6	414
2. 1 g B/planta	1,58	0,14	0,44	0,40	0,12	110	81	52	6	372
3. 2 g B/planta	1,50	0,13	0,49	0,36	0,11	243	73	54	7	356
4. 4 g B/planta	1,58	0,14	0,45	0,39	0,12	300	90	64	7	383
1982										
1. Control	1,95	0,17	0,29	0,38	0,13	6	98	44	7	320
2. 1 g B/planta	2,10	0,21	0,34	0,40	0,15	19	92	46	8	335
3. 2 g B/planta	2,14	0,19	0,38	0,39	0,15	27	98	46	7	346
4. 4 g B/planta	2,16	0,19	0,36	0,40	0,14	32	84	45	7	310
1983										
1. Control	1,61	0,16	0,33	0,28	0,09	8	104	27	6	306
2. 1 g B/planta	1,47	0,17	0,35	0,35	0,10	9	104	23	7	266
3. 2 g B/planta	1,55	0,17	0,36	0,26	0,10	12	109	27	6	253
4. 4 g B/planta	1,61	0,18	0,34	0,23	0,09	12	96	26	6	265

Los resultados del análisis foliar no señalan niveles - bajos para el resto de los elementos; magnesio y potasio aparecen como marginales en la última determinación realizada, prácticamente a tres años de la plantación. Estos resultados confirman, para este sitio, determinaciones anteriores de bajo suministro de - potasio (TORO, 1982).

La necesidad de continuar las mediciones en este ensayo es evidente. Importa, sobre todo, determinar si los contenidos - de boro continúan descendiendo y si se produce alguna diferencia en la duración de la respuesta entre la dosis 2 g y 4 g boro/planta, las que hasta la última temporada de observación muestran respuestas similares. De acuerdo a los resultados obtenidos, la dosis de 2 g boro/planta aplicada como bórax, localizada en hoyo al establecimiento de la plantación, sería suficiente para prevenir

La deficiencia de boro en las tres primeras temporadas de crecimiento.

6.2.3. Ensayo 1.3 "Pichilemu".

En este ensayo, ubicado en suelo metamórfico (serie Constitución), se aplicó bórax como fuente de boro. La sobrevivencia inicial fue excelente.

El incremento en altura no se vio afectado por los tratamientos en los diversos períodos de medición (Cuadro 22 y Gráfico 1). Lo mismo ocurre con el crecimiento en diámetro (Cuadro 23).

CUADRO 22. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 1.3 "Pichilemu".

Tratamiento	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	20,3	59,0	117,2	38,7	58,2	96,9	100,0
2. 1 g B/planta	20,0	58,2	111,2	38,2	53,0	91,2	94,9
3. 2 g B/planta	20,2	58,0	113,7	37,8	55,7	93,5	97,0
4. 4 g B/planta	20,0	52,3	94,3	32,3	42,0	74,3	80,5
F 0,05				n.s.	-	s.n.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 23. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en - las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 1.3 "Pichilemu".

Tratamiento	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	4,2	11,1	22,2	6,8	11,2	18,0	100,0
2. 1 g B/planta	4,2	11,2	23,5	7,2	12,3	19,5	105,8
3. 2 g B/planta	4,1	10,8	23,9	6,7	13,1	19,8	107,6
4. 4 g B/planta	4,0	9,6	19,5	5,6	9,9	15,5	87,8
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

El síntoma más frecuente de deficiencia corresponde a "flecha múltiple", especialmente en las evaluaciones efectuadas en invierno; no aparece asociado a tratamientos, aunque, como tendencia, afecta a mayor porcentaje de plantas en testigo para la observación correspondiente a un año del establecimiento y a testigo y tratamiento 1 g boro/planta para la segunda temporada de medición. Los síntomas "doble flecha" y "muerte de yemas y brotes" presentan baja incidencia en el ensayo y su ocurrencia no se asocia a tratamientos. Los síntomas relacionados con clorosis a parecen en los tratamientos 2 g y 4 g boro/planta en las evaluaciones de invierno y en todos los tratamientos en la observación de inicios de verano, correspondiente a la tercera temporada de crecimiento (Cuadro 24).

Es posible que la marcada ocurrencia de clorosis a comienzos de verano (1982), corresponda a síntomas de una incipiente deficiencia de magnesio cuyo contenido aparece como marginal en la determinación de marzo de 1983 (Cuadro 25).

CUADRO 24. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 1.3 "Pichilemu".

Tratamiento Año	Síntomas observados (%)					% plan- tas vi- vas
	Fecha múlti- ple	Doble fecha	Muerte ápice- yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1981						
1. Control	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
2. 1 g B/planta	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
3. 2 g B/planta	11,7	0,0	0,0	8,3	0,0	100,0
4. 4 g B/planta	20,0	0,0	0,0	5,0	0,0	100,0
1982						
1. Control	46,7	1,7	5,0	0,0	0,0	100,0
2. 1 g B/planta	33,3	0,0	3,3	0,0	0,0	100,0
3. 2 g B/planta	20,0	1,7	0,0	5,0	0,0	100,0
4. 4 g B/planta	20,3	0,0	0,0	32,2	0,0	98,3
1983**						
1. Control	6,7	1,7	3,3	61,7	43,3	100,0
2. 1 g B/planta	8,3	0,0	1,7	41,7	21,7	100,0
3. 2 g B/planta	5,0	0,0	0,0	62,7	39,0	98,3
4. 4 g B/planta	12,0	3,4	5,0	50,0	22,4	96,7

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación en diciembre de 1982.

CUADRO 25. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 1.3 "Pichilemu".

Tratamiento Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
						(pmm)				
1981										
1. Control	1,32	0,14	0,61	0,20	0,12	11	70	57	6	238
2. 1 g B/planta	1,31	0,14	0,67	0,21	0,11	89	67	52	6	266
3. 2 g B/planta	1,51	0,13	0,64	0,22	0,11	169	73	49	6	234
4. 4 g B/planta	1,26	0,12	0,69	0,21	0,10	317	81	46	5	242
1982										
1. Control	1,61	0,12	0,52	0,19	0,13	9	91	36	5	218
2. 1 g B/planta	1,66	0,12	0,48	0,22	0,14	22	97	40	5	256
3. 2 g B/planta	1,69	0,13	0,53	0,20	0,14	41	92	39	5	242
4. 4 g B/planta	1,61	0,12	0,56	0,20	0,14	90	88	36	5	225
1983										
1. Control	1,63	0,15	0,70	0,22	0,09	11	59	31	6	192
2. 1 g B/planta	1,66	0,16	0,73	0,23	0,10	19	61	30	5	203
3. 2 g B/planta	1,63	0,16	0,70	0,24	0,10	20	61	34	5	211
4. 4 g B/planta	1,58	0,15	0,69	0,20	0,08	24	54	31	5	165

Los resultados de las determinaciones periódicas de boro en las acículas, muestran que hay alta y rápida absorción del elemento a los 6 meses de aplicado y que ésta es proporcional a la dosis de fertilizante; luego, a 18 meses de la fertilización, se produce un marcado descenso de los contenidos en los tratamientos, alcanzándose niveles que corresponden a 24,7%; 24,3% y 28,4% de los contenidos medidos en la primera evaluación después de la aplicación, para los tratamientos 1 g, 2 g y 4 g boro/planta, respectivamente. Los contenidos continúan disminuyendo en la tercera medición, efectuada a 30 meses de la fertilización, donde representan 21,3%; 11,5% y 7,6% de la cantidad medida en la primera temporada de crecimiento; sin embargo, los niveles se mantienen - aún como satisfactorios (Cuadro 25 y Gráfico 2).

Los resultados de este ensayo muestran que la dosis de 1 g boro/planta, aplicado como bórax localizado en hoyo al establecimiento, es suficiente para prevenir la deficiencia de boro hasta la tercera temporada de crecimiento. Parece muy necesario continuar las observaciones para medir la duración del efecto de la fertilización boratada y de algún efecto relacionado con dosis.

6.2.4. Análisis conjunto de los ensayos del Estudio 1, dosis de boro al establecimiento de la plantación.

Este análisis permite plantear algunas conclusiones finales, considerar pautas para futuras investigaciones así como sugerir algunas recomendaciones prácticas.

En los ensayos no se encontró mortalidad atribuible a deficiencia de boro en los tres primeros años desde el establecimiento, aún en sitios donde los contenidos del elemento en los testigos fueron bajos de acuerdo a los criterios utilizados (WILL, 1978) (Cuadros 16, 20 y 24). Si se compara el contenido de boro en los testigos de los tres ensayos, puede constatar que la cantidad medida a la primera temporada corresponde a niveles satisfactorios-marginales, indicando que los contenidos, a nueve meses de la plantación, aún parecen depender del suministro de boro en el vivero; los niveles que se miden en 1982 en adelante, corresponden mejor a la disponibilidad del elemento para la planta y no se encontró mortalidad asociada a la deficiencia en esas temporadas. Tampoco se produjo mortalidad atribuible al fertilizante aplicado en hoyo, vecino al sistema radicular, hecho que no concuerda con los datos de JACKS y KEIZER, citados por BALLARD (1978).

El crecimiento medido en los ensayos y analizado considerando la altura y diámetro inicial como covariante, indica que no hay efecto del boro agregado sobre estas variables. Estos resultados concuerdan con la conclusión presentada por BALLARD (1978), de ensayos efectuados con anterioridad en Nueva Zelanda, en cuanto a que el elemento boro aplicado solo, al establecimiento, raramente incrementa el crecimiento de las plantas, sólo reduce malformaciones.

En la recopilación efectuada por ROCUANT (1979), se incluye un ensayo realizado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en suelo Collipulli, donde tampoco se observa respuesta en altura con aplicaciones de boro. GONZALEZ, E.P. (1982) cita -

resultados presentados por ARANA y JIMENEZ en 1981, donde no hay respuesta en altura total y diámetro de cuello a aplicaciones en hoyo de 5 g ácido bórico planta. Parece evidente, por lo tanto, que el crecimiento no debe ser considerado como una respuesta exigida a los tratamientos de boro en aplicaciones preventivas. En los ensayos, el crecimiento en altura y diámetro responde a características locales antes que a tratamientos (cuadros 14, 15, 18, 19, 22 y 23).

El síntoma visual que se observó con mayor frecuencia fue "flecha múltiple". Para los propósitos de este trabajo está definido como consecuencia de retraso en el crecimiento o en el desarrollo del brote central o de la yema apical que lo origina, mientras que los brotes laterales de la misma temporada continúan su crecimiento normal, de tal manera que no se observa en la planta dominancia del eje central. Esta definición no concuerda exactamente con la dada por GERDING *et al* (1982) y GONZALEZ, E.P. (1982) y conviene más a la definición de "ápice retrasado" de los autores citados. Los resultados de las evaluaciones no demuestran una clara asociación entre el síntoma así descrito y los niveles de boro alcanzados en los tratamientos (cuadros 16, 17, 20, 21, 24 y 25). Este síntoma fue incluido en las evaluaciones, aún siendo de difícil caracterización y percepción, por cuanto se consideró que podría indicar la deficiencia antes de que se produzca la muerte de yemas o brotes, pero debe reconocerse que su utilización no parece asegurar un apropiado diagnóstico si se utiliza como único criterio.

El síntoma "doble flecha" puede provenir de retraso o de muerte del brote o yema central; en los ensayos se detecta asociado a la deficiencia en los suelos arenales y rojo arcillosos (cuadros 16 y 20). En plantaciones recién establecidas no significa, necesariamente, que evolucionará hacia una bifurcación permanente o que redundará en malformaciones importantes; se incluyó en la evaluación como un síntoma que pudiera servir para determinar muerte de yemas o brotes, ocultas por el crecimiento posterior; sin embargo, no parece útil para estos propósitos en plantaciones menores de tres años. El síntoma "muerte de yemas, brotes y ápices" se correlaciona adecuadamente con la deficiencia; bajo condiciones de severa dificultad en la absorción del boro es posible detectarlo en el primer año de la plantación (Ensayo 1.1 "Lo Moreno") y debe considerarse para su atribución en evaluaciones de invierno, que puede ser independiente del nivel de boro determinado en las acículas del muestreo de fines del verano inmediatamente anterior. Así en el ensayo mencionado, el boro determinado en

Las acículas corresponde a niveles marginales (11 a 13 ppm de boro); esto deriva que, siendo el boro un elemento inmóvil en la planta, las cantidades absorbidas temprano en la estación son acumuladas en el follaje y no son translocadas posteriormente, a los puntos de crecimiento; el daño a los meristemas apicales puede ocurrir si el suministro al ápice es detenido, aún por cortos períodos de tiempo, sin una estricta relación al contenido foliar (KNIGHT, 1978). Los síntomas de clorosis, ya sea general, en acículas vecinas al ápice o en los extremos de éstas, no son buenos indicadores de deficiencia de boro y en los ensayos en suelos rojo arcillosos y metamórficos pudieron estar más asociados a contenidos marginales de magnesio y potasio.

Los síntomas muestran variaciones entre temporadas de crecimiento y estación en la cual se efectúa la evaluación para una misma temporada. En términos generales, todos los síntomas relacionados a crecimiento y desarrollo del ápice tienden a aumentar con la edad y los síntomas "flecha múltiple" y "muerte de yemas y brotes" a disminuir en las observaciones de verano con respecto a las de invierno del mismo año. Para este último síntoma, STONE y WILL (1965) señalan que su ocurrencia es estacional. Es importante, por lo tanto, que el observador tenga en cuenta este punto para su correcta apreciación de la intensidad de la deficiencia.

Los niveles de boro señalan una velocidad de absorción menor o igual a 6 meses; que la absorción es indiscriminada en una primera etapa y que hay una rápida eliminación del elemento absorbido, de tal manera que los niveles pueden caer a marginales al cabo de 30 meses de la fertilización en hoyo con bórax (Gráfico 2). Respecto a velocidad de absorción, KONOW (1980) establece que la deficiencia de boro se corrige a los 60 días de aplicar boratrocálcita en hoyo; es altamente probable que la absorción en los ensayos haya ocurrido en un plazo similar, asociada a las lluvias de primavera antes que continuada a través del verano. Se conoce que el boro es altamente dependiente, para su absorción, del adecuado suministro de agua al suelo (RUSSEL, 1964; ROJAS y CARRASCO, 1966; MENGEL y KIRBY, 1978; STONE, citado por ADAMS, 1979). WINDSOR y KELLY (1972) establecen que los primeros determinantes para una alta absorción son factores de suelo y de sistema radicular. El rápido descenso del contenido de boro en el follaje ha sido descrito en pino insigne por JACKS en 1972 (BALLARD, 1978) y por WINDSOR y KELLY (1972) quienes aplicaron bórax al voleo, midiendo los contenidos durante 3 años. Estos autores postulan que la declinación en los contenidos se debería a remoción del

boro por lixiviación, puesto que el suelo tiene una capacidad limitada para absorber boratos, comparado con fosfatos; esto implica que el boro no es un elemento que se fije y los resultados obtenidos en los ensayos lo están demostrando indirectamente. En todo caso, es un punto que requiere de estudios específicos.

La nula absorción del boro en el ensayo de la serie arenales se atribuye a efectos combinados de pluviometría, suelo, de la planta y del fertilizante. La pluviometría, que no fue específicamente medida en el lugar, indica que la temporada septiembrediciembre de 1980 en Chillán, una precipitación superior a 250 mm; el suelo, por su característica de muy escasa capacidad de retención de agua, bajo contenido de materia orgánica y coloides; la planta que poseía un sistema radicular de poca longitud relativa (podada a 12 cm en vivero) y con actividad probablemente más retrasada del sistema radicular que en los suelos rojo arcillosos y metamórficos debido a mayores fluctuaciones de humedad y temperaturas de suelo; el fertilizante, en cuanto a la profundidad de localización (20 cm) y a su solubilidad, pudieron interactuar impidiendo la absorción del boro agregado en las diferentes dosis. Es obvio considerar que las acciones que más rápidamente pueden entrar a proporcionar información para prevenir la deficiencia de boro en estos suelos, corresponden a aquellos relacionados con el fertilizante y no con el resto de las posibles variables interactuantes. Se recomienda considerar ensayos con fertilización no localizadas, con boronatrocalcita u otras fuentes menos solubles y aún estudiar oportunidades de aplicación.

La oportunidad de aplicación del fertilizante a fines de invierno debe considerarse adecuada hasta que otros ensayos demuestren lo contrario. Donde hubo absorción, ésta se produjo a niveles que sobrepasan en mucho los requerimientos de las plantas de pino insigne. En arenales es posible considerar época de aplicación como una variable en nuevos estudios.

El método de aplicación en hoyo, a 15 cm del tallo y a 20 cm de profundidad, también se demuestra adecuado para prevenir la deficiencia. Debe señalarse que en el ensayo 1.3 "Pichilemu", con pendientes superiores a 45° el fertilizante se aplicó en hoyo pendiente arriba y no pendiente abajo como recomendó ADAMS (1979); a pesar de lo cual no hubo efectos tóxicos. En arenales es conveniente probar con sistemas de aplicación al voleo.

Bórax usado como fuente de boro es efectivo en los suelos rojo arcillosos y metamórficos aplicado al establecimiento. -

No es posible establecer si la falta de respuesta en arenales se debe al fertilizante aplicado, pero parece apropiado considerar - para estos suelos otras fuentes de boro si se desea utilizar el mismo método de aplicación de este estudio.

Las dosis de boro ensayadas en el suelo Collipulli, muestran similar comportamiento para 2 y 4 g de B/planta y para suelos Constitución entre 1, 2 y 4 g de B/planta, hasta el tercer año de observación. Por lo tanto, para respuestas de 3 años de duración, dosis de 2 g de B/planta son suficientes para suelos similares a los del ensayo en serie Collipulli y de 1 g de B/planta, en suelos similares a la serie Constitución. En términos generales, estas dosis son superiores a las utilizadas en el establecimiento en Nueva Zelanda, donde hay efecto durante 4 años con dosis 0,3-0,4 g de B/planta (JACKS y KEIZER, citados por BALLARD, 1978), siendo la dosis promedio en regiones con deficiencia común de boro de 0,8-1,1 g de B/planta, con las que se alcanzan niveles marginales por un período de sólo 3 a 4 años (BALLARD, 1978).

La duración del efecto, medido por análisis foliar, no alcanza a más de 3 años en serie Collipulli, pero es más prolongada en serie Constitución. Conviene, por lo tanto, para suelos Collipulli, considerar que si la respuesta a fertilización boratada al establecimiento es de corta duración, no mayor de 4 años, sería aconsejable retrasar en todo lo posible la aplicación preventiva a fin de no tener que recurrir a una segunda aplicación. Es probable que la situación sea la misma en suelo arenales.

La práctica sugerida no representa dificultad técnica, ya que a través de análisis foliares y evaluación adecuada de síntomas, puede establecerse la mejor oportunidad para la aplicación de fertilizante boratado. Tampoco implica un necesario deterioro del producto, ya que de acuerdo a lo observado en otros ensayos - (ver ensayos de aplicación sobre plantaciones de 2 a 4 años), a los resultados de aplicaciones a escala operacional, controlado por los autores y a la experiencia de Nueva Zelanda, los defectos que provienen de muerte apical a los 2-3 años no tiene un efecto particularmente adverso sobre la forma del fuste, por lo que no existe gran presión para aplicaciones al establecimiento (BALLARD, 1978).

Esta opinión difiere de la sustentada por GERDING *et al* (1982) y GONZALEZ, E.P. (1982), que recomiendan aplicaciones preventivas al establecimiento y sugieren la necesidad de preparar el suelo antes de la plantación y controlar malezas, en lo que -

concuerdan con TORO (1982). A este respecto, debe hacerse notar que la preparación del suelo antes de la plantación y el control de malezas, ambas prácticas son aconsejables para mejorar sobrevivencia y crecimiento inicial, puede implicar una aparición más temprana de la deficiencia de boro y exigir modelos diferentes de corrección. Ha sido observado por los autores en plantaciones recién establecidas en la Cordillera de la Costa, secano interior y Llano Central de la VII y VIII Región (series Cauquenes, San Esteban y Collipulli), que tanto la preparación de suelos como el control químico de malezas, si bien aseguran excelente sobrevivencia y crecimiento inicial, presentan síntomas de deficiencias al primer año de plantación. Esto no ocurre en plantaciones en suelos similares sin preparación, donde la deficiencia se manifiesta al segundo o tercer año.

Es posible que esta situación sea similar a la descrita por BALLARD (1978), para aplicaciones de fósforo en plantaciones de rápido crecimiento, producto de preparación de suelo y fertilización, donde los niveles foliares caen a niveles subóptimos al segundo año, aún cuando se haya duplicado la dosis del fertilizante. Como resulta necesario efectuar en muchos casos labores de preparación de suelos y control de malezas, es altamente recomendable realizar estudios específicos que relacionen estas prácticas con la prevención de deficiencia de boro u otros elementos.

6.3. Estudio 2. Corrección de Deficiencias de Boro en Plantaciones de 2 a 4 Años.

En estos ensayos se estudia el efecto correctivo de la dosis de 10 kg de B/ha, usando como fuentes boronatrocalcita (Bnc) y bórax (Bx), en diferentes formas de aplicación: localizado en hoyo a 15 cm del tallo y a 20 cm de profundidad (H), al voleo incorporado alrededor de la planta en un radio de 60-70 cm (V.I.) y al voleo (V).

6.3.1. Ensayo 2.1 "El Porvenir".

En este ensayo, ubicado en serie Collipulli, en una plantación de 2 años de edad, no se detectó mortalidad atribuible a deficiencia de boro o a tratamientos, en los 3 años de observación.

El incremento total en altura, 1980-1982, muestra diferencias significativas calculado por análisis de covarianza, pa-

ra comparación entre testigo y tratamientos con boronatrocalcita y bórax aplicados en voleo incorporado. Los otros tratamientos no son mejores que el testigo y no hay diferencia para fuente de boro (cuadros 26, 28, 29 y Gráfico 3).

El incremento en diámetro no muestra diferencias significativas entre tratamientos y testigo, a pesar que los tratamientos al voleo incorporado alcanzan un 17-18% más de crecimiento de éste (cuadros 27 y 28).

El síntoma más comúnmente observado corresponde a "flecha múltiple" que no aparece asociado a la deficiencia sino sólo en la evaluación de verano de 1982; en las evaluaciones anteriores no aparece asociado a tratamientos, mostrando una clara tendencia a disminuir de acuerdo a la edad en evaluaciones de invierno. El síntoma "muerte de ápices y yemas" tiene baja incidencia durante los dos primeros años de evaluación. A partir del segundo año de la aplicación de los fertilizantes, se asocia con contenidos deficitarios de boro y la drástica disminución que se observa en la evaluación de verano del mismo año, indica que solamente escasas plantas no iniciaron su desarrollo de primavera. De acuerdo a los valores alcanzados en el último análisis foliar, la próxima evaluación de invierno debería mostrar nuevamente alta frecuencia de este síntoma. El síntoma "clorosis" mantiene un porcentaje similar de frecuencia en testigo y tratamientos en todas las evaluaciones efectuadas y se estima poco apropiado para el diagnóstico en este tipo de suelos, donde puede estar asociado a deficiencia de potasio (Cuadro 30).

Tratamiento	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Control	11.0	12.5	14.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.5
Bórax	11.5	13.0	14.5	16.0	17.5	19.0	20.5	22.0
Boronatrocalcita	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5
Control	11.0	12.5	14.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.5
Bórax	11.5	13.0	14.5	16.0	17.5	19.0	20.5	22.0
Boronatrocalcita	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5

CUADRO 26. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 2.1 "El Povernir".

Tratamiento (4 g B/planta)	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	42,8	75,5	116,5	32,7	41,0	73,7	100,0
2. Bnc H	43,5	76,0	111,3	32,5	35,3	67,8	95,5
3. Bx H	48,2	86,8	142,2	38,6	55,4	94,0	122,1
4. Bnc V.I.	37,2	82,8	144,0	46,6	60,2	106,8*	123,6
5. Bx V.I.	37,0	80,3	141,3	43,3	61,0	104,3*	121,2
6. Bnc V	41,0	77,3	123,8	36,3	46,5	82,8	106,2
7. Bx V	42,5	83,5	136,8	41,0	53,3	94,2	117,4
F 0,05				s.n.		* sí	

n.s.: no significativo.

CUADRO 27. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 2.2 "El Porvenir".

Tratamiento (4 g B/planta)	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	9,0	20,0	32,3	11,0	12,3	23,3	100,0
2. Bnc H	8,7	20,0	30,9	11,3	10,9	22,2	95,7
3. Bx H	10,0	21,8	36,2	11,8	14,4	26,2	112,1
4. Bnc V.I.	7,3	21,8	38,0	14,5	16,2	32,7	117,6
5. Bx V.I.	7,5	21,3	38,1	13,8	16,8	30,6	118,0
6. Bnc V	7,8	19,5	32,6	11,7	13,1	34,8	101,0
7. Bx V	9,2	22,3	36,8	13,1	14,5	27,6	114,1
F 0,05				n.s.		n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 28. Resultados de análisis de covariancia para medios ajustados de incremento en altura y diámetro sobre altura y diámetro inicial. Ensayo 2.1 "El Porvenir".

Variable	Tratamiento	Forma de aplicación	Fuente
i h 80-81	-	-	-
i h 80-82	-	*	-
i d 80-81	-	-	-
i d 80-82	-	-	-

i h : incremento en altura.

i d : incremento en diámetro.

* : diferencia significativa.

CUADRO 29. Comparaciones en estudio para las variables que se indica. Ensayo 2.1 "El Porvenir" (Prueba de F 0,05 para 1 grado de libertad).

Variable	Tratamiento	Formas de aplicación	Fuente
i h 80-82	-	V.I. > 0; V.I.=V=H	-

i h : incremento en altura.

CUADRO 30. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 2. "El Porvenir".

Tratamiento (4 g B/planta) Año	Síntomas observados (%)					% plantas vivas
	Flecha múlti- ple	Doble flecha	Muerte ápice- yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1980						
1. Control	76		2	52		100,0
2. Bnc H	73		3	35		100,0
3. Bx H	79		1	48		100,0
4. Bnc V.I.	75		1	37		100,0
5. Bx V.I.	83		2	29		100,0
6. Bnc V	77		6	39		100,0
7. Bx V	76		3	30		100,0
1981						
1. Control	62		1	42		98,0
2. Bnc H	61		0	30		99,0
3. Bx H	56		1	49		99,0
4. Bnc V.I.	51		0	24		100,0
5. Bx V.I.	53		1	29		100,0
6. Bnc V	73		1	41		100,0
7. Bx V	51		1	28		100,0
1982						
1. Control	26		36	47		98,0
2. Bnc H	25		36	40		99,0
3. Bx H	16		0	44		99,0
4. Bnc V.I.	30		0	46		100,0
5. Bx V.I.	26		0	35		100,0
6. Bnc V	25		6	42		99,0
7. Bx V	25		3	31		100,0
1982**						
1. Control	50		6	21		98,0
2. Bnc H	58		1	15		99,0
3. Bx H	5		0	22		99,0
4. Bnc V.I.	14		0	10		100,0
5. Bx V.I.	12		0	13		100,0
6. Bnc V	4		0	15		99,0
7. Bx V	13		0	16		100,0

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación en diciembre de 1982.

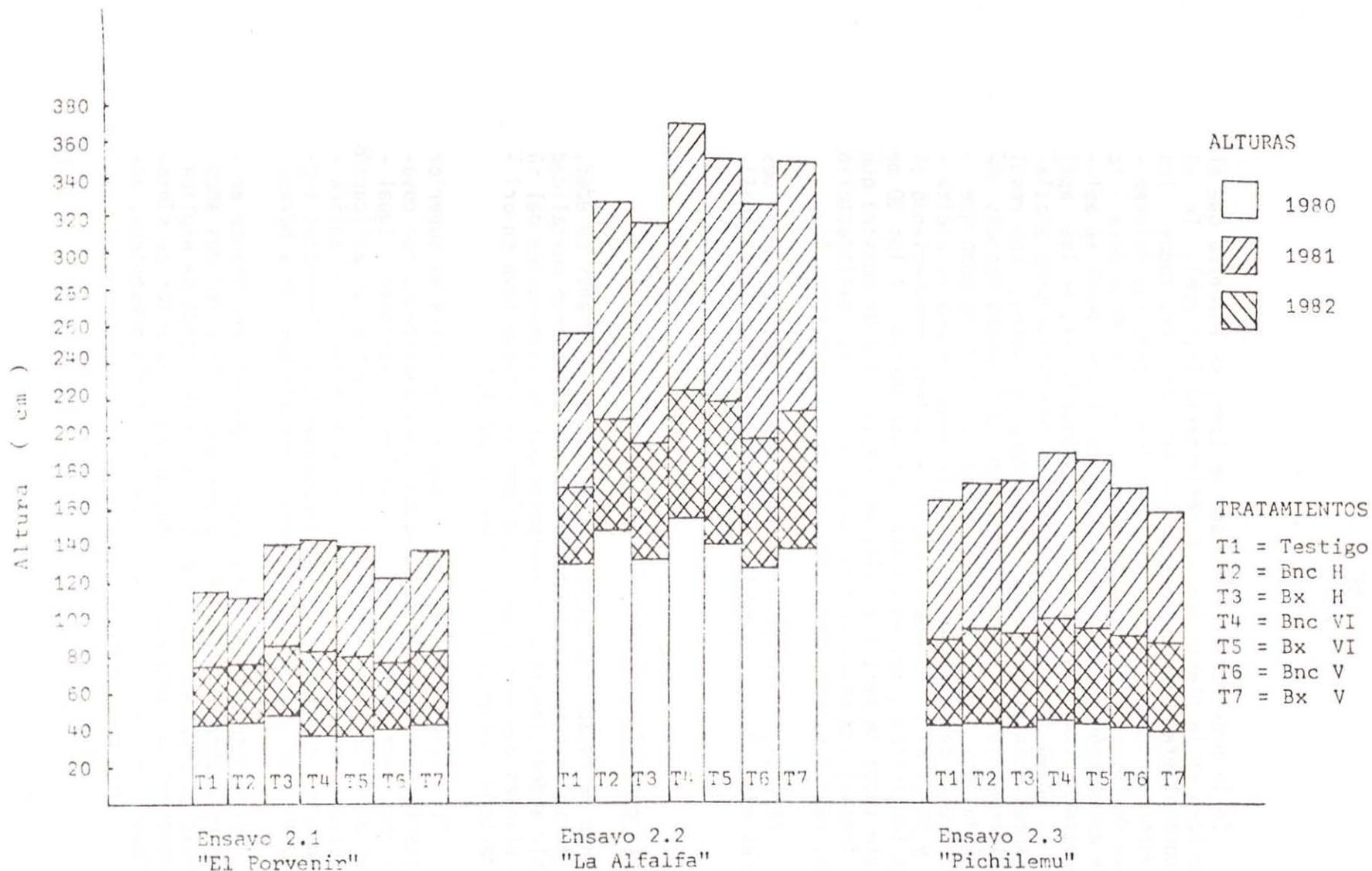


GRAFICO 3. Altura inicial e incrementos anuales para cada tratamiento y ensayo del Estudio 2, corrección de deficiencias de boro en plantaciones establecidas.

En la prospección efectuada en 1980, se encontró que el nivel de boro en la plantación era deficitario (7,5 ppm). En el primer control efectuado después de la fertilización, todos los tratamientos presentan niveles satisfactorios, pero muy diferentes tasas de absorción, lo que es especialmente notorio para la forma de aplicación en hoyo, donde se mide 14 ppm cuando se aplica boronatrocalcita y 90 ppm cuando se aplica bórax; en las aplicaciones al voleo incorporado se obtienen concentraciones similares con ambas fuentes boratadas y superiores al voleo. Los resultados del análisis foliar correspondientes a 18 meses después de la fertilización, indican una baja en el contenido de boro que llega a niveles deficitarios en el tratamiento boronatrocalcita en hoyo y marginal en boronatrocalcita al voleo, permaneciendo el resto de los tratamientos en niveles satisfactorios. A los 30 meses de efectuada la fertilización, el análisis foliar muestra que sólo el tratamiento bórax en hoyo mantiene un nivel satisfactorio; el resto, baja a niveles marginales (Cuadro 31 y Gráfico 4).

El ensayo debe continuar bajo control por lo menos dos temporadas más o hasta cuando los contenidos de boro se estabilicen.

6.3.2. Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Este ensayo se estableció sobre una plantación de 4 años de edad, ubicada en suelo arenales, serie Coreo. No se observó mortalidad atribuible a deficiencia ni a tratamientos; la disminución del número de plantas que ocurre en el período del ensayo tuvo su origen en factores determinados y ajenos al ensayo.

El incremento en altura de los tratamientos es superior al del testigo para el primer y segundo año, analizados por covariancia, considerando la altura inicial como covariante. Igualmente, en ambas temporadas de evaluación, las formas de aplicación voleo incorporado y voleo, tuvieron mayor incremento que aplicaciones en hoyo; en ninguna de las temporadas hay diferencias significativas entre las fuentes de boro: boronatrocalcita y bórax.

El efecto de los tratamientos sobre el crecimiento en altura en este ensayo fue notorio y perduró durante los dos años de observación (cuadros 32, 33 y 34). Este resultado se explica considerando en conjunto análisis foliar y recuperación de síntomas de "muerte apical y de yemas". La plantación presentaba, an-

CUADRO 31. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 2.1 "El Porvenir".

Tratamiento 4 g B/planta Año	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
	(%)					(ppm)				
1980	1,32	0,15	0,14	0,38	0,15	7,5	78	42	9	238
1981										
1. Control	1,86	0,18	0,24	0,48	0,14	10	92	72	6	462
2. Bnc H	1,86	0,21	0,25	0,44	0,16	14	77	79	6	521
3. Bx H	1,70	0,18	0,23	0,36	0,13	90	75	62	6	358
4. Bnc V.I.	1,81	0,18	0,36	0,33	0,11	24	64	67	7	335
5. Bx V.I.	1,80	0,18	0,28	0,30	0,12	33	63	62	8	323
6. Bnc V	1,82	0,20	0,28	0,36	0,13	14	78	78	8	476
7. Bx V	1,77	0,19	0,24	0,40	0,14	18	81	64	7	420
1982										
1. Control	1,92	0,22	0,26	0,31	0,14	6	79	40	8	365
2. Bnc H	1,92	0,19	0,24	0,38	0,17	6	76	44	7	504
3. Bx H	2,12	0,23	0,29	0,35	0,16	21	75	44	8	358
4. Bnc V.I.	2,16	0,24	0,30	0,37	0,17	15	79	50	7	424
5. Bx V.I.	2,19	0,23	0,34	0,31	0,15	18	69	44	8	362
6. Bnc V	2,12	0,23	0,32	0,34	0,16	11	74	48	8	397
7. Bx V	2,15	0,22	0,32	0,33	0,15	13	73	44	8	386
1983										
1. Control	1,40	0,16	0,23	0,25	0,11	6	60	29	6	317
2. Bnc H	1,43	0,16	0,24	0,23	0,11	7	53	26	6	297
3. Bx H	1,46	0,17	0,26	0,25	0,11	13	62	29	6	274
4. Bnc V.I.	1,44	0,17	0,28	0,22	0,10	10	69	26	7	273
5. Bx V.I.	1,43	0,17	0,27	0,23	0,10	11	59	25	6	270
6. Bnc V	1,51	0,17	0,28	0,24	0,10	9	62	28	6	297
7. Bx V	1,51	0,17	0,26	0,23	0,10	9	58	27	6	262

Bnc = Boronatrocalcita.
H = Hoyo
V.I. = Voleo incorporado
V = Voleo
Bx = Bórax

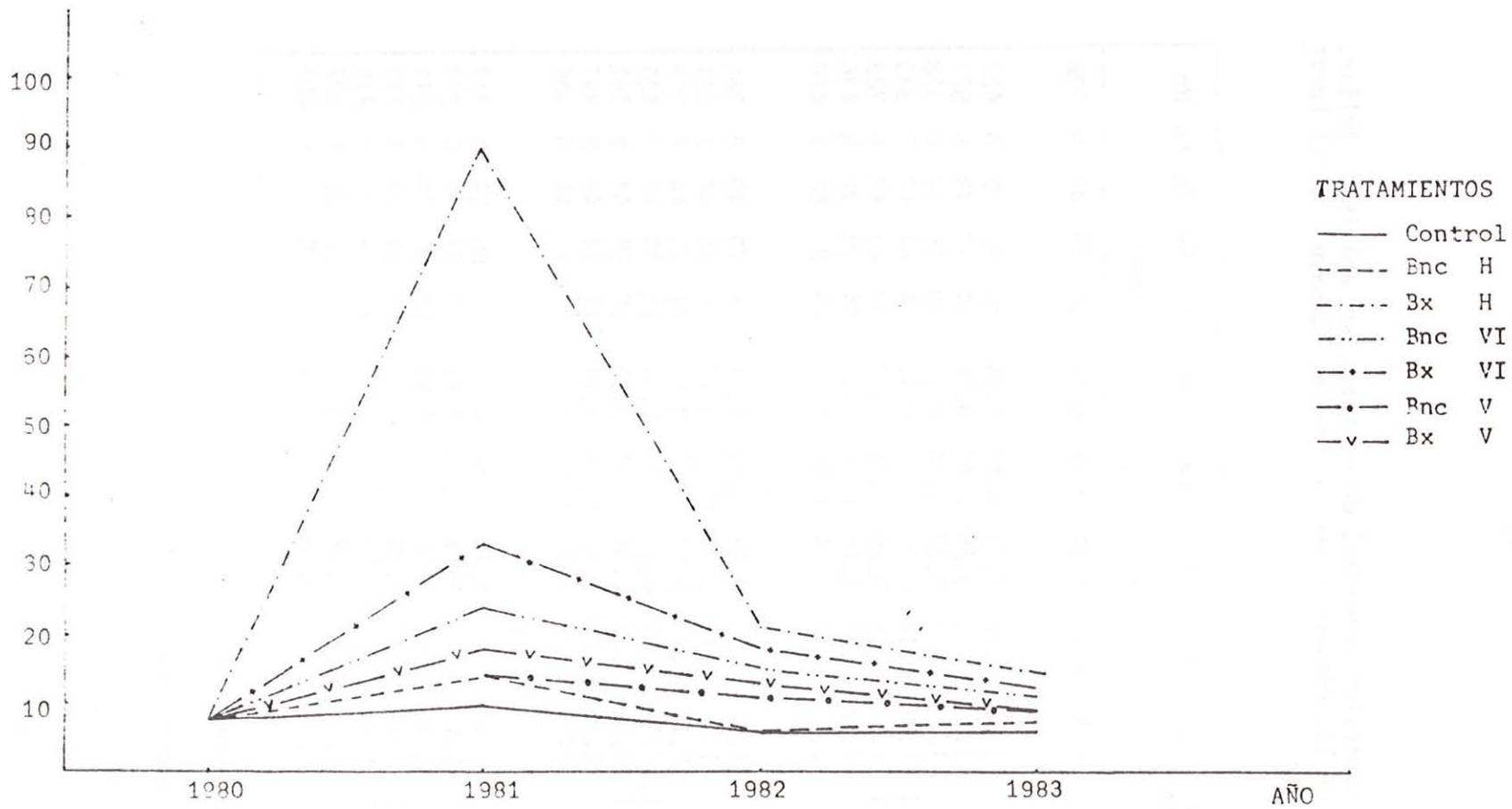


GRAFICO 4. Evolución del contenido de boro en el Ensayo 2.1 "El Porvenir".

CUADRO 32. Promedio de altura, de incremento en altura de las -
temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento
final sobre el testigo del Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Tratamiento (4 g B/planta)	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	130,5	172,5	256,5	42,0	84,0	126,0	100,0
2. Bnc H	149,5	209,2	327,5	59,7**	118,2	178,0**	127,7
3. Bx H	132,0	196,5	316,0	64,5**	119,5	184,0**	123,2
4. Bnc V.I.	155,5	225,2	369,0	69,7**	143,7	213,5**	143,8
5. Bx V.I.	141,7	219,0	350,0	77,2**	131,0	208,0**	136,4
6. Bnc V	128,7	199,0	325,5	70,2**	126,5	196,7**	126,9
7. Bx V	139,0	214,7	349,2	75,7**	134,5	210,2**	136,1
F 0,01**				si	-	si	

si: significativo.

CUADRO 33. Resultados de análisis de covariancia para medios a -
justados de incremento en altura y diámetro sobre al-
tura y diámetro inicial. Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Variable	Tratamiento	Forma de aplicación	Fuente
i h 80-81	**	**	-
i h 80-82	**	**	-
i d 80-81	-	-	-
i d 80-82	-	-	-

i h : incremento en altura.

i d : incremento en diámetro.

** : diferencia significativa.

CUADRO 34. Comparaciones en estudio para las variables que se indica. Ensayo 2.2 "La Alfalfa". (Prueba de F 0,01 para 1 grado de libertad).

Variable	Tratamiento	Forma de aplicación	Fuente
i h 80-81	B > 0	V.I. = V > H	
i h 89-82	B > 0	V.I. = V > H	

i h: incremento en altura.

tes de la aplicación de los fertilizantes, síntomas de severa deficiencia confirmados por un bajo contenido de boro en las acúculas (4,5 ppm); la corrección de esta limitante produjo recuperación de síntomas relacionados a muerte de yemas, brotes y ápices y subsecuente ganancia en altura (Cuadro 35). Esta situación puede considerarse un caso de la ley de la acción de los factores de crecimiento o ley de los rendimientos decrecientes que señala que el incremento producido al corregir el factor limitante es proporcional al decrecimiento de su máximo (RUSSEL, 1964).

El incremento en los diámetros, en las temporadas de crecimiento evaluadas, no muestra diferencias entre tratamientos (Cuadro 36).

El síntoma más frecuentemente observado en el ensayo fue "flecha múltiple", que presenta una clara disminución a medida que aumenta la edad de la plantación y sólo aparece asociado a contenidos bajos o marginales de boro en la evaluación de verano de 1982 (Cuadro 35). El síntoma "muerte de ápices y yemas" se hace más frecuente en el testigo en la temporada siguiente al establecimiento del ensayo y en el tratamiento boronatrocalcita aplicado al hoyo mantiene la misma frecuencia anterior a la aplicación, aumentando en las evaluaciones posteriores. Ambos tratamientos son los únicos que tienen contenidos bajos o marginales de acuerdo a las pautas de WILL (1978) (Cuadro 37). El síntoma de clorosis presenta baja frecuencia y no se asocia a deficiencia de boro; es probable que ocurra asociado a deficiencia de magnesio (Cuadro 35).

CUADRO 35. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Tratamiento (4 g B/planta) Año	Síntomas observados (%)					% plantas vivas
	Flecha múltiple	Doble flecha	Muerte ápice-yemas	Clorosis (varias) *	Clorosis general	
1980						
1. Control	60		12	0		100
2. Bnc H	67		11	0		100
3. Bx H	61		7	0		100
4. Bnc V.I.	54		5	2		100
5. Bx V.I.	42		13	0		100
6. Bnc V	59		19	0		100
7. Bx V	48		12	0		100
1981						
1. Control	45		30	10		99
2. Bnc H	33		10	4		99
3. Bx H	33		2	8		96
4. Bnc V.I.	23		0	0		94
5. Bx V.I.	29		1	6		100
6. Bnc V	18		2	0		97
7. Bx V	36		2	8		100
1982						
1. Control	13		33	3		93
2. Bnc H	14		17	0		94
3. Bx H	12		0	2		91
4. Bnc V.I.	3		0	0		91
5. Bx V.I.	14		2	0		94
6. Bnc V	10		2	0		94
7. Bx V	11		0	0		97
1982**						
1. Control	46		28	10		93
2. Bnc H	27		15	9		94
3. Bx H	9		2	2		91
4. Bnc V.I.	3		0	0		91
5. Bx V.I.	3		0	0		94
6. Bnc V	5		2	2		94
7. Bx V	5		0	2		97

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación en diciembre de 1982.

CUADRO 36. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Tratamiento (4 g B/planta)		Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
		d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control		21,0	37,2	56,0	16,2	18,8	35,0	100,0
2. Bnc	H	24,5	44,5	64,8	20,0	20,3	40,3	115,7
3. Bx	H	21,8	41,2	63,2	19,4	22,0	41,4	112,8
4. Bnc	V.I.	25,8	46,0	68,5	20,2	22,5	42,7	122,3
5. Bx	V.I.	24,5	44,0	65,8	19,5	21,8	41,3	117,5
6. Bnc	V	21,5	41,5	63,2	20,0	21,7	41,7	112,8
7. Bx	V	25,2	46,8	62,2	21,6	15,4	37,0	111,1
F 0,05					n.s.		n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 37. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

Tratamiento (4 g B/planta) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
1980	1,80	0,19	0,80	0,26	0,09	4,5	36	39	7	34
1981										
1. Control	1,67	0,18	0,67	0,16	0,08	6	63	43	10	43
2. Bnc H	1,66	0,19	0,64	0,16	0,08	13	70	38	6	42
3. Bx H	1,66	0,20	0,63	0,22	0,10	60	63	35	7	44
4. Bnc V.I.	1,62	0,16	0,71	0,20	0,09	63	61	36	6	36
5. Bx V.I.	1,66	0,17	0,59	0,20	0,08	93	62	31	6	41
6. Bnc V	1,58	0,18	0,66	0,18	0,08	57	64	39	6	36
7. Bx V	1,65	0,17	0,62	0,21	0,08	73	65	32	7	39
1982										
1. Control	2,15	0,19	0,62	0,20	0,10	5	64	37	6	36
1. Bnc H	1,98	0,19	0,58	0,19	0,09	9	64	28	6	44
3. Bx H	1,97	0,19	0,61	0,17	0,08	38	58	26	6	36
4. Bnc V.I.	2,07	0,20	0,64	0,21	0,08	37	61	29	6	39
5. Bx V.I.	1,97	0,22	0,61	0,18	0,07	46	65	25	6	39
6. Bnc V	1,98	0,19	0,60	0,17	0,08	28	58	27	6	37
7. Bx V	1,94	0,21	0,57	0,19	0,08	39	60	24	6	39
1983										
1. Control	1,76	0,23	0,85	0,20	0,10	6	59	30	7	49
2. Bnc H	1,92	0,23	0,88	0,20	0,09	12	57	29	7	51
3. Bx H	1,83	0,23	0,89	0,17	0,10	20	66	29	7	44
4. Bnc V.I.	1,80	0,23	0,86	0,20	0,11	25	57	29	7	47
5. Bx V.I.	1,77	0,23	0,89	0,18	0,10	28	60	26	6	48
6. Bnc V	1,71	0,21	0,84	0,17	0,09	21	63	24	6	46
7. Bx V	1,73	0,23	0,80	0,18	0,09	26	57	23	6	43

Bnc = Boronatrocalcita.

H = Hoyo.

V.I. = Voleo incorporado.

V = Voleo.

Bx = Bórax.

Los resultados del análisis foliar para el muestreo efectuado a 6 meses de la aplicación, muestran adecuada absorción en todos los tratamientos; sin embargo, hay una clara tendencia a mayores contenidos en los tratamientos con bórax que con boronatrocalcita y de los tratamientos al voleo incorporado que voleo y localizado en hoyo. En los muestreos realizados a 18 meses de la aplicación, se determinó un descenso del contenido de boro en todos los tratamientos; sin embargo, los niveles están aún varias veces sobre el límite satisfactorio, excepto el tratamiento boronatrocalcita en hoyo que tiene valores considerados marginales. Los contenidos continúan descendiendo a 30 meses de la fertilización, siendo siempre satisfactorios, excepto en el tratamiento boronatrocalcita en hoyo que permanece marginal. Los niveles medidos en el testigo se mantienen siempre bajos (Cuadro 37 y Gráfico 5).

Para este ensayo, en serie Coreo, la corrección de la deficiencia de boro se logra con una dosis equivalente a 4 g de B/planta. Desde un punto de vista económico, son más recomendables aplicaciones al voleo de boronatrocalcita o bórax, efectuadas a fines de invierno.

La calidad de las respuestas alcanzadas y la necesidad de determinar la duración del efecto de la fertilización correctiva, entre otros aspectos, hacen recomendable continuar con los controles del ensayo.

6.3.3. Ensayo 2.3 "Pichilemu".

Este ensayo se estableció sobre una plantación de 3 años de edad, ubicada en suelo serie Constitución. No se determinó mortalidad por deficiencia de boro ni por efecto de los tratamientos probados.

Los incrementos en altura son estadísticamente similares entre tratamientos, aún cuando los que corresponden a la forma de aplicación voleo incorporado son entre 13 y 15% superiores al testigo, después de 2 años de la fertilización (Cuadro 38).

Los crecimientos en diámetro muestran resultados similares a crecimiento en altura (Cuadro 39).

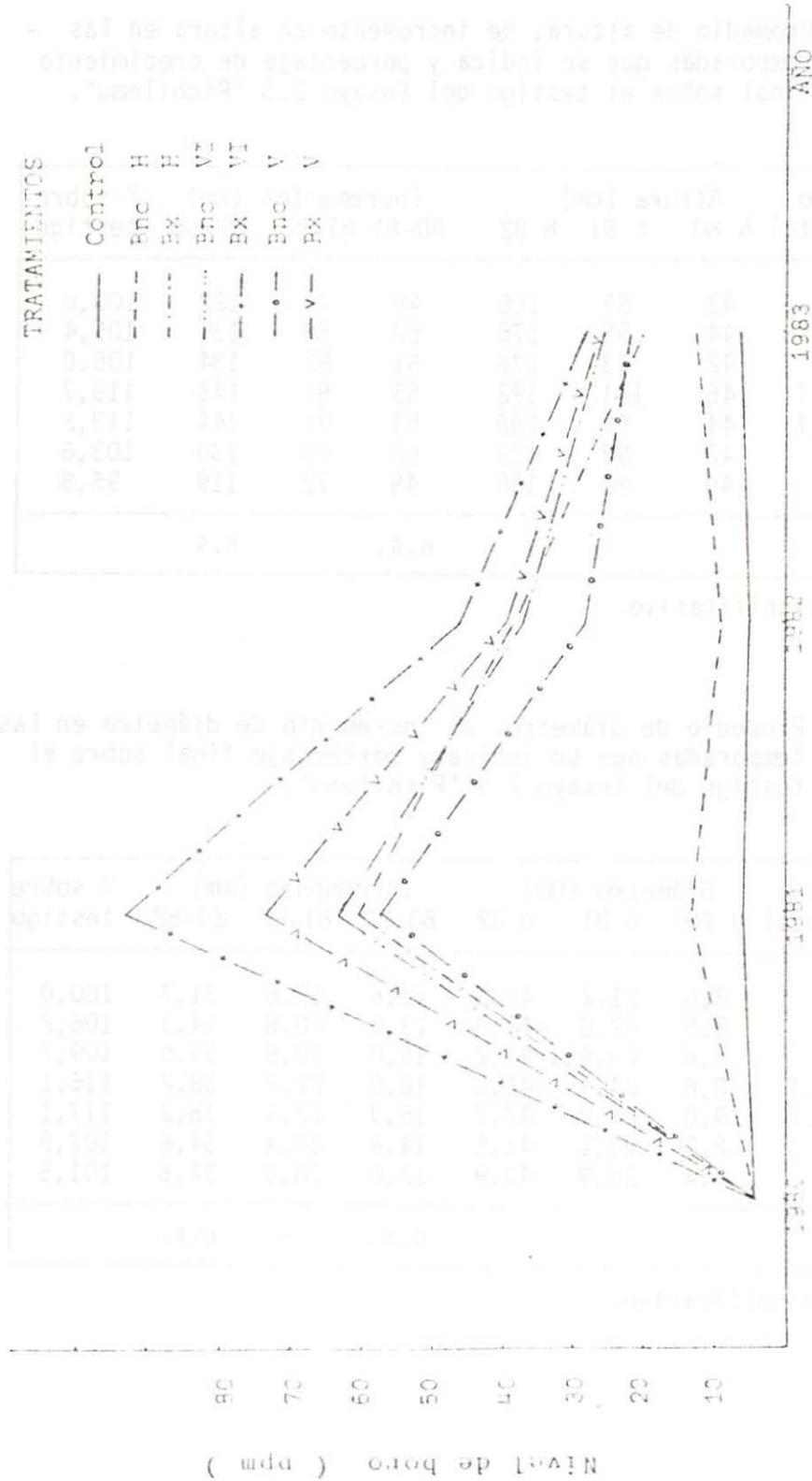


GRAFICO 5. Evolución del contenido de boro en en Ensayo 2.2 "La Alfalfa".

CUADRO 38. Promedio de altura, de incremento en altura en las - temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 2.3 "Pichilemu".

Tratamiento (4 g B/planta)	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	43	89	166	46	76	122	100,0
2. Bnc H	44	95	175	52	80	131	105,4
3. Bx H	42	93	176	51	82	134	106,0
4. Bnc V.I.	46	101	192	55	91	146	115,7
5. Bx V.I.	44	96	188	53	91	144	113,2
6. Bnc V	42	92	172	50	80	130	103,6
7. Bx V	40	88	150	48	72	119	95,8
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 39. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en las temporadas que se indica y porcentaje final sobre el testigo del Ensayo 2.3 "Pichilemu".

Tratamiento (4 g B/planta)	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	8,6	21,2	40,3	12,6	19,6	31,7	100,0
2. Bnc H	8,5	22,0	42,8	13,5	20,8	34,3	106,2
3. Bx H	8,6	23,6	44,2	15,0	20,6	35,6	109,7
4. Bnc V.I.	8,6	24,7	46,8	16,0	22,2	38,2	116,1
5. Bx V.I.	9,0	24,9	47,2	15,9	22,4	38,2	117,1
6. Bnc V	8,7	23,1	43,5	14,4	20,4	34,8	107,9
7. Bx V	8,4	20,9	40,9	12,6	20,0	32,6	101,5
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

El síntoma visual más frecuente en el ensayo es "flecha múltiple" y se presenta con grandes variaciones entre temporadas. Por ejemplo, no fue detectado en la evaluación de invierno correspondiente a la segunda temporada de crecimiento después de la fertilización, pero sí en la evaluación del verano siguiente donde se presentó solamente en el testigo y boronatrocalcita en hoyo. El síntoma "muerte apical" es muy poco frecuente en el ensayo y sólo se detectó en un 3% de las plantas del testigo en la evaluación de verano de 1982. El síntoma de "clorosis" también es escaso y variable entre temporadas, afectando solamente a testigo y boronatrocalcita en hoyo (Cuadro 40). En este ensayo se comenzó a observar el síntoma de fusión de acículas a partir de la evaluación de invierno de 1982, correspondiente a la segunda temporada de crecimiento, después de la fertilización, afectando a un 5% de las plantas del ensayo; este síntoma podría estar asociado a posibles deficiencias de cobre, si se considera que los niveles dados por WILL (1978) para este elemento no parecen concordar con los niveles asociados a la presencia de síntomas en Chile (KONOW, 1980; FUENTE, 1983). En el ensayo se midieron niveles de 5 a 6 ppm, similares a los encontrados por los autores citados, en árboles con síntomas de deficiencia. En términos generales, hay baja frecuencia de síntomas claramente asociados a deficiencia de boro.

Los resultados del análisis foliar indican una absorción adecuada, a los 6 meses de aplicados los fertilizantes, para todos los tratamientos. Los resultados del muestreo a 18 y 30 meses, indican una disminución de los contenidos de boro, terminando todos en el rango de satisfactorios (Cuadro 41 y Gráfico 6). En este ensayo se observa que los contenidos de boro en el testigo permanecen siempre en niveles marginales y que en el tratamiento boronatrocalcita al voleo el contenido que es satisfactorio no disminuye al cabo de 3 años, sino que aumenta levemente.

La mejor explicación de este fenómeno parece estar en que el suelo contiene una cantidad de boro que se hace disponible o no dependiendo de su humedad. No puede aducirse que el crecimiento de las raíces hacia zonas no exploradas justifique el fenómeno, puesto que no explicaría el comportamiento en el testigo; tampoco puede atribuirse a residualidad del elemento en el suelo, ya que si así fuese, los niveles no deberían haber descendido en los otros tratamientos. En todo caso, ésta es una cuestión que requiere de estudios específicos para su confirmación.

CUADRO 40. Evolución de síntomas en las diferentes temporadas de observación expresados como porcentaje del total de plantas. Ensayo 2.3 "Pichilemu".

Tratamiento (4 g B/planta) Año	Síntomas observados (%)				% plantas vi- vas
	Flecha múlti- ple	Doble flecha	Muerte ápice- yemas	Clorosis (varias) * Clorosis general	
1980					
1. Control	25		1	0	100
2. Bnc H	19		0	0	100
3. Bx H	32		0	5	100
4. Bnc V.I.	26		0	1	100
5. Bx V.I.	32		0	0	100
6. Bnc V	22		0	3	100
7. Bx V	25		1	0	100
1981					
1. Control	41		0	1	99
2. Bnc H	14		0	3	100
3. Bx H	15		0	10	100
4. Bnc V.I.	17		0	5	97
5. Bx V.I.	31		0	3	100
6. Bnc V	31		0	1	100
7. Bx V	26		0	3	100
1982					
1. Control	0		0	0	99
2. Bnc H	0		0	0	100
3. Bx H	0		0	0	96
4. Bnc V.I.	0		0	0	96
5. Bx V.I.	0		0	0	100
6. Bnc V	0		0	0	97
7. Bx V	0		0	0	99
1982**					
1. Control	26		3	27	99
2. Bnc H	12		0	15	100
3. Bx H	0		0	0	96
4. Bnc V.I.	0		0	0	96
5. Bx V.I.	0		0	0	100
6. Bnc V	0		0	0	97
7. Bx V	0		0	0	99

* Clorosis de ápice, extremo de acículas y clorosis general.

** Observación de comienzos de verano.

CUADRO 41. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 2.3 "Pichilemu".

Tratamiento (4 g B/planta) Año		N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
1980		1,66	0,19	0,83	0,26	0,13	8,5	43	56	5	225
1981											
1.	Control	1,75	0,14	0,53	0,20	0,12	9	95	54	6	246
2.	Bnc H	1,37	0,13	0,56	0,20	0,10	68	97	44	6	206
3.	Bx H	1,56	0,14	0,57	0,18	0,10	46	92	48	6	223
4.	Bnc V.I.	1,52	0,16	0,68	0,20	0,12	26	83	60	6	197
5.	Bx V.I.	1,64	0,16	0,64	0,18	0,10	40	90	45	6	200
6.	Bnc V	1,56	0,13	0,52	0,18	0,10	14	102	46	6	226
7.	Bx V	1,62	0,16	0,58	0,18	0,12	32	92	48	6	230
1982											
1.	Control	1,83	0,15	0,43	0,14	0,13	8	89	32	5	177
2.	Bnc H	1,85	0,16	0,53	0,16	0,13	21	89	39	6	191
3.	Bx H	1,95	0,18	0,55	0,12	0,12	30	94	34	6	181
4.	Bnc V.I.	1,85	0,18	0,54	0,13	0,12	20	79	36	6	155
5.	Bx V.I.	2,00	0,20	0,55	0,16	0,13	19	99	40	7	198
6.	Bnc V	2,02	0,19	0,50	0,12	0,14	15	82	38	7	172
7.	Bx V	1,96	0,17	0,46	0,15	0,13	19	88	38	6	192
1983											
1.	Control	1,64	0,14	0,60	0,20	0,09	10	52	27	5	186
2.	Bnc H	1,59	0,14	0,68	0,16	0,08	16	47	27	5	157
3.	Bx H	1,63	0,15	0,62	0,18	0,08	19	54	25	5	157
4.	Bnc V.I.	1,61	0,14	0,61	0,25	0,09	15	60	30	5	190
5.	Bx V.I.	1,69	0,15	0,66	0,19	0,09	18	55	27	5	217
6.	Bnc V	1,61	0,15	0,57	0,19	0,09	19	51	27	6	174
7.	Bx V	1,61	0,15	0,63	0,15	0,09	15	50	53	5	174

Bnc = Boronatrocalcita.

H = Hoyo.

V.I. = Voleo incorporado.

V = Voleo.

Bx = Bórax.

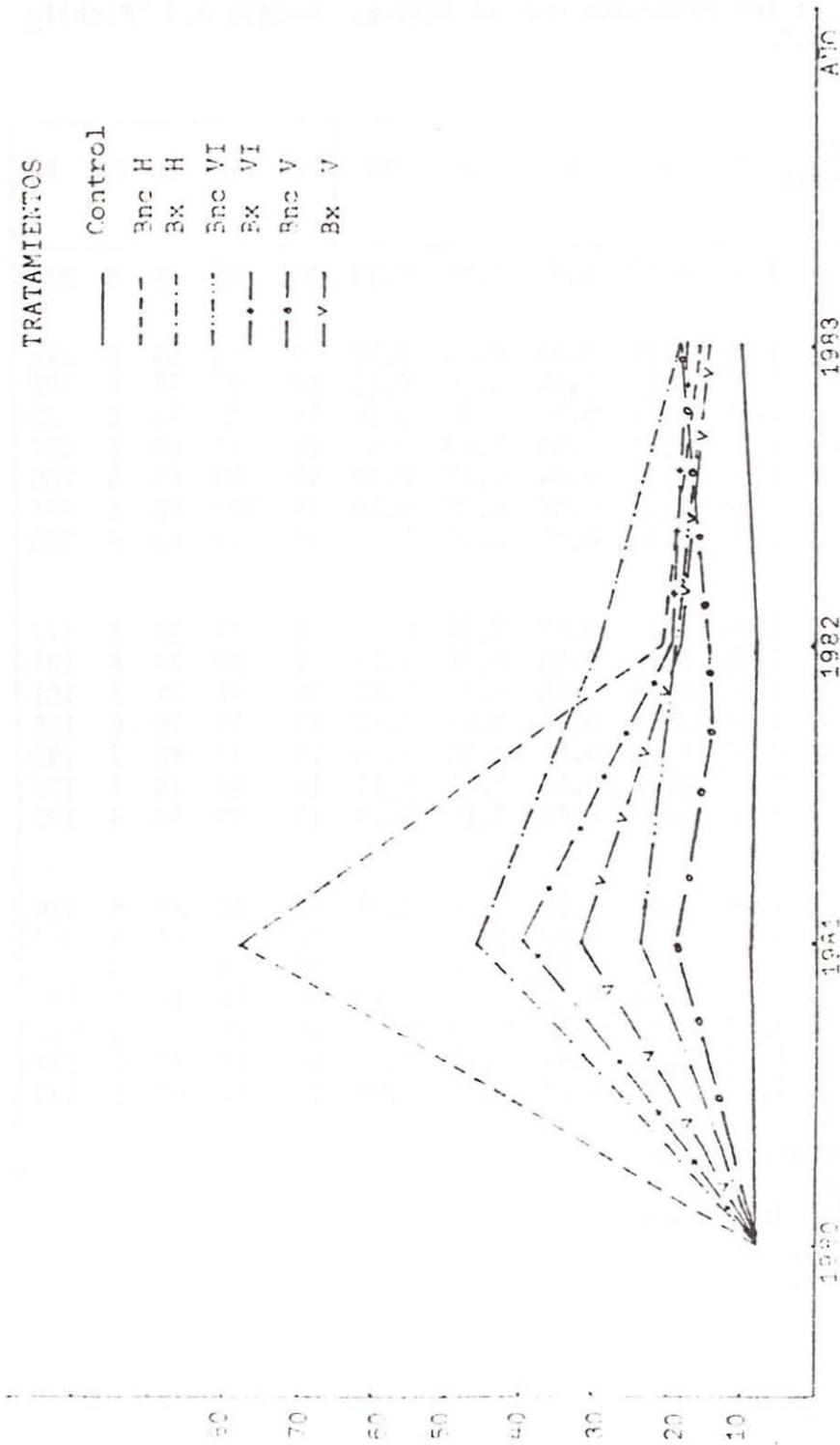


GRAFICO 6. Evolución del contenido de boro en el Ensayo 2.3 "Pichilemu".

La ubicación geográfica del ensayo, en la parte alta de la Cordillera de la Costa, hace difícil pronosticar que se obtendrá resultados similares en plantaciones establecidas en el secano interior, fundamentalmente por los regímenes de humedad relativa, neblinas y pluviometría del lugar. Los resultados del ensayo, en cuanto a asegurar un contenido foliar satisfactorio, indican un comportamiento similar entre fuentes y formas de aplicación, así como también en la duración del efecto. Desde este punto de vista, la dosis de 10 kg de B/ha aplicado al voleo, sería la más recomendable, pero será el juicioso criterio el que permita, por ejemplo, decidir si la incorporación del fertilizante representa una ventaja desde el punto de vista de economía del agua y consecuente mejor aprovechamiento del elemento.

6.3.4. Análisis conjunto de los ensayos del Estudio 2, corrección de deficiencias de boro en plantaciones establecidas.

En los 3 ensayos que conforman este estudio, no se encontró mortalidad atribuible a deficiencia de boro o a los tratamientos aplicados. Puede establecerse que para plantaciones desde 2 hasta 7 años de edad, los principales problemas originados por la carencia de boro son pérdidas en el incremento anual de crecimiento, malformaciones que originan individuos con hábitos arbustivos y árboles bifurcados.

Incrementos en altura estadísticamente superiores al testigo se encontraron en los ensayos 2.1 "El Porvenir" y 2.2 "La Alfalfa", pero no en el ensayo 2.3 "Pichilemu". En el ensayo "El Porvenir" solamente los tratamientos que contemplaron incorporación de los fertilizantes tuvieron crecimiento en altura superiores a testigo, pero en el ensayo "La Alfalfa", todos los tratamientos alcanzaron un crecimiento mayor al testigo y, además, los tratamientos donde los fertilizantes se aplicaron al voleo y al voleo incorporado tuvieron crecimiento superior a aquellos donde el fertilizante fue localizado en hoyo. En el ensayo "Pichilemu", donde no hay significancia para incremento en altura, sólo se observa mejor crecimiento asociado a la aplicación con incorporación (cuadros 26, 29, 32, 34 y 38).

En ninguno de los ensayos hubo efecto en crecimiento atribuible a la fuente de boro probada. Asimismo, tampoco hubo efecto de tratamientos en el crecimiento en diámetro.

Se considera que la respuesta medida sobre el crecimiento en altura no es producto por sí propio del elemento boro agregado, sino que proviene de un efecto indirecto de éste sobre la desaparición o atenuación de síntomas que implican retraso en el crecimiento y del efecto adicional de la remoción del suelo en los tratamientos con incorporación del fertilizante, labor que mejora la aireación y percolación del agua, especialmente en suelos pesados. Esta afirmación se confirma al constatar que, pese a haber ocurrido absorción adecuada de boro, no hay efecto sobre el crecimiento en el ensayo "Pichilemu", que es el único donde no hay ocurrencia de síntomas necróticos (Cuadro 40); que los mejores resultados se obtuvieron en el ensayo "La Alfalfa" donde ocurrió la mejor recuperación de síntomas de muerte de yemas y ápices, existentes antes de la aplicación (Cuadro 35) y, que en el ensayo "El Porvenir", los tratamientos que resultan superiores a testigo presenta la menor frecuencia de síntomas que significan retraso en el crecimiento (Cuadro 30).

MEAD y GADGIL (1978) consideran que la deficiencia de boro reduce el crecimiento en altura por muerte recurrente del ápice principal. STONE y WILL (1965) concluyen que la corrección de la deficiencia permite que las plantas recuperen su hábito normal de crecimiento. En Chile, resultados de GONZALEZ, V.G. (1979) con diversos sistemas de aplicación de boronatrocalcita, señalan que todos los tratamientos tienen incrementos que duplican a los del testigo sin fertilización y que el promedio de frecuencia de muerte apical fue de 25% en los tratamientos, mientras que alcanzó a 98% en el tratamiento control. Es probable que los resultados obtenidos por TOLLENAAR (1969), quien informa desaparición de síntomas y aumento de crecimiento, corresponden igualmente a la misma situación general.

Los resultados de los análisis foliares periódicos de muestran que el boro es absorbido antes de 6 meses, sobrepasando los niveles satisfactorios indicados por WILL (1978) para todos los tratamientos, en todos los ensayos (Tabla 1). También se puede constatar que los patrones de absorción y de pérdida subsecuente del elemento absorbido son similares a los medidos en los ensayos del Estudio 1, ya discutido, pero en los ensayos de corrección, el máximo alcanzado en la primera medición, es inferior al que se mide en las aplicaciones al establecimiento. Esta situación es especialmente válida para los estudios 1 y 2 de los ensayos "El Porvenir" y "Pichilemu", donde se miden contenidos iniciales para un mismo sistema de aplicación, fertilizante, dosis y

y suelo; esta mayor absorción puede explicarse por un efecto de dilución (THOMPSON, 1965).

En los distintos ensayos, cada tratamiento presenta diferentes niveles de absorción máxima inicial, de tal manera que un mismo tratamiento puede presentar grandes variaciones en la concentración inicial alcanzada según la localidad. Por ejemplo, boronatrocalcita aplicada en hoyo en los ensayos "El Porvenir" y "La Alfalfa" alcanza a 14 y 13 ppm inicial, respectivamente, pero 68 ppm, siendo el de mayor absorción, en el ensayo "Pichilemu" (Tabla 1). En términos generales, boronatrocalcita aplicada en diferentes formas, es siempre la fuente boratada que entrega los valores más bajos en todos los ensayos.

El ordenamiento de los datos de boro inicial y final presentados en la Tabla 2, permiten concluir que para métodos de aplicación al voleo o voleo incorporado, la mayor absorción inicial siempre ocurre en serie Coreo, alcanzando valores que llegan a triplicar los medidos para suelos Collipulli y que bórax entrega mayores contenidos iniciales que boronatrocalcita, para un mismo sistema de aplicación. Cuando los fertilizantes se localizan en hoyo no se presenta un patrón ordenado como en aplicaciones al voleo; sólo se tiene que bórax presenta mayores niveles iniciales que boronatrocalcita en suelos Collipulli y Coreo, pero en suelo Constitución boronatrocalcita es superior para esta forma de aplicación.

Las diferencias en contenidos medidos a 6 meses no se reflejan en la medición a 30 meses donde, especialmente para aplicaciones al voleo, ambas fuentes de boro ensayadas presentan contenidos similares en la práctica. Nuevamente, en aplicaciones localizadas en hoyo en series Coreo y Collipulli, bórax aparece superior a boronatrocalcita (Tabla 3).

La variabilidad en absorción inicial para los tratamientos, así como el hecho que bórax tiende a mostrar mayor absorción a 6 meses que boronatrocalcita o que en aplicaciones en hoyo esta situación se invierta en suelos Constitución, no pueden explicarse con los antecedentes obtenidos o con otras observaciones realizadas en el ensayo. Solamente se considera necesario realizar estudios diseñados para confirmar y explicar el diferente comportamiento de boronatrocalcita en cuanto a su absorción en aplicaciones localizadas en los distintos suelos, ya que este fertilizante es actualmente el de menor costo por unidad.

TABLA 1. Ordenamiento según contenido inicial de boro por ensayo y tratamiento.

Ensayos y tratamientos	Tiempo en meses del análisis foliar desde la fertilización		
	6	18	30
---contenido de boro(ppm)---			
<u>Ensayo "El Porvenir"</u>			
Bórax en hoyo	90	21	13
Bórax voleo incorporado	33	18	11
Boronatrocálcita voleo incorporado	24	15	10
Bórax voleo	18	13	9
Boronatrocálcita voleo	14	11	9
Boronatrocálcita en hoyo	14	6	7
Testigo	10	6	6
<u>Ensayo "La Alfalfa"</u>			
Bórax voleo incorporado	93	46	28
Bórax voleo	73	39	26
Boronatrocálcita voleo incorporado	63	38	25
Bórax en hoyo	60	37	21
Boronatrocálcita voleo	57	38	20
Boronatrocálcita en hoyo	13	9	12
Testigo	6	5	6
<u>Ensayo "Pichilemu"</u>			
Boronatrocálcita en hoyo	68	30	19
Bórax en hoyo	46	21	19
Bórax voleo incorporado	40	20	18
Bórax voleo	32	19	16
Boronatrocálcita voleo incorporado	26	19	15
Boronatrocálcita voleo	18	15	15
Testigo	9	8	10

TABLA 2. Ordenamiento de contenidos de boro inicial según sistema de aplicación y fuente boratada con indicación de contenidos finales y series de suelos.

Sistemas de aplicación Fuente	Contenido boro (ppm)		Serie	Ensayo
	6 meses	30 meses		
Voleo incorporado Bórax	93	28	Coreo	La Alfalfa
	40	18	Constitución	Pichilemu
	33	11	Collipulli	El Porvenir
Boronatrocalcita	63	25	Coreo	La Alfalfa
	26	15	Constitución	Pichilemu
	24	10	Collipulli	El Porvenir
Voleo Bórax	73	26	Coreo	La Alfalfa
	32	16	Constitución	Pichilemu
	18	9	Collipulli	El Porvenir
Boronatrocalcita	57	20	Coreo	La Alfalfa
	18	15	Constitución	Pichilemu
	14	9	Collipulli	El Porvenir
Localizado en hoyo Bórax	90	13	Collipulli	El Porvenir
	60	21	Coreo	La Alfalfa
	46	19	Constitución	Pichilemu
Boronatrocalcita	68	16	Constitución	Pichilemu
	14	7	Collipulli	El Porvenir
	13	12	Coreo	La Alfalfa
Testigos	10	6	Collipulli	El Porvenir
	9	10	Constitución	Pichilemu
	6	6	Coreo	La Alfalfa

TABLA 3. Ordenamiento de contenidos de boro a 30 meses según sistema de aplicación, serie de suelos y fuente de boro.

Sistemas de aplicación	Contenido boro (ppm)	Serie	Fuente boratada
Voleo incorporado	28	Coreo	Bórax
	25	Coreo	Boronatrocalcita
	18	Constitución	Bórax
	15	Constitución	Boronatrocalcita
	11	Collipulli	Bórax
	10	Collipulli	Boronatrocalcita
Voleo	26	Coreo	Bórax
	20	Coreo	Boronatrocalcita
	16	Constitución	Bórax
	15	Constitución	Boronatrocalcita
	9	Collipulli	Bórax
	9	Collipulli	Boronatrocalcita
Localizado en hoyo	21	Coreo	Bórax
	12	Coreo	Boronatrocalcita
	19	Constitución	Bórax
	16	Constitución	Boronatrocalcita
	13	Collipulli	Bórax
	7	Collipulli	Boronatrocalcita

La observación de los sistemas en los ensayos permite confirmar que, como ha sido descrito por varios autores (STONE y WILL, 1965; SNOWDON, 1971; WILL, 1978), el síntoma de "muerte de ápices, brotes y yemas" sirve para diagnosticar deficiencia severa de boro en plantaciones jóvenes de pino insigne y, por lo tanto, sería útil para pronosticar buenas respuestas donde las medidas correctivas sean practicables. Para una apropiada evaluación debe tenerse siempre en cuenta que éste es un síntoma estacional, cuya frecuencia disminuye en las primeras fases del crecimiento de la temporada. El síntoma "flecha múltiple", definido en sus características en el Anexo 2, no parece ser un predictor seguro de la deficiencia, aún cuando para evaluaciones de verano se presenta asociado a contenidos bajos y marginales de boro en los en-

sayos "El Porvenir" y "La Alfalfa". Las "clorosis" observadas en los ensayos parecen depender más de contenidos marginales de potasio o magnesio que de boro.

6.4. Estudio 3. Respuesta a la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes.

6.4.1. Ensayo 3.1 "Santa Marta".

ADAMS (1979) consideró como sitios deficitarios en fósforo solamente la serie Los Guanacos dentro de los suelos lateríticos par-do rojizos y la posible existencia de la deficiencia en los suelos rojo arcillosos.

El establecimiento de este ensayo se hizo en una plantación de 6 años ubicada en lo que se consideró serie Los Guanacos; sin embargo, debe dejarse establecido que esta serie no figura como reconocida por el Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID de acuerdo a IREN (1964), sino que corresponde a serie Constitución, lo que fue confirmado por estudios de clasificación en el lugar. Otros criterios utilizados para la elección del sitio del ensayo fueron: análisis de suelo, análisis foliar, que mostró contenidos marginales de fósforo en la plantación, según WILL (1978), y la presencia de plantas con ramas cortas, poco densas, acículas fusionadas y hábito piramidal angosto que se consideraron indicativos de la deficiencia.

Los resultados de la aplicación de dosis crecientes de fósforo, como superfosfato triple, no indican efecto en incremento de altura y diámetro de los tratamientos con respecto al testigo durante 2 temporadas de crecimiento, aún cuando se utilizó dosis tan altas como 400 unidades de fósforo por hectárea (cuadros 42 y 43).

CUADRO 42. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 3.1 "Santa Marta".

Tratamiento (kg/ha)	Altura (m)			Incrementos (m)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	4,34	6,08	8,40	1,74	2,32	4,06	100,0
2. SFT*, 213 kg	4,60	6,46	8,88	1,86	2,42	4,28	105,7
3. SFT, 426 kg	4,01	5,67	7,90	1,66	2,24	3,90	94,0
4. SFT, 851 kg	4,31	6,09	8,52	1,78	2,43	4,21	101,4
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

* : Superfosfato triple 46-48% de ingrediente activo.

CUADRO 43. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 3.1 "Santa Marta".

Tratamiento (kg/ha)	Diámetro (cm)			Incremento (cm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	5,2	7,5	9,5	2,2	2,0	4,2	100,0
2. SFT*, 213 kg	5,8	8,0	10,1	2,2	2,1	4,3	106,3
3. SFT, 426 kg	5,2	7,0	8,0	1,8	1,8	3,6	92,6
4. SFT, 851 kg	5,5	8,0	10,0	2,5	2,0	4,5	105,3
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

* : Superfosfato triple 46-48% ingrediente activo.

Es posible que para las características del suelo del lugar, las respuestas medidas sobre todos los individuos comienzan a manifestarse con posterioridad, produciéndose una situación similar a la expuesta por MEAD y GADGIL (1978), donde los resultados expresados en incremento de área basal, en rodales de 5 a 8 años de edad, comenzaron a manifestarse desde el tercer año. Sin embargo, otros investigadores en Chile han obtenido respuestas muy rápidas, 2 a 3 años, en altura y diámetro con aplicaciones combinadas de fósforo y nitrógeno (TORO, 1982) y aunque los datos parciales presentados por este autor no permiten discriminar fácilmente los efectos de cada uno de los fertilizantes agregados, el efecto atribuible al fósforo parece ser nulo, lo que puede estar relacionado con los resultados del análisis foliar, donde no se aprecia mayor absorción del fósforo agregado, posiblemente debido a efecto de dilución (BAULE y FRICKER, 1970).

Los resultados del análisis foliar del ensayo (Cuadro 44), indican que la plantación varió de un rango marginal a satisfactorio, al pasar de 6 a 7 años de edad y se mantiene satisfactorio en las dos temporadas siguientes. KUNZ (1982), en estudios efectuados en Valdivia, determinó que el punto crítico para la deficiencia del fósforo, medida por síntomas y análisis foliar, está en los 7 años, regulada por alejamiento de raíces del suelo superficial, incremento en la velocidad de crecimiento con mayor demanda de nutrientes y competencia intra e inter específica. En el ensayo se obtiene una marcada mayor absorción de todos los nutrientes con el avance de un año de edad. Es probable que el punto crítico para la deficiencia de fósforo sugerido por Kunz se produzca antes para las condiciones edafoclimáticas del ensayo. Sin embargo, no se tiene explicación para la estabilización subsiguiente de los nutrientes y en forma especial, para el alza sostenida de los niveles de nitrógeno.

La falta de respuesta al fósforo agregado a los tratamientos, medido por análisis foliar, indica que no hay consumo de tujo (THOMPSON, 1965) y debe considerarse que el elemento no ha quedado disponible para las plantas. Por otra parte, si se considera que en todo el perfil analizado por Bray 2 (Anexo 1), los niveles de fósforo no alcanzan a 1 ppm, debe asumirse que existiría un adecuado suministro natural de fósforo para los árboles, que el método no detecta, como ha sido propuesto por WELLS et al (1973).

La deficiencia de fósforo, según ADAMS (1979), estaría presente en áreas de la serie Constitución (Los Guanacos), ausente en arenales y probablemente en serie Collipulli, donde hace no

CUADRO 44. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 3.1 "Santa Marta".

Tratamiento (kg/ha) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
1980	1,01	0,12	0,44	0,09	0,08	8,9	40	22	6	191
1981										
1. Control	1,31	0,16	0,52	0,14	0,12	14	85	30	5	352
2. SFT*, 213 kg	1,26	0,16	0,70	0,16	0,11	14	82	32	5	302
3. SFT, 426 kg	1,36	0,16	0,61	0,13	0,11	11	94	34	4	342
4. SFT, 851 kg	1,25	0,18	0,73	0,15	0,11	13	91	32	5	310
1982										
1. Control	1,76	0,15	0,60	0,10	0,12	11	70	26	6	297
2. SFT, 213 kg	1,70	0,15	0,68	0,11	0,11	11	80	25	5	250
3. SFT, 426 kg	1,73	0,16	0,67	0,11	0,14	12	79	28	5	312
4. SFT, 851 kg	1,68	0,16	0,70	0,11	0,12	10	70	27	5	269
1983										
1. Control	1,99	0,17	0,74	0,29	0,16	12	69	28	5	286
2. SFT, 213 kg	1,71	0,17	0,98	0,22	0,12	13	67	28	4	314
3. SFT, 426 kg	1,84	0,18	0,83	0,19	0,12	9	61	26	6	264
4. SFT, 851 kg	2,11	0,20	0,75	0,21	0,13	12	60	27	6	279

* Superfosfato triple 46-48% de ingrediente activo.

tar que no fue encontrada por ZOTTL (1973). RAMIREZ et al (1982) la citan en diferentes series de suelos entre la VI y VIII Región determinada mediante síntomas visuales de diagnóstico, en un primer esfuerzo por establecer el estado nutricional de las plantaciones en el país; el uso del síntoma de fusión de acículas podría haber aumentado las cifras obtenidas, ya que, como señala WILL (1978), este síntoma puede tener otros orígenes.

Considerando la gran importancia que el elemento fósforo tiene en el crecimiento y desarrollo de los vegetales es importante establecer la situación de este nutriente para las plantaciones de pino insigne en Chile. Este cultivo requiere de suministro artificial de fósforo para su primer crecimiento o para lograr adecuados rendimientos en extensas áreas de Nueva Zelanda y Australia (WARING, 1971; FRIEDEL, 1971; BALLARD, 1978; BALLARD y WILL, 1978; MEAD y GEADGIL, 1978; FLINN et al, 1979; WILL, 1981 y HUNTER y GRAHAM, 1982).

En Chile, sólo se tiene antecedentes de un ensayo con aplicaciones de fósforo al establecimiento, que a los 4 años no mostró diferencias significativas (ROCUANT, 1969). En una recopilación de resultados de análisis foliares obtenidos en ensayos conducidos por TORO (1982), GERDING et al (1982) y KUNZ (1982) se comprueban niveles deficitarios o marginales, según WILL (1978), en las series Cauquenes, San Esteban, Lomerío y suelos no reconocidos, en edades superiores a 10 años y hasta 17 años; en la serie Correltúe, en edades entre 5 y 30 años y por los autores en la serie Curanipe, en edades superiores a 10 años. Si bien los datos existentes son escasos, no hay determinaciones de deficiencias en plantaciones con edades inferiores a 3 años y tampoco hay observaciones sobre deficiencia de fósforo por síntomas visuales para estas edades, aunque, como señala ADAMS (1979), la común ocurrencia de la deficiencia de boro puede enmascarar los síntomas de la deficiencia de fósforo. Parece necesario efectuar estudios de niveles de fósforo para demostrar si existe una asociación de la deficiencia con la edad y, como sugiere KUNZ (1982), si ésta se relaciona, entre otras, con la profundidad efectiva de suelo que las raíces han alcanzado.

Otro aspecto de gran importancia es la determinación de los contenidos de fósforo en el suelo y los niveles alcanzados en el follaje. Para todas las determinaciones de los diferentes ensayos incluidos en este proyecto, los niveles de fósforo en el suelo, determinados por Bray 2, son bajos a muy bajos y sólo hay contenidos deficientes marginales en el follaje de plantaciones de más de 10 años de edad. GERDING et al. (1982) señalan bajas disponibilidades para fósforo en 12 análisis de suelo efectuados

en series Santa Sofía y Cauquenes, mientras que el análisis foliar, en los mismos lugares para plantas de 2 a 4 años de edad, siempre - mostró niveles satisfactorios. Esta situación demuestra que, a lo menos para los casos estudiados, el pino insigne obtiene adecuado suministro de fósforo en suelos de muy baja fertilidad para cultivos agrícolas; WELLS et al. (1973) señalan una situación similar - para Pinus taeda L. en el sureste de Estados Unidos, indicando que las ectomicorrizas o ciertas características de la raíz capacitan a esta especie para obtener fósforo desde formas relativamente insolubles.

Para resolver esta situación, tanto en Australia - (BAUR, 1959, cit. por WELLS et al. (1973)), como en Nueva Zelanda (BALLARD, 1974), han buscado correlacionar análisis de suelo y fo liar para predecir respuestas a fertilización fosfatada.

En el país parece necesario establecer una red de - ensayos, en plantaciones nuevas, para determinar respuesta a ferti lizaciones fosfatadas con exclusión de interacciones con otros elē mentos.

El rol del fósforo en las plantas justifica con cre ces un estudio de este tipo. Si se obtiene respuestas al elemento, los resultados serán de gran utilidad; si los resultados no demues tran el beneficio de la fertilización, estaría significando que - las micorrizas nativas tienen una mayor eficiencia comparativa y - son capaces de abastecer a las plantas bajo condiciones de muy es- casa disponibilidad del elemento en el suelo.

6.5. Estudio 4. Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Planta ciones Recién Establecidas.

6.5.1. Ensayos 4.1 "Lo Moreno" y 4.2 "Cholguahue".

ADAMS (1979) indica como áreas, en Chile, deficientes en nitrógeno los suelos arenosos de dunas costeras y con deficiencia marginal, a los suelos arenosos del Valle Central. De acuerdo a su recomendación, se instalaron dos ensayos en plantaciones de 2 años; uno - en suelo de la serie Arenales ("Lo Moreno") y el otro en suelo de la serie Coreo ("Cholguahue"). El fertilizante utilizado fue urea, como fuente de nitrógeno más aprovechable para pino insigne (MC -- FEE y STONE, 1968, cit. ADAMS 1979), aplicado en hoyo.

Los resultados en crecimiento, en altura y diámetro

para el ensayo 4.1 "Lo Moreno", indican que no hay efecto de los tratamientos sobre los incrementos medidos (cuadros 45 y 46). Los resultados para las mismas variables en el ensayo 4.2 "Cholguahue", muestran a su vez, un efecto depresivo de los tratamientos, calculados por covariancia (cuadros 47 y 48). WARING (1971) y BALLARD (1978), indican que el nitrógeno suprime el crecimiento cuando se aplica solo a un suelo deficiente en fósforo. El contenido de este elemento es bajo en los lugares de ensayo (ver Anexo 3). Sin embargo, los niveles medidos por análisis foliar (cuadros 49 y 50) son siempre satisfactorios y, de acuerdo a esto, no hay deficiencia de fósforo presente en las plantas. La ausencia de respuesta en "Lo Moreno" y la respuesta negativa en "Cholguahue", deberían atribuirse directamente al fertilizante o a un efecto de un estado marginal deficiente de $S-SO_4^{2-}$, determinado para el predio "Lo Moreno" por VALENCIA y OLAVE (1982) y de acuerdo a niveles establecidos por TURNER *et al.* (1977) y TURNER (1979).

Es muy posible que una deficiencia de azufre pueda causar la ausencia de respuesta al fertilizante nitrogenado. De acuerdo a lo sugerido por KELLY y LAMBERT (1972) y lo establecido para Chile por VALENCIA y OLAVE (1982), existe una relación S/N - cuyos valores serían 0,030 para Nueva Zelanda y 0,026 para Chile. En pino oregón (*Pseudotsuga menziessii*) ha sido postulado por TURNER *et al.* (1977, 1979) y TURNER (1979) que, para obtener una respuesta con aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, sin inducir deficiencias de azufre, se requieren altos niveles de $S-SO_4^{2-}$, estimados en 400 ppm, foliar. En experiencias desarrolladas en pino oregón con bajo contenido de nitrógeno (1,2% foliar), se obtuvo respuesta cuando había más de 400 ppm y el 75% de las plantas que no respondieron tenían menos de esa cantidad. En un trabajo (VALENCIA y OLAVE, 1982), dirigido en Chile por uno de los autores de este documento y, que se derivara de esta investigación del Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003, se encontró una gran variación en los contenidos de azufre inorgánico en plantaciones de pino insigne de la Octava Región, mientras que el azufre orgánico es relativamente constante.

Los valores para azufre que se consideran como óptimos tentativos serían los siguientes, para las dos edades que se indican:

	<u>7 años</u>	<u>14 años</u>
S orgánico (ppm)	800	820
S inorgánico (ppm)	120	340

CUADRO 45. Promedio de altura, de incremento en altura en las -
temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento
final sobre el testigo del Ensayo 4.1 "Lo Moreno".

Tratamiento (g /planta)	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	89-82	
1. Control.	36	61	100	25	38	64	100,0
2. Urea, 26 g	36	60	93	24	32	56	93,0
3. Urea, 52 g	38	64	102	26	38	64	102,0
4. Urea, 78 g	35	60	91	25	31	56	91,0
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 46. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en -
las temporadas que se indica y porcentaje de creci -
miento final sobre el testigo del Ensayo 4.1 "Lo More
no".

Tratamiento (g/planta)	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	6,4	11,0	21,2	4,6	10,2	14,9	100,0
2. Urea, 26 g	6,4	11,2	19,9	4,8	8,7	13,4	93,9
3. Urea, 52 g	6,6	12,2	21,3	5,6	9,1	14,8	100,5
4. Urea, 78 g	5,6	11,2	19,2	5,6	8,0	13,6	90,6
F 0,05				n.s.	-	n.s.	

n.s.: no significativo.

CUADRO 47. Promedio de altura, de incremento en altura de las - temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 4.2 "Cholguahue".

Tratamiento (g/planta)	Altura (cm)			Incrementos (cm)			% sobre testigo
	h 80	h 81	h 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	29	48	90	19	43	62	100,0
2. Urea, 26 g	29	42	80	13	38	51	88,8
3. Urea, 52 g	30	45	82	15	37	52	91,1
4. Urea, 78 g	30	44	76	14	33	46	84,4
F 0,05				s.n.	-	sí	

n.s.: no significativo.
sí : significativo.

CUADRO 48. Promedio de diámetro, de incremento de diámetro en - las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 4.2 "Cholguahue".

Tratamiento (g/planta)	Diámetro (mm)			Incremento (mm)			% sobre testigo
	d 80	d 81	d 82	80-81	81-82	80-82	
1. Control	4,6	8,6	17,7	4,0	9,1	13,1	100,0
2. Urea, 26 g	4,5	7,8	15,9	3,3	8,1	11,4	89,8
3. Urea, 52 g	4,6	8,3	15,7	3,7	7,4	8,8	88,7
4. Urea, 78 g	4,6	8,0	15,2	3,4	7,3	10,6	85,0
F 0,05				n.s.	-	sí	

n.s.: no significativo.
sí : significativo.

CUADRO 49. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 4.1 "Lo Moreno".

Tratamiento (g/planta) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn (ppm)
1980	1,63	0,20	1,13	0,33	0,10	8,0	44	67	5	100
1981										
1. Control	1,58	0,15	0,66	0,34	0,12	8	69	46	6	191
2. Urea, 26 g	1,52	0,18	0,72	0,34	0,12	8	58	61	5	178
3. Urea, 52 g	1,43	0,15	0,57	0,31	0,12	6	55	48	5	140
4. Urea, 78 g	1,35	0,16	0,68	0,30	0,11	8	64	52	6	178
1982										
1. Control	1,48	0,19	0,76	0,37	0,16	7	78	41	6	176
2. Urea, 26 g	1,40	0,18	0,68	0,40	0,16	6	70	40	8	182
3. Urea, 52 g	1,45	0,18	0,61	0,36	0,15	6	81	36	7	162
4. Urea, 78 g	1,62	0,18	0,62	0,38	0,16	6	75	37	6	171
1983										
1. Control	1,82	0,19	0,75	0,27	0,12	5	66	29	5	110
2. Urea, 26 g	1,72	0,18	0,81	0,26	0,10	5	57	32	6	108
3. Urea, 52 g	1,75	0,19	0,77	0,26	0,11	6	59	32	6	119
4. Urea, 78 g	1,79	0,18	0,74	0,54	0,10	5	59	31	6	108

CUADRO 50. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 4.2 "Cholguahue".

Tratamiento (g/planta) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
						(ppm)				
1980	1,58	0,21	1,04	0,30	0,13	6,0	38	41	6	69
1981										
1. Control	1,45	0,16	0,67	0,30	0,10	10	62	36	5	63
2. Urea, 26 g	1,34	0,16	0,65	0,32	0,10	10	59	33	6	61
3. Urea, 52 g	1,70	0,17	0,60	0,29	0,10	9	68	39	6	84
4. Urea, 78 g	1,74	0,15	0,67	0,31	0,11	12	58	32	5	71
1982										
1. Control	1,89	0,18	0,73	0,36	0,12	8	88	32	8	81
2. Urea, 26 g	1,88	0,18	0,68	0,36	0,12	7	73	33	7	71
3. Urea, 52 g	1,92	0,18	0,64	0,38	0,13	8	81	29	5	92
4. Urea, 78 g	2,00	0,18	0,64	0,34	0,12	8	70	28	6	96
1983										
1. Control	1,93	0,19	0,82	0,24	0,09	8	67	31	6	46
2. Urea, 26 g	1,92	0,18	0,72	0,26	0,09	6	70	29	6	56
3. Urea, 52 g	1,98	0,22	0,71	0,27	0,09	6	66	28	6	49
4. Urea, 78 g	1,82	0,18	0,71	0,26	0,10	7	63	26	6	54

El predio "Lo Moreno", incluido para los estudios de azufre, mostró los niveles más bajos (83 ppm de S inorgánico y 737 ppm de S orgánico), los que pudieron impedir un adecuado aprovechamiento del nitrógeno. Estos antecedentes se entregan porque pueden servir para plantear el diseño de estudios que incluyan - prospección foliar de azufre y estudios de respuesta a este elemento en combinaciones con otros fertilizantes.

Además de lo mencionado en cuanto a fósforo y azufre, como limitantes para respuesta de nitrógeno, se ha establecido que este último elemento reduce las concentraciones foliares de boro en pino insigne, induciendo muerte apical (BALLARD, 1978). Ninguna de las sugerencias citadas respecto a relaciones entre nitrógeno y los elementos fósforo, azufre y boro, fue prevista para estos ensayos y es útil para explicar, con posterioridad, los resultados obtenidos sobre el crecimiento, pero deberán considerarse para nuevos experimentos.

Otra situación no esperada es la determinación de mayor frecuencia de "muerte de ápices" y mortalidad asociada a - tratamientos en los dos períodos de evaluación (Cuadro 51), en ambos ensayos. Los resultados de análisis foliar (cuadros 49 y 50), no demuestran que el nitrógeno haya sido absorbido y que, conse-cientemente, haya provocado una reducción en las concentraciones - de boro, ya que los niveles de este elemento son similares en trataamientos y testigo, mientras que la muerte apical es más frecuente en tratamientos. Tampoco puede considerarse que la "muerte apical" determinada, se deba a una relación entre nitrógeno y heladas (BARKER, 1978), ya que los contenidos de nitrógeno son similares - entre tratamientos. La mortalidad presente en los ensayos aparece también asociada a tratamientos. Estos resultados son similares a los obtenidos por BALLARD y MEAD (1976, cit. por BALLARD, 1978), - donde en ausencia de diferencia en absorción de nitrógeno, medido por análisis foliar, hay mayor mortalidad con la dosis de 30 g de urea/planta, a los 2 años de la fertilización, confirmando que un incremento de la mortalidad podría ser un problema asociado con el uso rutinario de urea en plantaciones recién establecidas.

Finalmente, parece conveniente señalar la necesidad de que la actual red de ensayos con salitre en plantaciones - con pino insigne que llevan CONAF y las empresas forestales, consideren en sus evaluaciones análisis foliares para el estudio compa-rativo de fósforo y boro, a lo menos, y que se evalúe "muerte de ápices" atribuible a boro u otras causas.

CUADRO 51. Evolución de síntomas, expresados como porcentaje del total de plantas por tratamiento, en las diferentes temporadas de observación. Ensayos 4.1 "Lo Moreno" y 4.2 "Cholguahue".

Tratamiento por Año	Muerte apical (%)		Muertos (%)		Sobrevivencia (%)	
	4,1	4,2	4,1	4,2	4,1	4,2
1980						
Testigo	1,0	4,1	0,0	0,0	100,0	100,0
26 g planta	0,0	2,5	0,0	0,0	100,0	100,0
52 g planta	0,0	3,7	0,0	0,0	100,0	100,0
78 g planta	0,0	2,5	0,0	0,0	100,0	100,0
1981						
Testigo	5,0	0,0	0,0	2,0	100,0	98,0
26 g planta	15,0	8,1	10,0	8,0	90,0	92,0
52 g planta	5,6	8,2	11,0	9,0	89,0	91,0
78 g planta	17,6	12,0	8,0	15,0	92,0	85,0
1982						
Testigo	3,8	2,7	2,0	9,0	98,0	91,0
26 g planta	9,7	8,8	10,0	15,0	90,0	85,0
52 g planta	11,3	5,7	11,0	13,0	89,0	87,0
78 g planta	19,3	12,0	15,0	24,0	85,0	76,0

6.6. Estudio 5. Efecto de Fertilizante Nitrogenado en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad.

6.6.1. Ensayos 5.1 "San Pedro" y 5.2 "María Las Cruces".

Los dos ensayos de este estudio están establecidos sobre sitios de buena calidad y su objetivo es proporcionar información sobre la respuesta en incremento volumétrico, de rodales raleados a la adición de fertilizante nitrogenado aplicado como urea al voleo. El estudio está planificado a 8 años, aplicándose raleos adicionales en el cuarto, sexto y octavo año.

Los resultados parciales en incremento en altura y área basal se presentan en los cuadros 52, 53, 54 y 55. En ningún ensayo se logran diferencias estadísticamente significativas a 2 años de su inicio. Esto concuerda con los datos de MEAD y GADGIL (1978), para rodales de 14 años y donde las respuestas en área basal están medidas a los 5 años de la fertilización. Sin embargo, datos de TORO (1982) muestran ya a los tres años incremento en altura, atribuibles a nitrógeno aplicado en dosis de 160 y 320 kg de urea/ha en plantaciones de 9 años en un área vecina a Nacimiento (VIII Región), en serie de suelo no reconocida. Es importante obtener antecedentes que expliquen el distinto comportamiento de las fertilizaciones nitrogenadas en plantaciones raleadas ubicadas en las diferentes localidades.

En los ensayos de la presente investigación, al no haber cambios significativos en área basal y altura, no debiera producirse variación en el volumen, salvo que el factor de forma resultase alterado por los tratamientos, lo que se estudiará en los controles futuros.

En la determinación del volumen deberán utilizarse funciones especiales para cada ensayo, pues las generales disponibles no tienen una precisión suficiente para detectar pequeños cambios. La alternativa usada es la de medir los incrementos anuales sobre árboles identificados para muestreo volumétrico (BARCLAY et al., 1983).

Los resultados de análisis foliar (cuadros 56 y 57) muestran un notorio cambio entre 1980 y 1981, en los contenidos de los elementos nitrógeno, fósforo, calcio, cobre y manganeso para "María Las Cruces", mientras que en el ensayo "San Pedro" solamente este último elemento varía; esta variación puede ser consecuencia de algún factor climático no medido en los ensayos. En ningun-

CUADRO 52. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 5.1 "San Pedro".

Tratamiento (kg/ha)	Altura (m)		Incremento (m) 80-82	% sobre incremen to testigo
	h 80	h 82		
1. Control	18,0	20,7	2,7	100
2. N 100	18,0	20,3	2,3	85
3. N 200	18,1	20,8	2,7	100
4. N 300	17,6	20,2	2,6	96
F 0,05	n.s.			

n.s.: no significativo

CUADRO 53. Promedio de altura, de incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 5.2 "María Las Cruces".

Tratamiento (kg/ha)	Altura (m)		Incremento (m) 80-82	% sobre incremen to testigo
	h 80	h 82		
1. Control	14,9	18,0	3,1	100
2. N 100	16,2	19,2	3,0	97
3. N 200	15,5	18,4	2,9	94
4. N 300	15,1	17,7	2,6	84
F 0,05	n.s.			

n.s.: no significativo.

CUADRO 54. Promedio de area basal (G), de incremento de area basal en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 5.1 "San Pedro".

Tratamiento (kg/ha)	Area basal (m ² /ha)		Incremento(m ² /ha) 80-82	% sobre incre- mento testigo
	G 80	G 82		
1. Control	28,521	34,272	5,751	100
2. N 100	27,300	32,808	5,508	96
3. N 200	28,458	34,359	5,901	103
4. N 300	26,824	32,672	5,848	102
F 0,05	n.s.			

n.s.: no significativo.

CUADRO 55. Promedio de area basal (G), de incremento de area basal en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final sobre el testigo del Ensayo 5.2 "María Las Cruces".

Tratamiento (kg/ha)	Area basal (m ² /ha)		Incremento(m ² /ha) 80-82	% sobre incre- mento testigo
	G 80	G 82		
1. Control	16,172	23,837	7,665	100
2. N 100	17,048	25,002	7,954	104
3. N 200	16,696	25,515	8,819	115
4. N 300	16,055	24,240	8,185	107
F 0,05	n.s.			

n.s.: no significativo

CUADRO 56. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 5.1 "San Pedro".

Tratamiento (kg/ha) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn (ppm)	Cu	Mn
1980	1,25	0,14	0,69	0,25	0,24	13,8	113	36	6	+200
1981										
1. Control	1,49	0,13	0,68	0,39	0,17	19	124	42	4	674
2. N 100	1,53	0,13	0,62	0,40	0,19	18	88	56	6	530
3. N 200	1,38	0,13	0,66	0,30	0,16	16	94	33	6	693
4. N 300	1,32	0,14	0,70	0,40	0,19	19	102	41	6	583
1982										
1. Control	1,66	0,12	0,69	0,25	0,17	15	122	33	5	478
2. N 100	1,71	0,13	0,65	0,23	0,19	16	88	42	5	410
3. N 200	1,76	0,12	0,62	0,23	0,18	16	81	34	5	462
4. N 300	1,74	0,12	0,70	0,21	0,16	14	90	34	6	401
1983										
1. Control	1,50	0,13	0,68	0,55	0,20	20	117	31	4	377
2. N 100	1,56	0,16	0,75	0,41	0,18	16	79	39	4	373
3. N 200	1,66	0,13	0,60	0,48	0,20	20	90	29	4	538
4. N 300	1,53	0,13	0,68	0,45	0,18	17	76	31	3	400

CUADRO 57. Contenido promedio, determinado por análisis foliar, de los elementos que se indica. Ensayo 5.1 "María Las Cruces".

Tratamiento (kg/ha) Año	N	P	K (%)	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu (ppm)	Mn
1980	1,51	0,18	0,92	0,12	0,14	22	66	32	12	199
1981										
1. Control	1,97	0,11	0,53	0,38	0,13	19	63	39	5	333
2. N 100	1,74	0,12	0,71	0,39	0,11	21	61	22	3	311
3. N 200	1,65	0,12	0,65	0,39	0,12	20	65	27	4	402
4. N 300	1,69	0,10	0,46	0,46	0,14	17	61	24	4	389
1982										
1. Control	1,90	0,12	0,72	0,18	0,13	14	63	31	6	483
2. N 100	1,88	0,13	0,70	0,16	0,13	12	53	36	6	357
3. N 200	1,94	0,10	0,74	0,15	0,11	11	53	29	5	422
4. N 300	1,95	0,10	0,76	0,13	0,11	11	61	30	7	381
1983										
1. Control	1,66	0,09	0,60	0,31	0,11	16	65	20	3	461
2. N 100	1,58	0,09	0,57	0,43	0,13	17	68	30	3	496
3. N 200	1,59	0,09	0,82	0,28	0,09	13	55	23	3	461
4. N 300	1,60	0,08	0,55	0,40	0,10	13	64	25	3	510

no de los ensayos se determina mayor absorción de nitrógeno asociada a los tratamientos y las variaciones entre temporadas son similares para tratamientos y testigo. En el ensayo "María Las Cruces" el fósforo que estaba en niveles satisfactorios en 1980, aparece como deficitario en 1983 sin que este resultado esté relacionado con tratamientos; en el ensayo "San Pedro" el fósforo se ha mantenido como marginal. El elemento calcio, en "María Las Cruces", oscila ampliamente entre temporadas y tampoco asociado a tratamientos; en el ensayo "San Pedro" el rango de oscilación es menor, pero con la misma tendencia. Sobre estas variaciones del calcio no puede establecerse nada, pues no hay referencias; las pautas para Nueva Zelanda (Cuadro 1) dan un valor único para los distintos niveles. En el ensayo "María Las Cruces" hay un sostenido descenso de los contenidos foliares de cobre que aparecen marginales en 1983; en el ensayo "San Pedro" el elemento también ha pasado a marginal de acuerdo a la pauta de WILL (1978).

La falta de respuesta en altura podría estar dada por los contenidos deficitarios o marginales de fósforo, de acuerdo a los resultados citados por MEAD y GADGIL (1978) y futuros ensayos deberían incluir un tratamiento con este elemento para confirmar esta situación en sitios considerados de alta calidad, ya que de ser verdadero, significaría un mayor costo en la práctica de fertilización. La continuación de estos ensayos deberá permitir comprobar si aparecen alteraciones atribuibles a cobre. Los resultados de los contenidos de azufre (VALENCIA y OLAVE, 1982), indican altos niveles de $S-SO_4$, significando que los ensayos deberían entregar respuesta a nitrógeno.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones que se presentan a continuación corresponden a un período de mediciones y observaciones de 24 a 30 meses desde la instalación de los ensayos. Debe considerarse, por tanto, que algunas podrán sufrir variaciones, especialmente en aquellos estudios planificados a más largo plazo.

En lo sustancial, sin embargo, se ha buscado presentar solamente aquellas conclusiones y recomendaciones que, a juicio de los autores, no serían mayormente modificadas en las observaciones y mediciones que deberán seguir efectuándose en los próximos controles de los ensayos.

7.1. Estudio de Dosis Preventivas de Boro al Establecimiento de la Plantación.

En este estudio se obtuvo dos tipos de respuestas según fuera el suelo o fertilizante usado. En suelos de las series Constitución y Collipulli, donde se utilizó bórax como fertilizante, hubo respuestas a los tratamientos. Los resultados obtenidos en estos suelos señalan que la deficiencia de boro en pino insigne puede ser prevenida con dosis de 1 y 2 g, respectivamente, de boro por planta aplicado como bórax dos meses después de la plantación y localizada en hoyo a 15 cm de la planta y a 20 cm de profundidad.

El boro es absorbido rápida e indiscriminadamente y en cantidades proporcionales a las dosis utilizadas. Los contenidos en el follaje alcanzan prontamente un máximo y disminuyen primero en forma acelerada y posteriormente persiste una pérdida más lenta. De acuerdo al sistema de muestreo periódico, establecido para los ensayos, el máximo contenido de boro en el follaje se midió a 6 meses de la aplicación; en la serie Collipulli, a 18 meses de la aplicación fluctúa entre 10 y 17% del contenido máximo y a 30 meses entre 4 y 8%; en el ensayo establecido en serie Constitución, entre 24 y 28% y 7 a 21%, respectivamente. Los niveles alcanzados a 30 meses de la aplicación son diferentes en ambos ensayos: marginales en suelo Collipulli y satisfactorios en suelo Constitución.

Todas las dosis probadas previenen la expresión de síntomas durante los dos primeros años a partir del establecimiento. Si se consideran los niveles foliares, la dosis de 1 g de boro/planta es efectiva en el ensayo ubicado en suelo Constitución

y podrá ser utilizada bajo condiciones que permitan considerar que la deficiencia de boro no ocurrirá en forma severa; en serie Colli pulli, la duración del efecto preventivo, estimada de acuerdo a los contenidos foliares, no será mayor de tres años. Las dosis de 2 a 4 g de boro/planta muestran comportamiento similar entre sí pero diferente en ambos ensayos, lo que permite concluir, a la fecha, que la dosis de 2 g bastaría para la prevención de la deficiencia de boro.

Los resultados alcanzados están indicando que la fertilización con boro al establecimiento no tiene una duración que permita asegurar ausencia de síntomas de la deficiencia durante todo el período en que ésta ocurre en el país.

Los resultados de análisis foliar indican que el boro no es retenido por largo tiempo en el suelo o, que si lo fuera, sería de tal manera fijado que no queda disponible para una absorción continua a través del tiempo de duración de los ensayos. La periodicidad de los muestreos no permitió establecer con precisión la oportunidad en que se alcanza la máxima absorción y se inicia el descenso de los contenidos de boro en el follaje. Se considera importante realizar estudios para dilucidar estos aspectos que necesariamente se relacionan con la eficacia de medidas preventivas contra la aparición de la deficiencia.

La evaluación de los resultados obtenidos en suelos de la serie Arenales, permiten establecer que boro aplicado dos meses después de la plantación, como boronatrocalcita, en dosis de 1, 2 y 4 g de boro por planta, localizado en hoyo a 15 cm de la planta y a 20 cm de profundidad, no es absorbido por éstas y no previene la aparición de síntomas de deficiencia severa. Los resultados del análisis foliar, en este ensayo, no muestran diferencias entre tratamientos y testigo para ninguna oportunidad de muestreo durante los 30 meses que comprende la evaluación del ensayo.

Los síntomas de "necrosis" son los que presentan mejor asociación con la deficiencia de boro. En el ensayo de Arenales, la muerte de yemas y brotes ocurre desde el primer año en todos los tratamientos. En los ensayos establecidos en series Colli pulli y Constitución, los síntomas se manifiestan en el segundo año de la plantación, especialmente en el testigo.

El comportamiento de los síntomas y niveles foliares en los ensayos pueden catalogarse en las siguientes situaciones:

- a) Ausencia de respuesta y aparición de síntomas al primer año - (ensayo "Lo Moreno", suelo Arenales).
- b) Presencia de síntomas en el testigo al segundo año y contenidos marginales a 30 meses de la aplicación en los tratamientos (ensayo "El Porvenir", suelo Collipulli).
- c) Aparición de síntomas desde el segundo año, con baja frecuencia y sin asociación a tratamientos y contenidos satisfactorios a 30 meses de la aplicación del fertilizante en los tratamientos (ensayo "Pichilemu", suelo Constitución).

Lo anterior refleja la dificultad de predicción del comportamiento de las plantaciones a las aplicaciones de fertilizantes boratados para prevenir eventuales deficiencias del elemento. Resulta, entonces, de gran importancia establecer un sistema de ensayos que permitan garantizar una respuesta a la fertilización boratada junto al establecimiento de la plantación. Hasta el momento no parece ser un sistema aconsejable si se considera que la duración de la respuesta puede alcanzar sólo a 3 años.

La ausencia de respuesta a la aplicación en hoyo de boronatrocalcita, en Arenales, es una materia que debe ser investigada más exhaustivamente. Además, deberá evaluarse si este hecho se produce con otros fertilizantes boratados.

Finalmente, merece ser considerada en futuros ensayos la búsqueda de relaciones entre preparación de suelo, uso de la "pala inglesa" en plantación y control de malezas al establecimiento, con la necesidad de prevenir la ocurrencia de deficiencia de boro. Es posible, que utilizando sistemas que faciliten un rápido crecimiento inicial y que, aunque induzcan la aparición temprana de síntomas de deficiencia, permitan, con una sola aplicación preventiva, mantener la plantación libre del problema hasta el cierre del dosel.

7.2. Estudio de Corrección de Deficiencia de Boro en Plantaciones de 2 a 4 Años.

En los ensayos que conforman este estudio queda demostrada la posibilidad de corregir la deficiencia de boro en plantaciones de pino insigne de 2 a 4 años de edad. La dosis de 4 g de boro/plan

ta, ó 10 kg de boro/ha, aplicada a fines de invierno, es apropiada para lograr la corrección por un período igual o superior a 3 años.

Sin embargo, la eficiencia de la respuesta medida por análisis foliar, expresión de síntomas o duración de la respuesta probable varía según localidad, sistema de aplicación y fuente de boro utilizada.

El boro es absorbido rápidamente por las plantas y luego las concentraciones descienden en forma sostenida en el tiempo. En todos los ensayos el contenido máximo de boro en el follaje se midió a 6 meses de la fertilización. Las curvas de absorción y pérdida siguen un patrón similar al encontrado para el estudio de prevención de la deficiencia de boro (Estudio 1), excepto que, para una misma dosis y forma de aplicación, los contenidos máximos son siempre superiores en plantaciones recién establecidas.

El contenido foliar máximo de boro alcanzado en cada ensayo corresponde a diferentes tratamientos y un mismo tratamiento puede presentar muy distintos valores de absorción en los ensayos. En los tratamientos donde el fertilizante se aplicó al voleo o al voleo incorporado, hay una relación entre niveles de absorción y serie de suelo: en serie Coreo (ensayo "La Alfalfa") los niveles de boro medidos a 6 meses desde la aplicación, duplican o triplican los contenidos que se alcanzan a la misma fecha en las series Constitución (ensayo "Pichilemu") y Collipulli (ensayo "El Porvenir"). Este efecto no se produce en aplicaciones localizadas en hoyo donde no hay relación definida con serie de suelo.

La absorción inicial en aplicaciones al voleo o voleo incorporado, es siempre mayor para bórax como fuente de boro que para boronatrocalcita, en los tres ensayos. En aplicaciones localizadas en hoyo, bórax presenta mayor absorción inicial en los ensayos en series Collipulli y Coreo, pero es inferior a boronatrocalcita en serie Constitución.

La disminución constante de los niveles foliares en el transcurso de los ensayos ocurre de tal manera que los rangos entre tratamientos, con máximo y mínimo contenido, se estrechan. Las mediciones de 30 meses desde la fertilización indican que hay mayor pérdida donde hubo mayor absorción.

Los niveles foliares a 30 meses desde la aplicación son diferentes para cada ensayo. Contenidos similares ini

ciales no significan contenidos finales similares a 30 meses. Los resultados de los análisis foliares, para el mismo período, indican que la duración de las respuestas a la fertilización es menor en el ensayo en serie Collipulli, donde todos los tratamientos están en rango marginal; en los ensayos en serie Constitución, todos los tratamientos están en el rango satisfactorio y, en serie Coreo, solamente boronatrocalcita localizada en hoyo tiene contenido marginal.

Para aplicaciones del fertilizante al voleo o voleo incorporado, los niveles finales para bórax y boronatrocalcita a 30 meses de la aplicación, son similares en los tres ensayos: ambos productos tienen niveles superiores a satisfactorios en series Coreo y Constitución y ambas están en rango marginal en serie Collipulli. En aplicaciones localizadas en hoyo, sólo bórax alcanza niveles satisfactorios en las series Coreo y Collipulli; en serie Constitución ambos fertilizantes presentan niveles satisfactorios.

Los resultados de la secuencia periódica de las concentraciones foliares de boro en los ensayos indican una respuesta de menor duración en serie Collipulli, estimada en no superior a 3 años, para cualquier tratamiento, siendo indiferente la forma de aplicación del fertilizante. Dada la importancia de esta serie en la superficie cubierta con plantaciones de pino insignificante en Chile, deberá establecerse ensayos que consideren, a lo menos, dosis superiores a las probadas e interacciones edad y dosis, y considerar la medición periódica de los contenidos de boro por análisis foliar.

En las series Coreo y Constitución el contenido foliar de boro, a 30 meses de la fertilización, indica que las formas de aplicación al voleo o voleo incorporado, entregan una respuesta de duración superior a 4 años para ambos fertilizantes. La aplicación localizada en hoyo es eficiente para bórax y boronatrocalcita en serie Constitución, pero en serie Coreo, bórax es superior a boronatrocalcita.

Los antecedentes obtenidos en los ensayos no permiten establecer qué factores han influido en los resultados obtenidos. Futuros ensayos deberán intentar explicar qué características de suelo, de desarrollo y edad de las plantaciones regulan la diferente absorción del boro agregado en una misma dosis. Asimismo, es necesario establecer el tiempo en que se produce la máxima absorción y se inicia la pérdida del elemento boro en las plantas y qué factores las regulan. Es obvio que este tipo de estudios podrá permitir recomendaciones que validen un pronóstico seguro.

Los resultados de los ensayos demuestran que la pauta de WILL (1978) para evaluar estados nutricionales en pino insignine es válida para los niveles de boro en Chile, en plantaciones de hasta 6 años de edad y que posee buen valor predictivo para el rango bajo.

7.3. Estudio de Respuesta a la Fertilización Fosfatada en Rodales Jóvenes.

El fósforo agregado como superfosfato triple y aplicado al voleo - en dosis de 100, 200 y 400 unidades por hectárea, a una plantación de 6 años con nivel foliar inicial marginal, no fue absorbido por las plantas en los primeros 30 meses contados desde la fertilización; el elemento agregado no influyó significativamente en el crecimiento en altura y diámetro de las plantas.

Los niveles de fósforo, medidos por análisis foliar, varían en forma natural de marginal a satisfactorio sin afectar el crecimiento o acusar presencia de síntomas visuales. Lo anterior indicaría que la pauta de WILL (1978) para este elemento debe ser revisada en su valor predictivo, para plantaciones de 6 a 8 años - de edad creciendo en Chile.

A pesar que los contenidos de fósforo disponible en todo el perfil del suelo son inferiores a 1 ppm (Bray 2), no hay - síntomas visuales de la deficiencia.

Se considera necesario desarrollar estudios sobre - calibración de métodos de análisis químico para determinar la cantidad de fósforo disponible en el suelo para el cultivo de pino insignine; para determinar qué condiciones regulan la aparición de deficiencia de fósforo en algunos suelos y no en otros con igual o superior contenido del elemento disponible en el suelo y, por último, estudios para establecer la respuesta a fertilización fosfatada en edades tempranas.

7.4. Estudio de Prevención de Deficiencia de Nitrógeno en Plantaciones Recién Establecidas.

El nitrógeno aplicado a fines de invierno como urea localizado en hoyo, en dosis de 30, 60 y 90 kg de nitrógeno por hectárea, no fue absorbido por las plantas de 1 a 2 años de edad, establecidas en - serie Coreo y Arenales.

La evaluación de los ensayos por síntomas visuales permite establecer que "muerte de yemas y ápices" y "flecha múltiple" son síntomas asociados a la deficiencia y que la frecuencia que presentan varía entre estaciones y localidad. El síntoma de "muerte de yemas y ápices" debe utilizarse preferentemente en evaluaciones de invierno y porcentajes superiores a 30% de individuos afectados, son indicadores de niveles bajos de boro en el follaje o deficiencia severa en plantaciones de 4 a 6 años de edad. El síntoma de "flecha múltiple" se asocia a deficiencias severas en observaciones de verano y porcentajes sobre 40% indicarán severa deficiencia en plantaciones de 4 a 6 años de edad. Toda evaluación por síntomas visuales debe considerar que la ocurrencia de éstos es la expresión del comportamiento individual de los componentes de un rodal y que, por lo tanto, pueden encontrarse algunos árboles con síntomas en plantaciones cuyos niveles sean satisfactorios. Es posible encontrar, en plantaciones con niveles satisfactorios, entre 2 y 3% de los individuos afectados por el síntoma "muerte de yemas y ápices".

El síntoma de "brácteas vacías en los brotes" observado en los ensayos, debe estudiarse en cuanto a su asociación a la deficiencia de boro ya que de comprobarse su validez, sería un útil predictor para medidas de corrección antes que se manifiesten síntomas necróticos en los brotes.

Otras materias relacionadas a recuperación de síntomas que merecen ser estudiadas, son la evaluación de malformaciones del fuste que podrían producirse con posterioridad a correcciones de la deficiencia y la determinación de las condiciones bajo las que los síntomas de ésta desaparecen en forma natural en algunos sitios; ambos aspectos son importantes para decidir hasta qué edad conviene corregir la deficiencia. Asimismo, y puesto que tanto los resultados de los ensayos con aplicaciones preventivas de boro como correctivas de la deficiencia indican que la duración de la respuesta en algunos suelos no sobrepasa dos años, debería estudiarse el efecto de doble fertilización boratada o de una aplicación a edades más tardías.

La evaluación de los ensayos por incremento en altura y diámetro demuestra que estas variables no son influenciadas directamente por la fertilización con boro. La no ocurrencia de síntomas como muerte de yemas y ápices, retraso en el desarrollo de las yemas apicales y flecha múltiple, permite que el árbol crezca en altura de acuerdo a su potencial y condiciones del sitio; el crecimiento en altura también es mejorada por el laboreo de suelos cuando el fertilizante se aplica incorporado.

El fertilizante aplicado, aún cuando no fue absorbido, produjo un efecto negativo en el crecimiento en el ensayo "Cholguahue" y ningún efecto en el ensayo "Lo Moreno". En ambos ensayos se produjo muerte de ápices y mortalidad asociada a los tratamientos con urea localizada. En futuros ensayos deberá contemplarse este aspecto en la evaluación de resultados y puesto que ocurre muerte de ápices que pueden dificultar la interpretación, es conveniente aplicar fertilización basal boratada.

En estudios colaterales de los ensayos con fertilización nitrogenada, se determinó niveles marginales de azufre. Futuros ensayos deberán incluir determinaciones de azufre para dilucidar la importancia de este elemento en cuanto a limitar las respuestas a nitrógeno como ha sido postulado.

7.5. Estudio de Efecto de Fertilizante Nitrogenado en el Crecimiento de Rodales de Buena Calidad.

A dos años de la fertilización nitrogenada, aplicada al voleo en forma de urea, en dosis de 100, 200 y 300 kg de nitrógeno por hectárea, no se ha encontrado efecto de los tratamientos en el crecimiento en altura y área basal en los dos ensayos, establecidos en rodales raleados de buena calidad creciendo sobre suelos de la serie Curanipe.

Los resultados del análisis foliar indican que no hubo absorción del elemento asociada a tratamientos; que los niveles de fósforo tienden a mantenerse como marginales (ensayo 5.1 "San Pedro") o descienden a deficitarios (ensayo 5.2 "María Las Cruces"), sin que se haya observado síntomas de la deficiencia y que algo similar ocurre con el elemento cobre que ha descendido, en ambos casos, a nivel marginal.

Estos ensayos están planificados para ser controlados durante 8 años incluyendo nuevos raleos y segunda fertilización nitrogenada. Es probable que se requiera modificar el diseño original para que la segunda fertilización incluya aplicaciones de fósforo y cobre.

7.6. Otras Conclusiones y Recomendaciones.

También, por análisis foliar y síntomas visuales, se confirma la ocurrencia de deficiencia de magnesio en suelos Coreo, niveles -

marginales de este elemento en serie Constitución y deficiencia - de potasio en serie Collipulli.

La determinación por análisis foliar de los niveles nutricionales en todos los ensayos, permite establecer que los contenidos de varios elementos varían entre temporadas.

Asimismo, tanto en los ensayos como en otras plantaciones observadas, pudo constatar que algunos elementos como magnesio, fósforo, cobre y boro, pueden aparecer en rangos bajos en plantaciones con buen crecimiento sin que se presenten síntomas asociados con su deficiencia.

Esta situación señala la urgencia de realizar estudios para establecer estados nutricionales asociados a deficiencias y llegar a contar con una pauta nacional de niveles y caracterización de síntomas. Para avanzar en este sentido resulta importante unificar criterios para el montaje, control e interpretación de los ensayos en el país.

En los ensayos de campo debería correlacionarse la respuesta a la fertilización con las condiciones climáticas locales, a lo menos durante 5 años. Parece altamente conveniente considerar por convenios entre empresas, Estado y universidades u otras vías, el mantener estaciones semiautomatizadas que servirían además, a otros propósitos.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. ADAMS, J.A. 1979. Fertilización en plantaciones de Pinus radiata en Chile. Documento de Trabajo N° 19, Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal CONAF/PNUD/FAO-CHI/76 003. Santiago, 58 p.
2. ALMEYDA, A.E. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Ministerio de Agricultura. Santiago, 195 p.
3. ARANA, M.T. y JIMENEZ, M.C. 1981. Fertilización con nitrógeno, fósforo, boro y cobre en plantaciones de 1, 2 y 3 años de edad de Pinus radiata D. Don, en la VI Región. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. (Tesis de grado).
4. BALLARD, R. 1974. Interrelationships between site factors and productivity of radiata pine at Riverhead Forest, New Zealand. Plant and Soil 35: 371-380.
5. ----- 1974. Use of soil testing for predicting phosphate fertiliser requirements of radiata pine at time of planting. New Zealand Journal of Forestry Science. 4(1): 27-34.
6. ----- 1978-a. Use of fertilisers at establishment of exotic forest plantations in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 70-104.
7. ----- 1978-b. Effect of first rotation phosphorus application on fertiliser requirements of second rotation radiata pine. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 135-145.
8. BALLARD, R. y WILL, G.M. 1978. Past and projected use of fertilisers in New Zealand forest. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 15-26.
9. BAULE, HUBERT. 1973. Fertilización forestal en el mundo en la actualidad y en un futuro próximo. EN: Revista de La Potasa. Berna, Suiza, N° 6.
10. BAULE, H. y FRICKER, C. 1970. The fertilizer treatment of forest trees. Traducido por C.L. Whittles y F.I. Biol. BLV Verlagsgesellschaft, Munchen. Germany. 259 p.

11. BARCLAY, H., BRIX, H., y LAYTON, C.R. 1983. Fertilization and thinning effects on a Douglas-fir ecosystem at Shownigan Lake 9 year growth response. Canadian Forestry Service, Information Reports Digest. 4(2): 9-10.
12. BARKER, J.E. 1978. Some silvicultural effects of fertilisation. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 160-177.
13. BAUR, G.N. 1959. A soil survey of a slash pine plantation Barcoongere, N.S.W. Australian Forestry. 23(2): 78-87.
14. BONNEFOY, D.M. 1982. Caracterización de sitios de Pinus radiata D. Don en Chile Central en base a algunos factores físicos del suelo. Tesis de Título. Instituto de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 139 p.
15. BONNER, J. y VARNER, J. 1976. Plant Biochemistry. 3a. Ed. Academic Press. 587 p.
16. BORIE, F. 1981. Características de diversas fracciones del fósforo en Andosoles chilenos y significado de los microorganismos, con especial referencia a la micorriza, en el aporte de dicho macronutriente a las plantas. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España.
17. BOYER, C. 1975. The enzymes. Volume XII. Oxidation reductions. Part B. Electron transfer (II) oxigenasas, oxidases. 3rd. Edition. Academic Press, N.Y., San Francisco, London.
18. BURSCHEL, N.P. y MARTINEZ, M.O. 1968. Ensayo sobre la influencia de densidades y fertilización en la producción de plantas de Pinus radiata D. Don. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. (Publicación Científica N° 11).
19. CABRERA, J. 1982. Potencialidad forestal de la VIII Región. Panel Regional de Inversiones, Intendencia Región del Bío-Bío. Concepción.
20. CHANG, O. ANA y TOLOZA, H. TRIANA. 1978. Fertilización con NPK en viveros de pino insigne (Pinus radiata D. Don). Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas. Santiago. 39 p.

21. CLARKSON, D.T. y MANSON, J.B. 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:239-98.
22. CRESSWELL, C.F. y NELSON, H. 1973. The influence of boron on the RNA level, α - amilase activity, a level of sugar in germination. *Themeda triandra* Sorsk Seed. *Ann. Bot.* 37, 427-428.
23. COCHRAN, P.H. 1973. Response of individual ponderosa pine to fertilization. USDA Forest Service Research. Note PNW-206. Portland, Oregon.
24. DANIEL, P.W. et al. 1982. Principios de silvicultura. - Traducido de la 2a. Ed. inglesa por Ramón Elizondo Mata. México, Mc Graw Hill. 492 p.
25. DAWSON, J.E. y NAIR, C.K.N. 1950. The copper amalgam electrode and its applications: IV. The chemical nature of the copper complexes in peat soils and plants. P. 315-335. EN: A.W. Mc Elroy and B. Glass (eds). A symposium on copper metabolism. The Johns Hopkins Press, - Baltimore.
26. DEVLIN, R.M. 1976. Fisiología Vegetal. 3a. Ed. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
27. EBERHARDT, P.J. y PRITCHETT, W.L. 1971. Foliar application of nitrogen to slash seedlings plant and soil. 34: 731-740.
28. FERRADA, S.R. 1982. Evolución estacional de nutrientes minerales en *Pinus radiata* D. Don. Tesis. Universidad - de Concepción, Escuela de Agronomía, Chillán, Chile. 31 p.
29. FLINN, D.W., MOLLER, I.M. y HOPMANS, P. 1979. Sustained - growth responses to superphosphate applied to established stand of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of - Forestry Science.* 9(2): 201-211. November 1979.
30. FUENTES, VERONICA. 1983. Deficiencia de cobre en suelos an deptos. Tesis. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile. (No publicada).
31. FUENZALIDA, H.P. 1965. Clima. EN: Geografía Económica de Chile. Texto refundido. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago. Chile. pp. 99-152.

32. FRIEDEL, H. MARGARET. 1971. Interpretation of soil phosphorus status in the mangrove sands of the south Australian Pinus radiata forest. IN: R. Boardman (Ed.). The Australian Forest Tree Nutrition Conference. Forestry and Timber Bureau. Canberra. pp. 101-112.
33. GARCIA, O. 1970. Indices de sitio para pino insigne en Chile. Instituto Forestal, Santiago. Serie de Investigación. Publ. N° 2. 29 p.
34. GERDING, V., PUENTES, O., SCHLATTER, J. y GONZALEZ, P. 1982. Respuesta de Pinus radiata D. Don a fertilización con boro en suelos graníticos. Provincia de Malleco. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.
35. GONZALEZ, E.P. 1982. Respuesta de plantaciones de Pinus radiata D. Don a la fertilización con boro en la provincia de Malleco, IX Región. Tesis de Grado. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. 87 p.
36. GONZALEZ, O.C., RODRIGUEZ, M., BAEZ, M., WYLE, A. y SOLE, J. 1973. La nutrición mineral de los vegetales. El análisis foliar y de savia. Metodología y objetivos. Ed. I. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile y Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile. 154 p.
37. GONZALEZ, O.C., MONTENEGRO, F., LASTRA, O. y ESCOBAR, R. 1974. Determinación analítica de nutrientes en plántulas de pino (Pinus radiata D. Don). VI Jornadas Chilenas de Química. Resumen V-11. Concepción.
38. GONZALEZ, O.C., MONTENEGRO, F., ESCOBAR, R. y KOSCHE, R. 1975. Evolución y distribución de nutrientes en plántulas de pino (Pinus radiata D. Don). VII Jornadas Chilenas de Química y II Congreso de Ingeniería Química. Resumen V 1-3. Valparaíso.
39. GONZALEZ, O.C., MONTENEGRO, F., LASTRA, O. y KOSCHE, R. 1976. Equilibrios nutritivos en plántulas de pino insigne (Pinus radiata D. Don). Jornadas Científicas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Chile, Santiago.

40. GONZALEZ, O.C., LACHICA, M. y KOSCHE, R. 1979. Pinus radiata D. Don en Chile. Revisión de las condiciones del cultivo. Anales de Edafología y Agrobiología. España. Vol. XXXVIII (7-8): 1427-1434.
41. GONZALEZ, O.C., LACHICA, M. y KOSCHE, R. 1979. Pinus radiata D. Don en Chile. Determinación de los índices nutritivos óptimos de las plántulas. Anales de Edafología y Agrobiología. España. Vol. XXXVIII (11-12): 2141-2157.
42. GONZALEZ, V.G. 1979. Diferentes sistemas de aplicaciones de boronatrocalcita en plantaciones de pino insigne. Universidad de Concepción, Carrera de Tecnología Forestal, Los Angeles, Chile. (No publicado).
43. HOMES, M.V. 1961. L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. Universa-Wetteren (Belgique). Vol. I, 298.
44. HOMES, M.V., VAN SCHOOR, G.H.S. 1966. L'alimentation minérale des végétaux. Universa-Wetteren (Belgique). Vol. II, 424.
45. HUGHES, R.H. et al. 1971. Fertilization of young longleaf pine in a cultivated plantation. USDA Forest Service Research Paper SE 75. Lehigh Acres, Florida.
46. HUNTER, I.R., GRAHAM, J.D. 1982. Growth response of phosphorus deficient Pinus radiata to various rates of superphosphate fertilizer. New Zealand Journal of Forestry Science. 12(1): 49-61.
47. INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES (IREN). - 1964. Descripciones de suelos. Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID. Publicación N° 2. Santiago, Chile.
48. KELLY, J., LAMBERT, M. 1972. The relationship between sulphur and nitrogen in the foliage of Pinus radiata. Plant Soil 37: 395-407.
49. KENWORTHY, A.L. 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. Plant analysis and fertilizer problems. (W. Reuther Ed.). Pub. N° 8. - Amer. Inst. Biol. Sci.
50. ----- 1967. Soil testing and plant analysis. Part II. Plant Analysis. Soil Sci. Soc. Am. 59-75.

51. KNIGHT, P. 1975. Zinc deficiency in nursery grow Pinus radiata seedling. New Zealand Journal of Forestry Science. 5(3): 260-264.
52. ----- 1978-a. The nutrient content of Pinus radiata seedlings. New Zealand Journal of Forestry Science. 8 (1): 54-69.
53. ----- 1978-b. Fertiliser practice in New Zealand forest nurseries. New Zealand Journal of Forestry Science. 8 (1): 27-53.
54. KONOW, H. VERONICA. 1980. Ensayos de corrección de carencias de cobre y boro en plantaciones de pino insigne - (Pinus radiata D. Don). Tesis de prueba. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacológicas, Departamento de Química Inorgánica y Analítica Química Vegetal. Santiago. 161 p.
55. KOSCHE, P.R. 1977. Evolución estacional y movilidad interna de los nutrientes minerales en plántulas de Pinus radiata D. Don. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas. Santiago. 32 p.
56. KUNZ, C.M. 1982. Determinación del nivel nutritivo de plantaciones de Pinus radiata D. Don de diferente edad. Tesis. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 123 p.
57. LAGATU, H. y MAUME, L. 1929. Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. C.R. Acad. Sci. Paris, 188, 1062-64.
58. LAMBERT, M.J. y TURNER, J. 1977. Dieback in high site quality Pinus radiata stands. The role of sulphur and boron deficiencies. New Zealand Journal of Forestry Science. 7(3): 333-348.
59. LEE, S. y ARONOFF, S. 1967. Boron in plants: a biochemical role. Science 158: 798-799.
60. LOMA, J.L. DE LA. 1966. Experimentación agrícola. 2a. Ed. México. Edit. Uteha. 493 p.

61. LOPEZ HERMOSILLA, JORGE. 1971. Efectos de la fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio en tres viveros de Pinus radiata D. Don. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Escuela de Ingeniería Forestal. - Santiago.
62. LUNDEGARDH, H. 1951. Leaf analysis. (English translation by R.L. Michell). Hilger and Watts Ltd. London. 176 p.
63. MACY, P. 1936. The quantitative mineral nutrient requirement of plants. *Pl. Physiol.* 11: 749-664.
64. MAGNISTSKII, K.L. 1954. Evaluating the nutrients levels of the soils by plant analysis. *Pochvovedenie* (7): 113-125.
65. MEAD, D.J. y GADGIL, R.L. 1978. Fertiliser use in established radiata pine stands in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science.* 8(1): 105-134.
66. MENGEL, K. y KIRKBAY, E.A. 1978. Principles of plant nutrition. Chapter 16. U.S.A.
67. MORRISON, I.K. 1974. Mineral nutrition of conifers with a -
aprecial reference: a review of literature. Dept. of -
Environment, Canadian Forestry Service, Publication N° 1343. Ottawa. 74 p.
68. NICHOLAS, D.J.D., ADRIAN, R. y EGAN, N. 1975. Trace elements in soil-plant-animal systems. Academic Press Inc. 193 p.
69. PACHECO, R.L. 1977. Estudio de la nutrición mineral en -
plántulas de pino (Pinus radiata D. Don). Período crítico de adaptación. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas. Santiago. 20 p.
70. RAMIREZ, G.O., GAJARDO, C.J. y SOLIS, M.E. 1982. Prospección fitosanitaria forestal, temporada 1981-1982. Documento de Trabajo N° 2. Santiago. Corporación Nacional Forestal. 111 p.
71. RAUPACH, B.M. y CLARKER, R. 1971. Deficiency symptoms fertilizer responses and foliar levels of potassium in Pinus radiata. IN: R. Boardman. *Forestry and Timber Bureau.* Canberra. pp. 136-143.

72. RECALDE, L. 1965. Comunicación al coloquio "Aportación de las investigaciones ecológicas y agrícolas a la lucha del mundo contra el hambre". Madrid, 20-25 Octubre.
73. REUKEMA, DONALD L. 1968. Growth response of 35-year-old, site V Douglas-fir to nitrogen fertilizer. USDA Forest Service Research Notes PNW-88. Portland, Oregon.
74. ROCUANT T., LUIS. 1966. Aplicación de fertilizantes a plantaciones forestales. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía, Depto. Suelos.
75. ----- 1969. Aplicación de fertilizantes a plantaciones forestales (Dunas de Chanco, provincia de Maule). EN: Actas de las V Jornadas Forestales. Los Angeles, 13, - 14 y 15 de noviembre. Santiago, Chile, Asociación de Ingenieros Forestales.
76. ----- 1972. Cuociente de espaciamiento: un método para ralea plantaciones de pino insigne (Pinus radiata D. Don). Universidad de Concepción, Centro de Ciencias Forestales. Boletín Técnico CCF-3. Chillán. 11 p.
77. ----- y COL. 1979. Fertilización de plantaciones de pino insigne. Fase 1-Informe 2 Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Universidad de Concepción, Universidad de Chile. 43 p.
78. RODRIGUEZ, R.R., MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Concepción, Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. 408 p.
79. ROJAS, U.O. y CARRASCO, P.P. 1966. Respuesta a dosis de boro y suministro de agua en remolacha. Industria Azucarera Nacional. Informe Técnico. (No publicado).
80. ROS VERA, RAFAEL. 1970. *Influencia de fertilización, calidad de plantas, técnicas y fecha de plantación en el desarrollo de pino insigne (Pinus radiata D. Don).* Tesis mecanografiada. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. Valdivia, Chile.
81. RUITER, J.M. 1969. Inspected copper deficiency in radiata pine. Plant and Soil. 31(1): 197-200.

82. RUITER, J.M. 1971. The importance of trace elements in the establishment of radiata pine in the deep white sands of the Southeast of South Australia. IN: R. Boardman (Ed.). The Australian Forest Tree Nutrition Conference. Forestry and Timber Bureau. Canberra. pp. 164-167.
83. RUSSELL, JOHN. 1964. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. 3a. Ed. Aguilar S.A. de Ediciones. Madrid.
84. SAUCHELLI, V. 1969. Trace elements in agriculture. Van Nostrand Reinhold Company, N.Y. 247 p.
85. SCHLATTER, J.E. y GREZ, R. 1978. Diagnóstico de los factores causantes del crecimiento restringido en plantaciones de Pinus radiata D. Don, provincia de Malleco y Biobío. EN: Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo I. Santiago.
86. SNEDECOR, W.G. 1964. Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola y biológica. Traducido de la 5a. edición inglesa por Angel Reinoso Fuller. México. Compañía Editorial Continental S.A. 626 p.
87. SNOWDON, P. 1971. Observations on boron deficiency in Pinus radiata. IN: Boardman, R. (Ed.). The Australian Forest-Tree Nutrition Conference. Canberra, Australia, Forestry and Timber Bureau. pp. 191-207.
88. SMITH, C.B. y TAYLOR, G.A. 1952. Tentative optimum leaf concentrations of several elements for Elberta peach and Stayman apple in Pennsylvania orchards, Proc. Amerc. Soc. Hort. Sci., 60, 33-41.
89. STOECKELER, J.H. y HARNEMAN, H.F. 1960. Fertilizers in forestry. IN: Advances in Agronomy. 12: 127-195.
90. STONE, E.L., WILL, G.M. 1965. Boron deficiency in Pinus radiata and P. pinaster. Forestry Science. 11: 425-33.
91. THOMAS, W. y MARCK, W.B. 1941. Soil Sci., 52: 455-468.
92. THOMPSON, M.L. 1965. El suelo y su fertilidad. 3a. edición. Zaragoza. Editorial Reverté, S.A. 399 p.
93. TISDALE, S.L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon S.A. Barcelona. 760 p.

94. TISDALE, S.L. y NELSON, W. 1976. Sulphur and microelements in soil and fertilizers. 3a. Ed. Mac Millan Publishing Co. Inc. New York. p. 278-341.
95. TOLLENAAR, HUIB. 1969. Deficiencia de boro en plantaciones de pino en la Zona Central de Chile. Agricultura Técnica. Vol. 29(2): 85-88.
96. TORO, V.J. 1981. Fertilización mineral en plantaciones de Pinus radiata D. Don con crecimiento restringido y en rodales de buena calidad. 2° Informe. 1979-81. Convenio FORVESA/Fac. Cs. Agr., Vet. y For., Universidad de Chile. Santiago. 28 p. (Mimeo.).
97. ----- 1982. Fertilización mineral en plantaciones de Pinus radiata D. Don con crecimiento restringido y en rodales de buena calidad. 3er. Informe. 1981-82. Convenio FORVESA/Fac. Cs. Agr., Vet. y For., Universidad de Chile. Santiago. 74 p. (Mimeo.).
98. TURNER, JOHN. 1979. Interactions of sulphur with nitrogen in forest stands. Forest Fertilization Conference. College of Forest Resources. U. of Washington.
99. TURNER, JOHN., LAMBERT, M.J. y GESSEL, S.P. 1977. Use of foliage sulphate concentration to predict response to urea application by Douglas-fir. Can. J. For. Res. 7, 476-480.
100. ----- 1979. Sulphur requirements of nitrogen fertilized Douglas-fir. Forest Sci. 25(3): 461-467.
101. ULRICH, A. 1948. Plant analysis, methods and interpretation of results. Diagnostic Techniques for Soils and Crops. (H.B. Kitchen, Ed.) 157-198. American Potash Institute Washington D.C.
102. VALDES, C. MARIA y HERRERA, M. 1982. Estudios preliminares sobre fertilización cúprica en viveros y plantaciones de pino insigne (Pinus radiata D. Don). Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Básicas y Farm. Santiago. 72 p.
103. VALENCIA, G. MARIA y OLAVE, R. 1982. El azufre en la nutrición del pino insigne. Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacológicas, Depto. de Química Inorgánica y Analítica. Química Vegetal. - Santiago. 87 p.

104. VAN CLEVE, K. y ZASADA, J.C. 1976. Response of 70-year-old white spruce to thinning and fertilization in interior Alaska USFS, Institute of Northern Forestry - Fairbanks, Alaska.
105. VARGAS, CLAUDIO. 1969. Fertilizantes en forestales. Tesis mecanografiada. Universidad de Concepción, Escuela de Técnicos Forestales. Los Angeles, Chile.
106. WALLACE, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. H.M.S.O. London.
107. WARING, H.D. 1971. Pinus radiata and the nitrogen-phosphorus interaction. IN: R. Boardman (Ed.). The Australian Tree Nutrition Conference. Forestry and Timber Bureau. Canberra. pp. 144-160.
108. WELSS, C.G., CRUTCHFIELD, D.M., BERENYI, N.M. y DAVEY, C.B. 1973. Soil and foliar guidelines for phosphorus fertilization of Loblolly pine. USDA Forest Service Research Paper SE-110.
109. WILL, G. 1966. Magnesium deficiency: the cause of spring needle-tip chlorosis in young pines on pumice soils. New Zealand Journal of Forestry. 11(1): 88-94.
110. ----- 1972. Copper deficiency in radiata pine planted on sands at mangawhai forest. N.Z.J. For. Science. 2(2): 217-221.
111. ----- 1978. Nutrient deficiencies in Pinus radiata in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 4-14.
112. ----- 1981. Nutritional problems of radiata pine growing in New Zealand forest soils. EN: 3er. Simposio Nacional de las Ciencias del Suelo. Santiago.
113. ----- y HODGKISS, P.D. 1977. Influence of nitrogen and phosphorus stresses on the growth and form of radiata pine stems and crowns. New Zealand Journal of Forestry Science. 8(1): 4-14.
114. WINDSOR, G. y KELLY, J. 1972. The effects of fertilization on short dieback and foliar boron and sulphur concentrations in several clones of Pinus radiata. IN: Robert Boardman Ed. The Australian Forest-Tree Nutrition Conference. Forestry and Timber Bureau. Canberra. pp. 241-156.

115. WITTWER, S.H. y TEUBNER, F.C. 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. Annual Rev. Plant Physiology. 10: 12-32.
116. ZOTTL, H.W. 1973-a. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. IN: International Symposium of Forest Fertilization. Paris. pp. 75-95.
117. ----- 1973-b. Suelos forestales de la Región del Bío-bío. Informe Técnico N° 4. FO:IF/26. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/66/526.

ANEXO I

ROL DE LOS ELEMENTOS PRIMARIOS EN LA

NUTRICION VEGETAL

1. Nitrogeno

El nitrógeno juega un papel importante en la síntesis de proteínas y en la formación de los ácidos nucleicos. Es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan.

A N E X O S

Uno de los roles más importantes del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la clorofila. Sin nitrógeno, el nitrógeno se encuentra en moléculas como las proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan.

El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan.

Como las plantas que crecen en el suelo no tienen nitrógeno en el suelo, es obvio que el suministro de este elemento proviene de otras fuentes. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan. El nitrógeno es un elemento esencial para la vida de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en forma de gas (N₂) y en el suelo en forma de nitratos y amonios. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de sus raíces. El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila y para la formación de los tejidos de las plantas. Sin nitrógeno, las plantas no pueden crecer y se marchitan.

ANEXO 1

ROL DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES EN LA
NUTRICION VEGETAL

1. Nitrógeno.

Es difícil hacer un resumen simple, pero tal vez el rol del nitrógeno puede apreciarse mejor imaginándolo un sustituto del carbono (elemento siguiente en la tabla periódica). Con sus cinco electrones de valencia, el nitrógeno introduce una distorsión esencial en la simetría del carbono, proporcionando compuestos con propiedades adicionales de coordinación, basicidad, carga, reactividad química, óxido-reducción y estructura. Sin estas "distorsiones" no figuraría en la química biológica ni en la nutrición vegetal como se conoce (CLARKSON y MANSON, 1980).

Uno de los roles más importantes del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las dos primeras se hallan en el ARN y ADN, ambos esenciales en la síntesis de las proteínas; la porfirina se encuentra en importantes compuestos metabólicos, como las clorofilas y las enzimas del grupo de los citocromos, esenciales para la fotosíntesis y respiración. Por su parte, las coenzimas son vitales para el funcionamiento de muchas enzimas. También forma parte de compuestos orgánicos como las vitaminas que son compuestos vitales para el buen funcionamiento del metabolismo en las plantas.

La totalidad del nitrógeno disponible para las plantas superiores se obtiene a partir de compuestos que están en el suelo. Este continuamente pierde sus compuestos nitrogenados por acción de lavado provocado por lluvias, por eliminación de cubierta a través del fuego y, por otras causas.

Como las rocas que originan el suelo no tienen nitrógeno, es obvio que el suministro de este elemento proviene de otras fuentes. Ellas son microorganismos del suelo (bacterias fijadoras de nitrógeno) que en asociación o no con las raíces fijan ni-

trógeno al suelo. Otra fuente de nitrógeno al suelo es la lluvia; cierta cantidad de nitrógeno inorgánico proveniente de la atmósfera, producto de descargas eléctricas de tormentas en donde forman óxidos, son incorporados al suelo por las lluvias.

La raíz de la mayoría de las plantas absorben el nitrógeno en forma de NO_3^- , pero de esta forma no puede ser directamente empleado, por lo que debe ser reducido hasta amoníaco antes de ser incorporado a los compuestos orgánicos de la planta. La reducción de NO_3^- a NH_4^+ requiere de energía de la respiración que es aportada por los glúcidos a través de su oxidación respiratoria - que, además, aportan los esqueletos carbonados necesarios para la incorporación del grupo.

La reducción del nitrato a amoníaco sigue los siguientes pasos intermedios: nitrato a nitrito a hiponitrito a hidroxilamina a amoníaco. Se ha determinado que el nitrógeno de la hidroxilamina puede ser captado por algunos compuestos orgánicos antes de su reducción a nivel de amonio. Un buen número de investigadores han demostrado que la asimilación de amoníaco es marcadamente rápida en comparación con la asimilación de nitrato (DEVLIN, 1976).

2. Fósforo.

El fósforo es esencial al proporcionar fosfato, un tetraoxianión resonante, trivalente, que sirve como grupo de enlace o sitio de unión. Este grupo es esencial debido a que resiste polarización y ataque nucleofílico, excepto en los complejos metaloenzimáticos. Esta estabilidad provee, a los procesos bioquímicos y biofísicos, de mecanismos de captura, transparencia y retorno de energía; es importante en uniones acídicas y en grupos sustituyentes. El fosfato incorpora carga negativa. En química biológica es imprescindible un tetraoxianión trivalente de carácter estable y el fosfato no tiene un real "sustituto" a excepción del agua en ciertas reacciones de concentración de energía (CLARKSON y MANSON, 1980).

Se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP y, lo es especialmente importante, es que es parte integrante del ATP. Indudablemente, el fósforo se encuentra en otros compuestos de la planta, pero los mencionados se consideran los más importantes. En las zonas meristemáticas, lugar de activo crecimiento, se encuentran fuertes concentraciones de fósforo, cuya función es intervenir en la síntesis de nucleoproteínas. Allí no sólo se en-

cuenta en la fracción correspondiente a la molécula de la nucleoproteína sino que interviene, a través del ATP, en la activación de los aminoácidos que participarán en la síntesis de la parte proteica de este compuesto. Se cree que además de las proteínas, los fosfolípidos son importantes constituyentes de las membranas celulares (DEVLIN, 1976). Las coenzimas NAD y NADP son importantes en las reacciones de óxido-reducción, donde se producen transferencias de hidrógeno. La fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos son procesos metabólicos que dependen de la acción de estas enzimas.

La mayor parte de los suelos naturales tienen un bajo contenido de fosfato asimilable. Las cantidades que se encuentran en los bosques son más bajas aún, ya que como es sabido, es constituyente de sólo un mineral secundario, la apatita; tiende a concentrarse en el horizonte O, de modo que todas las prácticas de explotación que tienden a amontonar desechos con alguna remoción del suelo, agravan más el problema. Es importante considerar, también, que este elemento es muy sensible a cambios ambientales.

El 90-95% del fósforo de un suelo está integrado en compuestos orgánicos e inorgánicos insolubles (HAYMAN, 1975, cit. por BORIE, 1981). También se sabe que el ritmo de absorción de los iones fosfatos por la planta, es superior al desplazamiento de dichos iones desde el suelo no rizosférico hacia la raíz. Ello origina una zona de agotamiento del elemento en la rizosfera. Esta zona de agotamiento es la base que justifica que el ion fosfato sea factor limitante del crecimiento de las plantas en gran número de suelos (BORIE, 1981). El desplazamiento del fósforo hacia la raíz se produce por simple difusión; en el trayecto hacia ella puede fijarse a arcillas y coloides del suelo debido a combinaciones insolubles con calcio en pH superior a 6,5 y con aluminio y hierro en pH inferiores a 4,0.

3. Potasio.

Aunque una deficiencia de potasio puede afectar procesos tan diversos como la respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila y contenido en agua de las hojas, el papel específico del elemento en las plantas es desconocido hasta ahora. Las concentraciones de potasio más elevadas se encuentran en las regiones meristemáticas de las plantas, observación que concuerda con otros hallazgos que identifican a este elemento como esencial para activar las enzimas que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas.

La acumulación de glúcidos frecuentemente observada durante las primeras fases de la deficiencia de potasio, puede ser debida a la alteración en la síntesis de proteínas. Es decir, - que los esqueletos carbonatados que en condiciones normales inter- vendrían en la síntesis de proteínas, se acumulan en forma de glú- cidos. Además de este papel de activador del metabolismo protei- co, el potasio puede actuar también, como activador de varias en- zimas que intervienen en el metabolismo glucídico (DEVLIN, 1976).

El potasio es absorbido en cantidad superior a la nece- saria para un desarrollo normal y posee cierta movilidad dentro - de la planta, siendo arrastrado con facilidad por la lluvia que - cae sobre las hojas (DANIEL, P.W. et al., 1982).

4. Azufre.

Este elemento, esencial para las plantas, se encuentra bien dis- tribuido en todos los órganos y tejidos de la planta, ya que for- ma parte de tres aminoácidos: cistina, cisteína y metionina (ME - YER et al., 1972, cit. por VALENCIA y OLAVE, 1982). Aparentemen- te, el azufre existe en todas las proteínas vegetales y su porcen- taje nunca excede del 2% de la molécula proteínica. Por esto, el azufre también es un constituyente esencial de todas las enzimas. En forma de grupos SH-libres, este elemento es responsable de la actividad de las llamadas "tiolenzimas" y algunas enzimas proteo- líticas como la papaína.

Por otra parte, la célula contiene una serie de com - puestos azufrados, los que en forma de coenzimas representan una - posición clave en el metabolismo. En algunos de éstos, el azufre está incorporado firmemente en la estructura molecular (tiamina, biotina); en otros representa, como grupo SH-libre, el lugar de - reacción en la molécula (coenzima A, amida del ácido lipónico). Los enlaces disulfuros están asociados con las características es- tructurales del protoplasma; en algunas especies, la concentra - ción de grupos SH- en los tejidos de las plantas, está relaciona - da con el aumento de resistencia al frío y la sequía; participa - en la formación de la clorofila y la ferredoxina (VALENCIA Y OLA - VE, 1982).

La absorción del azufre ocurre normalmente por las raí - ces en la forma de ion SO_4^{2-} , pero también puede penetrar en las ho - jas en forma de SO_2 , cuando el gas se encuentra en la atmósfera. Sin embargo, debe hacerse notar que este gas se torna muy tóxico

para las plantas, aún a muy bajas concentraciones.

Aunque el azufre penetra en el vegetal en forma oxidada, es reducido frecuentemente a grupos SH-, durante la formación de los aminoácidos u otras moléculas orgánicas que contengan este elemento.

Al parecer, el azufre de las moléculas orgánicas de las células vivas puede ser nuevamente convertido en inorgánico, generalmente sulfato, bajo cuya forma puede redistribuirse dentro de la planta y emplearse de nuevo en otros tejidos, en la formación de nuevos compuestos orgánicos sulfurosos. De esta manera, pueden movilizarse cantidades relativamente grandes de las hojas a los frutos o a las semillas en maduración.

5. Boro.

La participación del boro en los procesos metabólicos de las plantas no ha sido establecido definitivamente. En contraste a la mayoría de los elementos trazas, no se conoce para el boro una participación directa en sistemas enzimáticos, como es el caso del cobre.

Varios estudios se han hecho con el fin de dilucidar el rol bioquímico del boro, usando para ello plantas deficientes en este elemento, o bien induciendo tal deficiencia.

Los resultados de estas experiencias (TISDALE, 1970), indican que el boro participaría en el metabolismo de los carbohidratos facilitando el movimiento de los azúcares.

DUGGAR, HUMPHEREYS (1960), cit. por BONNER y VARNER (1976), atribuyeron este hecho a que el boro inhibiría la síntesis de almidón favoreciendo la de sacarosa que es el principal azúcar traslocado por las plantas. Por otra parte, se ha encontrado en plantas deficientes en boro una marcada acumulación de ácidos fenólicos (LEE y ARONOFF, 1967) los cuales, a su vez, son precursores en la síntesis de la pared celular. Niveles elevados de ácidos fenólicos causan necrosis y muerte.

Sin embargo, la función más importante que se le atribuye al boro y que se correlaciona con la falta de crecimiento y muerte de zonas meristemáticas, es la de intervenir en el metabo-

lismo del RNA según LACKSON y CHAPMAN, cit. por NICHOLAS et al. (1975).

Se ha postulado, además, que en plantas deficientes en boro, la disminución de giberalina GA_3 , una fitohormona responsable del crecimiento meristemático, sería una consecuencia de la alteración en la síntesis del RNA causada por la deficiencia (CRESWELL y NELSON, 1973).

El boro es absorbido en una o más de sus formas iónicas tales como $B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-} ó BO_3^{3-} y se traslada rápidamente a las zonas meristemáticas donde se acumula.

6. Cobre.

El cobre provee a la planta de un metal que en su forma reducida reacciona fácilmente y reduce el O_2 . En su forma oxidada, el metal es rápidamente reducido. En complejos proteicos tiene un alto potencial redox. La evolución bioquímica ha explotado estas propiedades en enzimas que pueden hidroxilar monofenoles, oxidarlos para originar polímeros complejos (por ejemplo: lignina, melanina), terminar cadenas de transporte electrónico, detoxificar sus peróxidos, oxidar aminas y actuar generalmente como oxidasas citoplasmáticas. Ningún otro ion metálico tiene las propiedades requeridas para sustituirlo (CLARKSON y MANSON, 1980).

Este elemento en el suelo está presente principalmente absorbido como Cu^+ , en solución y formando diversos complejos. La absorción es suficientemente fuerte para mantener la concentración de cobre disponible en el suelo de baja fertilidad. Si la cantidad de cobre excede la capacidad de absorción y si las condiciones son ácidas u oxidantes, los niveles de cobre en soluciones se encontrarán aumentados.

La disponibilidad de cobre para la planta está a pH menores de 5,5 pues a pH alcalino, ésta disminuye. A pH muy ácidos pueden darse incluso niveles tóxicos. Actualmente hay pocos estudios relacionados con la absorción de cobre en pino insigne.

El primero en demostrar que el cobre es un elemento esencial en nutrición vegetal, fue SOMMER en 1942, cit. por VALDES y HERRERA (1982).

Este elemento tiene una participación importante en la estructuración del aparato fotosintético de la hoja.

El principal rol del cobre es a nivel de procesos enzimáticos, que comprenden oxidasas, monofenol oxidasa, lacasa y otras. La actividad de estas enzimas es dependiente del contenido de cobre, que sufre una óxido reducción durante la reacción catalizada. En ausencia de cobre las enzimas se inactivan y éste no puede ser reemplazado por otro elemento.

La participación del cobre en la fotosíntesis se debe, entre otros, a que forma parte de la plastocianina la cual participa en el transporte de electrones desde el fotosistema II al I (NICHOLAS et al., 1975).

El cobre interviene en el proceso fotosintético incrementando la clorofila de las hojas, ya que es necesario para formar porfirinas precursoras de clorofila, aunque éste no forma parte de la molécula de clorofila (WILL, 1972).

El hecho que la citocromo oxidasa contenga cobre establece función esencial del elemento en el metabolismo.

El desarrollo del sistema detoxificador de las cuprocin superóxido dismutasa depende también del cobre.

Se conoce también una participación del cobre en la regulación del activo metabolismo de los fenoles tánicos, tan abundante en las hojas de coníferas, cuya biosíntesis y degradación está controlada, entre otros factores, por la fenolasa.

La evidencia de la existencia de una proteína con cobre, específica, con actividad oxidativa del ácido ascórbico, se probó en 1950, por DAWSON y NAIR. El cobre aumenta la actividad oxidativa de estas enzimas e influencia otras reacciones metabólicas, como la actividad de amino oxidasas que catalizan la deaminación oxidativa de mono, di y poli aminas, para dar, finalmente, aldehídos, peróxidos de hidrógeno y amoníaco. Es decir, regula la concentración de aminas en el vegetal; así como la actividad de la "lacasa" que, según BOYER (1975), participa en el oscurecimiento del látex de algunos árboles.

Esta lacasa juega una función protectora contra agresión ambiental y del hombre. En contacto con el aire, la lacasa cataliza la oxidación de fenoles formando, finalmente, polímeros, protectores naturales del vegetal.

Otro rol atribuido al cobre, es la participación de ciertas sustancias tóxicas para la planta presentes en el suelo (SAUCHELLI, 1969).

Gran cantidad de cobre en medios nutritivos es fitotóxica. Esto tiene relación con la habilidad del cobre para desplazar al hierro, provocando clorosis, con su capacidad para inhibir fuertemente la absorción de zinc e inhibir el crecimiento de la raíz ya que ambos compiten por el mismo sitio de absorción (MENGEL y KIRKBAY, 1978) y también por su efecto inhibitor del proceso fotosintético en altas concentraciones foliares.

ANEXO 2

SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIA DE ALGUNOS

ELEMENTOS NUTRITIVOS EN PINO INSIGNE

Los síntomas visuales han constituido el primer indicador de anomalías en el crecimiento o desarrollo en las plantaciones forestales. De su reconocimiento derivan los estudios posteriores que los asocian o no con la ocurrencia de incapacidad del sitio para el suministro suficiente de un elemento dado, frente a los requerimientos de ese elemento por la planta.

En algunos casos, especialmente cuando el crecimiento no es afectado en forma apreciable, son útiles como primeros indicadores de desórdenes nutricionales; pero, generalmente, va a manifestarse bajo condiciones de deficiencias moderadas a severas. Si bien sirven principalmente para propósitos de diagnóstico, la posibilidad de utilizarlos para el pronóstico de respuesta a una aplicación de fertilizantes depende del grado de correlación que se haya establecido, con anterioridad, entre severidad del síntoma y respuesta de campo (MORRISON, 1974). La necesidad de contar con experiencia anterior de ensayos en los suelos que se pretende fertilizar aparece también señalada por WILL (1981), aún cuando se diagnostica por análisis foliar.

Diagnosticar por síntomas visuales presenta la ventaja sobre otros métodos de diagnóstico de no requerir equipos ni tomar demasiado tiempo al observador, pero exige experiencia, conocimiento de las condiciones más favorables para la expresión de ellos y habilidad para la observación. El mayor problema que presenta el diagnóstico por síntomas visuales deriva de la circunscripción, común a muchas deficiencias, de expresarse por alteraciones similares como clorosis, muerte de ápices o malformaciones que, además, pueden estar asociadas a otros orígenes.

Con el objetivo de explicar los síntomas visuales de las deficiencias observadas en los estudios efectuados en esta investigación y porque puede ser útil para las personas que trabajan en silvicultura del pino insignne, se incluye una descripción resumida de los síntomas visuales de las deficiencias más comunes al pino insignne establecido.

1. Deficiencia de nitrógeno.

- Las acículas toman color verde amarillento en toda su extensión; en casos severos el color pasa a amarillo o hay clorosis seguida de necrosis en el extremo de las acículas. Las acículas son más cortas y el tiempo de retención es menor, dando la impresión de árboles poco poblados de follaje. Los síntomas son más pronunciados en el follaje más antiguo o en la parte más baja de la copa; así, las acículas terminales sobre el tronco principal son más verdes y más largas.
- En casos severos la flecha principal crece poco y poco poblada, los racimos de conos están poco espaciados y puede ocurrir muerte apical.
- El hábito de crecimiento cambia, las copas son pequeñas y angostas, producto de mayor reducción del crecimiento en diámetro que en altura y de un menor crecimiento, también en las ramas (WILL y HODGKISS, 1977; WILL, 1978; ADAMS, 1979).
- ADAMS (1979) informa de esta deficiencia en Chile en las dunas de Chanco y Ranquilco y en plantaciones en la zona de arenales. RAMIREZ et al., (1982) estiman en más de 40.000 hectáreas la superficie plantada en Chile donde se presenta la deficiencia (Cuadro I-1). En algunas áreas, el síntoma puede confundirse con el amarillamiento producido por anegamiento.

2. Deficiencia de fósforo.

Respecto de la caracterización de la sintomatología visual de la deficiencia de fósforo, hay discrepancias entre los distintos investigadores. A continuación se presenta una descripción comparada de las diversas opiniones.

- Las acículas son cortas; en árboles jóvenes, ligeramente cloróticas o con clorosis en los extremos, más notoria en las acículas vecinas a la yema de ramas laterales y secundarias. En árboles adultos, las acículas caen prematuramente dejando una copa tenue.
- La copa se hace piramidal, con ramas cortas y ralas cuando la deficiencia es más severa y puede ocurrir muerte de la flecha en varios metros, especialmente en sitios altos de lomajes escarpados (ceja de montaña) (WILL, 1978; ADAMS, 1979; FLINN et al., - 1979).

- WILL (1978) anota que la fusión de acículas no es un síntoma específico de esta deficiencia y puede ocurrir asociada a deficiencia de boro o cobre, habiendo sido sugerida su asociación con deficiencia de calcio (MEAD, cit. por WILL, 1978) o a otras causas; en todo caso, su frecuencia aumenta con el incremento de la deficiencia. Los autores la han observado asociada a deficiencia de boro (ensayo 2.3 "Pichilemu"), asociada a deficiencia de cobre en suelos de serie Arenales y no asociada a niveles críticos de fósforo (ensayo 4.1 "San Marta").

ADAMS (1979) determinó, por sintomatología visual, la presencia de deficiencia de fósforo en serie Los Guanacos. De acuerdo a prospecciones visuales efectuadas por RAMIREZ et al., (1982), sería la segunda deficiencia en cuanto a superficie donde ha sido observada (Cuadro I-1).

3. Deficiencia de potasio.

- Clorosis del extremo de las acículas; en casos más severos sigue decoloración café y luego necrosis. La clorosis es más evidente detrás del nuevo brote, en las acículas más jóvenes -últimas- del crecimiento del año anterior (observación de primavera). Sobre las acículas de la estación, los estados de necrosis del extremo de acículas, que reflejan severa deficiencia, aparecen a fines de verano e invierno.
- En árboles más jóvenes puede estar afectada toda la copa, pero en árboles más viejos, la clorosis es más pronunciada en la copa baja.
- La deficiencia de potasio puede inducir curvatura de ramas que se inicia en los brotes de la estación que salen desde el líder y que pueden tomar formas en "U" por pérdida de rigidez y posterior lignificación que hace permanente la curvatura. (HALL y RAUPACH cit. por WILL, 1972; RAUPACH y CLARKE, 1971; WILL, 1978).

La deficiencia de potasio ha sido determinada mediante análisis foliar por TORO (1981), GERDING et al., (1982) y los autores de este documento que, en plantaciones jóvenes en suelo Collipulli, observaron la siguiente secuencia de síntomas: clorosis del extremo de acículas, enrojecimiento del extremo de acículas y luego necrosis o desaparición del síntoma en la temporada siguiente.

CUADRO I-1. Superficie afectada 1/, por Región y por elemento, cuya deficiencia ha sido comprobada por síntomas visuales. (ha).

Región	Elemento deficiente				
	Boro	Cobre	Nitrógeno	Fósforo	Otros(2)
V	2.045,00	-	-	-	4.112,00
VI	18.330,30	12.076,9	6.695,70	4.360,45	-
VII	7.340,80	-	-	210,00	-
VIII	36.556,60	25.104,2	34.110,20	57.774,30	-
IX	8.730,87	-	3.678,90	-	-
X	3.101,90	-	-	-	-
Total	76.105,47	37.181,10	44.484,80	62.344,75	4.112,00

1/ Corresponde a la superficie prospectada donde se observó la deficiencia en porcentaje variable de árboles afectados.

2/ Corresponde a deficiencias de otros microelementos.

Fuente: RAMIREZ et al., 1982.

4. Deficiencia de azufre.

- La deficiencia moderada de azufre se presenta asociada con amarillamiento general del follaje en invierno, especialmente en sitios fríos y expuestos.
- Bajo condiciones de deficiencia severa hay clorosis en la base de las acículas y muerte regresiva en uno o dos metros de la flecha o muerte de yemas.
- Los síntomas de deficiencia combinada con boro ocurren en primavera cuando la demanda es alta y los elementos son limitantes.

Los síntomas severos de "muerte regresiva" ocurren en primavera y verano, estaciones de mayor necesidad de nutrientes y de agua.

Se ha postulado una asociación de esta deficiencia con "muerte regresiva", producto del ataque de Diplodia pinea (Desm) Kickx. (LAMBERT y TURNER, 1977).

La deficiencia de azufre ha sido determinada para Chile por VALENCIA y OLAVE (1982) en ensayos dirigidos por GONZALEZ, C. y RODRIGUEZ, M.; mediante análisis foliar en plantaciones.

5. Deficiencia de calcio.

- En algunos bosques, donde la deficiencia de fósforo es severa, se considera probable que la resinación del fuste y alrededor de las yemas y la muerte apical del líder se deba a una deficiencia asociada de calcio (WILL, 1978).

Hasta el momento, en Chile, los casos de resinación estudiados por GONZALEZ, G. (no publicados), demuestran que ésta deriva de fendas, pero hay un caso donde el nivel de fósforo, medido por análisis foliar, es bajo.

6. Deficiencia de magnesio.

- Las acículas del año anterior presentan los extremos de color amarillo dorado. Todas las acículas en el fascículo son afectadas en la misma extensión y todas las acículas de la misma edad

en una rama muestran el mismo grado de clorosis.

Los síntomas son más marcados a fines de primavera, siguiendo una máxima extracción del magnesio desde las acículas hacia el follaje de la temporada, y en el tercio superior de la copa.

La deficiencia se presenta en plantaciones jóvenes, - particularmente después de poda y en estaciones secas (WILL, 1966 y 1978).

ADAMS (1979) determinó síntomas de esta deficiencia en una pequeña área de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa de Chile.

GERDING et al., (1982) determinaron niveles marginales en plantaciones jóvenes sobre series Cauquenes y Santa Sofía, - KUNZ (1982) sobre serie Correltúe y los autores de este documento sobre series Collipulli, Constitución y Coreo, con la sintomatología característica.

7. Deficiencia de zinc.

- Determinada en el primer año de plantación como amarillez del extremo de acículas y necrosis del extremo de acículas; algunas acículas torcidas y las yemas en roseta (RUITER, 1971; KESSEL y STOATE cit. por KNIGHT, 1975).

Los autores de este documento no han encontrado, por análisis foliar, deficiencias de zinc en Chile, confirmando así apreciaciones de ADAMS (1979) y RAMIREZ et al., (1982).

8. Deficiencia de cobre.

- Las acículas pueden presentar extremos amarillos y fusión.

- Torsión y encorvamiento de ramas. La torsión se inicia en la parte superior de la planta, especialmente bajo condiciones de rápido crecimiento y bajo suministro de cobre y es permanente. La flecha puede encorvarse hasta crecer horizontal o en bucle, - en casos severos; las ramas tienden a un ángulo de inserción mayor, crecen en un plano más horizontal y el ramaje puede parecer como creciendo orientado por el viento, aún cuando no ocu -

rra severo encorvamiento de ramas (RAUPACH et al., 1971; WILL, 1972 y 1978).

- En Chile, síntomas semejantes a los descritos para la deficiencia, han sido observados por KONOW (1980) en la VI Región y FUENTES (1983) para trumaos en la VIII Región; TOLLENAAR(*) en suelos rojos de la VII Región; en ninguno de los casos documentados los niveles de cobre, medidos por análisis foliar, son bajos de acuerdo a la pauta de WILL (1978), sino que se encuentran en el rango satisfactorio. Es probable que en Chile ocurra una interacción con los elementos nitrógeno y fósforo que debe determinarse (RUITER, 1969; WILL, 1972). RAMIREZ et al., (1982), estiman en más de 35.000 ha la superficie sobre la que se ha prospectado esta deficiencia.

Los autores del presente documento han guiado trabajos, tanto en viveros como en plantaciones, tendientes a dilucidar fuentes, dosis y formas de aplicación con fertilizaciones cúpricas.

9. Deficiencia de boro.

- Los síntomas en acículas son variables y no distintivos: clorosis y necrosis de los extremos, resinación, distorsión, fusión, falta de crecimiento - clorosis - muerte y caída prematura. En algunas condiciones parece que la zona vecina a las yemas terminales estuviera más poblada de acículas como producto de un a cortamiento de los espacios entre fascículos; por ejemplo, en plantaciones menores de 2 años.
- El síntoma de muerte de yemas y ápices, tanto en el brote principal como en laterales, es característico. Esta muerte es recurrente y, bajo condiciones de permanente falla en el suministro, lleva el "arbustamiento" de la planta.
- La muerte de yemas y ápices es más común en verano; en observaciones de invierno y, especialmente, en primavera, el síntoma puede estar enmascarado por el crecimiento de otoño y de la temporada, respectivamente.

(*) Comunicación personal.

Ocasionalmente, bajo condiciones de severa deficiencia, la yema principal se encuentra embebida de resina y no brota en primavera; si el suministro de agua es adecuado, hay rebrote de yemas inmediatamente inferiores o de yemas de fascículos transformadas.

Existe variación de los síntomas descritos. Es posible que no ocurra muerte de yema o brote, pero detengan su desarrollo o su crecimiento esté restringido; en este último caso, de brotes enanizados, los fascículos aparecen muy cercanos unos de otros. Cuando ocurren estas condiciones, aparecen los síntomas denominados de "retraso de la yema", "retraso del líder" y, si los brotes laterales alcanzan igual o mayor crecimiento que el brote principal, el síntoma de "flecha múltiple" (STONE y WILL, 1965; SNOWDON, 1971; WILL, 1978).

- La deficiencia fue comprobada por primera vez en Chile por TOLLENAR (1969) y, desde entonces, ha sido confirmada frecuentemente para prácticamente todos los suelos forestales que soportan el cultivo de pino insigne (ZOTTLE, 1973; SCHLATTER y GREZ, 1978; ADAMS, 1979; TORO, 1981; KONOW, 1980; GERDING et al., 1982; GONZALEZ, E.P., 1982; KUNZ, 1982). RAMIREZ et al., (1982) estiman en más de 75.000 ha la superficie sobre la cual ha sido observada esta deficiencia.

Los autores de este documento han observado sobre Pinus radiata D. Don, el síntoma descrito por STONE y WILL (1965) para Pinus pinaster Ait., de "espacios irregulares de brácteas vacías dentro de series fértiles portadoras de fascículos" en brotes nuevos de primavera, en los ensayos y plantaciones.

ANEXO 3

DESCRIPCIONES DE SERIES DE SUELOS

Serie Coreo (Ensayos 2.2 "La Alfalfa" y 4.2 "Cholguahue").

Ubicación : A ambos lados del río Laja, al este del Llano Central, en las provincias de Ñuble y Biobío.

Geomorfología y topografía : Plano ligeramente ondulado, área de deposición no glacial.

Material de origen : Arenas y gravas andesíticas-basálticas.

Pluviometría : 1.500 a 2.000 mm

Drenaje : Moderado.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 23 Color 10 YR 2/2; areno-franco, con arenas medias y gravas; suelto en seco, friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; buena penetración radicular; pobre en materia orgánica; pH 6,3.

23 - 97 Color 10 YR 3/1; arena gruesa, con algunas gravas finas escasas; estructura de grano simple, suelto en seco y en húmedo; no plástico, no adhesivo; menos raicillas; pH 6,7; límite lineal abrupto.

97 - 113 Color 7,5 YR 3/2; areno franco, con muy pocas gravas; estructura de grano simple, firme en seco y en húmedo; pocas raíces finas, algunas gruesas; límite lineal difuso; pH 6,6.

113 - 143 Color variegado, matriz 7,5 YR 3/2; otros colores 7,5 YR 4/4 - 5/4; arenosa media, grano simple; firme en seco, más suelto en húmedo, excepto en los sectores con manchas y concreciones, se observan cementaciones difusas con sesquióxidos; pocas raíces; límite lineal abrupto; pH 6,6.

143 - 183

Color 10 YR 4/1 - 3/2, areno franco; estructura masiva, firme en húmedo y seco; no plástico, no adhesivo; no se ven raíces; límite abrupto; pH 6,7.

más de
183

Color 10 YR 2/1; arenosa; sin estructura; moteados de color 7,5 YR 4/4, prominentes y abundantes; no hay raíces.

Fuente: IREN (1964).

Serie Arenales (Ensayos 1.1 y 4.1 "Lo Moreno").

Ubicación : Fundo "San José", en el camino de Los Angeles-Santa Bárbara, Provincia de Biobío.

Geomorfología y topografía : Area depositacional, no glacial, plano a ligeramente ondulado.

Material de origen : Arenas andesíticas y basálticas.

Pluviometría : 1.200 a 1.500 mm

Drenaje : Regular a bueno.

Erosión : Ligera eólica.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 30

Color 10 YR 2/2, en húmedo, arenoso grueso a areno franco; estructura de grano simple; -suelto en húmedo; pH 6,5; límite de horizonte claro, liso.

30 - 60

Color 10 YR 3/3, en húmedo; arenoso grueso a areno franco; estructura de grano simple; -suelto en húmedo; límite de horizonte claro; pH 6,5.

60 - 100

Color 10 YR 4/3, en húmedo; arenoso grueso; estructura de grano simple; suelto en seco; límite abrupto; pH 6,8.

100 - 150
y más

Color 10 YR 3/1 en húmedo; suelto; grano simple; arenoso grueso; pH 6,4.

Fuente: IREN (1964).

Serie Collipulli (Ensayos 1.2 y 2.1 "El Porvenir").

- Ubicación : A 7 km al norte de Collipulli; ocupa un área que se extiende desde la Provincia de Talca hasta el norte de la Provincia de Cautín.
- Geomorfología y topografía : Suelo de posición intermedia, montañoso, plano depositacional, no glacial.
- Material de origen : Conglomerado volcánico altamente descompuesto de andesita y basalto.
- Pluviometría : 1.200 a 1.500 mm.
- Drenaje : Externo, rápido; interno, medio.
- Erosión : Altamente erosionado.
- Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 18

Pardo rojizo oscuro en húmedo, 5 YR 3/3; pardo oscuro en seco, 7,5 YR 4/4; textura arcillo limosa; estructura granular gruesa, media a fina a bloques subangulares medios y finos, moderados; duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; raíces finas y abundantes, raíces medias comunes; presenta fisuras verticales y horizontales; lombrices escasas; moderada digestión al agua oxigenada; pH 5,6; límite inferior difuso.

18 - 66

Pardo rojizo oscuro en húmedo, 3,5 YR 3/4; pardo en seco; 7,5 YR 5/4; textura arcillosa; estructura prismática y media, moderada a bloques angulares y subangulares medios y finos, moderados; duro en seco, firme en húmedo; raíces finas comunes; poros finos y medios, escasos; cerosidad en la cara externa de los agregados y en los poros; ligera efervescencia al agua oxigenada; pH 5,4; límite inferior difuso.

66 - 190

Pardo rojizo oscuro en húmedo, 2,5 YR 3/4; pardo en seco, 7,5 YR 5/4; textura arcillo limosa; estructura de bloques angulares y subangulares gruesos, medios y finos, moderados; friable, raíces finas escasas; poros finos comunes; cerosidades abundantes en cara externa de los agregados y poros; ligera efervescencia al agua oxigenada, pH 5,4; límite inferior difuso.

190 - 240	Rojo oscuro en húmedo, 2,5 YR 3/6; pardo oscuro en seco; 7,5 YR 4/4; textura arcillo ti-mosa; estructura de bloques angulares y sub-angulares medios y finos moderados; raíces - finas escasas; piedras descompuestas, esca-sas, ligera efervescencia al agua oxigenada; pH 5,4; límite inferior abrupto ondulado.
más de 240	Conglomerado volcánico altamente descompues-to en andesita y basalto.

Fuente: IREN (1964).

Serie Constitución (Ensayo 3.1 Predio "Santa Marta")*

Ubicación : 10 km al este de Constitución.

Geomorfología y to : Suelo de posición intermedia, plano a ligera pografía ondulado; disectado por formaciones de drenaje poco desarrolladas, especialmente - por cursos intermitentes que han formado que bradas.

Material de origen : Rocas metamórficas.

Pluviometría : 700 a 1.200 mm.

Drenaje : Externo a interno bueno.

Erosión : Laminar intensa.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 16 Color 10 YR 5/6 en seco, pardo amarillento - en húmedo, 10 YR 3/3, pardo oscuro. Textura U.S.D.A., franco arcilloso, estructura en - bloques angulares; duros en secos; muy plás-tico y adhesivo en húmedo, abundancia de raí-ces y raicillas; límite inferior lineal.

17 - 48 Color 7,5 YR 4/4 en seco y en húmedo, pardo oscuro; textura U.S.D.A. arcillosa. Estructura de bloques subangulares, con presencia de raicillas y algunas inclusiones de cuarzo. Friable, fácilmente penetrable por las raí-ces.

* Descripción Prof. Pedro Carrasco Peña.

49 - 110

Color 5 YR 5/8 en seco; rojo amarillento; 5 YR 4/6 en húmedo, rojo amarillento. Textura U.S.D.A. arcillosa, estructura de bloques - subangulares fácilmente disgregables. Horizonte sin problemas de penetración para las raíces. Presenta algunas inclusiones de cuarzo.

Serie Constitución (Ensayos 1.3 y 2.3 Predio "Pichilemu")*

Ubicación : A 4 km al noroeste del pueblo de Empedrado.

Geomorfología : Suelo de posición intermedia en posición de lomajes.

Material de origen : Roca metamórfica, pizarras fracturadas que descansan sobre un suelo granítico.

Pluviometría : 700 a 1.200 mm.

Drenaje : Externo e interno bueno.

Erosión : Laminar moderada a fuerte, con presencia de cuarzo lechoso en la superficie.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 34

Pardo muy oscuro en seco, 7,5 YR; pardo oscuro en húmedo, 7,5 YR 4/4. Textura franco arcillosa con abundancia de gran estructura de bloques que rompen a bloques más pequeños y a gránulos, plástico y adhesivo, duro en seco, compacto, con abundancia de raíces y raicillas.

35 - 64

Pardo en seco, 7,5 YR; pardo oscuro en húmedo, 7,5 YR 4/4. Textura arcillosa, con abundancia de pizarra fracturada de cantos angulares; también se observan fragmentos de cuarzo de tamaño variable, plástico y adhesivo - en húmedo, duro en seco. Presencia de raíces y raicillas en menor proporción que en el horizonte anterior.

* Descripción Prof. Pedro Carrasco Peña.

- 64 - 84 Sustrato de pizarra fracturada fina intemperizada, compacto en seco en el que se observan minerales de colores rojizos. Los elementos finos que se encuentran entre los intersticios son de textura franco arcillosa.
- 84 - 109 Pizarra satinada fracturada alterada sólo en su límite superior, descansa sobre un material arcilloso de origen granítico que corresponde al suelo original.

Serie Curanipe (Ensayos 5.1 Predio "San Pedro")*

- Ubicación : 20 km al sur de la ciudad de Constitución.
- Geomorfología : Suelo de posición baja, de lomajes; corresponde a una terraza marina.
- Material de origen : Rocas sedimentarias.
- Pluviometría : 700 a 1.200 mm.
- Drenaje : Externo regular, interno impedido.
- Erosión : Laminar en los sectores más escarpados.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 12

Color 10 YR 5/8 en seco, pardo amarillento; 10 YR 3/4 en húmedo, pardo oscuro amarillento. Textura U.S.D.A: franco arcilloso. Estructura de bloques subangulares que rompen a bloques medios y finos. Plástico y adhesivo en húmedo, friable, abundancia de raíces y raicillas, de fácil penetración.

13 - 52

Color 10 YR 4/4 en seco: pardo oscuro amarillento, 10 YR 5/6 en húmedo; pardo amarillento. Textura U.S.D.A. franco arcillosa. Estructura de bloques angulares. Presenta un moteado abundante de colores diversos: amari

* Descripción Prof. Pedro Carrasco Peña.

lentos, grises y pardo oscuros, denotando - problemas de drenaje.

53 y más

Estrata arcillosa densa, que constituye un - hardpan.

Serie Curanipe (Ensayo 5.2 Predio "María Las Cruces")*

Ubicación : Frente a la Planta Celulosa Arauco.

Geomorfología : Suelo de posición intermedia en posición de lomajes abruptos pertenecientes a una terraza marina.

Material de origen : Sedimentos marinos.

Drenaje : Externo e interno bueno.

Erosión : No existe.

Características físicas y morfológicas del perfil:

(cm)

0 - 17

Color en húmedo 10 YR 3/4; pardo oscuro amarillento. Textura U.S.D.A. arcillosa, estructura de bloques angulares que rompen a bloques finos y a gránulos. Plástico y adhesivo en húmedo, con gran actividad biológica, abundancia de raíces y raicillas. Suelo en seco muy compacto y duro con limitaciones para la penetración radicular.

18 - 114

Color en húmedo 5 YR 4/6, rojo amarillento. Textura U.S.D.A. arcillosa, estructura de bloques finos y de gránulos, friable, fácilmente disgregable y de penetrar por las raíces. Abundancia de raicillas y de presencia de micorrizas.

* Descripción Prof. Pedro Carrasco Peña.

Análisis Físico de los Suelos de los Ensayos.

Muestras	Determinaciones			
	% Arena	% Limo	% Arcilla	Text.Sistema U.S.D.A.
Santa Marta				
0 - 16 cm	37,5	27,5	35,0	Franco arcilloso
17 - 48 cm	29,8	17,4	52,8	Arcilloso
49 - 150 cm	21,3	18,5	60,2	Arcilloso
Pichilemu				
0 - 34 cm	20,8	46,3	32,9	Franco arcilloso
34 - 64 cm	21,3	38,7	40,0	Arcilloso
64 - 84 cm	38,1	31,4	30,5	Franco arcilloso
84 - 109 cm	47,9	23,3	28,8	Franco arcillo arenoso
San Pedro				
0 - 12 cm	43,8	27,4	28,8	Franco arcilloso
13 - 52 cm	52,1	23,3	24,6	Franco arcilloso
52 y más cm	41,1	17,2	41,7	Arcilloso
Lo Moreno				
0 - 30 cm	91,3	4,9	3,8	Arenoso
30 - 60 cm	96,9	1,8	1,3	Arenoso
60 - 90 cm	Por la ausencia de horizontes no fue necesario			
90 - 120 cm	realizar análisis a estas profundidades.			
La Alfalfa				
0 - 30 cm	88,8	7,4	7,8	Arenoso
30 - 60 cm	94,4	3,1	2,5	Arenoso
60 - 90 cm	95,0	3,1	1,9	Arenoso
90 - 120 cm	95,0	3,1	1,9	Arenoso
Cholguahue				
0 - 30 cm	91,0	5,2	3,8	Arenoso
30 - 60 cm	95,5	1,7	2,8	Arenoso
60 - 90 cm	95,5	2,2	2,3	Arenoso
El Porvenir				
0 - 30 cm	15,3	36,3	48,4	Arcilloso
30 - 60 cm	5,9	32,3	61,8	Arcilloso
60 - 90 cm	2,2	25,8	72,0	Arcilloso
90 - 120 cm	5,9	22,9	71,2	Arcilloso
María Las Cruces				
0 - 17 cm	30,9	17,2	51,9	Arcilloso
18 - 114 cm	12,4	11,2	76,4	Arcilloso

Análisis Químico de los Suelos de los Ensayos

Muestras	Determinaciones									
	pH	M.O.	N-NO ₃	P B y K N°2	K	Ca	Mg	Sulfa- tos ppm		
			--- ppm ---			--- meq/100 g.s. ---				
Santa Marta										
0 - 30 cm	5,7	MAc	1,40 B	8,3 MB	0,7 B	0,06 MB	1,75 MB	1,60 M		
30 - 60 cm	5,9	"	0,70 "	6,5 "	0,7 "	0,04 "	1,41 "	2,31 "		
60 - 90 cm	5,6	"	0,17 MB	5,0 "	0,7 "	0,04 "	1,63 "	2,33 "		
90 - 120 cm	5,6	"	0,17 "	4,8 "	0,7 "	0,04 "	1,41 "	3,42 A		
Pichilemu										
0 - 30 cm	5,4	MAc	0,17 MB	12,0 B	0,7 B	0,04 MB	0,78 MB	0,62 B		
30 - 60 cm	5,4	"	0,17 "	7,0 MB	2,8 "	0,04 "	0,63 "	0,72 "		
60 - 90 cm	5,3	"	0,17 "	5,8 "	1,0 "	0,04 "	0,54 "	0,80 "		
90 - 120 cm	5,2	"	0,17 "	5,3 "	0,8 "	0,06 "	0,25 "	1,36 M		
San Pedro										
0 - 30 cm	5,9	MAc	5,69 A	20,0 B	1,1 MB	0,60 N	1,79 B	2,36 N		
30 - 60 cm	6,1	"	2,41 N	10,5 "	1,2 "	0,30 "	1,54 "	3,23 "		
60 - 90 cm	5,6	"	1,72 B	20,0 "	0,5 "	0,30 "	2,04 "	7,50 "		
90 - 120 cm	5,8	"	1,31 "	12,5 "	0,5 "	0,15 B	2,20 "	8,43 "		
Lo Moreno										
0 - 30 cm	6,1	MAc	0,5 B	5,5 MB	1,2 MB	0,10 MB	0,9 MB	0,11 MB	0,4	
30 - 60 cm	6,3	"	0,5 "	5,0 "	0,25 "	0,06 "	1,4 "	0,16 "	0,4	
60 - 90 cm	Por la ausencia de horizontes, no fue necesario reali-									
90 - 120 cm	zar análisis a estas profundidades									
La Alfalfa										
0 - 30 cm	5,8	MAc	1,4 N	6,5 MB	0,25 MB	0,10 MB	0,5 MB	0,06 MB	1,5	
30 - 60 cm	6,0	"	0,5 "	5,5 "	0,25 "	0,06 "	0,6 "	0,07 "	0,7	
60 - 90 cm	6,0	"	0,5 "	5,0 "	0,25 "	0,06 "	0,7 "	0,08 "	0,4	
90 - 120 cm	6,0	"	0,5 "	4,3 "	0,25 "	0,06 "	0,8 "	0,09 "	0,4	
Cholguahue										
0 - 30 cm	6,5	MAc	1,6 B	8,0 MB	2,0 B	0,20 B	1,6 B	0,30 B		
30 - 60 cm	6,5	"	0,6 "	3,0 "	0,5 "	0,20 "	1,3 "	0,40 "		
60 - 90 cm	6,5	"	0,5 "	3,0 "	0,5 "	0,20 B	0,8 "	0,30 "		
90 - 120 cm	Por ausencia de horizonte, no fue necesario realizar análisis.									

Muestras	Determinaciones														
	pH	M.O.	N-NO ₃	P B y K N°2	K	Ca	Mg	Sul fa- tos							
			--- ppm ---		--- meq/100 g.s. ---			ppm							
El Porvenir															
0 - 30 cm	5,5	MAc	7,4	MA	18,0	B	6,0	B	0,99	A	12,1	A	1,9	M	1,5
30 - 60 cm	5,5	"	2,9	M	12,5	"	1,2	MB	0,64	"	10,7	"	1,8	"	0,7
60 - 90 cm	5,6	"	1,6	"	7,0	MB	3,0	"	0,42	M	9,1	M	2,8	"	1,8
90 - 120 cm	5,7	"	1,0	B	6,3	B	4,8	B	0,35	"	9,1	"	3,3	A	5,1
María Las Cruces															
0 - 30 cm	5,0	FAC	2,17	M	5,25	MB	1,83	MB	0,10	B					
30 - 60 cm	4,9	"	0,86	B	5,26	"	0,98	"	0,05	"					
60 - 90 cm	5,1	MAc	0,69	B	5,00	"	0,98	"	0,03	"					
90 - 120 cm	Por ausencia de horizonte, no se realizó análisis.														

Interpretación: M Ac = Moderadamente ácido.
M A = Muy alto.
M = Medio.
A = Alto.
M B = Muy bajo.
B = Bajo.
N = Normal.
F Ac = Fuertemente ácido.

ANEXO 4

Tratamiento	Repeticiones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
0	30 cm	2.5	MAC	2.4	MA	10.0	2	6.0	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	90 cm	2.8	"	1.6	"	1.0	MB	3.0	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M	"	0.4	M
90	150 cm	2.7	"	1.0	"	1.0	B	4.8	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2	"	0.2

ANALISIS DE COVARIANCIA

Tratamiento = T
Repeticiones = R
A = Alto
B = Bajo
M = Fertilizante
FAC = Fertilizante ácido

F.de V	G L	S C X	S C Y	S P X Y	Errores de estimación		
					S C	G L	C M
Total	rt - 1	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}^2 - Cx$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij}^2 - Cy$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} Y_{ij} - Cxy$			
Bloques	r - 1	$\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m X_{ij})^2}{t} - Cx$	$\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m Y_{ij})^2}{t} - Cy$	$\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m X_{ij})(\sum_{j=1}^m Y_{ij})}{t} - Cxy$			
Trata- mientos	t - 1	$\frac{\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n X_{ij})^2}{r} - Cx$	$\frac{\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n Y_{ij})^2}{r} - Cy$	$\frac{\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n X_{ij})(\sum_{i=1}^n Y_{ij})}{r} - Cxy$			
Error	(r-1)(t-1)	SCXT-(SCXB+SCXTr)	SCYT-(SCYB+SCYTr)	SPXYT-(SPXYB+SPXYTr)	S C E	GLE-1	$\frac{SCE}{GLE-1} \quad (1)$
Trata- mientos + Error	GLT+GLE	SCXTr + SCXE	SCYTr + SCYE	SPXYTr + SPXYE	SCTrE	GLTrE-1	
Diferencia para probar las medias ajustadas de los tratamientos					SCTrE-SCE	(GLTrE-1)-(GLE-1)	$\frac{SCTrE - SCE}{(GLTrE-1)-(GLE-1)} \quad (2)$
$F = \frac{(2)}{(1)}$							

Donde:

- GL = Grados de libertad.
- r = Número de bloques.
- t = Número de tratamientos.
- GLTr = Grados de libertad tratamientos.
- GLE = Grados de libertad error.
- GLT = Grados de libertad total.
- SCX = Suma de cuadrados de X.
- SCY = Suma de cuadrados de Y.
- SPXY = Suma de productos de X e Y.

$$C_x = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij})^2}{r t}$$

$$C_y = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij})^2}{r t}$$

$$C_{xy} = \frac{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}) (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij})}{r t}$$

- Cx = Corrección para X.
- Cy = Corrección para Y.
- Cxy = Corrección para xy.
- n = 1,2,3,...,r.
- m = 1,2,3,...,t.

- SCXT = Suma de cuadrados de X Total.
- SCXB = Suma de cuadrados de X Bloques.
- SCXTr = Suma de cuadrados de X Tratamientos.
- SCXE = Suma de cuadrados de X Error.
- SCYT = Suma de cuadrados de Y Total.
- SCYB = Suma de cuadrados de Y Bloques.
- SCYTr = Suma de cuadrados de Y Tratamientos.
- SCYE = Suma de cuadrados de Y Error.
- SPXYT = Suma de productos X e Y Total.
- SPXYB = Suma de productos X e Y Bloques.
- SPXYTr = Suma de productos X e Y Tratamientos.
- SPXYE = Suma de productos X e Y Error.

$$SCE = SCYE - \frac{(SPXYE)^2}{SCXE}$$

SCE = Suma de cuadrados de los errores de la estimación.

$$SCTrE = SCYTrE - \frac{(SPXYTrE)^2}{SCXTrE}$$

SCTrE = Suma de cuadrados de los tratamientos + Errores.

SCYTrE = Suma de cuadrados de Y de los tratamientos + Errores.

SCXTrE = Suma de cuadrados de X de los tratamientos + Errores.

SPXYTrE = Suma de productos X e Y de los tratamientos + Errores.

GLTrE = Grados de libertad de tratamientos + Errores (GLT + GLE).

LISTA DE PUBLICACIONES DEL PROYECTO

CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003

- DOCUMENTO TECNICO N° 1. Enero, 1978. 400 p.
"Bibliografía Forestal de Chile, Retrospectiva 1800-1975".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 1. Junio, 1977.
B. Husch y E. Jones: "Estado actual de las Plantaciones de Pinus radiata en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 2. Septiembre, 1977. 19 p.
Bertram Husch: "Política Forestal, su significado, formulación y utilidad".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 3. Octubre, 1977. 128 p.
"Resumen de Información sobre Proyectos de Investigación Forestal en Chile 1967-1977".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 4. Septiembre, 1977. 62 p.
Equipo de Trabajo en Inventarios Forestales: "Seminario sobre objetivos de un Inventario Forestal Contínuo en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 5. Febrero, 1978. 48 p.
Larry Benítez L.: "Recopilación de las Investigaciones realizadas en el país acerca de Plagas y Enfermedades en Pino insigne y Eucalyptus".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 6. Marzo, 1978. 134 p.
Boris Cerda S.: "Política y Clasificación de la Legislación Forestal Chilena en Actual Vigencia".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 7. Abril, 1978. 85 p.
Robert Bjornsen: "La Preparación de Ejercicios para el Simulador de Incendios".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 8. Mayo, 1978. 118 p.
"Bibliografía Forestal de Chile 1975-1977".

- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 9. Mayo, 1978. 48 p.
Víctor Durán, Carlos Douglas, Gonzalo Espinoza, Charles Jordan:
"Proposición para la Expansión del Programa Nacional de Capacitación de Obreros Forestales".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 10. Agosto, 1978. 55 p.
Boris Cerda S., Manuel Délano C.: "Análisis del Sistema de Divulgación de las Publicaciones Forestales Chilenas".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 11. Noviembre, 1978.
Rowland Burdon: "Mejoramiento Genético Forestal en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 12. Noviembre, 1978. 94 p.
Gara, Robert I.: "Protección Forestal en Chile: Proposición de un Plan Nacional".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 13. Octubre, 1978. 55 p.
Equipo de Trabajo en Investigaciones Forestales: "El Rol del Estado en la Investigación Forestal (El caso de Chile)".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 14. Diciembre, 1978. 36 p.
Fenton, Robert: "Un Programa de Investigación para las Plantaciones Chilenas de Pinus radiata".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 15. Marzo, 1979. 132 p.
César Ormazábal P., Boris Cerda S.: "Boletín Bibliográfico Forestal Chileno 1978".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 16. Marzo, 1979. 52 p.
Andrew G. Gordon: "Uso y Abastecimiento de Semillas Forestales en Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 17. Abril, 1979.
Fernando Cox Z.: "Diseño y Manual de Instrucciones para el Inventario Forestal Nacional Continuo de Plantaciones Forestales".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 18. Mayo, 1979. 85 p.
Mauricio Montecinos R., Patricio Argandoña R.: "Legislación Actual sobre el Patrimonio Forestal del Estado de Chile".
- DOCUMENTO DE TRABAJO N° 19. Mayo, 1979. 58 p.
J.A. Adams: "Fertilización de Plantaciones de Pinus radiata en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 20. Mayo, 1979.
George Fry: "Propuesta para el Manejo Intensivo de Plantaciones de Pinus radiata en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 21. Mayo, 1979. 55 p.
Fernando Cox Z.: "Antecedentes básicos para el diseño del Sistema de Procesamiento de Datos del Inventario Nacional Continuo en Plantaciones Forestales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 22. Junio, 1979. 81 p.
Ramiro Morales S., Benjamín Olivares P., Juan Gutiérrez M., Jaime García S.: "Estado Actual del Manejo de Plantaciones de Pinus radiata D. Don en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 23. Julio, 1979.
Goetz Schuerholz: "Proposición para la Administración y el Manejo de los Recursos de Vida Silvestre en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 24. Julio, 1979.
Harald Schmidt, Roberto Ipinza, León Vial: "Regeneración de Bosque Nativo de Raulí. Estudio Bibliográfico".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 25. Julio, 1979. 191 p.
Brian L. Houseal S.: "Manual para la Planificación y Diseño de los Parques Nacionales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 26. Agosto, 1979. 81 p.
César Ormazábal Pagliotti: "Análisis Crítico de los Estudios de Mercado de Productos del Pinus radiata realizados en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 27. Agosto, 1979. 81 p.
Manual Contreras S., Carmen Luz de la Maza A., Ricardo Merino C., Ramiro Morales A., Patricio Barros F., Andrés Weintraub P.: "Metodología de Evaluación Económica de Parques Nacionales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 28. Septiembre, 1979. 40 p.
Fernando Garrido, Manuel Ibarra, Jacqueline Steinmetz y Jorge Serón: "Variación de Poblaciones Naturales de Raulí (Nothofagus alpina (Poepp et Endl) Oerst). Revisión Bibliográfica".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 29. Octubre, 1979. 94 p.
Mario Puente E., Claudio Donoso Z., Rubén Peñaloza W. y Eduardo Morales V.: "Manejo de Renovales de Raulí (Nothofagus alpina) y roble (Nothofagus obliqua). Identificación y caracterización de renovales de raulí y roble".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 30. Noviembre, 1979. 114 p.
Ramiro Morales A., Andrés Weintraub P., Roland Peters N., y Jaime García: "Modelos de Simulación y Manejo para Plantaciones Forestales. Concepto y Revisión Bibliográfica".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 31. Enero, 1980. 68 p.
José A. Prado D., Santiago Barros A., Patricio Rojas V., Daniel Barros R., Antonio Rustom J., Antonio Vita A., y Gabriel Cogollor: "Metodología para la instalación y Análisis de Ensayos de Introducción de especies".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 32. Abril, 1980. 66 p.
Mario Puente E., Claudio Donoso Z., Rubén Peñaloza W., Eduardo Morales V.: "Sugerencias para Ensayos de Raleos en el Manejo de Renovales de Raulí (Nothofagus alpina) y roble (Nothofagus obliqua)".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 33. Mayo, 1980. 121 p.
Fernando Cox Z.: "Inventario Forestal Nacional Permanente de Bosque Nativo. Diseño y Manual de Instrucciones".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 34. Julio, 1980. 157 p.
Roberto Delmastro N., J. Eduardo Díaz-Vaz O., y Enrique Schlatter: "Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del Pinus radiata (D. Don). Revisión Bibliográfica".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 35. Noviembre, 1980. 159 p.
Gonzalo Fernández T.: "Potencial Productivo de Plantaciones de Pinus radiata en las VII, VIII y IX Regiones".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 36. Marzo, 1981. 155 p.
Ramiro Morales A., Andrés Weintraub P., Benjamín Olivares P., y Roland Peters.: "Modelo para el Manejo de Plantaciones de Pino insigne (Pinus radiata D. Don)".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 37. Abril, 1981.

R. Morales A., A. Weintraub, B. Olivares y R. Peters: "Tablas de Producción para plantaciones de Pino insigne".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 38. Febrero, 1981. 82 p.

Claudio Donoso: "Tipos Forestales en los Bosques Nativos de Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 39. Mayo, 1981.

Fernando Garrido: "Los Sistemas Silviculturales aplicables a los Bosques Nativos Chilenos".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 40. Junio, 1981. 156 p.

Manuel Contreras S., Carmen Luz de la Maza A., Ricardo Merino C., Ramiro Morales A., Patricio Barros F., Andrés Weintraub P.: "Metodología de Evaluación Económica de Parques Nacionales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 41. Octubre, 1981.

Mario Puente E., R. Peñaloza W., C. Donoso Z., R. Paredes O., P. Núñez M., R. Morales A., O. Engdahl V.: "Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí y roble. Instalación de ensayos de raleo".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 42. Noviembre, 1981.

Juan Oltremari R., Gonzalo Paredes V., Pedro Real H.: "Metodología para la Reclasificación y Redelimitación de Parques Nacionales y Reservas Forestales en Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 43. Junio, 1982.

Roberto Delmastro N., Juan Edo. Díaz-Vaz, J. Enrique Schlatter: "Variabilidad de las Características Tecnológicas Hereditarias del Pinus radiata (D. Don)".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 44. Noviembre, 1982.

"Manual de Operaciones para el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 45. Febrero, 1983.

Fernando Hartwig: "Guía para la Exportación de Maderas de Especies del Bosque Nativo Chileno a Países Europeos".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 46. Marzo, 1983.

Jorge Marín Schlesinger: "Ensayo de algunas técnicas para la Producción en vivero de plantas de Jojoba (Simmondsia chinensis (Link.) Schneider)".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 47. Abril, 1983. 450 p.

Vicente Pérez G.: "Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 48. Mayo, 1983. 77 p.

Emilio Cuevas Izquierdo: "Maderas nativas chilenas de interés en el comercio internacional".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 49. Junio, 1983. 183 p.

Santiago Barros Asenjo y Daniel Barros Ramírez: "Ensayos de Introducción de Especies Forestales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 50. Julio, 1983.

Schmidt, Harald; Urzúa, Alvaro y Rustom, Antonio: "Ensayo de regeneración de bosque nativo de raulí. Resultados iniciales".

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 51. Julio, 1983.

Gastón González V., César González O., Jaime Millán H. y René Escobar R.: "Estudio de Fertilización en Plantaciones de Pinus radiata. Primeros Resultados".

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 46, Mayo, 1983.
Gorge Harth Schestberg: "Ensayo de algunas técnicas para la pro-
ducción en vivero de plantas de Wolffia (Simonsia)
chilensis (L.f.) Schreb.-f."

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 47, Abril, 1983. 450 p.
Vicente Pérez M.: "Manual de Propagación de Plantas y Animales de
la zona Costera".

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 48, Mayo, 1983. 57 p.
Luis Cuevas Izquierdo: "Trabaja nativas chilenas de interés en
el comercio internacional".

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 49, Junio, 1983. 183 p.
Santiago Barros Azeite y Daniel Barros Ramírez: "Ensayos de Intra-
ducción en Eucalypto forestal".

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 50, Junio, 1983.
Schmidt, Harald, Urzúa, Álvaro y Roston, Antonio: "Ensayo de rege-
neración de bosque nativo de raulí. Resultados y
noticias".

DOCUMENTO DE TRABAJO N.º 51, Junio, 1983.
Gastón González V., César González O., Jaime Millán H. y René Es-
cobar R.: "Estado de fertilización en plantaciones
de Pinus radiata. Primeros resultados".