

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

LABORATORIO PROBICAL

FONDO DE INVESTIGACION AGROPECUARIA

MICORRIZACION ARTIFICIAL EN PLANTACIONES

DE *Pinus radiata* D. Don DE 1 a 2 AÑOS,

EN LA VII REGION

INFORME FINAL

Autores: Roberto Ipinza Carmona
(U. de Chile)

Marta Granger Marco
(Probical)

MAYO - 1985

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y MANEJO

UNIVERSIDAD DE CHILE

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

La Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria, FIA, del Ministerio de Agricultura, a través de la Oficina de Planificación Agrícola (ODEPA), llamó a licitación pública, en 1982, para la ejecución de un proyecto de investigación que tendría como objetivo general, el estudiar un sistema fácil y económico para recuperar plantaciones afectadas por deficiencias nutricionales mediante la Micorrización Artificial.

La Universidad de Chile y PROBICAL fueron adjudicadas para desarrollar el proyecto en la Zona Costera. Este documento corresponde a su informe final el cual fue analizado y aprobado por el Consejo de Investigaciones Agropecuarias, administrador del FIA.

Integrantes del Consejo de Investigaciones Agropecuarias :

Presidente	:	Ministro de Agricultura Sr. Jorge Prado Aránguiz
Consejeros	:	Sr. Ruy Barbosa Popolizio (Vicepresidente) Sr. Carlos Ariztía Ruíz Sr. René Cortázar Sagarmínaga Dr. Fernando Monckeberg Barros Sr. Eduardo Zañartu Bezanilla
Secretario	:	Sr. Alejandro Espejo S. Director de ODEPA
Secretario Adjunto	:	Sra. ^{Ana} María Pérez P.

Las actividades del proyecto fueron ejecutadas por los siguientes profesionales de la Universidad de Chile y PROBICAL.

Jefe de proyecto : Sr. Roberto Ipinza Carmona
(Ingeniero Forestal)

Subjefe de proyecto : Sra. Marta Granger Marco
(Bióloga)

El seguimiento técnico y supervisión del proyecto fue llevado por el Consejo de Investigaciones Agropecuarias y los Supervisores Sres. Raúl Amunátegui y Pablo Correa, ambos funcionarios del Ministerio de Agricultura.

I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION -----	1
II. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO -----	3
1. Importancia de las micorrizas -----	3
2. Tipos de micorrizas -----	5
3. Distribución geográfica -----	9
3.1 Género de Phanerogamas forestales que pre- sentan micorrizas -----	9
3.2 Presencia en diferentes tipos de bosques---	12
3.3 Tipos de hongos formadores de ectomicorri- zas -----	14
4. Micorrización en bosques naturales y artifi- ciales -----	20
5. Micorrización artificial -----	23
5.1 Micorrización mediante cultivos puros -----	24
6. Fertilidad del suelo en relación a las mico- rizas -----	30
III. MATERIAL Y METODO -----	33
1. Elección de los lugares de estudio -----	33
1.1 Antecedentes generales de los predios -----	36
1.1.1 Predio Porvenir -----	36
1.1.2 Predio Pichilemu -----	37
1.1.3 Predio Centinela -----	38
1.1.4 Predio Pantanillos -----	39

2.	Elección de la forma de inóculo micorrícico y fertilizante -----	41
2.1	Inóculo micorrícico -----	41
2.2	Fertilizante -----	44
3.	Diseño experimental -----	47
3.1	Unidad experimental -----	47
3.2	Análisis estadístico -----	49
3.3	Definición de tratamientos -----	51
3.4	Ubicación de las parcelas de ensayo por bloque -----	55
3.5	Medición de variables fenotípicas -----	60
3.6	Aplicación de los tratamientos -----	62
3.7	Evaluación -----	64
IV.	RESULTADOS -----	66
1.	Resultados del análisis multivariado de co - varianza del diseño en bloques con estructura factorial -----	66
2.	Resultados del efecto principal, hongo micorrícico (A) -----	68
3.	Resultados del efecto principal, fertilizante (B) -----	75
4.	Resultados de la interacción hongo micorrícico - fertilizante (tratamiento) -----	81
5.	Resultados de la relación deterioro fenotípico y el nivel de nutrientes a nivel foliar -----	90
V.	COSTOS NETOS DE PRODUCCION Y APLICACION-----	94

1.	Determinación de costos de fabricación de inoculantes micorrícicos -----	94
1.1	Inoculante en base a esporas -----	94
1.2	Inoculante en cultivos líquidos -----	95
1.3	Peletizado de semillas con esporas de hongos micorrícicos -----	95
2.	Determinación del costo de fertilización mico rrícica y foliar de acuerdo a las dosis em - pleadas -----	96
2.1	Dosis de aplicación de fertilizantes utili - zados -----	96
2.2	Costo comparativo de fertilización y micorri zación -----	97
VI.	DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS -----	99
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	106
1.	Conclusiones generales -----	106
2.	Conclusiones específicas -----	106
3.	Recomendaciones -----	108
VIII	BIBLIOGRAFIA -----	110

INDICE DE ANEXOS

	PAG.
ANEXO N° 1. ----- Serie Cauquenes - Predio Porvenir	119
ANEXO N° 2 ----- Distrito Agroclimático de Cauquenes Pre - dio Porvenir.	121
ANEXO N° 3 ----- Serie Constitución - Predio Pichilemu - Predio Pantanillos.	124
ANEXO N° 4 ----- Distrito Agroclimático de Empedrado - Coro nel. Predios : Pichilemu y Pantanillos.	126
ANEXO N° 5. ----- Serie Constitución - Predio Centinela.	129
ANEXO N° 6. ----- Distrito Agroclimático Litoral Llico - Predio Centinela.	131
ANEXO N° 7 ----- Resultados analíticos de muestra de suelo y acículas, en la época de instalación del ensayo Enero-84.	134

	PAG.
ANEXO N° 8 ----- Estudio de laboratorio para la selección de inóculo micorrízico.	138
ANEXO N° 9 ----- Conversión de los números grabados sobre monedas de Aluminio y su equivalencia en tratamientos.	151
ANEXO N° 10 ----- Guía de campo para reconocer deficiencias de Nitrógeno, Magnesio, Cobre, Boro, Fós- foro y Potasio.	155
ANEXO N° 11 ----- Formulario para la toma de datos.	158
ANEXO N° 12 ----- Niveles por predio (bloque) y por trata- miento de los valores iniciales y fina- les alcanzado por las variables diáme- tro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen.	159
ANEXO N° 13 ----- Niveles foliares de macro y micronutrien- tes por predio (bloque) en la época de evaluación del ensayo (Abril-85).	182

PAG.

ANEXO N°14 : -----	187
Niveles de análisis foliar usados para indi	
car los estados nutricionales de <u>Pinus ra</u> -	
<u>diata</u> .	

I. INTRODUCCION

La creciente importancia del sector forestal en la economía del país, no sólo debe contemplar el aumento del recurso, sino también velar por la futura calidad de éste, en especial si consideramos la exigencia de los mercados externos, que son cada vez más competitivos.

La calidad de un producto como la madera aserrada está íntimamente relacionada a los siguientes factores :

- Especie
- Lugar de plantación
- Manejo apropiado de las especies
- Operación de aserrado propiamente tal
(Tecnología asociada al proceso (precisión de corte, dimensionado, secado etc.)).

La variable especie, indudablemente puede ser manipulada, o sea elegida y/o mejorada genéticamente.

El lugar de plantación, puede ser elegido debido a que buenos sitios de pino, permitirán que éstos logren una rotación más corta, con los consiguientes beneficios económicos que dicha acción conlleva. El manejo se realiza desde la selección de las semillas hasta que se explota la madera con objetivos por ejemplo de madera aserrada. Durante este período el silvicultor tiene la posibilidad de que la calidad del producto final sea óptima, y uno de los elementos que debe ser considerado en la primera fase de la producción de madera, lo constituye la micorrización y fertilización artificial, más adelante tendrán que aplicarse regímenes de podas y raleos apropiados para el producto final.

Mediante el proyecto de micorrización y fertilización artificial, se pretende implementar y afinar una herramienta y así ponerla al servicio del manejo forestal. Con el presente proyecto, se está comenzando a cubrir una profunda brecha en el conocimiento de tan importantes relaciones.

La estrategia de desarrollo de esta herramienta, se está enfrentando a dos niveles :

- A. Fertilización y micorrización de plantas en terreno.
- B. Fertilización y micorrización de la semilla, mediante pelletizado.

Es indudable que la primera estrategia, es solucionar un problema a un costo alto, pudiendo haberse prevenido antes a un costo mucho menor. El segundo nivel de análisis es más racional, al enfrentar el problema desde su origen y a un menor costo.

En todo caso cualquiera de las dos soluciones es aplicable siempre y cuando los resultados sean satisfactorios, por lo que el presente informe resume las principales etapas experimentales que se han utilizado para conseguir el objetivo del proyecto, cual es, la búsqueda de un sistema fácil y económico para recuperar plantaciones afectadas por deficiencias nutricionales.

II ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO

1. Importancia de las micorrizas

La mayor producción de alimento, combustible y fibra en un área de tamaño fijo, es esencial para satisfacer las necesidades de una población humana cada día mayor.

La investigación en árboles forestales ha permitido que surja una nueva tecnología que propone el uso de hongos micorrícicos para el beneficio del hombre. Esta tecnología ha permitido una expansión del sistema dual suelo y planta por lo que ahora es necesario incluir un tercer componente- el hongo micorrícico.

La micorriza es una asociación simbiótica entre la raíz de plantas vasculares y un hongo (mico=hongo, rhiza=raíz). Actualmente se puede afirmar que pocas plantas en el mundo se desarrollan sin micorrizas.

Mediante esta asociación, el hongo obtiene ciertas vitaminas, aminoácidos y, quizás lo más importante, carbohidratos, en tanto el árbol se beneficia en la nutrición mineral al aumentar la superficie de absorción. Es así como las ectomicorrizas pueden almacenar en su manto fungoso; P, N, K, Ca, Fe, Mg, Cu, Mn, Na, Si, Zn, Al y S. Además, permiten que sustancias minerales insolubles sean utilizadas por la planta: Tal es el caso de fósforo insoluble, donde se ha demostrado que :

- Las plantas micorrizadas absorben más fosfato que plantas no micorrizadas, especialmente en suelos pobres en nutrientes.

- Las hifas externas ayudan a una mayor traslocación de fosfatos solubles.
- El hongo micorrízico solubiliza al fosfato insoluble.

Las micorrizas otorgan cierto grado de protección contra enfermedades. Se ha comprobado que las ectomicorrizas bloquean física y/o químicamente el desarrollo de enfermedades radiculares provocadas por hongos patógenos, en bosques naturales, artificiales y en viveros forestales.

La asociación micorrízica aumenta la tolerancia de los árboles a la sequía, debido a que la infección del hongo reduce la resistencia interna de la planta al flujo y captación de agua. Además, su presencia aumenta la resistencia a altas temperaturas del suelo y valores de pH extremos.

Los hongos simbiotes proporcionan hormonas estimulantes del crecimiento, como auxinas, citoquininas, giberelinas y vitamina B (reguladora de crecimiento), las cuales son producidas por la planta en forma simultánea a las producidas por el hongo, pasando a constituir éstas últimas un aporte extra de tales hormonas. De esta manera, contribuyen a aumentar considerablemente el crecimiento y permiten una mayor longevidad de las raíces.

La experiencia en plantaciones forestales artificiales inoculadas con micorrizas, no sólo demuestra que el crecimiento es superado, sino que normalmente la falta de simbiosis es causa del fracaso total en el prendimiento durante los primeros años de trasplante. Por ejemplo, Mejtrik (1971), señala que el fracaso en la introducción de la especie pino insigne (Pinus radiata D. Don), en algunos sitios de Australia y Nueva Zelandia, se debió exclusivamente a la falta de hongos simbióticos.

La inoculación de hongos micorrícicos o micorrización artificial, entendida como la actividad de incorporar tales hongos al suelo donde se desarrollan o van a desarrollarse plantas, tiene sentido en dos casos: primero, cuando en el lugar de plantación no existen en forma natural y segundo, aún cuando estén presentes en el sitio de plantación, si se encuentran en cantidades mínimas.

En el primer caso, resulta obvio la necesidad de inoculación artificial, ya que de otra manera la plantación no prospera. En el segundo caso, disminuye el tiempo de espera evitando que las plantas pierdan vigor una vez trasplantadas, lo cual implica una pérdida de crecimiento y una mayor predisposición al ataque de agentes patógenos.

La inoculación artificial permite optimizar el desarrollo de las plántulas, incorporar nuevos terrenos a la actividad forestal, reinstaurar la vegetación en lugares deforestados y disminuir la probabilidad de infección en viveros y plantaciones.

Esta actividad, de promisorios resultados, está tendiendo a corto plazo a jugar un importante rol en la silvicultura del pino insigne en Chile.

2. Tipos de micorrizas

La micotrofia ha sido intensamente estudiada por más de 95 años. El avance de la investigación micorrícica y la teoría que la sustenta ha sido resumida en numerosos textos (Kelley,

1950; Harley, 1959; Lobanow, 1960; Mark y Koslowski, 1973; Mikola, 1981); por lo tanto una descripción detallada del fenómeno es innecesaria y sólo se enfatizarán algunos aspectos básicos para la presente investigación.

El gran pionero de la investigación micorrícica, fue el científico alemán Frank (1885), quien ya había distinguido dos tipos morfológicamente diferentes, que él llamó ectotrófico y endotrófico. Aunque existen algunos tipos intermedios, la clasificación de Frank es actualmente utilizada.

Nelín introdujo el término pseudomicorriza en 1917 y ectoendo micorriza en 1923; luego Jani (1934) describió las llamadas micorrizas peritróficas.

Las micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas son el tipo más común que se puede encontrar en árboles forestales en nuestro país. El hongo forma una compacta cubierta o manto alrededor de las raíces cortas (Fig. N° 1); desde este punto las hifas crecen en dirección al cortex primario, formando una red continua entre las células corticales, conocida como Red de Hartig. Las hifas, a partir del manto, se extienden en todas direcciones hacia el suelo.

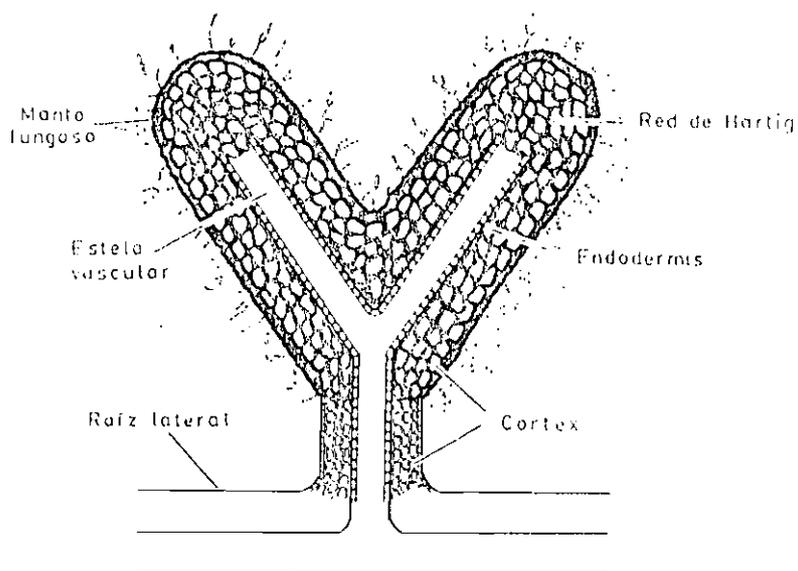


Fig. N° 1.- Ectomicorriza típica, incluye la red de Hartig, manto fungoso e hifas externas.

Luego de la penetración de las hifas entre las células corticales, se produce una hipertrofia en la raíz corta o pelo radical. Esta unidad es la que se conoce como micorriza.

En función de la morfología de la micorriza, se han determinado varios sistemas de clasificación (Melin, 1927; Bjorkman, 1940; Dominik, 1959; Trappe, 1967; Zak, 1973).

En las micorrizas endotróficas o endomicorrizas, el hongo crece principalmente dentro de las células corticales. En este caso no se produce manto fungoso ni Red de Hartig y sólo unas pocas hifas crecen fuera de la raíz; luego, las micorrizas endotróficas no pueden ser identificadas por signos exteriores.

Dentro de la célula de la raíz, infectada por este tipo de hongo, se producen complicados procesos de digestión que dan origen a variados tipos de micorrizas endotróficas (Schaeede, 1962).

Las micorrizas endotróficas. están ampliamente distribuidas en el reino de las plantas e incluyen una gran variedad de estructuras anatómicas. Las micorrizas endotróficas de las familias Orchidaceae, Graminaceae, Ericaceae y de varios árboles latifoliados, presentan distintas estructuras anatómicas, las que probablemente también difieran en sus funciones fisiológicas y, por lo tanto, representen a diferentes grupos taxonómicos.

Las micorrizas ectoendotróficas o ectoendomicorrizas, de acuerdo a Melin (1923), son una forma intermedia entre micorrizas ectotróficas y endotróficas.

Las pseudomicorrizas se producen en raíces cortas, y son como infección de hongos parásitos. Las raíces pierden sus pelos radicales, las raíces afectadas carecen de un manto. Las hifas penetran en la raíz, pero no logran formar una red entre las células; por lo tanto las células corticales retienen su forma original.

Las micorrizas peritróficas. constituyen tan sólo una ligera asociación entre las raíces y ciertos hongos. El hongo vive sobre la superficie de las raíces o en la rizósfera, sin penetrar a la raíz misma.

3. Distribución geográfica

3.1. Géneros de Fanerógamas Forestales que presentan micorrizas.

Las micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas tienen un área de distribución mucho más limitada que las endomicorrizas. Alrededor del 3% de las fanerógamas presentan ectomicorrizas. Un resumen de especies arbóreas que presentan ectomicorrizas se señalan en la Tabla N° 1.

TABLA N° 1.- Géneros de Fanerógamas con Ectomicorrizas

Gymnospermae
Pinaceae
Abies
Cathaya
Cedrus
Keteleeria
Larix
Picea
Pinus
Pseudolarix
Pseudotsuga
Tsuga
Cupressaceae
Cupressus
Juniperus
Angiospermae
Juglandales
Juglandaceae
Carya
Juglans

Salicales

Salicaceae

Populus
Salix

Fagales

Betulaceae

Alnus
Betula
Carpinus
Corylus
Ostrya
Ostryopsis

Fagaceae

Castanea
Castanopsis
Fagus
Lithocarpus
Nothofagus
Pasania
Quercus
Trigonobalanus

Urticales

Ulmaceae

Ulmus

Guttiferales

Dipterocarpaceae

Rosales

Rosaceae

Crataegus
Malus
Pyrus
Sorbus

Leguminosae (Caesalpinioideae)

Afzelia
Anthonotha
Brachystegia
Gilbertiodendron
Julbernardia
Monopetalanthus
Paramacrolobium

Sapindales
 Sapindaceae
 Allophylus
 Aceraceae
 Acer
 Malvales
 Tiliaceae
 Tilia
 Myrtiflorae
 Myrtaceae
 Eucalyptus
 Ericales
 Ericaceae
 Arbutus

FUENTE: G. C. Marks y T.T. Kozlowki (1973)
 Ectomycorrhizae: Their Ecology and Physiology

Algunos de los géneros de las fanerógamas presentan ecto y endomicorrizas, tales como: Juniperus, Cupressus, Salix, Malus, Pyrus, Tilia, Eucalyptus y Arbutus. Las ectomicorrizas son más comunes en la familia Pinacea, Salicaceae, Betulaceae y Fagaceae; en otras familias ellas sólo existen en algunos géneros.

El patrón fungoso de una micorriza ectotrófica es comúnmente un Basidiomicete. Alrededor de 100 especies de Basidiomicetes han demostrado experimentalmente ser formadoras de micorrizas con árboles forestales.

3.2. Presencia en diferentes tipos de bosques

Los hongos ectomicorrizicos se encuentran presentes :

- En los bosques boreales de coníferas, especialmente en los miembros de la familia Pinaceae, donde son abundantes. Las latifoliadas de esta zona que pertenecen a los géneros *Betula* y *Populus* presentan también ectomicorrizas. También son abundante en los bosques de coníferas que se extienden al sur de la zona boreal, específicamente en situaciones montañosas.
- En los bosques sub-alpinos de Europa, que están formados por *Pinus cembra*, *P. mugo*, *P. sylvestris*, *Larix decidua*, *Picea abies* y *Abies alba*. En el mediterráneo los bosques formados por *Cedrus atlantica*, *C. libani* y *Juniperus excelsa*. En el Norte de Anatolia y en el Caucasus se presentan en los bosques formados por *Abies boinmülleriana*, *A. nordmanniana* y *Picea orientalis*. Además, en el Himalaya, donde se encuentran *Abies pindrow*, *A. webbiana*, *Cedrus deodara*, *Pinus griffithii*, *Larix griffithiana*, *Picea morinda*, *Juniperus sp.*, *Quercus semicarpifolia* y *Betula utilis*.
- En los bosques submontanos del Oeste de Norte-América, formados por *Picea engelmannii*, *Abies lasiocarpa*, *Pinus contorta* y *Pinus flexilis*. En los bosques deciduos templado, que forman una faja adyacente a los bosques boreales de coníferas. Los géneros forestales más importantes como formadores de ectomicorrizas son: *Quercus*, *Fagus*, *Salix*, *Populus*, *Castanea*, *Betula*, *Carpinus*, *Alnus*, *Tilia*, *Carya* y *Ostrya*.

- En los bosques esclerófilos siempreverdes, que están climáticamente caracterizados por inviernos benignos y lluviosos, y veranos secos y calurosos. Estos tipos de bosques se encuentran presentes en varias partes del mundo.
- + Bosque esclerófilo siempreverde del Mediterráneo, donde las especies más importantes son: Quercus ilex, Q. suber, Q. coccifera, Pinus pinea, P. halepensis, P. brutia y P. pinaster.
- + En California, encontramos miembros del género Pinus, Cupressus, Quercus, Castanopsis y Lithocarpus. El Pino insigne (Pinus radiata D. Don), especie nativa de esta zona, ocupa una delgada faja a lo largo de la costa Sur en California. Esta especie forestal es muy famosa, debido a los intensivos programas de reforestación que se han llevado a cabo en muchos países del mundo, entre los que destacan: Chile, Nueva Zelandia, Australia, España, Italia, Rodesia, Sudáfrica, etc.
- + En Australia, donde los Eucalyptus son los árboles dominantes del bosque esclerófilo siempreverde. En cambio en los bosques esclerófilos nativos de la Provincia del Cabo (Sudáfrica) y Chile Central, no se han descrito árboles ectomicorrícicos.
- En los bosques lluviosos templados del Hemisferio Sur, que se ubican en el Sur de Chile, Nueva Zelandia, Tasmania y Sur-Oeste de Australia. El género Nothofagus juega un importante rol como especie formadora de ectomicorrizas en estas regiones (Nothofagus dombeyi, N. obliqua, N. glauca, N. alpina, N. nitida, N. betuloides, N. pumilio, N. cunningghamii y N. menziesii).

- En los bosques tropicales, especialmente lluviosos, la proporción de árboles ectomicorrícicos es baja, existiendo algunos miembros de las Caesalpinioideae y Dipterocarpaceae (Tabla N° 1) que forman este tipo de asociación.

Los árboles formadores de endomicorrizas son abundantes en los bosques tropicales de tierras bajas.

3.3. Tipos de hongos formadores de ectomicorrizas

Debido a la gran cantidad de información que existe al respecto, sólo se señalan los hongos hasta el nivel de género:

Clase Basidiomicetes

Orden Agaricales

Familia Agaricaceae

Agaricus
Lepiota
Macrolepiota

Familia Amanitaceae

Amanita
Amanitopsis
Pluteus
Volvariella

Familia Boletaceae

Boletinus
Boletus
Gyrodon
Gyroporus
Ixocomus
Krombholzia
Leccinum
Phylloporus
Psiloboletinus
Suillus

Familia Boletaceae (Continuación)

Trachypus
Tylopilus
Xeroconomus

Familia Cortinariaceae

Alnicola
Cortinarius
Descolea
Hebeloma
Hydrocybe
Inocybe
Leucocortinarius
Myxacium
Naucoria
Phlegmacium
Rozites

Familia Gomphidiaceae

Gomphidius

Familia Hygrophoraceae

Camarophyllus
Hygrocybe
Hygrophorus
Limacium

Familia Paxillaceae

Paxillus

Familia Rhodophyllaceae

Clitopilus
Entoloma
Rhodophyllus

Familia Russulaceae

Lactarius
Russula

Familia Strobilomycelaceae

Boletellus
Porphyrellus
Strobilomyces

Familia Tricholomataceae

Armillaria
Armillariella
Biannularia
Calocybe
Catathelasma
Clitocybe
Collybia
Cortinellus
Laccaria
Lentinus
Lepista
Leucopaxillus
Lyophyllum
Marasmius
Melanoleuca
Porpoloma
Rhodopaxillus
Tricholoma

Orden Aphilophorales

Familia Cantharellaceae

Cantharellus
Craterellus

Familia Clavariaceae

Clavaria
Clavariadelphus
Ramaria

Familia Hydnaceae

Calodon
Hydnum

Familia Polyporaceae

Boletopsis
Caloporus
Polyporus
Polystictus

Familia Thelephoraceae

Corticium
Hypochnus
Thelephora

Orden Hymenogastrales

Familia Hymenogastraceae

Hymenogaster

Orden Hysterangiales

Familia Hysterangiaceae

Hysterangium

Familia Rhizopogonaceae

Rhizopogon

Truncocolumella

Orden Lycoperdales

Familia Geastraceae

Geastrum

Familia Lycoperdaceae

Calvatia

Lycoperdon

Orden Phallales

Familia Phallaceae

Clathrus

Ithyphallus

Phallus

Orden Podaxales

Familia Secotiaceae

Brauniellula

Orden Sclerodermatales

Familia Pisolithaceae

Pisolithus

Polysaccum

Familia Sclerodermataceae

Scleroderma

Clase Ascomicetes

Orden Pezizales

Familia Bulgariaceae

Sarcosoma

Familia Helvellaceae

Gyromitra

Helvella

Familia Pezizaceae

Sarcoscypha

Orden Plectascales

Familia Elaphomycetaceae

Elaphomyces

Orden Tuberales

Familia Tuberaceae

Choiromyces

Tuber

Fungi Imperfecti

Micelia Sterilia

Cenococcum

Mycelium

A continuación, se señalan los hongos formadores de ectomicorrizas en pino insigne. Se han seleccionado aquéllos que figuran sólo en referencias bibliográficas serias.

1. Amanita muscaria (L. ex Fr.) Pers. ex Hooker
2. Suillus granulatus (L. ex Fr.) O. Kuntze
3. Suillus luteus (L. ex Fr.) S.F. Gray
4. Suillus pieratus (Bull. ex Fr.) O. Kuntze
5. Suillus subaureus (Peck) Snell

6. *Inocybe lacera* (Fr.) Kumm
7. *Gomphidius rutilus* (Schaeff, ex Fr.) Lund & Nannf
8. *Gomphidius vinicolor* Peck
9. *Lactarius deliciosus* (L. ex Fr.) S.F. Gray
10. *Laccaria laccata* (Scop. ex Fr.) Berk & Br.
11. *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordh
12. *Rhizopogon roseolus* (Corda) Hollos
13. *Rhizopogon rubescens* Tul.
14. *Scleroderma aurantium* (Vaill.) Pers.
15. *Scleroderma bovista* Fr.
16. *Cenococcum graniforme* (Sow.) Ferd & Winæ.
17. *Xerocomus chrisenteron* (Bull. ex St. Amans) Quélet.
18. *Russula sardonica* Fr. emend. Rom.
19. *Macrolepiota bonaerensis* (Speg.) Singer.
20. *Amanita gemmata* (Fr.) Gillet var *toxica* Lazo.
21. *Astrosporina* sp.
22. *Inocybe* aff. *geophylla* (Sow. ex Fr.) Kummer.
23. *Tricholoma fagnani* Singer.
24. *Hebeloma crustuliniforme* (Bull. ex Fr.) Quélet
25. *Cortinarius* sp.
26. *Tricholoma myomyces* (Pers. ex Fr.) Lge.
27. *Scleroderma citrinum* Pers.
28. *Clathrus* sp.
29. *Thelephora terrestris* Ehrh. ex Fr.

4. Micorrización en bosques naturales y artificiales

En los bosques naturales, las micorrizas requieren poca atención en cuanto a su manejo. Los hongos formadores de micorrizas están prácticamente omnipresentes y las micorrizas son formadas por las especies más adecuadas a las condiciones prevalentes. En este caso, no hay necesidad de introducir hongos micorrícicos en el suelo y si nuevas especies son introducidas, ellas tienen pocas oportunidades de sobrevivir en competencia con la población fungosa autoctona.

Peró, indudablemente, esta situación puede variar de acuerdo al grado o nivel de degradación en que se encuentre el suelo. En este caso, la actividad humana ha sido importante y se ha manifestado de la siguiente manera :

- Bosques naturales, cuya composición no ha tenido cambios sustanciales. En este caso se encuentran los bosques boreales y templados, como son los bosques de Fagus sylvatica. Los bosques lluviosos templados del Sur de Chile, tales como : Bosques de Lengua (Nothofagus pumilio) en Tierra del Fuego y Bosques de Coigue de Magallanes (N. betuloides), Coigue de Chiloé (N. nitida), Coigue (N. dombeyi) en algunas áreas de Chiloé continental, insular y Aysén.
- Bosques naturales, cuya composición ha cambiado sustancialmente por el sistema de explotación denominado "floreo". En esta situación se encuentran importantes áreas de los bosques lluviosos tropicales, de los bosques lluviosos templados y de los bosques esclerófilos del Sur de Australia. En estas situaciones, aún es posible rescatar las caracterís -

ticas micotróficas más importantes.

- Implantación de bosques artificiales de especies forestales en áreas vecinas a su distribución natural. En general, los problemas de micorrización no se originan por este tipo de manejo, ya que muchos hongos micorrícicos tienen una amplia gama de hospedantes; por lo que ellos pueden vivir en simbiosis con especies forestales de diferentes posiciones taxonómicas.

Si se producen problemas, debería micorrizarse artificialmente, tal como se señala en el texto, más adelante.

- Implantación de bosques artificiales de especies forestales en áreas totalmente ajenas a la región en cuestión. En este caso, los hongos micorrícicos de las especies forestales locales pueden infectar las especies introducidas. Por ejemplo, en el Sur de Australia, la especie exótica Pino insigne logra micorrizarse con hongos nativos, que normalmente micorrizan con el género *Eucalyptus* (Bowen, 1963). En Chile, existen algunas referencias de que el hongo nativo Boletus loyo, que micorriza normalmente con Nothofagus glauca y N. dombeyi, logra asociarse en algunas áreas con Pino insigne.

Sin embargo, en algunos casos pueden originarse problemas, especialmente cuando se introducen especies forestales con ectomicorrícicos obligados, o sea, que la ausencia del simbionte apropiado puede hacer fracasar completamente la propagación de especies en vivero y por ende los planes de reforestación que se desee implementar.

En viveros, las plántulas con este tipo de problema exhiben sus acículas amarillas y síntomas de deficiencias y, a pesar de aplicar irrigación y fertilización, el problema de estagnamiento no es superado, a menos que se introduzca el o los hongos micorrícicos adecuados.

Resumiendo, se puede afirmar que la necesidad mayor de micorrización artificial se produce cuando se implantan bosques con especies forestales exóticas.

5. Micorrización artificial

La micorrización artificial aparece como una de las técnicas más promisorias, especialmente por los alentadores resultados logrados esta última década. Dentro de un contexto general existen varias técnicas de micorrización artificial, que varían en función de su grado de elaboración, y por lo tanto, cada una de éstas ofrece distintas ventajas o desventajas.

Para representar su grado de laboriosidad, se indicarán con sus respectivas desventajas.

A. Micorrización mediante suelo de bosque

- Se necesitan grandes cantidades de suelo (10% del volumen)
- Introducción de posibles patógenos
- Simbionte fungoso desconocido

B. Micorrización mediante plantación en platabanda de plántulas micorrizadas

- Introducción de posibles patógenos
- Propagación heterogénea de la infección micorriza en las platabandas
- Simbionte fungoso desconocido

C. Micorrización mediante esporas y esporocarpos

- Colecta estacional limitada
- Cantidades de esporocarpo limitada
- Uso de gran cantidad de mano de obra en la colecta de esporocarpos
- Período útil de los esporocarpos desconocido

D. Micorrización mediante cultivos puros

- Dificultades en la aislación de algunos hongos micorrícicos
- Crecimiento muy lento de algunos hongos micorrícicos en cultivo puro
- Para producir cantidades suficientes de inóculo es necesario mucho tiempo y dinero
- Las condiciones para la sobrevivencia del inóculo en el suelo, son generalmente desconocidas

Para los objetivos de este estudio, las mayores expectativas se centran en la tercera y especialmente en la cuarta técnica a la cual se hará referencia en forma intensiva.

5.1 Micorrización mediante cultivos puros

De acuerdo al conocimiento actual, el uso de cultivos puros de hongos micorrícicos es el mejor método de inoculación, ya que primero puede escogerse la especie fungosa y segundo, puede eliminarse el riesgo de introducir enfermedades. Sin embargo, para el éxito de los cultivos puros se debe conocer qué especie fungosa es la más beneficiosa, cómo cultivar la especie para producir suficiente cantidad de inóculos y cómo realizar la inoculación en viveros o en condiciones de campo.

Los antecedentes de aplicaciones de técnicas de cultivos puros en terreno, provienen primeramente de Austria, Unión Soviética, Argentina y USA.

La técnica austríaca está principalmente basada en los estudios de Moser (1958), quien identificó que el hongo micorrízico más activo de los bosques sub-alpinos de pino cembra era Suillus plorans, el cual se encontraba ausente en suelos de viveros.

De acuerdo a la metodología de Moser el S. plorans se desarrolla primero en una solución nutritiva en frascos Erlenmeyer y desde estos frascos el micelio es transferido a la misma solución en un estanque de 10 litros, desde el cual es aireado durante 2 a 3 horas diariamente. Después de 3 a 4 meses, el líquido con micelio es transferido a frascos de 5 litros, con una mezcla esterilizada de vermiculita y turba desmenuzada, agregando además una cantidad suficiente de la misma solución nutritiva para humedecer el sustrato.

La humedad y la aireación del sustrato son importantes para el crecimiento del hongo. El S. plorans se desarrolla en el medio de cultivo y después de algunos meses se encuentra listo para ser utilizado como inóculo.

El inóculo es enviado desde el laboratorio al vivero en bolsas de polietileno, aplicándose a las platabandas a una razón de 3²⁴ litros por m². El suelo se debe revolver ligeramente procurando que el inóculo quede homogéneamente esparcido. Luego, las plántulas son plantadas en las platabandas inoculadas. El éxito de la inoculación también depende de las propiedades físicas y químicas del suelo, por lo que no es suficiente introducirla, sino que las condiciones de éste deben ser adecuadas para su posterior desarrollo.

La buena aireación, humedad moderada, alta cantidad de materia orgánica y aplicación de fertilizantes fosforados, promueve el crecimiento y la infectividad de S. plorans.

La mayor dificultad del método de inoculación, es que se necesita una gran cantidad de inóculo, aproximadamente 30 m³/ha.

La técnica de cultivo puro desarrollado en Argentina por Takac (1961-64-67), es similar a la de Moser. El hongo primero se desarrolla en cultivo líquido y luego se transfiere a frascos de 200 ml que contienen turba y grano de trigo, posteriormente el sustrato es humedecido con la misma solución nutritiva. Después de dos meses, el inóculo está listo para la distribución a los viveros.

En este proceso, se utilizan varios hongos ectomicorrícicos, ya que se desconocen las preferencias individuales en diferentes condiciones de suelo. Se utilizan cinco frascos para cada especie fungosa, que en conjunto suman 15 a 20 frascos (3 a 4 especies fungosas), las que son enviadas desde el laboratorio a los viveros. En el vivero, el contenido de cada frasco es mezclado con 5 a 10 kg de suelo u hojarasca esterilizada, la cual es mantenida húmeda durante tres semanas antes de aplicarla a las platabandas.

Se ha determinado que 20 kg de este inóculo de suelo son suficientes para inocular 80 a 100 m² de platabandas; luego, con 20 frascos de cultivo puro, se pueden preparar 100 kg de inóculo de suelo, que es suficiente para un área de vivero de 500 m². La inoculación es realizada en conexión con la preparación de las platabandas.

Lobanow (1960), señala que varios investigadores soviéticos han obtenido buenos resultados con inoculaciones de cultivos puros sobre plántulas de *Quercus*; la técnica de inoculación no es descrita en detalle.

Teodorou y Bowen (1970) en Australia y Vozzo y Hacsckaylo (1971), utilizando el método de Moser inocularon plántulas de pino en Puerto Rico.

Marx y Bryan (1975) refinaron la técnica de Moser, obteniendo excelentes resultados con el hongo *Pisolithus tinctorius*. Ellos desarrollaron el hongo durante 3 a 4 meses en frascos conservadores de dos litros, que contenían un sustrato esterilizado de turba-vermiculita, que era humedecida con una solución Melin-Norkran-Modificada (= MNM, ver Anexo 8). Una vez que el hongo invade totalmente el sustrato, el inóculo es sacado de los frascos y lavado con agua fría; luego se seca a temperatura ambiental, hasta alcanzar 20% de humedad y finalmente se almacena en frío hasta su uso.

Para inocular las platabandas, el inóculo es esparcido sobre la superficie del suelo a una razón de 300 cc/m² y luego con un rastillo, se incorpora a 6-8 cm de profundidad. La superficie de la platabanda es emparejada y luego se realiza la siembra.

Previo a la inoculación, se recomienda fumigar con una mezcla de Bromuro de metilo y Cloropicrina, para así reducir la competencia y antagonismo de otros organismos presentes en el suelo.

Todo el desarrollo posterior de la técnica se ha basado en la obtención de inóculo de *Pisolithus tinctorius*, llegándose finalmente al año 1976, cuando el Instituto de Desarrollo e Investiga

ciones Micorrícicas (IMRD) y el Laboratorio Abbott comenzaron un programa de investigación para desarrollar primero, métodos comerciales de producción de inóculo vegetativo de P. tinctorius basados en vermiculita y segundo, probar el inóculo bajo distintas condiciones ambientales.

El IMRD basó sus experiencias desarrollando inóculo en vermiculita-turba + solución MNM por 3-4 meses, procediéndose luego a un lavado y posterior secado moderado, hasta obtener una densidad de 342 gr/lt con una humedad del 42%.

El inóculo preparado por Abbott fue producido en un fermentador vertical, con un sustrato sólido de vermiculita más solución de MNM, pero con mayores cantidades de carbohidratos, nitrógeno orgánico e inorgánico. El fermentador fue esterilizado con vapor a 72°- 84°C y enfriado e inoculado con micelio de P. inctorius. El cultivo fue aireado e incubado en el fermentador y, una vez preparado, el inóculo fue secado hasta obtener una densidad a 288 gr/lt, con un contenido de humedad de 21%. El inóculo no fue lavado.

Ambos inóculos, tanto el IMRD como el Abbott, fueron envasados en bolsas de polietileno en condiciones no estériles y guardados a 5°C hasta su uso. Los inóculos fueron utilizados después de 18 días de haberse completado el proceso de secado.

El inóculo IMRD se mezcló a una razón de 6% por volumen de suelo; en cambio, el inóculo Abbott se mezcló a 3,6 y 12% por volumen de suelo.

Los mejores resultados se obtuvieron en el inóculo IMRD. Inclusive, los estudios realizados entre los años 1977-80 indican que no se ha logrado superar la formulación del IMRD, que logra co

múnmente sobre un 90% de efectividad en la micorrización.

Los máximos niveles de efectividad de micorriza logrados por formulaciones de la Abbott, están recién sobre el 50%. Este inóculo se comercializa en USA. bajo el nombre de Myco-rhiz.

6. Fertilidad del suelo en relación a las micorrizas

Muchas teorías sobre la formación de micorrizas establecen que las propiedades nutricionales del suelo influyen en forma significativa en la relación simbiótica (Bjorkman, 1942; Shemakhanova, 1962).

La ausencia de elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y fósforo es considerada como un factor decisivo para la formación de ectomicorrizas. Este hecho ha evocado la idea de que el hongo entraría las raíces en busca de los minerales necesarios más fácilmente cuanto más pobre es el suelo. Se ha observado que, en suelos pobres, las ectomicorrizas son más frecuentes; en cambio, en suelos fértiles, la proporción detectada es menor.

Los resultados de Meyer (1962-74), parecen contradictorios a estas teorías, ya que él encontró que la formación de micorrizas era estimulada por un suelo de muy buena fertilidad y un contenido balanceado de nutrientes, luego, señala que es inapropiado considerar a las micorrizas como una manifestación típica de suelos pobres en nutrientes.

Esta información aparentemente contradictoria se debe a que la simbiosis ectomicorrícica está lejos de encontrarse completamente dilucida.

En todo caso, existe un factor que no es en absoluto contradictorio: los hongos micorrícicos son muy útiles para mejorar la sobrevivencia y el crecimiento inicial de plántulas que se desarrollan en suelos deficientes o medianamente deficientes

(Shemakhanova, 1962; Garrett et al, 1979; Ipinza y Serrano, 1982).

Ensayos de campo han demostrado disminuciones notorias en el nivel de efectividad de micorrizaciones artificiales, cuando se aplican en forma intensiva al suelo fertilizantes fosforados y nitrógeno inorgánico al respecto Dumbroff (1968) señala que niveles altos de nitrógeno inorgánico disminuyen la incidencia de hongos ectomicorrícicos sobre Pinus sp. Bjorkman (1970) y Marx et al (1977), sugieren que los niveles de fertilidad del suelo influyen en la disponibilidad de carbohidratos en las raíces cortas, que finalmente controlará el grado de desarrollo ectomicorrícico.

Dixon et al (1979), utilizando fertilización foliar, logran reducir el exceso de fertilizantes y mejorar el desarrollo de las ectomicorrizas. Continuando esta línea de trabajo Dixon et al (1981), aplican una solución foliar de NPK (Nitrógeno-Fósforo-Potasio) a plantas inoculadas con hongos ectomicorrícicos y consiguen un 36% de ectomicorrizas que las plantas que sólo recibieron fertilizante foliar. Dichos autores (op. cit.) también concluyen que el fertilizante foliar NMg (Nitrógeno-Magnesio) es un buen estimulante del desarrollo ectomicorrícico.

Marx y Artman (1970), probaron combinaciones de hongos micorrícicos y tabletas fertilizantes en plántulas de Pinus taeda y Pinus echinata; luego de un año encontraron que las plántulas de P. taeda micorrizadas con P. tinctorius y con tabletas fertilizantes logran un PVI (Índice de volumen por parcela = (Diámetro del cuello)² x altura x N°de plantas que sobreviven por parcela), significativamente mayor que plántulas micorri

zadas con T. terrestris, con o sin tabletas fertilizantes. El PVI en plántulas inoculadas con tabletas aumentó, después de dos años de la aplicación. En ambas coníferas la combinación del hongo P. tinctorius más las tabletas mostró un efecto muy favorable para el prendimiento y desarrollo de las plántulas.

Trappe y Strand (1969), demostraron diferencias estadísticamente significativas en peso de follaje de pino oregón, en plántulas inoculadas y fertilizadas, en comparación con plántulas que recibieron solamente uno de estos tratamientos.

III. MATERIAL Y METODO

1. Elección de los lugares de estudio

El estudio se lleva a cabo en la VII Región. Los lugares espe
cíficos se eligieron mediante varias prospecciones de terreno,
realizadas por personal de la Universidad de Chile, Corpora -
ción Nacional Forestal y Celulosa Constitución S.A.

Los lugares de ensayo cumplieron con las siguientes condicio -
nes :

- A. Lugares representativos de la VII Región en cuanto a sue -
lo, clima y vegetación.
- B. Las plantaciones presentan síntomas de deficiencias de ma
cro y microelementos.
- C. Los predios presentan condiciones de vigilancia permanen
te.
- D. La accesibilidad a los predios es buena, especialmente si
se considera el carácter demostrativo hacia los propieta -
rios forestales.

Las plantaciones de pino insigne elegidas para el presente en -
sayo, se ubican en la Provincia de Cauquenes y Constitución. En
la Tabla N°2 se señalan el nombre del predio, propietario, ubi -
cación principales deficiencias de nutrientes encontradas.

TABLA N° 2. Antecedentes generales de los predios elegidos para el ensayo de Micorrización y Fertilización Artificial

Nombre del predio	Propietario	Ubicación	Principales deficiencias
Porvenir	Familia Kast	15 km de Cauquenes por el camino a Uñihue	Boro
Pichilemu	CELCO	45 km de Constitución, 4km NE. pueblo de Empedrado	Cobre
Centinela	CELCO	40 km de Constitución, 10 km pasado del pueblo de Putu	Fósforo
Pantaniillos	Universidad de Chile	En el km 28 a Constitución	Cobre

La ubicación geográfica de los predios, se ilustra en la Figura N° 2.

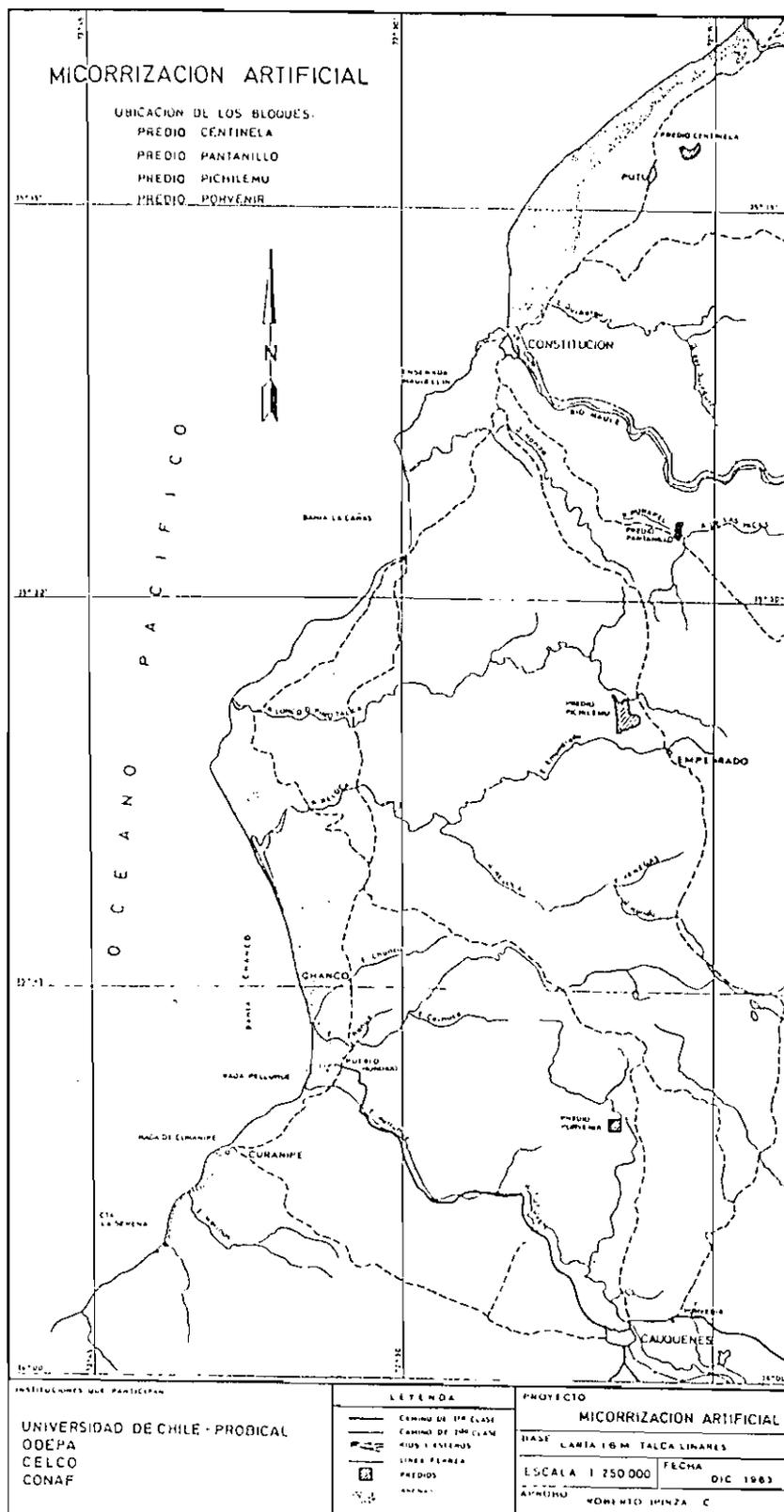


Figura N° 2.- Ubicación geográfica de los predios, donde se establecieron los ensayos de Micorrización y Fertilización Artificial

1.1 Antecedentes generales de los predios

A continuación se presenta una reseña de las características de suelo, clima, vegetación actual y pasada de los cuatro predios elegidos para la instalación del ensayo de micorrización y fertilización artificial.

Las plantaciones de pino insigne, analizadas fueron plantadas nominalmente a 2 x 2, y en surco.

1.1.1 Predio El Porvenir :

El predio se encuentra ubicado en la serie de suelos Cauquenes, cuyas características específicas se señalan en el Anexo N° 1. Además, por su ubicación y características edafoclimáticas, es asimilable al Distrito Agroclimático Cauquenes (Anexo N° 2).

El predio presenta una topografía ondulada a quebrada. El suelo es profundo, de textura liviana a media, con abundante grava de cuarzo, de color pardo amarillento en la superficie a pardo rojizo en la profundidad. Pruebas de campo indican que es muy susceptible a la erosión hídrica, por lo que su superficie presenta una severa erosión de manto, lo que significa un porcentaje de pérdida de suelo que va desde 30 a 60%. Además, es frecuente la erosión en zanjas, las que en su mayoría se encuentran activas, provocando pérdidas de suelo que oscilan entre 60 a 100%.

Los antecedentes bibliográficos (Santibañez et al. (1979)) indican que estos tipos de suelo son de baja fertilidad y presentan una alta respuesta a la aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Cal. Además, responden al Potasio.

La plantación de pino insigne se ubica en la posición media y superior de las lomas que es el lugar donde además se concentran los máximos problemas de erosión de manto. La parte inferior de las lomas se encuentra poblada por vegetación nativa.

En el pasado, el predio fue utilizado en cultivos de secano, como praderas naturales y como fuente de aprovechamiento de leña.

Con respecto a la capacidad de uso del suelo del predio, se puede afirmar que pertenece a la Clase VI, no arable y con deficiencias nutricionales, fundamentalmente Boro.

1.1.2 Predio Pichilemu

Este se encuentra ubicado en la serie de suelos Constitución, (Anexo N°3), y pertenece al Distrito Agroclimático de Empedrado - Coronel (Anexo N°4).

El predio presenta una topografía ondulada y abrupta, suelo de profundidad media, textura franca en la superficie a arcillosa en la profundidad y color pardo rojizo. Es un suelo susceptible a la erosión. Se observó una fuerte erosión laminar, con presencia de piedra de cuarzo lechoso en su superficie. Además, es posible observar abundante vegetación herbácea, fundamentalmente gramínea. Ausencia de cárcavas.

Este tipo de suelo es de fertilidad media a buena; además, presenta una buena respuesta a la aplicación de Nitrato y Fósforo, como también en algún grado responde al Potasio.

La plantación actual de pino insigne, es de segunda rotación y ocupa todas las posiciones de las lomas, excepto algunas quebradas habitadas por Nothofagus. Es interesante destacar que antes de instalar pino insigne en el predio, éste estaba cubierto por renovales de Nothofagus. Estas especies como se ha señalado (Ipinza y Granger, 1983), forman gran cantidad de asociaciones micorrícicas con hongos característicos, enriqueciendo de singular manera la composición microbial del suelo. Las especies micorrícicas de los Nothofagus pueden también micorrizar al pino insigne, y es por esto el éxito que ha tenido la implantación de pinares dentro de estas áreas.

La capacidad de uso de los suelos del predio es VII.

1.1.3 Predio Centinela :

El predio se encuentra ubicado en la serie de suelo Constitución, (Anexo N°5) y pertenece al Distrito Agroclimático Litoral Llico, (Anexo N°6).

El predio presenta una topografía suavemente ondulada a plana. Suelo de textura franco arenosa gruesa en la superficie y arcillosa en la profundidad. El color en todo el perfil es pardo rojizo. Este suelo es extremadamente susceptible a la erosión hídrica y eólica. La erosión de manto va de moderada a severa, es decir, con un porcentaje de pérdida de suelo que varía entre un 40-60% hasta 60-80% respectivamente. Además, se presenta erosión en cárcava, donde las pérdidas fluctúan entre un 20 a 80%. Es necesario destacar que todas las cárcavas se encuentran activas.

El pino insigne presenta muy buen desarrollo en las praderas no degradadas, no así donde el suelo está descubierto, producto del intensivo pastoreo animal. En las áreas descubiertas se ha tenido que replantar hasta un 40%, dichas plántulas presentan una escasa probabilidad de sobrevivir.

El suelo es de mediana fertilidad, presentando una muy buena respuesta a la aplicación de Nitratos, Fósforo, como también el Potasio.

La capacidad de uso del suelo del predio es VI.

1.1.4 Predio Pantanillos

El predio, se encuentra ubicado en la serie de suelo Constitución (Anexo N°3), y pertenece al Distrito Agroclimático de Empedrado - Coronel (Anexo N°4).

Las características del suelo del predio Pantanillos, en general, son semejantes a las del predio Pichilemu.

El predio presenta una topografía muy accidentada, a excepción del lugar donde se instaló el ensayo, el cual es prácticamente plano. Se observa, al igual que en el predio Pichilemu, piedra de cuarzo lechoso en la superficie.

La vegetación predominante en el lugar de ensayo es la retami - lla, la cual compite fuertemente por el espacio vital con el pino insigne, llegando muchas veces a desplazarlo.

El drenaje del lugar de ensayo es malo y existen muchas probabilidades de inundación. La erosión de manto es ligera, perdiéndose entre un 20 a 40% del suelo. Existen cárcavas activas, pero de pequeñas dimensiones. Las pérdidas por este tipo de erosión fluctúan entre un 0 - 20%.

La capacidad de uso de los suelos del predio varía entre VI y VII.

1.2 Antecedentes nutricionales de los predios (*)

Los análisis nutricionales de suelo y foliar se presentan en el Anexo N°7.

Con respecto al análisis de suelo es necesario destacar que los cuatro predios presentan serios problemas de deficiencia en N y P y sólo el bloque 1 y 4, presentan problemas de K.

Los elementos Cobre y Boro en el suelo, también se encuentran en niveles críticos.

En términos generales se concluye que, de acuerdo al análisis de suelo, todos los predios presentan una muy baja fertilidad.

El análisis foliar refuerza lo anterior, ya que revela que el contenido de N es bajo en los bloques 2 y 4 y marginal en los bloques 1 y 3. El P es adecuado en los bloques 1 y 4, pero marginal en 2 y 3. En relación al K. sólo el bloque 3 presenta deficiencia, ya que en los restantes bloques su nivel es adecuado.

(*) González, G.; González, C.; Millán, J. y Escobar, R. 1983. Estudio de fertilización en plantaciones de Pinus radiata. Primeros resultados. Documento de trabajo N°51. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO - CHI/76-003. Santiago. 159 p.

Los niveles de Mg son críticos en todos los bloques.

En relación a los niveles de Cu, se aprecia que los bloques 1 y 4 son marginales; en cambio, los bloques 2 y 3 presentan niveles apropiados, a pesar que en el bloque 2 se observa síntoma de deficiencia. por último, los niveles de Boro demuestran que los bloques 2 y 3 presentan niveles más que satisfactorio de este elemento, el bloque 4 niveles margina - les y el bloque 1 niveles muy bajo.

2. Elección de la forma de inóculo micorrícico y fertili- zante

En base a los trabajos de Dixon et al. (1979), se concluyó que la mejor alternativa para recuperar plantaciones con deficiencias nutricionales, debía ser una acción combinada de inóculo micorrícico y fertilizantes.

2.1 Inóculo micorrícico

La búsqueda de inóculo que reúna las características de fá - cil obtención, facilidad de manipulación y bajo costo es una tarea ardua, que se ha centrado (Anexo N°8) :

- En el manejo de esporas
- En el manejo de cultivos puros

El medio de cultivo puro se está estudiando intensivamente, y en especial después de los alentadores resultados inicia - les (Anexo N°8). En el desarrollo posterior se han presentado

problemas de inhibición que están actualmente siendo tratados, mediante el uso exclusivo de agua destilada y lavado de micelios para eliminar toxinas.

Pero, en todo caso, la técnica de cultivos puros, en nuestro estado actual, presenta serios problemas de demora, que van desde los tres a seis meses. Este es un factor muy limitante, si se piensa en la obtención de cultivo a gran escala, con propósitos comerciales.

A menos que la demora esté fuertemente correlacionada con la presencia de toxina, esta técnica tendrá que descartarse a futuro.

Con respecto al manejo de esporas, su principal defensor Mexal (1980) señala las bondades de esta técnica. Los trabajos con estas técnicas efectuados por los autores de este proyecto han estado encaminadas fundamentalmente a la obtención, manejo y análisis de esporas.

Los resultados alentadores obtenidos permitieron que esta técnica se constituyera como la principal fuente de inóculo en el presente ensayo. A continuación, se señala la forma la obtención y manejo de la espora.

La colecta de setas comenzó en Otoño y finalizó en la Primavera de 1983, y los cuerpos provenían de la V, VI y VII Regiones del país.

Dentro de las primeras 36 horas de colecta, las setas se colocan en estufas a 40°C, durante 4 a 5 días. Esta técnica ha demostrado ser muy eficiente, ya que no daña la espora.

Dependiendo del tipo de hongo, si es lamelado o porado, el proceso de colecta es distinto. En el caso de los lamelados, antes de secar los hongos se sacan las lamelas y se espolvorean con abundante tierra de infusorio y luego se secan a la temperatura señalada posteriormente, las lamelas son molidas y tamizadas y finalmente se les determina su concentración en la tierra de infusorio o Filter-cel.

El uso de la tierra de infusorio se debe a que es un medio inerte muy secante, por lo que evita contaminaciones y germinación prematura de las esporas. Además, permite calibrar la concentración de esporas.

Estos sistemas de colecta están siendo perfeccionado, especialmente en lo que se refiere a su mecanización. Actualmente, el sistema ha dado origen a un banco de esporas compuesto por los siguientes hongos micorrícicos :

- Suillus luteus (L. ex Fr.) S.P. Gray
- Suillus granulatus (L. ex Fr.) O. Kuntze
- Thelephora terrestris Ehrh. ex F.
- Tricholoma pessundatum Fr. Quéil
- Tricholoma myomyces (Pers. ex Fr.) Lge.
- Tulostoma sp.
- Hebeloma nudipes (Fr.) Kalch
- Lactarius deliciosus (L. ex Fr.) S.F. Gray
- Laccaria laccata (Scop. ex Fr.) Berk & Br.
- Rhizopogon roseolus (Corda) Hollos
- Bovista colorata (Peck) Kreis
- Bovista sp.

Los antecedentes bibliográficos (Ipinza y Granger, 1983), señalan que lo común en la naturaleza es la presencia de más de un hongo micorrícico sobre una planta. Además, dependiendo de la edad de la plantación, van variando las cepas fúngicas, produciéndose sucesiones ecológicas. Por lo tanto, en vista de estos antecedentes, en la confección del inóculo micorrícico se contempló este importante factor. Las mezclas elegidas se señalan en la Tabla N° 4.

2.2 Fertilizante

Los suelos escogidos para realizar los ensayos presentan grandes problemas nutricionales tanto de macro como micronutrientes, siendo éste un factor limitante en el establecimiento de pinos.

Por todos es sabido que las algas presentan gran cantidad de sales minerales, elementos menores, hormonas reguladoras del crecimiento, quelatos y alginatos, siendo los elementos menores lo que proporcionan un mejor efecto, ya que las enzimas no pueden formarse sin ellos y controlan la mayoría de las reacciones de los tejidos vivos. Utilizando las algas en forma líquida, se logra aumentar la absorción de nutrientes del suelo a través de las raíces, aún cuando éstas sean aplicadas a las hojas. El rápido desarrollo que se produce se debe no tanto a la adquisición de nutrientes a través de la superficie foliar tratada, sino al suministro extra desde el suelo. Las algas aplicadas en pulverizaciones parecen estimular el crecimiento del vegetal por la elaboración de vitaminas y reguladores del crecimiento, algunas hormonas tienen efecto de giberelinas, produciendo un alargamiento y au-

mento de tamaño de las células, lográndose un efecto balanceado de hojas, tallos y raíces.

El alga líquida es responsable de la liberación de nutrientes que están inmovilizados. Aún cuando el líquido concentrado es alcalino (pH 8-9), no se produce precipitación de los minerales que contiene y no los hace insolubles, manteniéndose en forma orgánica debido a la quelación de azúcares, almidones y otros carbohidratos.

Otra ventaja de usar algas es el aumento que proporcionan al vegetal en la resistencia a pestes y enfermedades. Al parecer este efecto se debe a la quitina o laminarina.

Además, logra aumentar la resistencia a las heladas de los vegetales, lo que se piense se debe al mayor porcentaje de sólidos en la savia celular, recomendándose su uso para volver a la vida plantas dañadas por heladas.

Trabajos realizados por Zunino et al. (1971-76), demuestran que la aplicación de algas en suelos chilenos tiene relación directa con la captación de nutrientes del suelo, especialmente Fósforo.

Ensayos de campo realizados por Dixon (1979), quien logra mejorar el desarrollo ectomicorrícico utilizando aplicaciones foliares de N, P y K, concluyen que la fertilización es un buen estimulante para el desarrollo ectomicorrícico.

Basado en todos estos antecedentes y pensando en encontrar un método eficaz y económico para la recuperación de pinos, se decidió aplicar fertilizante foliar elaborado en base a extracto de algas enriquecidas con N, P y K en la proporción que se indica en la Tabla n° 3.

TABLA N° 3. Composición química del fertilizante utilizado en el ensayo de Micorrización y Fertilización Artificial.

Macronutrientes	Nitrógeno	6%
	Fósforo	4%
	Potasio	3%
Micronutrientes	Magnesio	0,36%
	Boro	0,15%
	Zinc	0,00024%
	Cobre	0,00016%
	Fierro	0,00025%
	Manganeso	0,00014%

3. Diseño experimental

3.1 Unidad experimental

La unidad experimental o parcela, es la unidad sobre la cual recaen los tratamientos.

Las parcelas son circulares de 7 metros de radio, lo que permite abarcar entre 12 a 37 árboles.

El centro de la parcela está marcada por una estaca de 1 metro de longitud, pintada de color rojo. En su parte superior se encuentra clavada una moneda de aluminio, con un número correlativo grabado en su cara. La equivalencia de este número al tratamiento se encuentra en el Anexo N° 9.

En la Figura N° 3, se ilustra la situación real de una parcela.

La orientación de cada parcela, antecedente fundamental para la medición de las características fenotípicas de cada árbol, está dada por la orientación de la grabación del número de la parcela y la posición del clavo en la estaca.

Es necesario destacar que en adelante, cuando se utilice el término "bloque", se entenderá que se refiere al predio.

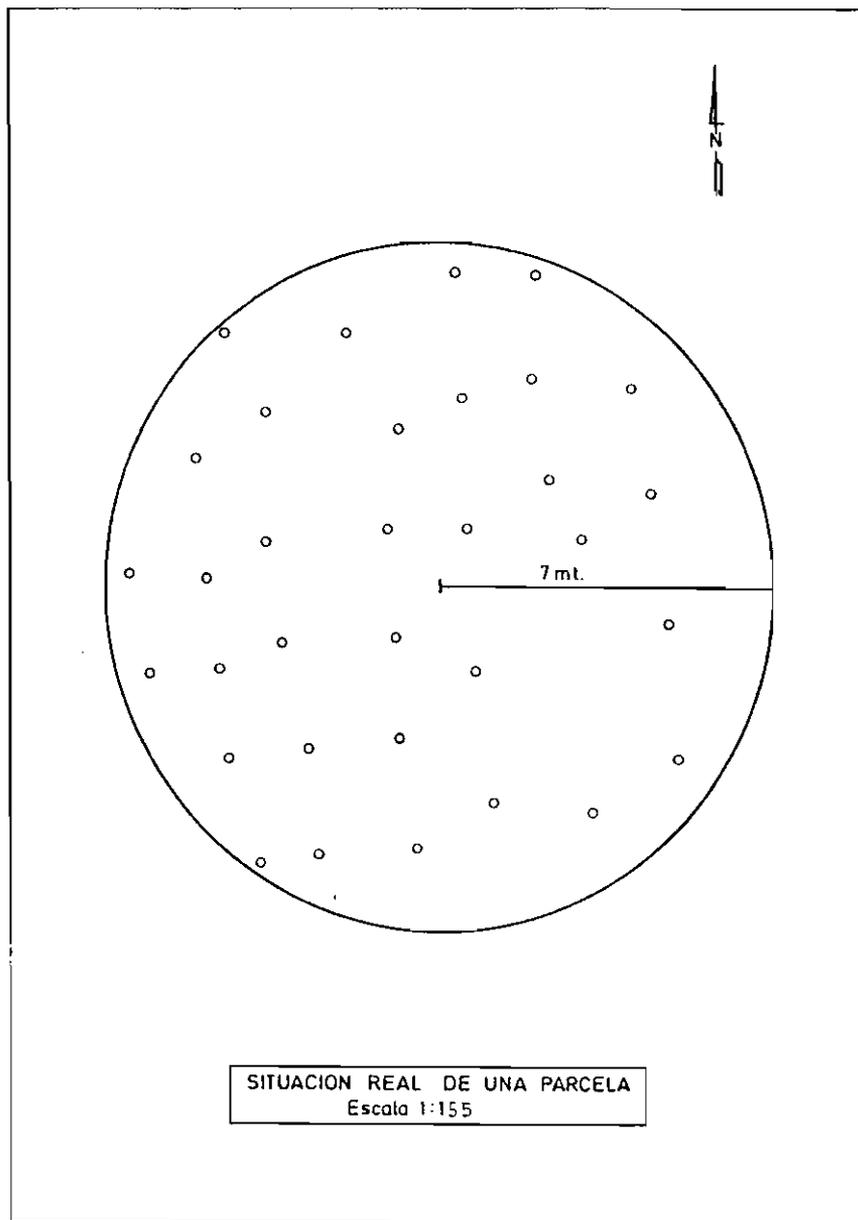


Figura N° 3. Situación real de una parcela

3.2 Análisis estadístico

Para cumplir el objetivo básico, que es la determinación de la capacidad de respuesta a las técnicas de micorrización y fertilización artificial, se propone un análisis de covarianza, en un diseño en bloques aleatorizado, replicados y con estructura factorial.

Se considera realizar un análisis de covarianza, debido a las diferencias a priori que se observan en cuanto a las variables fenotípicas, tales como altura, diámetro a la altura del cuello, etc. Una planta grande y vigorosa tendrá teóricamente una mejor respuesta a un tratamiento específico; por lo tanto, las diferencias al final del ensayo no se deberán exclusivamente al tratamiento, sino que a su condición inicial. Mediante el análisis de covarianza, lo que se logra es aislar el efecto de la variación inicial o variación concomitante, es decir, aislar la variación inicial de las variables fenotípicas, de tal manera de medir el efecto neto del tratamiento al final del ensayo.

Evidentemente que antes de realizar el análisis de covarianza, se probará la hipótesis si realmente es significativa la variación inicial, ya que sólo si lo es se aplicará este tipo de análisis; en caso contrario se recurre al análisis de varianza.

La acción de realizar bloques se decidió por la ausencia de uniformidad en terreno, ya que cada predio o bloque presenta características fisionómicas, topográficas, de suelo,

clima y de vegetación que lo hacen marcadamente diferentes entre sí. Luego, al considerar bloqueo, se aíslan las diferencias que provocarán los efectos antes mencionados, haciendo lícita la comparación entre los cuatro predios o bloques.

Comúnmente, cuando se realiza un diseño en bloques aleatorizados, el bloque en sí constituye las repeticiones. En este caso, el diseño es además replicado, lo que significa que dentro del bloque existen repeticiones. Se han considerado tres repeticiones por tratamiento dentro de cada bloque. Las razones de esta medida son las siguientes:

- Evaluar cada bloque en forma independiente
- Si por causas imprevisibles, tales como incendios, daño por animales, etc., se pierde parte del bloque, la evaluación se podrá realizar de todas maneras

La estructura factorial se debe a que se analizan los efectos de dos factores principales más su interacción. El primer efecto principal es el efecto hongo micorrízico (a), el cual se evaluará a cinco niveles: sin aplicación de hongos y cuatro mezclas o combinaciones de esporas de hongos micorrízicos. El segundo efecto principal, es el efecto fertilizante (b), que se descompone en nivel foliar y nivel suelo.

3.3 Definición de tratamientos

Como se señaló anteriormente, la elección de las combinaciones de esporas es un hecho que está de acuerdo con lo que sucede en la naturaleza, ya que es muy poco probable que en un solo hongo sea el único simbionte de una plántula de pino.

En la Tabla N° 4, se ilustran las combinaciones de hongos micorrícicos utilizadas para definir los niveles del factor hongo micorrícico.

TABLA N° 4.- Combinaciones de hongos utilizadas para definir los niveles del factor hongo micorrícico (a)

Hongos Micorrícicos	Combinaciones			
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
<u>Suillus luteus</u> (L. ex Fr.) S.F. Gray	x	x	x	x
<u>Suillus granulatus</u> (L. ex Fr.) O. Kuntze	x			
<u>Tricholoma pessundatum</u> Fr. Quéll	x			
<u>Thelephora terrestris</u> Ehrh. ex Fr.		x	x	x
<u>Hebeloma nudipes</u> (Fr.) Kalch		x		x
<u>Lactarius deliciosus</u> (L. ex Fr.) S.F. Gray	x			
<u>Laccaria laccata</u> (Scop. ex. Fr.) Berk & Br.		x		x
<u>Rhizopogon roseolus</u> (Corda) Hollos			x	x
<u>Bovista Colorata</u> (Peck) Kreis				x

Una vez definidas las combinaciones de hongos micorrícicos, (Tabla N° 4), se procede a indicar en la Tabla N° 5, los factores y niveles considerados en el diseño experimental.

TABLA N° 5.- Factores y niveles considerados en el diseño experimental

FACTORES	NIVELES
Hongos Micorrícicos (a)	a_0 = nada a_1 = Combinación a_1 (*) a_2 = Combinación a_2 (*) a_3 = Combinación a_3 (*) a_4 = Combinación a_4 (*)
Fertilizante (b)	b_0 = Nada b_1 = Aplicación foliar b_2 = Aplicación al suelo

(*) Las combinaciones se señalan en la Tabla N° 4.

Al enfrentar ambos factores con sus respectivos niveles se da origen a 11 tratamientos (Tabla N° 6), incluyendo el testigo.

TABLA N° 6. Tratamientos a ensayar

		FACTOR a						
		Nivel		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
F A C T O R b			Testigo					
	b_1		$a_0 b_1$	$a_1 b_1$	$a_2 b_1$	$a_3 b_1$	$a_4 b_1$	
	b_2		$a_0 b_2$	$a_1 b_2$	$a_2 b_2$	$a_3 b_2$	$a_4 b_2$	

En la Tabla N° 6, tenemos que el tratamiento $a_i b_j$ está conformado por la mezcla del nivel i del factor a y el nivel j del factor b ($i = 0, 1, 2, 3, 4$; $j = 1, 2$), más el testigo.

Luego, las especificaciones de los tratamientos se muestran en la Tabla N° 7.

TABLA N° 7. Especificaciones de cada uno de los tratamientos a ensayar

TRATAMIENTO (Simbología)	ESPECIFICACION
T	Testigo
a ₀ b ₁	Aplicación de fertilizante a las hojas
a ₀ b ₂	Aplicación de fertilizante al suelo
a ₁ b ₁	Combinación de hongos a ₁ + aplicación de fertilizante a las hojas
a ₁ b ₂	Combinación de hongos a ₁ + aplicación de fertilizante al suelo
a ₂ b ₁	Combinación de hongos a ₂ + aplicación de fertilizante a las hojas
a ₂ b ₂	Combinación de hongos a ₂ + aplicación de fertilizante al suelo
a ₃ b ₁	Combinación de hongos a ₃ + aplicación de fertilizante a las hojas
a ₃ b ₂	Combinación de hongos a ₃ + aplicación de fertilizante al suelo
a ₄ b ₁	Combinación de hongos a ₄ + aplicación de fertilizante a las hojas
a ₄ b ₂	Combinación de hongos a ₄ + aplicación de fertilizante al suelo

Al analizar la Tabla N° 7, se observa, que nunca los hongos micorrícicos se aplican solos. Esto se debe fundamentalmente a los antecedentes recogidos a través de la revisión bibliográfica (Ipinza y Granger, 1983).

3.4 Ubicación de las parcelas de ensayo por bloque

La designación de las parcelas, para la aplicación de los tratamientos fue realizada al azar. La disposición relativa de las parcelas de cada bloque con sus respectivos tratamientos, se detalla :

En la Figura N°4 para el bloque 1 "El Porvenir"

En la Figura N°5 para el bloque 2 "Pichilemu"

En la Figura N°6 para el bloque 3 "El Centinela"

y finalmente;

En la Figura N°7 para el bloque 4 "Pantanillos."

Cada bloque presenta los once tratamientos, con sus tres repeticiones respectivas, dando origen a 33 unidades experimentales por bloque. Cada parcela de las Figuras N°s. 4, 5, 6 y 7, se designa por un círculo en cuyo interior se señala el tratamiento que fue asignado. En el borde exterior de cada círculo o parcela se indica un número, que concuerda con el número que la parcela posee en terreno.

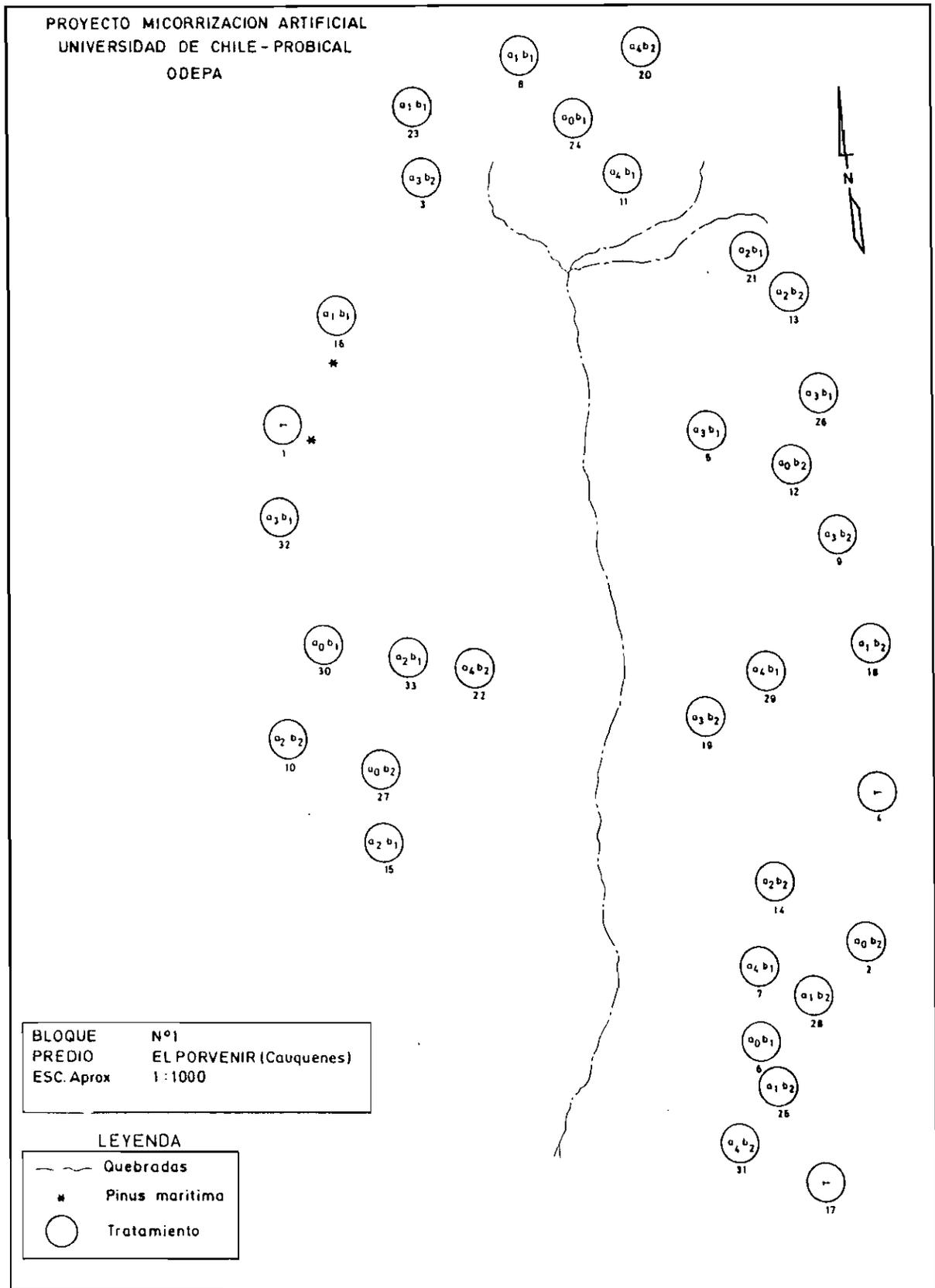


Figura N° 4.- Ubicación de los tratamientos dentro del bloque 1 "El Porvenir"

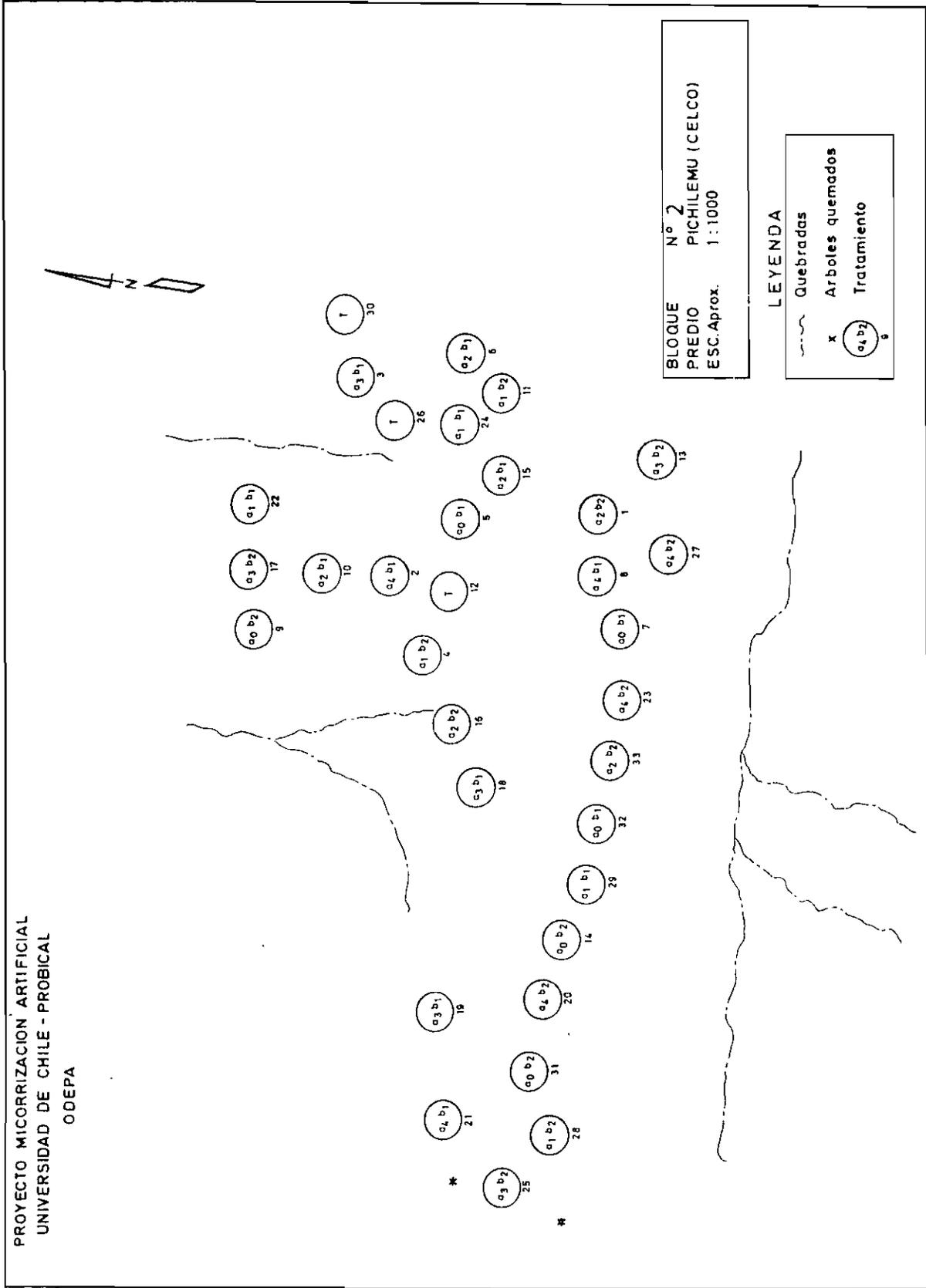


Figura N° 5. Ubicación de los tratamientos dentro del bloque 2 "Pichilemu"

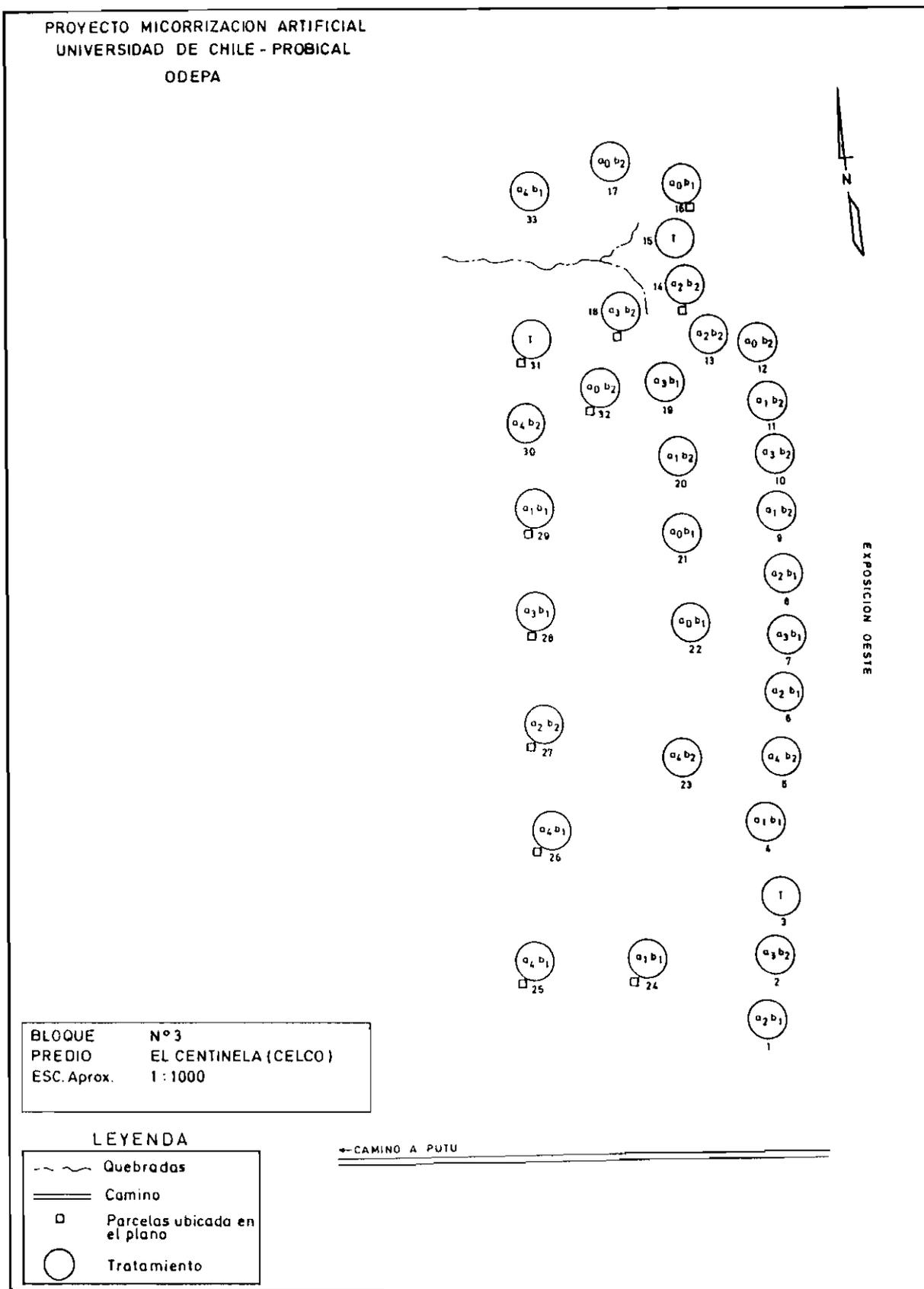


Figura N° 6. Ubicación de los tratamientos del bloque 3 "El Centinela"

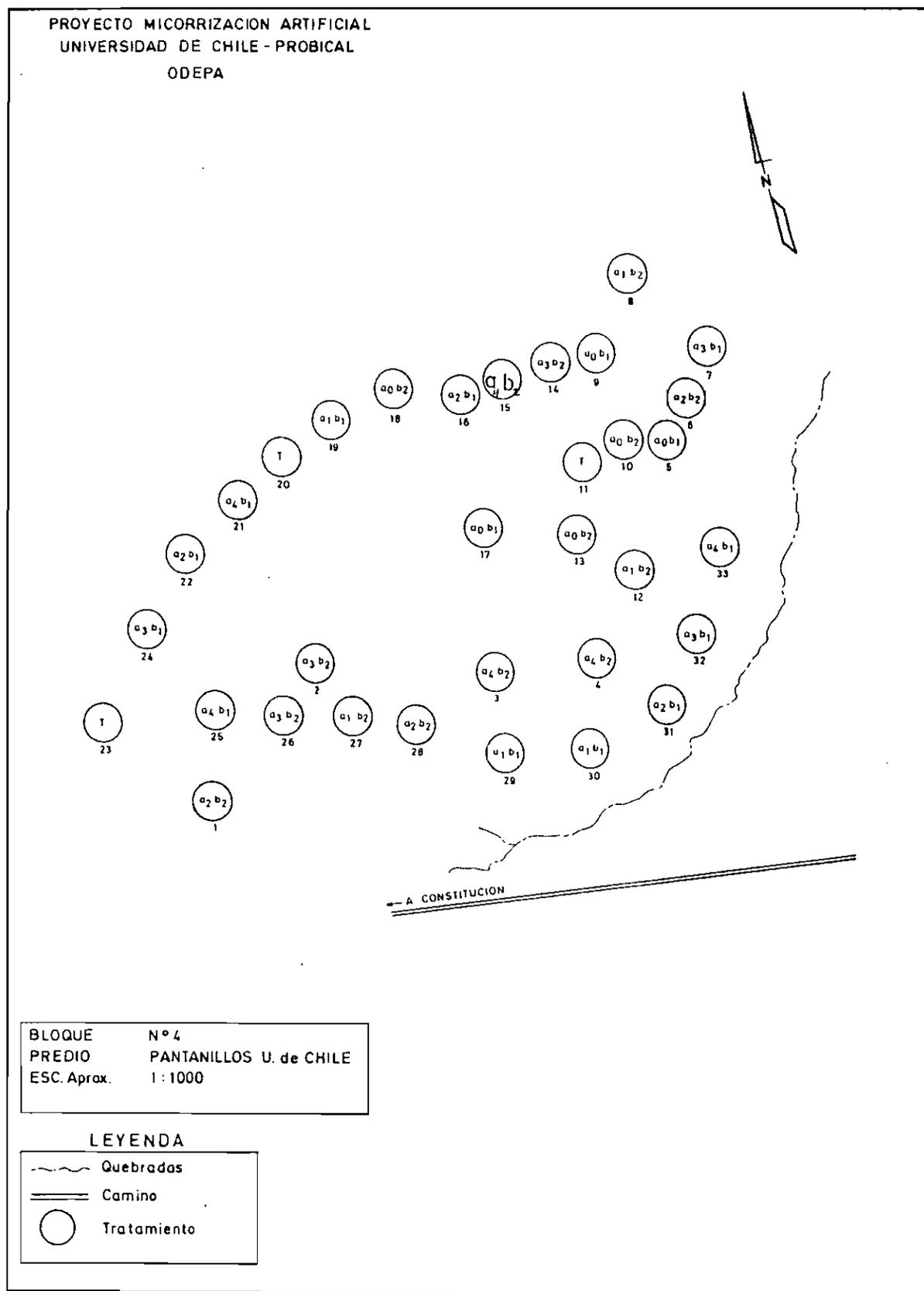


Figura N° 7.- Ubicación de los tratamientos dentro del bloque 4 "Pantaniillos"

3.5 Medición de variables fenotípicas

Como se señaló anteriormente, las parcelas tienen una orientación que está definida por la dirección del número grabado en una moneda de aluminio y la posición del clavo que sujeta dicha moneda a la estaca.

Este punto es el que indica donde se inician las mediciones. Los árboles se van midiendo uno por uno a medida que se va avanzando en sentido contrario a los punteros del reloj.

Una vez marcado el centro de la parcela, la primera decisión que se realiza sobre un árbol, es ver si éste está dentro del radio de los siete metros, para lo cual se mide la distancia desde la estaca hasta el árbol. Una vez decidida su ubicación dentro de la parcela, se registra la distancia y se miden las siguientes variables iniciales (i):

- Diámetro a la altura del cuello (DAC)
- Diámetro de copa (DCOPA)
- Altura total de la planta (Hi)
- Ausencia o presencia de plantas que presentan:
 - Síntomas de deficiencia de Nitrógeno (Ni)
 - Síntomas de deficiencia de Fósforo (Pi)
 - Síntomas de deficiencia de Potasio (Ki)
 - Síntomas de deficiencia de Magnesio (Mgi)
 - Síntomas de deficiencia de Cobre (Cui)
 - Síntomas de deficiencia de Boro (Bi)

Además, con respecto a la sintomatología de Boro, se consi
dera la posibilidad que la planta dañada presente recupe
ración; si así fuera, se registra la medición de la longi-
tud de la flecha recuperada a partir del punto de daño.

Las claves de campo utilizadas para conocer las deficien-
cias consideradas en este estudio se señalan en el Anexo
N°10, y el formulario de terreno, que se utilizó en las me-
diciones iniciales se señala en el Anexo N°11.

3.6 Aplicación de los tratamientos

Una vez marcada la parcela y mensuradas las características fenotípicas de los árboles que caen dentro de ella, se le asigna el tratamiento mediante un proceso aleatorio.

Para la aplicación del inóculo micorrízico, se procedió a realizar un hoyo a un costado de la base del árbol, teniendo la precaución de no dañar el sistema radicular; luego se depositan aproximadamente 10 cc de solución de inóculo (espora + tierra de infusorio + agua) por árbol. La concentración de esporas de las soluciones de los cuatro niveles del factor hongo micorrízico se presentan en la Tabla N° 8.

TABLA N° 8.- Concentraciones de esporas de las soluciones de los cuatro niveles del factor hongo micorrízico (a)

Combinación de hongos micorrízicos	N° de esporas (2) depositadas por parcela	N° de esporas (1) aproximadas depositada x árb.
a ₁	4.3×10^7	1.4×10^6
a ₂	7.2×10^7	2.4×10^6
a ₃	10.6×10^7	3.5×10^6
a ₄	2.1×10^8	7.0×10^6

(1) Supone una dosis de 10 cc de inóculo x árbol

(2) Supone una dosis de 300 cc de inóculo x parcela

En cuanto a la aplicación del fertilizante, al aplicarlo al suelo se realiza de la misma forma que la aplicación del inóculo de micorriza a excepción que se aplican aproximadamente 50 cc a una concentración del 1%, de producto por árbol. En cuanto a la fertilización foliar, por norma se consideró pulverizar el follaje de cada árbol, hasta que se empezaran a formar las primeras gotas. Debido a la heterogeneidad de los tamaños de copa, se consideró un consumo medio por parcela de 7.300 cc de solución a una concentración del 1%.

3.7 Evaluación

La evaluación de las variables fenotípicas, se realizarán mediante el análisis de covarianza, análisis de varianza y análisis estadístico descriptivo, según sea el caso de las variables específicas que se analice.

Existen varias variables nuevas que se generan a partir de las originales estas son:

- + Volumen de la planta (V):

$$V = ((DAC)^2 \times H)$$

- + Sobrevivencia (SOBREV): Esta variable se origina al expresar en porcentaje, el número de plantas que sobreviven al final del estudio, con respecto al número de plantas iniciales en cada una de las parcelas

- + Índice de volumen por parcela (IVP):

$$IVP = ((DAC)^2 \times H \times SOBREV) ; \text{ este índice es excelente ya que es un índice integrador}$$

- + Porcentaje de plántulas con deficiencias de N, P, K, Mg, Cu y B. Este porcentaje se calcula al final ya que es con respecto al número de plantas iniciales en cada una de las parcelas
- + Porcentaje de plántulas con recuperación del síntoma Boro

Las variables consideradas para la evaluación final de este ensayo se presentan en la Tabla N° 9.

TABLA N° 9.- Variables consideradas para la evaluación del ensayo de Micorrización y Fertilización Artificial

V A R I A B L E S	Medición inicial	Medición final
Diámetro a la altura del cuello (DAC)	DACi	DACf
Diámetro de copa (DCOPA)	DCOPAi	DCOPAf
Altura total de la planta (H)	Hi	Hf
Volumen de la planta (V)	Vi	Vf
Sobrevivencia (SOBREV)		% SOBREV
Índice de volumen por parcela (IVP)		IVP
% con síntoma N		% N
% con síntoma P		% P
% con síntoma K		% K
% con síntoma Mg		% Mg
% con síntoma Cu		% Cu
% con síntoma B		% B
% con recuperación B		% RB
Análisis foliar (AN)	ANi	ANf

IV. RESULTADOS

Los resultados que a continuación se indican son válidos y representativos para la zona de estudio, independiente de la diversidad de suelo existente y de las variaciones iniciales encontradas en el material experimental en el momento de aplicación de los tratamientos.

Los interesados en visualizar respuestas particulares por predios o bloques para cada una de las variables fenotípicas, se deberán remitir al Anexo N° 12.

1. Resultado del análisis multivariado de covarianza del diseño en bloque con estructura factorial

El análisis multivariado de covarianza para la variable de cuello (DAC), Diámetro de copa (DCOPA), Altura (H) y volumen (V), demuestra que el haber aislado el efecto Bloque (predios), fue una medida acertada, ya que este efecto presentó diferencias significativas en las cuatro variables involucradas (Tabla N°10), para un nivel crítico de decisión de $\alpha = 0.05$.

TABLA N° 10. Niveles de significancia (Pr) alcanzados por el análisis multivariado de covarianza. Nivel crítico de decisión $\alpha = 0.05$.

VARIABLES	FUENTES DE VARIACION			VARIABLES COVARIADAS				COEFICIENTE DE DETERMINACION (r ²)	
	Bloques	Hongos (A)	EFFECTOS Fertilizantes (B)	Interacción AB	Diámetro Inicial	Copa inicial	Altura inicial		Volumen inicial
DAC	0.0001	N.S.	N.S.	0.01	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.7109
DCOPA	0.0001	N.S.	N.S.	0.05	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.7394
H	0.0001	0.05	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.8584
V	0.0001	N.S.	N.S.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.6383

N.S. = No significativo (= Pr mayor a 0.05)

En relación a los efectos principales; el efecto hongo micorrízico (A) y el efecto fertilizante (B), no presentan respuestas significativas (N.S.), para las variables DAC, DCOPA y V, pero sí para la variable Altura. La interacción de ambos factores (A y B) presenta diferencias significativas para cada una de las variables de evaluación.

Se comprueba también la hipótesis que la variación inicial en este tipo de ensayo es muy grande, por lo que resulta imprescindible utilizar modelos de covarianza. Las variables utilizadas como covariadas para cada una de las variables de evaluación, son: El Diámetro de Cuello inicial (DACi), Diámetro de copa inicial (DCOPAi), Altura inicial (Hi), y el Volumen inicial (Vi). Los niveles de significación altamente satisfactorios logrados en la Tabla N°10 para las variables covariadas, indicarlo conveniente de aislar estas variables en la respuestas de los tratamientos sobre el diámetro de cuello final (DACf), Diámetro de Copa final (DCOPAf), Altura final (Hf) y Volumen final (Vf).

Finalmente, el coeficiente de determinación (r^2), demuestra que para la variable diámetro del cuello final, el modelo de covarianza, explica un 71,09% de variación total encontrada, para la variable diámetro de copa final, el modelo explica el 73,94% de la variación total encontrada, para la variable altura final, el modelo explica un 85,84%, y, finalmente para la variable volumen final, el modelo explica un 63,83% de la variación total encontrada.

2. Resultado del efecto principal, hongo micorrízico (A)

El factor principal hongo micorrízico, es decir el testigo, a_0 , a_1 , a_2 , a_3 y a_4 (1), se grafica para cada una de las variables de evaluación en función de los estados iniciales y finales de estas variables.

(1) Para el significado de estos códigos ver Tablas N°s. 5, 6 y 7.

En las Figuras N°s. 8, 9, 10 y 11 se indican las variables : Diámetro de cuello, diámetro de copa, altura y volumen, respectivamente, en sus valores iniciales y finales para cada nivel del factor hongo micorrízico. Tal como se indica en la Tabla N°10, la variable diámetro del cuello final (DAC), diámetro de copa final (DCOPA) y volumen final (V), no presentan diferencias significativas a excepción de la variable altura (H).

Luego, en la Tabla N°11, se señala un ordenamiento de los valores conseguidos solo para la variable altura final, en cada nivel del factor principal hongo micorrízico (A).

DIAMETRO (CM)

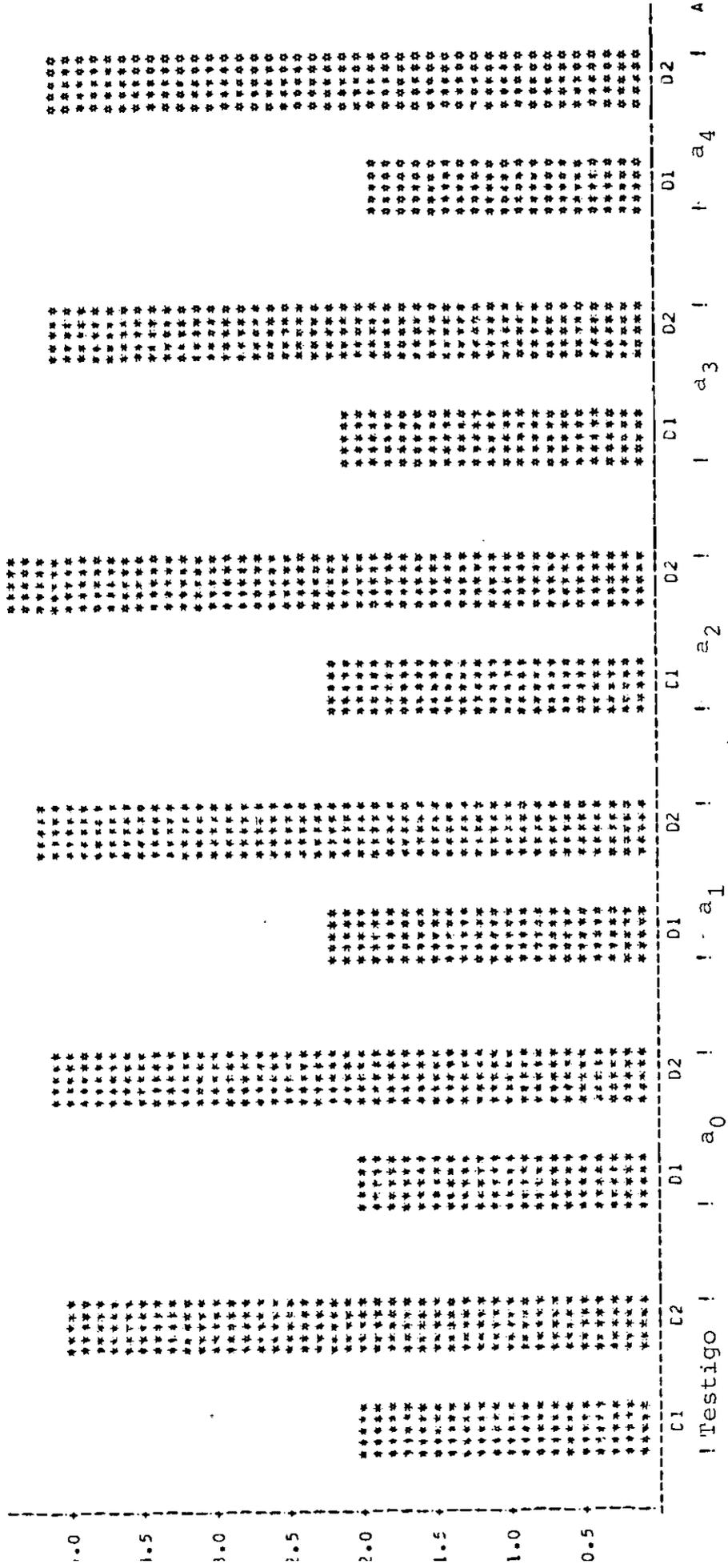


Figura N°8. Relación entre la variable diámetro de cuello inicial (D1) y final (D2) en cada nivel (Testigo a₀, a₁, a₂, a₃ y a₄) del factor principal hongo micorrizico (A).

CPA (CM)

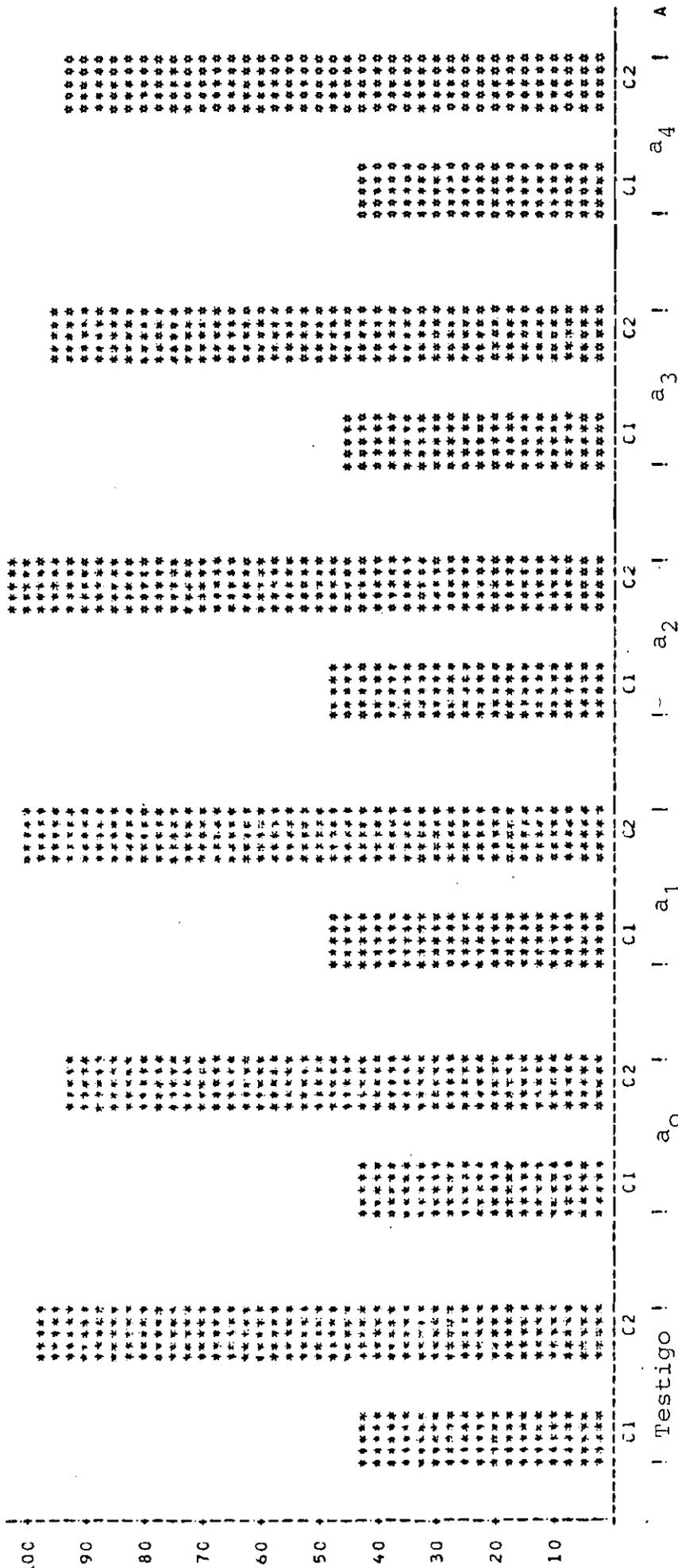


Figura N°9. Relación entre la variable diámetro de copa inicial (C1) y final (C2) en cada nivel (Testigo a₀, a₁, a₂, a₃ y a₄) del factor principal hongo micorrízico (A).

ALFA (CM)

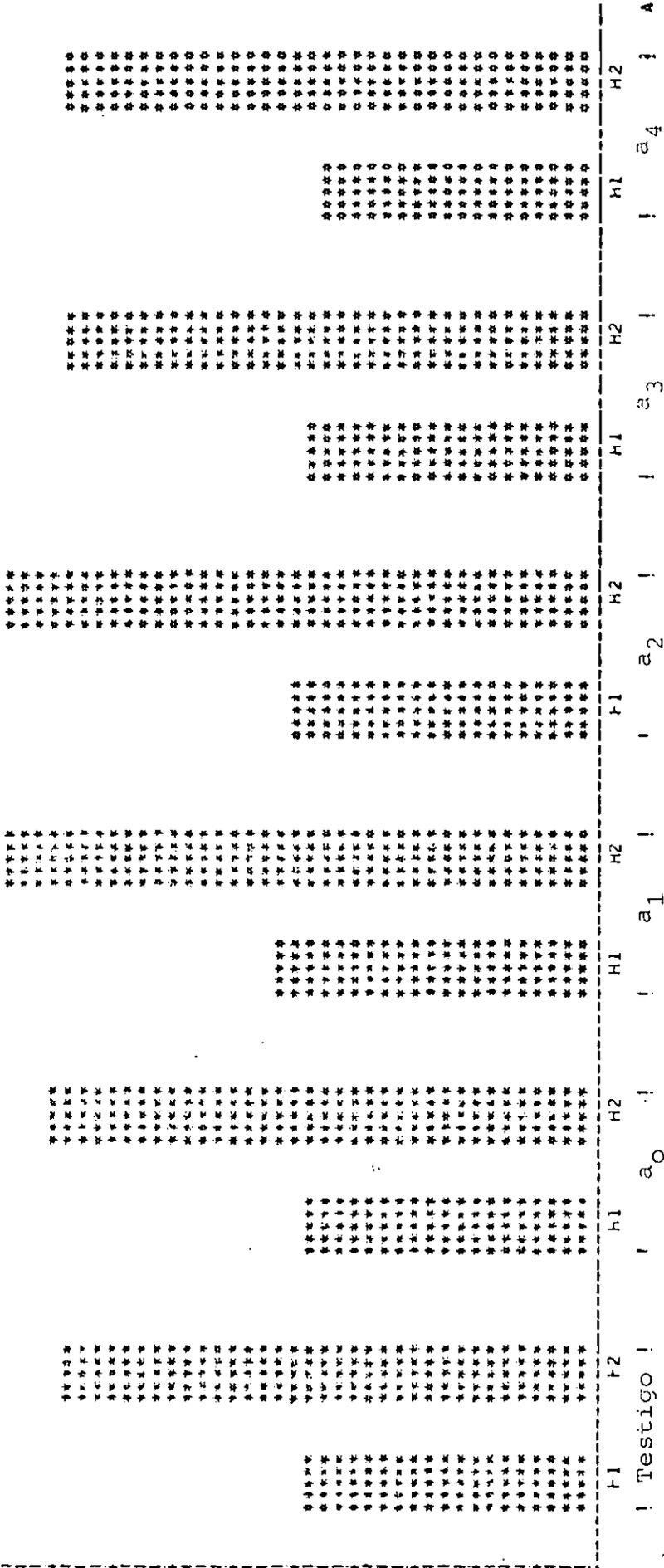


Figura N°10. Relación entre la variable altura inicial (H1) y final (H2) en cada nivel (Testigo a_0, a_1, a_2, a_3 y a_4) del factor principal hongo micorrízicos (A).

TABLA N° 11. Ordenamiento de los valores obtenidos por variable, en cada nivel del factor principal hongo micorrízico (A).

VARIABLE	Ordenamiento cualitativo de los mejores valores logrado en cada nivel del factor hongo micorrízico.					
	Testigo	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
DAC	--	--	--	--	--	--
DCOPA	--	--	--	--	--	--
H	2	2	1	1	2	2
V	--	--	--	--	--	--

Se indica que los mejores índices se logran en el nivel a₁ y a₂ de la variable altura. El nivel a₁, corresponde a la combinación de hongos micorrízicos formada por Suillus luteus, Suillus granulatus, Tricholoma pessundatum y Lactarius deliciosus. El nivel a₂, corresponde a la combinación formada por Suillus luteus, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes y Laccaria laccata.

3. Resultado del efecto principal, fertilizante (B)

El factor principal fertilizantes, es decir, el testigo, b_1 , b_2 (b_1 = aplicación foliar; b_2 = aplicación al suelo), se grafica para cada una de las variables de evaluación y en función de los estados iniciales y finales de estas variables.

En las Figuras N°s. 12, 13, 14 y 15 se indican las variables diámetro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen respectivamente, en sus valores iniciales y finales, para cada nivel del factor fertilizante (B). De igual forma que el factor hongo micorrízico (A), el factor fertilizante (B) no presenta diferencias significativas; para la variable diámetro del cuello final, diámetro de copa final y volumen final (Tabla N°10), a excepción de la variable altura final.

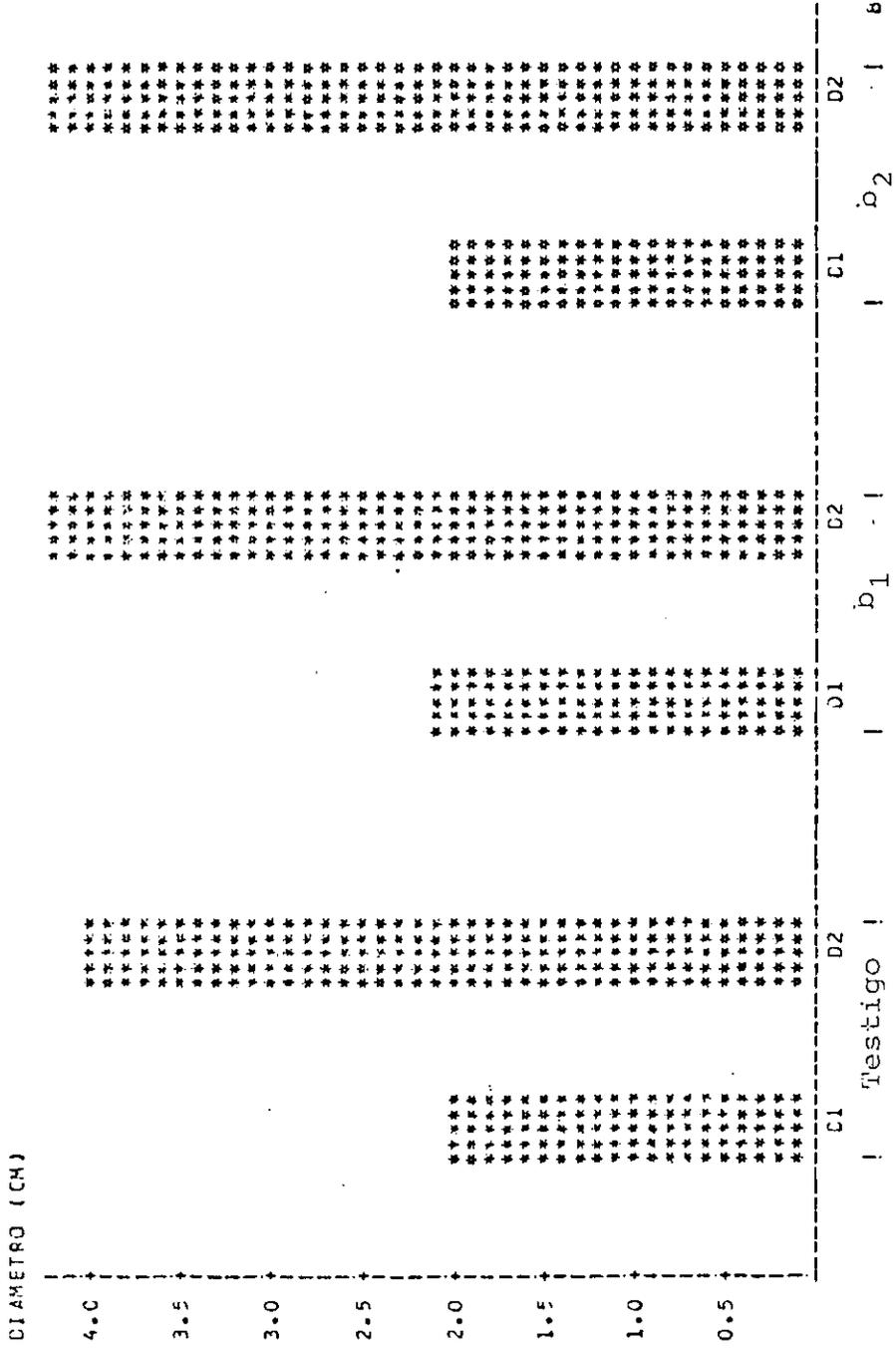


Figura N°12. Relación entre la variable diámetro del cuello inicial (D1) y final (D2) en cada nivel (Testigo b₁, b₂) del factor principal fertilizante (B).

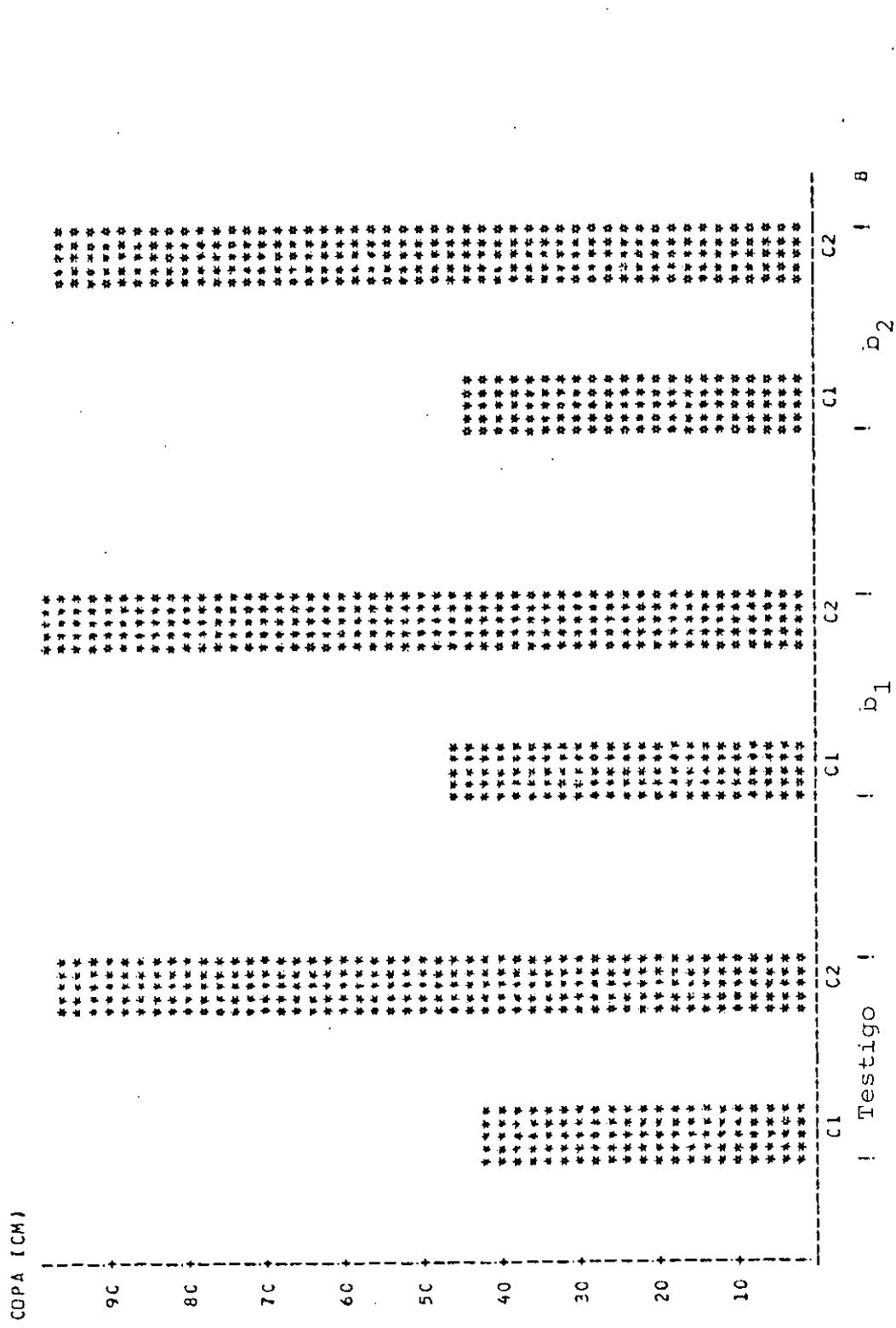


Figura N° 13. Relación entre la variable diámetro de copa inicial (C1) y final (C2) en cada nivel (Testigo b₁, b₂) del factor principal fertilizante (B).

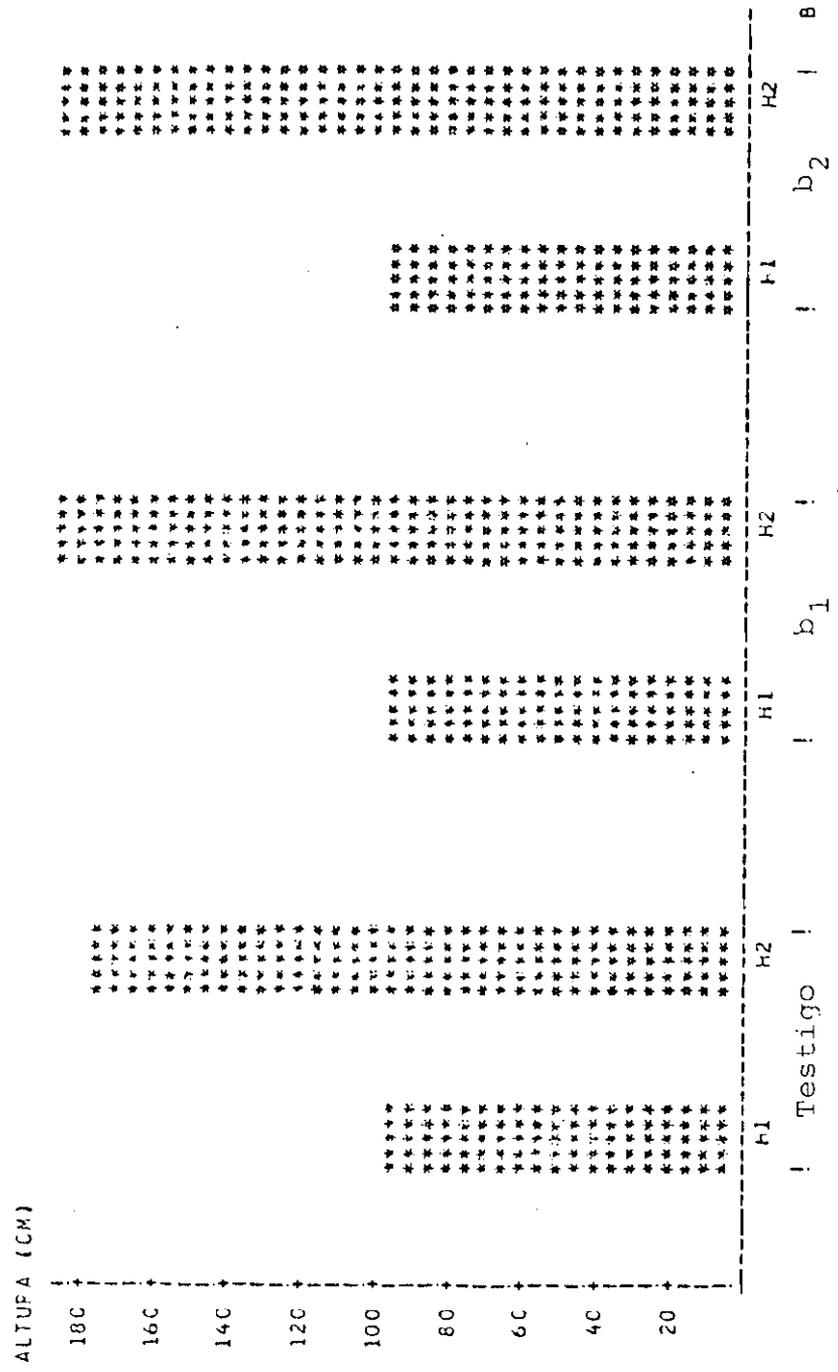


Figura N°14. Relación entre la variable altura inicial (h1) y final (h2), en cada nivel (Testigo b₁, b₂) del factor principal fertilizante (B).

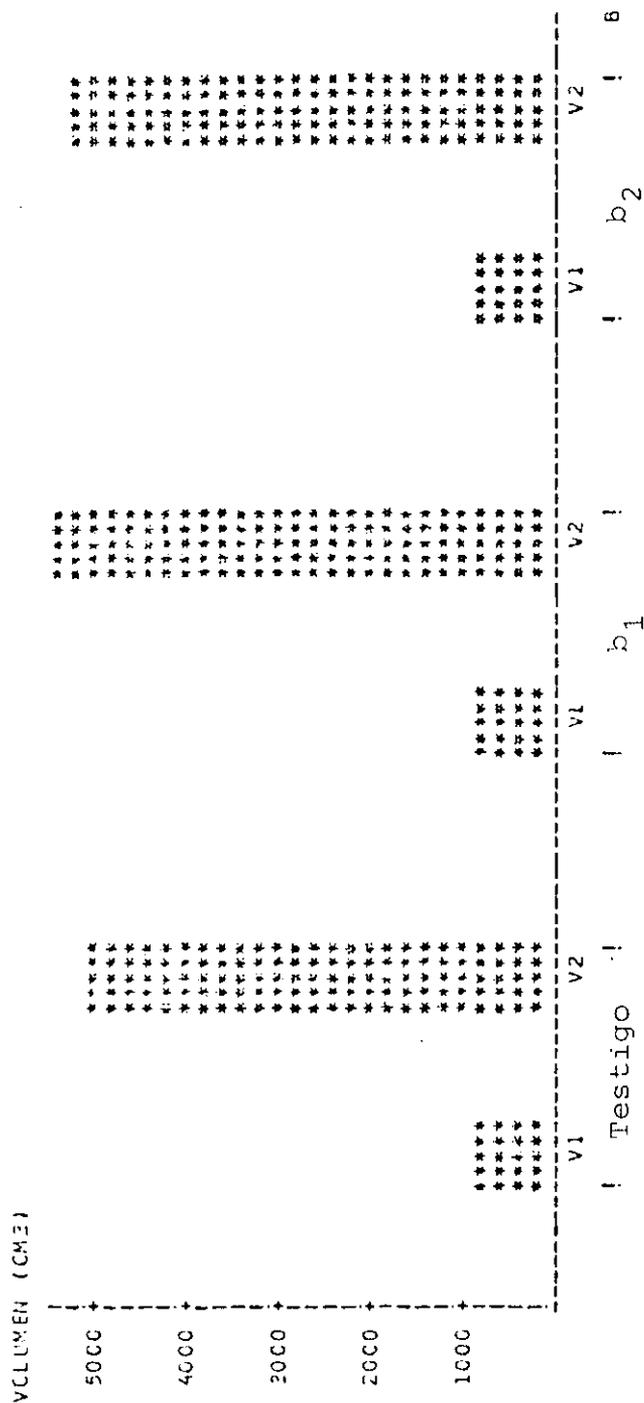


Figura N°15. Relación entre la variable volumen inicial (V1) y final (V2), en cada nivel (Testigo b_1 , b_2) del factor principal fertilizante (B).

En la Tabla N°12 se señala un ordenamiento de los valores obtenidos sólo para la variable altura final, en cada nivel del factor fertilizante (B).

TABLA N°12. Ordenamiento de los valores obtenidos por variable, en cada nivel del factor principal fertilizante (B).

VARIABLE	Ordenamiento cualitativo de los valores obtenidos por variable en cada nivel del factor fertilizante (B)		
	Testigo	b_1	b_2
DAC	--	--	--
DCOPA	--	--	--
H	2	1	1
V	--	--	--

El mejor índice se logra en los niveles b_1b_2 , para la variable altura. Estos niveles corresponden a la aplicación foliar (b_1) y a la aplicación al suelo (b_2).

4. Resultado de la interacción hongo micorrícico fertilizante (tratamientos).

Como se indica en la Tabla N°10, el efecto interacción es muy significativo en las variables volumen y altura (Pr = 0.0001) y significativo en las variables diámetro de cuello y diámetro de copa (para un Pr = 0.01 y Pr = 0.05, respectivamente). La interacción de ambos factores, factor hongo micorrícico y factor fertilizante, provoca beneficios que se traduce en que las plantas logran mejores niveles en sus variables fenotípica, que el efecto individual de cada factor. Como producto de la interacción de ambos factores se generan los tratamientos : Testigo (T) a_0b_1 , a_0b_2 , a_1b_1 , a_1b_2 , a_2b_1 , a_2b_2 , a_3b_1 , a_3b_2 , a_4b_1 y a_4b_2 , que son combinaciones de hongos micorrícicos con fertilizantes. El significado específico de estos tratamientos se señala en la Tabla N° 4, 5 y 6.

En las Figuras N°16, 17, 18 y 19, se indican las variables diámetro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen, respectivamente, en sus valores iniciales y finales para cada tratamiento.

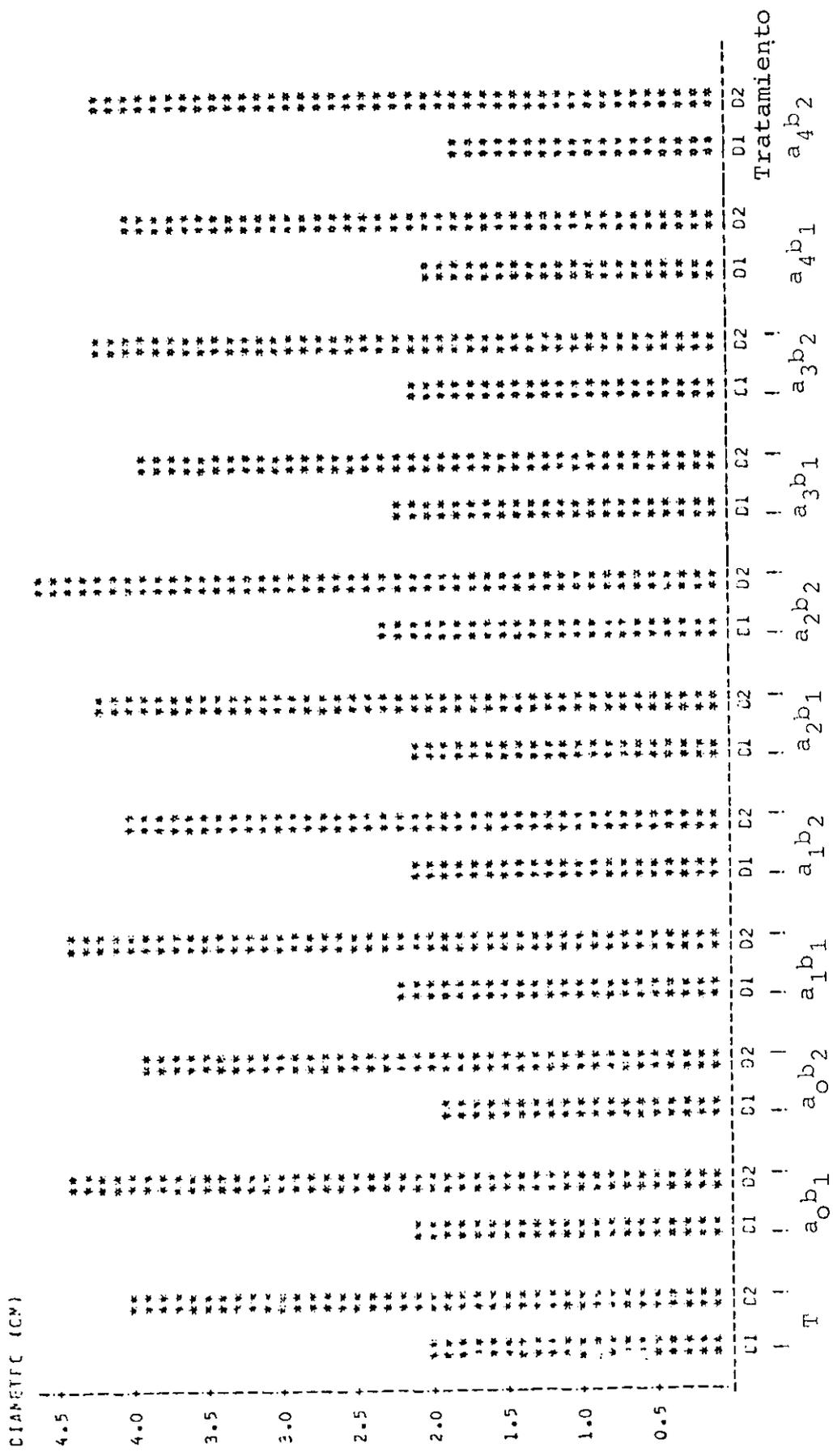


Figura N°16. Relación entre la variable diámetro del cuello inicial (D1) y final (D2) en cada tratamiento, originado por la interacción hongo-fertilizante : Testigo (T), a₀b₁, a₀b₂, a₁b₁, a₁b₂, a₂b₁, a₂b₂, a₃b₁, a₃b₂, a₄b₁ y a₄b₂.

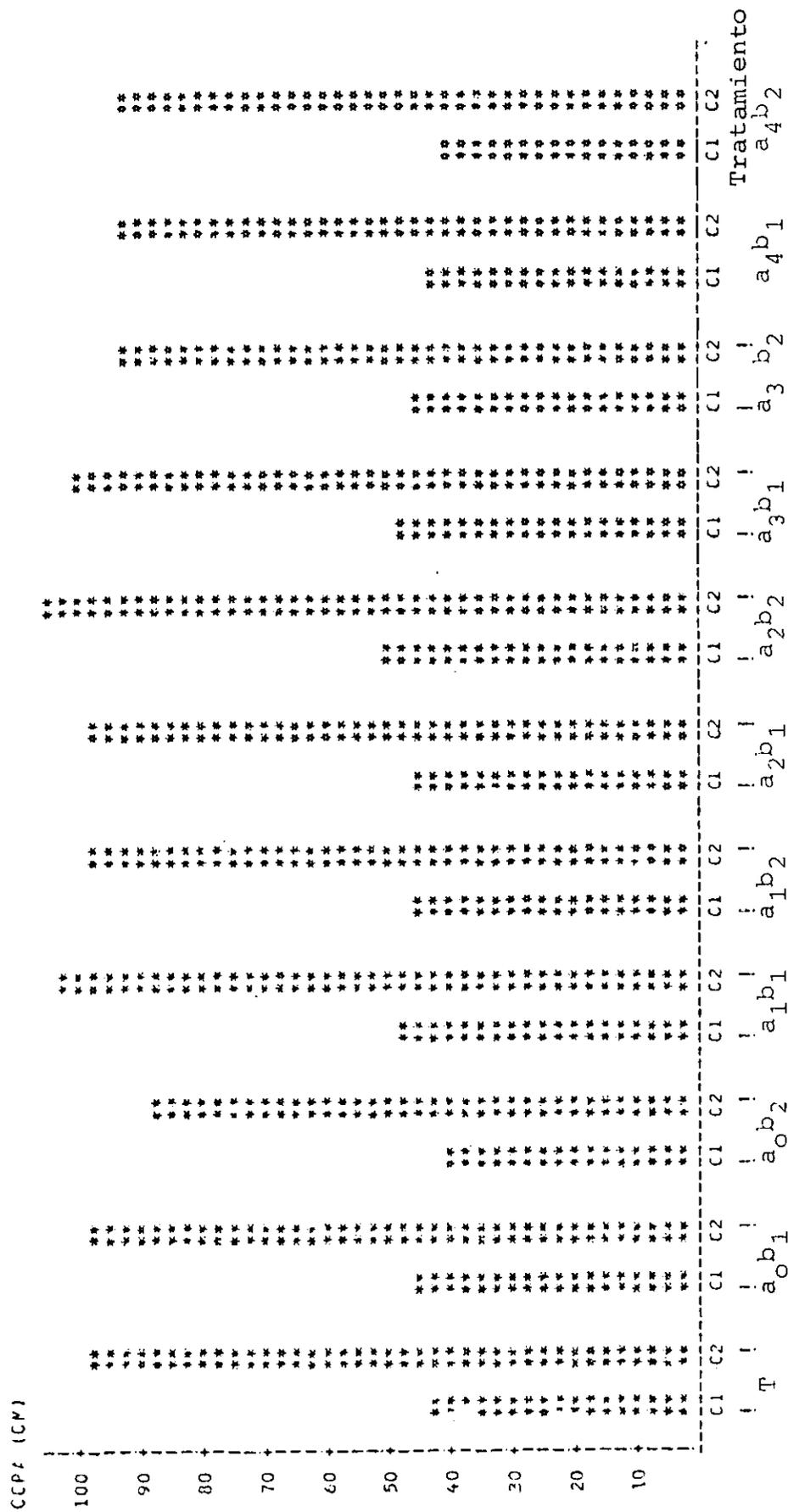


Figura N° 17. Relación entre la variable diámetro de copa inicial (C1) y final (C2) en cada tratamiento originado por la interacción hongo-fertilizante : Testigo (T), a₀b₁, a₀b₂, a₁b₁, a₁b₂, a₂b₁, a₂b₂, a₃b₁, a₃b₂, a₄b₁ y a₄b₂.

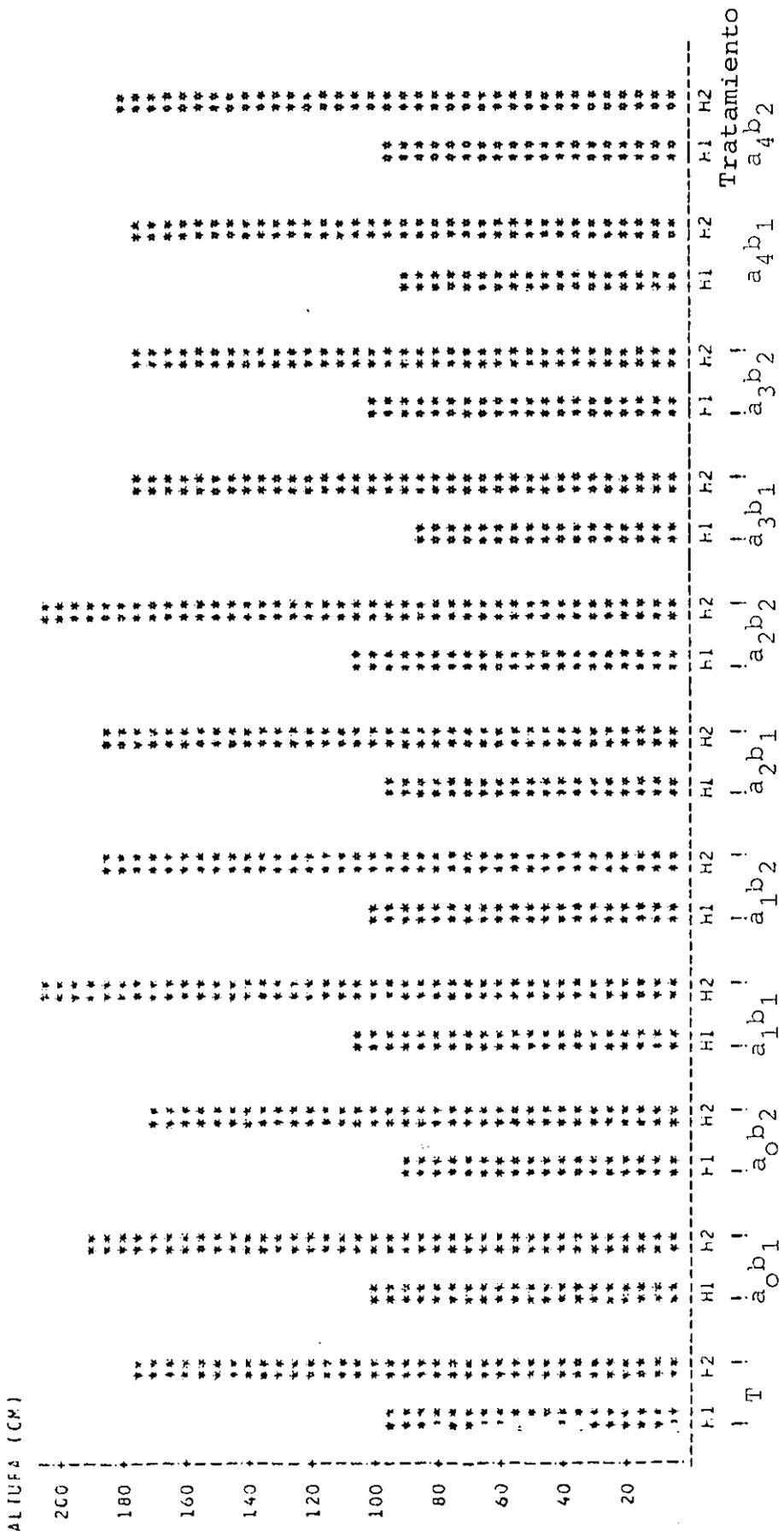


Figura N° 18. Relación entre la variable altura inicial (H1) y final (H2) en cada tratamiento originado por la interacción hongo-fertilizante : Tescigo (T), a₀b₁, a₀b₂, a₁b₁, a₁b₂, a₂b₁, a₂b₂, a₃b₁, a₃b₂, a₄b₁, a₄b₂.

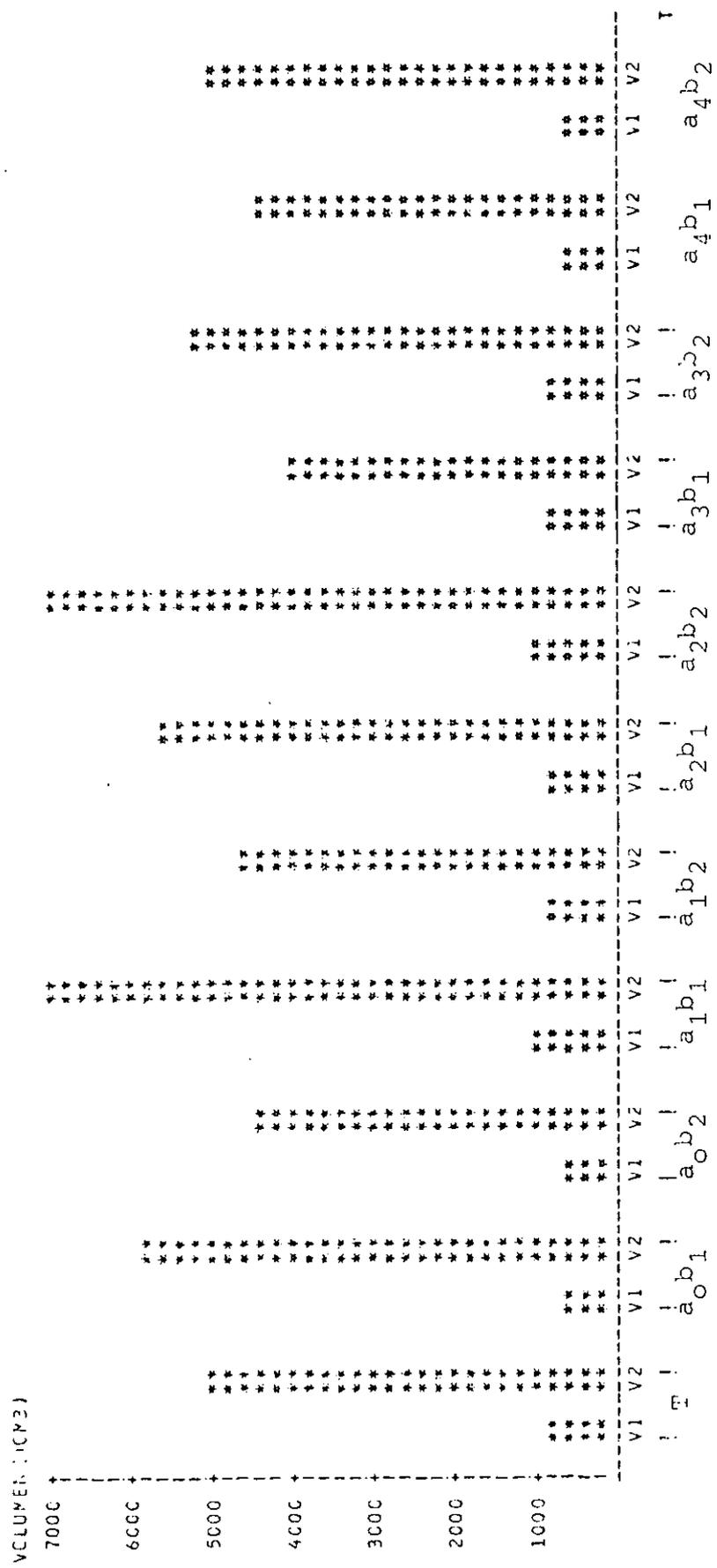


Figura N°19. Relación entre la variable volumen inicial (V1) y final (V2) en cada tratamiento, originado por la interacción hongo-fertilizante. Testi_{go} (T), a₀b₁, a₀b₂, a₁b₁, a₁b₂, a₂b₁, a₂b₂, a₃b₁, a₃b₂, a₄b₁, a₄b₂.

En la Tabla N°13, se muestra una clasificación de los tratamientos, en función de los valores finales de las variables diámetro del cuello (DAC), diámetro de copa (DCOPA), altura (H) y volumen (V).

TABLA N°13. Clasificación numérica de los tratamientos, en función de los valores finales de las variables Diámetro del Cuello (DAC), Diámetro de Copa (DCOPA), Altura (H) y Volumen (V).

VARIABLE	Clasificación numérica para los tratamientos originados por la interacción de factores hongo fertilizante.											
	Testigo	a_0b_1	a_0b_2	a_1b_1	a_1b_2	a_2b_1	a_2b_2	a_3b_1	a_3b_2	a_4b_1	a_4b_2	
DAC	3	2	2	1	3	3	1	3	2	3	1	
DCOPA	Comportamiento errático											
H	3	2	3	1	3	3	1	1	3	2	2	
V	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	

En la Tabla N°13, se visualiza que en la variable diámetro del cuello (DAC), los mejores tratamientos lo conforman a_1b_1 , a_2b_2 y a_4b_2 , es decir :

a_1b_1 : Suillus luteus, Suillus granulatus; Tricholoma pessundatum y Lactarius deliciosus más la aplicación de fertilizante foliar.

a_2b_2 : Suillus luteus, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes y Laccaria laccata más aplicación de fertilizante al suelo.

a_4b_2 : Suillus luteus, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes, Laccaria laccata, Rhizopogon roseolus Bovista colorata más aplicación de fertilizante al suelo.

La variable diámetro de copa (DCOPA), fue descartada como variable de análisis en este nivel porque presenta un comportamiento muy errático, a pesar que el mejor tratamiento es a_2b_2 . Su exclusión a posteriori, se basa, además, en su alta inconsistencia en cuantificar el status de vigor, en las etapas iniciales de desarrollo de las plantas.

La variable altura demostró ser una variable muy sensible, al cambio externo, y su efecto fue significativamente más marcado en los tratamientos a_1b_1 , a_2b_2 y a_3b_1 . Los dos primeros tratamientos fueron definidos anteriormente, y el a_3b_1 involucra :

a_3b_1 : Suillus luteus, Thelephora terrestris y Rhizopogon roseolus más fertilizante foliar.

El volumen, que es una variable integradora que tiende a globalizar las respuestas de esta experiencia, muestra una significativa superioridad en el tratamiento a_1b_1 .

Finalmente, las variables volumen y sobrevivencia conforman la variable denominada índice de volumen por parcela (IVP) (Tabla N°14).

TABLA NO 14.- Índice de volumen por parcela (IVP) en relación a los tratamientos.

Tratamiento	Índice volumen por parcela (IVP)
Testigo	497.682,0
a_0b_1	565.779,3
a_0b_2	439.238,6
a_1b_1	691.632,3
a_1b_2	460.594,0
a_2b_1	557.261,1
a_2b_2	689.385,6
a_3b_1	406.005,8
a_3b_2	513.942,6
a_4b_1	443.163,0
a_4b_2	491.440,0

En la Tabla N° 14, se muestra claramente que el mejor tratamiento es a_1b_1 y luego a_2b_2 ; el resto se encuentra en un nivel significativamente inferior, aunque muchos de ellos presentan ciertas ventajas.

5. Resultado de la relación deterioro fenotípico y el nivel de nutrientes, mediante análisis foliar

El deterioro fenotípico producido por las deficiencias nutricionales de los macro y micronutrientes, se manifiesta fundamentalmente en dos formas :

- Pérdidas sistemáticas en crecimiento, sin alterar la forma del árbol. Este tipo de deterioro es ejemplificado por las deficiencias de Nitrógeno y Fósforo.
- Necrosis y deterioro de la forma del árbol. Este tipo de alteraciones se producen fundamentalmente por las deficiencias de Boro y Cobre.

En la Tabla N°15, se indican los valores promedios de macro y micronutrientes por tratamiento encontrados en la época de evaluación del ensayo (Abril-85). Los niveles específicos por predio o bloque y por tratamientos se indican en el Anexo N°13.

Las comparaciones que en adelante se efectúan, se realizan en base a los valores de referencias establecidos por Will en 1978 (González et al., 1983). Los niveles establecidos por Will no son compartidos necesariamente por los autores del presente informe. (Valores de Will, 1978. Anexo N°14).

TABLA N° 15. Valores promedios de análisis foliar de macro y micronutrientes por tratamientos.

Tratamiento	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Zn	ppm Mn	ppm Fe	ppm Cu	ppm B
T	1,26	0,15	0,88	0,27	0,14	39,0	306,2	227,5	6,5	18,0
a ₀ b ₁	1,39	0,15	0,79	0,25	0,15	47,5	254,0	176,2	6,7	19,3
a ₀ b ₂	1,31	0,13	0,73	0,22	0,13	36,5	256,5	177,5	4,5	18,8
a ₁ b ₁	1,24	0,14	0,73	0,26	0,15	45,3	280,7	163,7	7,2	17,8
a ₁ b ₂	1,27	0,13	0,73	0,26	0,17	42,5	272,0	168,7	7,5	19,3
a ₂ b ₁	0,97	0,13	0,73	0,26	0,13	40,0	281,5	168,7	5,0	18,6
a ₂ b ₂	0,98	0,12	0,85	0,12	0,13	40,5	297,0	170,0	6,5	16,8
a ₃ b ₁	0,97	0,14	0,71	0,22	0,13	40,5	209,1	163,7	5,5	18,8
a ₃ b ₂	1,27	0,13	0,72	0,27	0,13	37,0	241,0	208,7	5,0	19,5
a ₄ b ₁	1,34	0,13	0,73	0,23	0,13	38,0	262,0	186,2	5,0	19,0
a ₄ b ₂	1,03	0,13	0,72	0,27	0,15	38,5	208,0	184,1	5,0	--

Los niveles de Nitrógeno (N) son bajos en el tratamiento a_2b_1 , a_2b_2 , a_3b_1 y a_4b_2 . Los niveles de Fósforo (P) son bajos en el tratamiento a_2b_2 , a pesar de constituir uno de los que presentan una de las mejores respuestas en este ensayo. El nivel de Potasio (K), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Magnesio (Mg) y Hierro (Fe) encontrados, son en general más que satisfactorios. En relación al Cobre (Cu), los niveles son satisfactorios, destacándose el tratamiento a_1b_1 y a_1b_2 . El nivel de Boro (B), también es satisfactorio.

Ahora, al considerar el nivel de deterioro como un índice de severidad de daño por deficiencia (%), y por ende, variable dependiente, y el nivel de la deficiencia específica en (%) o ppm (partes por millón) como variable independiente, se establecieron relaciones analíticas para las tres principales deficiencias que a nivel visual, pueden ser detectadas. (Tabla N° 16).

TABLA N° 16. Relaciones analíticas entre el nivel de deterioro fenotípico y el contenido foliar.

Deficiencia	Coeficientes de		Coeficiente de Correlación
	Posición	Regresión	
Cobre (Cu)	24.311	-2.035	-0.44
Nitrógeno (N)	1.566	-0.019	-0.99
Boro (B)	37.03	-0.561	-0,86

De la Tabla N°16, se observa que las tres deficiencias visuales más frecuentes en la zona de estudio, se relacionan en forma inversa con el contenido foliar de nutrientes, es decir, a medida que el contenido foliar de un elemento disminuye, aumenta el nivel de deterioro fenotípico o la manifestación morfológico de la deficiencia en el árbol.

V. COSTOS NETOS DE PRODUCCION Y APLICACION

1. Determinación de costos de fabricación de inoculantes micorrícicos

1.1 Inoculante en base a esporas

Costo de obtención del hongo

Recolección - 3,32 Kg hongo/hora/hombre		
Valor jornada hombre al 1º Enero 1985		\$ 8.000
Mano obra directa: M.O.D x 1 Kg	\$ 12	
Transporte x Kg	60	
Embalaje x Kg	<u>10</u>	
	\$ 82	
Costo de recolección		\$ 82
Clasificación hongo x Kg M.O.D.	\$ 50	
Secado 4 días x Kg	20	
Molienda tamiz 1ra. selección 1 Kg	34	
2da. selección 1 Kg	<u>68</u>	
	\$ 172	\$ 172
Total obtención hongo		----
1 Kg fresco ___ 18,6 grs. esporas		\$ 254
Gastos generales 150% S.M.O.D.		\$ 246
Costo industrial 18,6 gr		\$ 500
Imprevistos 10%		50
Utilidad 30%		<u>150</u>
Precio total 18,6 gr esporas -----		\$ 700
Valor 1 gr esporas	\$ 38	

M.O.D Mano de Obra Directa

S.M.O.D Sobre Mano de Obra Directa

1.2 Inoculante en cultivos líquidos (Fermentador)

Costo estimativo x 1 lt producción micelio

Tiempos totales producción 15 - 25 días

Materias primas	\$	94
Gastos E. eléctrica		1.000
Gastos M.O.D.		250
Gastos generales (150% S.M.O.D.)		<u>375</u>
Costo industrial		1.719
Imprevistos 10%		171
Utilidad 30%		<u>515</u>
	\$	2.405

Valor 1 lt cultivo micelio ----- \$ 2.405

1.3 Pelletizado de semillas con esporas de hongos micorrízicos

Valor por Kg de semillas

Inoculante esporas	\$	150
Adhesivo		25
Polvo recubrimiento		10
M.O.D.		15
Costo industrial		200
Imprevistos 10%		20
Utilidad 30%		60

Valor pelletizado 1 Kg semillas ----- \$ 280

2. Determinación del costo de Fertilización micorrícica y foliar de acuerdo a las dosis empleadas

2.1 Dosis de aplicación de fertilizantes utilizados.

En la Tabla N°17 se describen las dosis inoculantes y fertilizantes foliares utilizados en este proyecto tanto para platabandas como para árboles de 1-2 años.

TABLA N° 17. Dosis de aplicación de inoculantes micorrícicos y fertilizantes foliares en platabandas y árboles 1-2 años.

Tipo Fertilizante	Platabandas	Arboles 4 años
Esporas Esporas Pellet	1 mg/planta (1×10^6 esporas/ planta)	2-7 mg/árbol ($2-7 \times 10^6$ esporas/ árbol)
Micelio	0.33 cc/planta	--
Fertilizante foliar	0.33 cc/planta	2.5 lt/árbol

Para el cálculo de platabandas se determinó una densidad de 120 plantas/m².

2.2 Costo comparativo de micorrización y fertilización foliar en platabandas y árboles de 1-2 años.

En la Tabla N°18 se encuentra detallado los costos de fertilización micorrízica y foliar, de acuerdo a las dosis utilizadas por árbol.

TABLA N°18.- Costo de inoculación y fertilización foliar por árbol para platabandas y árboles 1-2 años.

Tipo Fertilización	Platabandas			Arboles de 1-2 años		
	Costo Inoc	Costo Aplic	Total	Costo Inoc	Costo Aplic	Total
Esporas Esporas Pellets	0.038	0.08	0.11	\$ 0.2	3.3	3.5
Micelio	0.008	0.08	0.088	-	-	-
Fertil Foliar	0.09	0.08	0.17	5.6	3.3	8.9

Para determinar los costos de aplicación se consideró como promedio 200 árboles con un salario agrícola al 1° de Enero de 1985 de \$ 8.000.-

Los costos totales de inoculación de micorrizas (esporas y micelio) y de fertilización foliar se presentan en la Figura N° 20, en función si estas labores se realizan en platabandas o en árboles de 1 a 2 años.

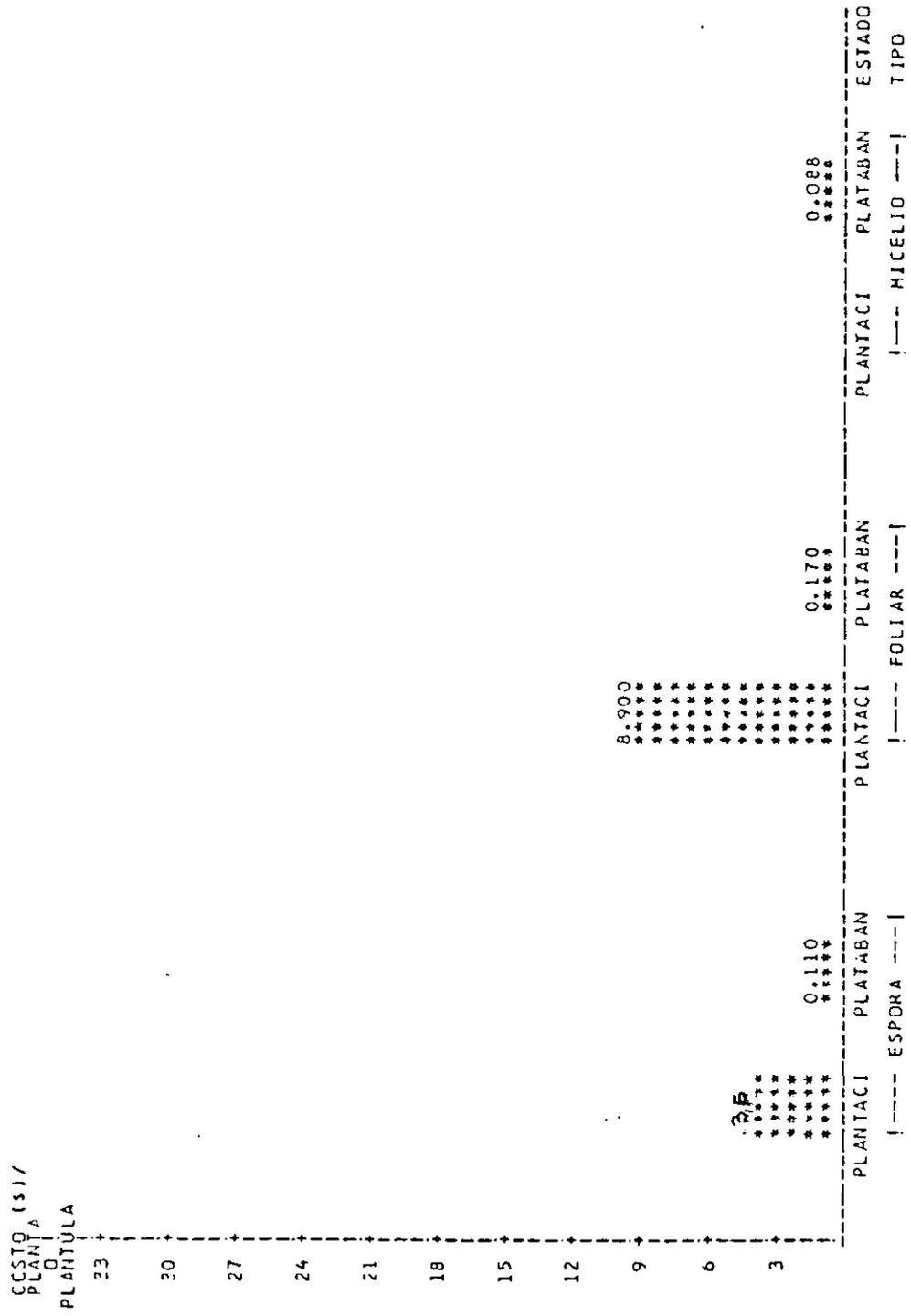


Figura N° 20. Costo de fertilización foliar y micorrización comparativas en plantabandas y plantaciones de 1 a 2 años.

VI. DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

El dinámico mundo productivo, obliga a los especialistas a dar rápidas y oportunas respuestas a las interrogantes que surgen en estos procesos. El sector forestal presenta características de dinamismo tal que continuamente se establecen normas y criterios para optimizar las distintas etapas que lo conforman. Dentro de las etapas más importantes, destaca la generación de bosques, manejo de bosques y proceso de industrialización del producto (madera).

El sector forestal se enmarca en un universo muy competitivo en que la calidad del producto tiene que cubrir elevadas exigencias en el mercado externo.

Nuestro interés se centra en que la calidad del producto final, será óptima en la medida que se comience con una selección del sitio de plantación, generación de plántulas de buena calidad y un programa de intervenciones silvícolas acorde a los objetivos de manejo.

La realidad demuestra que este criterio, no se ha practicado, por lo que es posible encontrar plantaciones que se desarrollan en sitios "problemáticos", en que el deterioro fenotípico, ocasiona fuertes merma en el valor biológico y financiero del recurso.

Pero no sólo disminuye el valor del recurso afectado, en término de una mayor mortalidad y volúmen, sino que estos sitios con problemas, fundamentalmente de carácter nutricional,

constituyen verdaderos lugares de "focos" de enfermedades y plagas forestales, que posteriormente se extienden a plantaciones sanas.

Cuando la masa forestal instaurada presenta síntomas de deterioro fenotípico, existe la posibilidad de corregir dichas anomalías durante los primeros años de edad del bosque, mediante las prácticas de fertilización. Existen pruebas confiables, que demuestran que la recuperación definitiva es posible en la medida que exista un continuo aporte de insumos de fertilizante, lo que indudablemente repercute sobre los costos de instauración de las masas forestales, haciendo muchas veces prohibitiva la reforestación y forestación en muchos sitios.

El buen sentido nos indica que, si nosotros podemos incorporar sólo una vez, algún elemento (hongo-fertilizante) y corregir definitivamente el problema, estaríamos optimizando el desarrollo de las plantas a un mínimo costo, bajo estas restricciones. Indudablemente que esta constituye una buena aproximación, pero existe una mejor, que es elegir previamente el sitio de plantación en vivero, utilizar semillas mejoradas y dotar a las plántulas del enlace biológico (micorrizas) entre ellas, y elegir el lugar definitivo de plantación, ésto bajo el supuesto de un óptimo manejo de las plántulas en vivero.

El presente proyecto, tiende a demostrar que es factible la primera aproximación para solucionar problemas concretos y actuales, y que la segunda aproximación constituye lo óptimo, lo que el silvicultor debe realizar en sus prácticas

normales de generación de masas forestales.

De acuerdo al análisis bibliográfico, se decidió abordar el problema de la recuperación del daño fenotípico, mediante una acción combinada de micorrizas y fertilizante foliar. El problema básico inicial fue seleccionar las micorrizas más apropiadas y la formulación del fertilizante, que cubriera las necesidades de deficiencia encontrada en la zona de estudio.

Con respecto a los hongos micorrícicos, se concluyó que el Pinus radiata presenta en Chile, alrededor de 30 especies micorrícicas, pudiendo aumentar significativamente esta cifra en la medida que se compruebe el traspaso de la micota del bosque nativo al P. radiata. La selección de hongos micorrícicos se realizó a base del poder micorrícico, ya que este es dependiente de la especie hospedante, especie de hongo y el sitio. Esta fase provoca un intenso trabajo de laboratorio y de terreno, logrando finalmente seleccionar para el proyecto, las siguientes especies : Suillus luteus, Suillus granulatus, Tricholoma pessundatum, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes, Lactarius deliciosus, Laccaria laccata, Rhizopogon roseolus y Bovista colorata.

El manejo posterior de estas especies para las dos aproximaciones señaladas anteriormente, es decir, para satisfacer los objetivos del proyecto y proponer una solución definitiva, es de por sí compleja, ya que el crecimiento de los hongos es lento, presentan un alto grado de especificidad y requieren para su crecimiento in-vitro, que el medio de cultivo tenga una formulación específica de nutrientes y que su desarrollo se

realice bajo condiciones específicas de pH, humedad y temperatura. Además, muchos modelos de manejo exitosos se desecharon debido a la incidencia que presentaba en los costos finales la producción de inóculo. Con respecto a este punto se logró establecer que el inóculo de esporas es muy efectivo para inoculaciones masivas de bosque y para pelletizar semilla y el cultivo mediante fermentador da muy buenos resultados para micorrizar viveros.

Tal como en el caso de los hongos, la selección de la formulación del fertilizante a utilizar se basó en las características nutricionales generales de la zona de estudio y los requerimientos mínimos necesarios del P. radiata. La elección de la formulación en base a laga, constituye a juicio de los autores uno de los aportes más importantes del presente proyecto.

Las respuestas a los fertilizantes y/o micorrizas por parte de las plantas, comúnmente es notoria al cabo de algunos años, lo que no implica que no se produzca una respuesta al cabo de un año, sino que ésta debe ser detectada mediante una herramienta estadística más fina que la utilizada normalmente en este tipo de ensayos. La evaluación de la respuesta a la fertilización y micorrización se realiza a través del análisis de covarianza, con un diseño en bloques y con una estructura factorial (factor hongo y factor fertilizante).

El diseño experimental contempló ubicar el ensayo en distintos predios que reflejaban las características generales de la VII Región. Se incluyeron zonas altamente degradadas, como el Predio Porvenir y zonas que recién se acondicionaban a la

plantación de P. radiata, como el predio Pichilemu. La gran variabilidad entre los dos extremos justificó plenamente el uso de bosques.

Las numerosas combinaciones de hongos que fue posible encontrar en condiciones de terreno y asociadas a condiciones de buen desarrollo de P. radiata, más los antecedentes bibliográficos, determinaron la utilización de varios niveles dentro del factor hongo. De igual manera, el factor fertilizante fue dividido en dos niveles : Aplicación foliar y aplicación al suelo.

Los resultados del experimento determinan que tanto el efecto hongo y el efecto fertilizante no originan respuesta significativa en las variables diámetro del cuello, diámetro de copa y volumen a excepción de la variable altura. Esto significa que el efecto individual de cada factor no incide en la obtención de un mejor nivel en las variables de evaluación. La variable altura es muy sensible a respuestas externas, generalmente es la primera que varía cuando se modifica favorablemente el entorno de una planta.

Sin embargo, el efecto combinado de estos factores provoca una respuesta muy significativa en el diámetro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen, demostrando con esto una coincidencia con los antecedentes que señala la bibliografía.

Los tratamientos específicos que destacan son, en primer lugar, los que están conformados por : Suillus luteus, Suillus granulatus, Tricholoma pessundatum y Lactarius deliciosus,

más la aplicación foliar de fertilizantes; en segundo lugar el conformado por Suillus luteus, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes y Laccaria laccata más la aplicación de fertilizante al suelo.

El hecho que estos hongos hayan demostrado un efecto más positivo que otras combinaciones, indica que son muy versátiles, ya que las condiciones nutricionales de los predios son muy diferentes entre sí, por lo que resulta muy conveniente utilizar estas especies en programa de micorrización artificial. Las pruebas que demuestran la bondad de los dos tratamientos señalados anteriormente son muy categóricas, e inclusive la variable Índice Volumen por Parcela (IVP), la cual engloba el diámetro del cuello, la altura, la sobrevivencia de uso obligatorio en los ensayos de micorrización y fertilización en USA, demuestra clara ventaja de estos tratamientos.

En relación a los niveles foliares, en este estudio sólo se consideran como orientadores, ya que existe un gran vacío en el campo de su normalización y estandarización, a pesar de los esfuerzos de muchos grupos de investigadores. No existen niveles de referencia nacionales, y los que se usan son muchas veces contradictorios.

El proyecto obtuvo una buena aproximación técnica al problema de la recuperación de masas forestales de pino insigne, que presentan actualmente síntomas de deficiencias nutricionales.

Además, el proyecto da una respuesta técnica para corregir de raíz el problema definitivo y no incurrir en la aplicación de medidas de emergencia. Se realizaron alrededor de cuatro ensayos en viveros, utilizando semilla pelletizada con esporas. En todos ellos el resultado de la micorrización fue exitoso, demostrando con ésto que es posible incorporar el hongo micorrícico desde el vivero a un costo muy bajo. (Figura N°20).

El uso de cultivo en fermentador, aunque de costo superior al pelletizado de semillas con espora, también constituye una práctica que debería extenderse en viveros forestales.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones generales

- El deterioro fenotípico en plantaciones de 1 a 2 años es posible recuperarlo mediante la acción combinada de hongos micorrícicos específicos y un fertilizante foliar a base de algas.
- Es posible evitar tener que recurrir a medidas de emergencia si se micorrizan las plántulas en el vivero, bajo un manejo óptimo.

2. Conclusiones específicas

- Los hongos micorrícicos que presentan claras ventajas para Pinus radiata en la zona de estudio son : Suillus luteus, Suillus granulatus, Tricholoma pessundatum, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes, Lactarius deliciosus, Laccaria laccata, Rhizopogon roseolus y Bovista colorata.
- La determinación de formas óptimas de manejo de hongos micorrícicos, presenta serias limitaciones económicas, debido al lento crecimiento (gastos de energía), alta probabilidad de pérdidas por contaminación, utilización de grandes cantidades de inóculo por hectárea (30 m³/ha) y dependencia de materias primas extranjeras (vermiculita).

- La obtención de inóculo de esporas presenta grandes ventajas técnicas y económica, como también el cultivo a través de fermentadores.
- La formulación de un fertilizante a base de alga presenta claras ventajas nutricionales y fitosanitaria.
- Los hongos micorrícicos y el fertilizante no logran por si solo un efecto o respuesta lo suficientemente interesante para justificar su aplicación independiente, a excepción de una respuesta en altura.
- El efecto combinado de los hongos micorrícicos y el fertilizante producen el mejor nivel de recuperación de las plantas. Este se manifiesta en diámetro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen.
- La variable Índice de Volumen por Parcela (Volumen * sobrevivencia) es una variable integradora de gran valor y potencia en la evaluación de este tipo de ensayos.
- Existe una alta relación entre la severidad morfológica del daño y el nivel de algunos nutrientes (Cu, N y B) en las hojas. Esta relación es inversa, es decir, a medida que aumenta el daño, menor es la cantidad de nutrientes.
- La aplicación de micorrizas y fertilizantes tiende a recuperar el daño morfológico.
- Los mejores tratamientos lo conforman, primero : Suillus luteus, Suillus granulatus, Tricholoma pessudatum y Lac -

tarius deliciosus más la aplicación del fertilizante a nivel foliar. El segundo : Suillus luteus, Thelephora terrestris, Hebeloma nudipes y Laccaria laccata más la aplicación de fertilizante a nivel del suelo.

- En Chile, no existen niveles foliares de referencia para las plantaciones de Pinus radiata, por lo que los niveles logrados son tan sólo orientadores.
- Los costos de inoculación, ya sea en su forma de esporas, micelio o semilla peletizada presentan costos insignificantes, si ésta se realiza en la etapa de vivero (plata-banda).

3. Recomendaciones

- 3.1 Es necesario reevaluar el ensayo en dos años más, para verificar si las ventajas observadas al año de aplicación de las micorrizas y fertilizante se mantienen o aumentan.
- 3.2 Es recomendable realizar una gran actividad de extensión o transferencia tecnológica hacia los forestadores sobre las ventajas de los hongos micorrícicos.
- 3.3 Es necesario promover investigación básica, para determinar hongos micorrícicos en tipo de suelo específico.

- 3.4 Es necesario promover investigación básica, que tienda a dilucidar la magnitud del traspaso de la micota nativa especialmente la de los *Nothofagus* al *Pinus radiata*.
- 3.5 Es necesario promover investigación básica para favorecer masivamente la presencia de hongos micorrízico-comestibles en los bosques de *P. radiata*.
- 3.6 Es recomendable realizar investigación básica para determinar las curvas de crecimiento de cada hongo en cultivos de fermentador.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- AFIFI, A. y AZEN, S. 1981. Statistical analysis. A computer oriented approach. Academic Press, New York. 431 p.
- BJORKMAN, F. 1940. Mycorrhiza in pine and spruce seedling grown under varied radiation intensities in rich soils with o without nitrate added. Medd. Stat. Skögsfors. Anst. 32:23-74.
- BJORKMAN, F. 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. Symb. Botan. Upsal. VI : 2, 1-191.
- BJORKMAN, F. 1970. Mycorrhiza and tree nutrition in poor forest soils. Stud For Suec. 83 : 1 - 24.
- BONDARTSEV, A.S. 1971. The Polyporaceae of the European USSR and Caucasia. Jerusalem. 896 pp.
- BOWEN, G.D. 1963. The natural occurrence of mycorrhizal fungi for Pinus radiata in South Australian soils. Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Soils. Divisional Report N°6/63.
- DIXON, R.; GARRET, H. y COX, G. 1979. Containerized short-leaf pine seedling show superior growth and ectomycorrhizal development with mist foliar fertilization. South J Appl For. 3 : 154 - 157

- DIXON, R.; GARRET, H. BIXBY, J.; COX, G y THOMPSON, J. 1981. Growth, Ectomycorrhizal development, and root soluble carbohydrates of black oak seedling fertilized by two methods. Forest Sci., Vol 27, N°3 : 617-624.
- DOMINIK, T. 1959. Synopsis of a new classification of the ectotrophic mycorrhizae established on morfological and anatomical characteristics. Mycopath. Mycol Appli. II. 359 - 367.
- DUMBROFF, E. 1968. Some observations on the effect of nutrient supply on mycorrhizal development in pine. Plant and Soil 28 : 463 - 466.
- FRANK, A.B. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Ber. deut. botan. Ges. 3, 128-145.
- GAMUNDI, I.I. 1971. Algunos Discomycetes de Chile. Bol. Soc. Arg. Bot. 13(4) : 260 - 289.
- GARRETT, H; COX, G.; DIXON R. y WRIGHT, G. 1979. Mycorrhizae and regeneration potential of oak. En: Regenerating oaks in upland hardwood forest (B.C. Fischer and H. Holt, eds), p. 82-90. John S. Wright For Conf. Proc., Purdue Univ.
- GARRIDO, N. 1981. Contribución al conocimiento de los Agaricales en las plantaciones de Pinus radiata D. Don en VIII Región de Chile. Tesis Biol. Concepción. Chile. Universidad de Concepción. 182 p.

- GONZALEZ, G.; GONZALEZ, C.; MILLAN, J. y ESCOBAR, R. 1983. Estudio de fertilización en plantaciones de pinus radiata. Primeros resultados. Documento de Trabajo N°51. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76-003. Santiago, 159 p.
- HARLEY, J.L. 1959. The biology of mycorrhiza. London, Hill.
- HORAK, E. 1977. New and rares Boletes from Chile. Bol. Soc. Arg. Bot. 33 : 97 - 109.
- IPINZA, R. 1980. Micorrización artificial. Chile Forestal. Año 5. N°57 pág. 17.
- IPINZA, R. y SERRANO, M. 1982. Micorrización artificial sobre pino insigne en la Estación Experimental Pantanillos-Las Brisas (VII Región). Ciencias Forestales 2(2):77-93.
- IPINZA, R. y GRANGER, M. 1983. Micorrización artificial en plantaciones de Pinus radiata D. Don de 1 a 2 años, en la VII Región. 1° Informe. 1983. Proyecto ODEPA/Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Univ. de Chile. PROBICAL. Santiago. 41 p. (Mimeo.).
- JAHN, E. 1934. Die peritrophe mycorrhiza. Ber deut. bot. Ges. 52. 463 p.
- KELLEY, A.P. 1950. Mycotrophy in plants. Chronica Botánica. Waltham, Mass.

- LAZO, W. 1971. Contribution a L'etude des Macromycetes du Chili. *Lejeunia*. 61 : 1 - 30.
- LAZO, W. 1972a. Some Clavariaceae from Chile. *Mycologia*. 64 : 73 - 80.
- LAZO, W. 1972b. Fungi from Chile I. Some Gasteromycetes and Agaricales. *Mycologia* 64 : 786 - 798.
- LAZO, W. 1982. Introducción al estudio de los hongos superiores. *Bol. Micol.* 1 : 19-30.
- LAZO, W. 1983. Introducción al estudio de los hongos superiores II. *Bol. Micolog.* 1 : 77 - 119.
- LOBANOW, N.W. 1960. *Mykotrophie der Holzpflanzen*. Tr. by W. Rawald. Berlin.
- MARKS, G.C. y KOZLOWSKI, T.T. 1973. *Ectomycorrhizae: Their ecology and physiology*. Academic, New York. P. 383.
- MARX, D. M. 1977. The role of mycorrhizae in forest production. *Tappi Conference Papers, Annual Meeting, Atlanta, Georgia*. 151 - 156.
- MARX, D.H. y BRYAN, W.C. 1971. Influence of ectomycorrhizae on survival and growth of aseptic seedlings of loblolly pine at high temperatures. *For. Sci.* 17 : 37 - 41.
- MARX, D.H. y ARTMAN, J.D. 1979. *Pisolithus tinctorius* mycorrhizae Improve survival and Growth of Pine Seedlings on Acid Coal Spoil in Kentucky and Virginia. *Reclamation Review*. 2 : 23 - 31.

- MARX, D.H. y BRYAN, W. C. 1975. Growth and ectomycorrhizal development of specific ectomycorrhizae on loblolly pine seedlings. For. Sci. 27 : 167 - 176.
- MARX, D.; HATCH, A. y MENDICINO, J. 1977. High soil fertility sucrose content and susceptibility of loblolly pine roots to ectomycorrhizal infection by *Pisolithus tinctorius*. Can J. Bot. 1569 - 1574.
- MARX, D.H. et al. 1982. Commercial vegetative inoculum of *Pisolithus tinctorius* an inoculation techniques for development of ectomycorrhizae on container-grown free seedlings. Forest Sci. 28(2) : 373 - 400.
- MEJTRIK, V. 1971. The classification on frequency of ectotrophic mycorrhizae on *Pinus radiata* D. Don in New Zealand. Plant and Soil. 34 : 753 - 756.
- MELIN, E. 1917. Studien über die Vegetation der nordschwedischen Moore. Uppsala. Norrl. Hand bibl. 7, 1-426.
- MELIN, E. 1923. Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* und *Picea abies*. Mykol. Untersuch. u. Ber. von R. Faick. Z. 73-331.
- MELIN, E. 1927. Studien über die Entwicklung der Nadelbaumplauze in Rohhumus. II. Die Ausbildung verschiedenen Rohhumusformen. Medd. Stat. Skogsförs. Anst. 23 : 433 - 494.

- MEXAL, J.G. 1980. Aspects of mycorrhizal inoculation in relation to reforestation. *New Zealand Journal of For. Sci.* 10 : 208-217.
- MEYER, F.H. 1962. Die Buchen-und Fichtenmykorrhiza in verschiedenen Bodentypen, ihre Beeinflussung durch Mineraldüngen sowie für die Mykorrhizaoidung wichtige Faktoren. *Mitt. Bundesforsch. Anst. Forst-u. Holzw.* 54, 1-73.
- MEYER, F.H. 1974. Physiology of Mycorrhiza *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 25 : 567-86.
- MIKOLA, P. 1969. Afforestation of treeless areas. *Unasylva* 33(1) : 35 - 48.
- MIKOLA, P. 1970. Mycorrhizal inoculation in afforestation *Int. Rev. For. Res.* 3 : 123 - 196.
- MIKOLA, P. 1981. *Tropical Mycorrhizal Research.* Oxford. Univ. Press. London.
- MOLINA, R. 1977. Ectomycorrhizal fungi and forestry practice. In : Walters, T. ed. 1977. USDA Forest Service. "Mushrooms and man, an interdisciplinary approach to Mycology".
- MOSER, M. 1958. Die künstliche Mykorrhizaimpfung von Fortpflanzen. II. Die Torfstreukultur von Mykorrhizapilzen. *Forstwiss. Centralbl.*

- MUJICA, F.; VERGARA, C. y OERRENS, E. 1981. Flora fungosa chilena 2da. Ed. Santiago. 308 pp.
- NIES, W.; HULL, C.; JENKIS, J.; STEINBRENNER, K. y BENT, D. 1975. Statiscal package for the social sciences. Mc Graw-Hill. 675 p.
- PEÑA, L. y FERNANDEZ, S. 1979. Agrología. Intendencia de la Región del Maule. IREN-CORFO. Publicación N°25. 50 p.
- RICHARD, C. 1975. Quelques essais d'inoculation mycorrhizienne. The Forestry Chronicle. 51(5) : 188-194.
- RUEHLE, J.L. y MARX, D.H. 1979. Fiber, food, fuel, and fungal symbionts. Science 206 : 419 - 422.
- SANTIBAÑEZ, F.; PARADA, M. y ULRIKEN, P. 1979. Distritos agroclimáticos. Intendencia de la Región del Maule. IREN-CORFO, Publicación N°25. 161 p.
- SCHAEDE, R. 1962. Die pflanzlichen symbiosen. G. Fischer Verlag. Stuttgart, 3. Aufl. p. 238.
- SCHLATTER, J. 1977. La relación entre suelo y plantaciones de Pinus radiata D. Don en Chile Central: Análisis de la situación actual y planteamientos para su futuro manejo. Bosque. 2(1) : 12 - 31.
- SHEMAKHANOVA, M. 1962. Mycotrophy of woody plants. US. Dep. Commerce. Transl TT 6651073 (1967). Washington, D.C. 329 p.

- SINGER, R. 1963. Mycoflora australis. Beih Nova Hedwigia 29 : 1-405
- SOKAL, R. y ROHLF, F. 1979. Biometría. H. Blume Ediciones. Rosario. 832 p.
- TAKACS, E. A. 1961. Inoculación de especies de Pinus con hongos formadores de micorrizas. Silvicultura, Uruguay, N° 15:5-17.
- TAKACS, E.A. 1964. Inoculación artificial de Pinus de regiones subtropicales con hongos formadores de micorrizas. I. Formación de micorrizas ectotróficas con Pinus taeda con Scleroderma vulgare Horn. Idia. Suppl. For. 2 : 41-44.
- TAKACS, E.A. 1967. Producción de cultivos puros de hongos micorrizógenos en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Castelar. Idia. Suppl. For. 4 : 83-87.
- THEODOROU, C. 1971. Introduction of mycorrhizal fungi into soil by spore inoculation of seed. Aust. For. 35:23-26.
- THEODOROU, C. y BOWEN, G.D. 1970. Mycorrhizal responses of radiata pine in experiments with different fungi. Aust. For. 34 : 183 - 191.
- TRAPPE, J. 1967. Principles of classifying ectotrophic mycorrhizae for identification of fungal symbionts. IUFRO Congr. Munich. 1963. Section 24 : 46 - 59.

- TRAPPE, J. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytophathol.* 15: 203-222.
- TRAPPE, J. y STRAND, F. 1969. Mycorrhizae deficiency in a Douglas-Fir Region Nursery. *Forest Science.* 15(4) : 381-389.
- VOZZO, J.A. y HACSKAYLO, E. 1971. Inoculation of Pinus caribea with ectomycorrhizal fungi in Puerto Rico. *For. Sci.* 17 : 239-245.
- ZAK, B. 1973. En Marks G.C. and Kozlowski, T.T. Eds. Their ecology and physiologic. Academic Press. New York. p. 383.
- ZUNINO, H.; PEIRANO, P.; AGUILERA, M y CAIOZZI, M. 1976. Efectos de algas marinas sobre la disponibilidad de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile).* 36 : 13 - 19 pp.
- ZUNINO, H.; PEIRANO, P.; AGUILERA, M.; GONZALEZ, R. y CAIOZZI, M. 1971. Effect of seaweed on Phosphorus availability of a soil derived from volcanic Ash. *Agronomy Journal.* Vol. 63 : 116-119 pp.

ANEXO N° 1

Serie Cauquenes - Predio Porvenir

- Geomorfología : Suelo de posición intermedia, ondulado a quebrado, disectado, de superficie rocosa o comienzo de sedimentación
- Material de origen : Material intrusivo rico en cuarzo. Granito o diorita cuarzosa
- Drenaje : Externo e interno, bueno

Descripción del perfil

(cm)

- | | | |
|-----------------|-------|--|
| A | 0-18 | Pardo oscuro a pardo muy oscuro en húmedo 7,5 YR 3,5/2; pardo a pardo oscuro en seco, 7,5 YR 4/2; textura franco arcillo arenosa; estructura granular fina y media, débil; ligeramente adhesivo, plástico, duro en seco, muy friable; raíces finas y muy finas, abundantes; pH 6.0; límite inferior abrupto lineal |
| B ₂₁ | 18-50 | Pardo rojizo oscuro en húmedo, 5 YR 3.5/2; pardo rojizo oscuro en seco, 5 YR 3/3; textura arcillosa, con grava fina de cuarzo, abundante; estructura prismática, débil a moderada; plástico y adhesivo, muy duro; |

- friable; raíces finas y muy finas, abundantes; cerosidades de arcilla, gruesa, continua, sobre los agregados y en los poros; pH 6.0; límite inferior claro lineal.
- B₂₂ 50-80 Pardo rojizo oscuro en húmedo, 5 YR 3/3; pardo rojizo oscuro en seco, 5 YR 3/4; textura arcillosa, con grava fina de cuarzo, abundante; estructura de bloques angulares medios, moderado; plástico y adhesivo, muy duro; friable; raíces finas y muy finas, comunes; cerosidades de arcilla, delgadas a gruesas, sobre los agregados y en los poros, abundantes; concreciones férricas, escasas; pH 5.9; límite inferior difuso.
- B₃ 6 80-160 Pardo rojizo oscuro en húmedo y seco, 5 YR 3/3; textura arcillosa, con grava fina de cuarzo, abundante; estructura masiva; plástico y adhesivo, muy duro; friable; raíces muy finas, escasas; cerosidades de arcillas delgadas, común en los poros, que contienen ocasionalmente concreciones o vetas férricas; pH 6.1.

ANEXO N° 2

Distrito Agroclimático de Cauquenes - Predio Porvenir

Descripción Agroclimática.

Condición térmica estival

Período libre de heladas	280 días
Suma de temperaturas (Sept.-Feb.)	1.300 días grados
Temperatura media de los seis meses más cálidos (Oct.-Marzo)	18.6° C
Temperatura máxima de Enero	30.3° C
Humedad relativa medio de los seis meses más cálidos (Oct.-Marzo)	61%
Radiación solar de Enero	555 cal/cm ² día

Condición térmica invernal

Fecha primera helada	6 Mayo (20%); 22 Mayo (50%)
Fecha última helada	18 Sept. (20%); 23 Ago. (50%)
Meses con temperatura 10° C	Junio a Agosto
Horas de frío	1.080 horas
Temperatura mínima de Julio	4.6° C
Temperatura media de los tres meses más fríos	(Junio-Agosto) 9.0° C
Humedad relativa media de los tres meses más fríos	(Junio-Agosto) 86%
Radiación solar de Julio	135 cal/cm ² día

Condiciones hídricas estivales

Meses con sequía $I_h < 0.5$	Octubre-Abril
Déficit de Octubre a Marzo	767 mm
Precipitación de tres meses más cálidos (Dic.-Febrero)	20 mm
ETP tres meses más cálidos (Dic.-Feb.)	519 mm
Indice de humedad del verano	0.04

Condiciones hídricas invernales

Meses con excedente hídrico	Mayo a Sept.
Excedente anual de lluvias	323 mm
Excedente efectivo	---
Precipitación de los tres meses más fríos (Junio-Agosto)	350 mm
ETP tres meses más fríos (Junio-Agosto)	87 mm
Indice de humedad del invierno	4.0

Regimen de humedad anual

ETP anual	1.152 mm
Precipitación anual	620 mm
Indice de humedad anual	0.53

Distribución de la lluvia anual (%)

Primavera	Verano	Otoño	Invierno
16.7	3.2	24.2	56.4

Resumen de valores mensuales

	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
T° C	8.4	9.2	11.5	14.2	17.2	19.7	21.7	20.4	18.3	14.3	11.3	9.4
H.R. %	86	84	76	69	63	67	55	57	63	74	83	87
P.p. mm/ mes	100	100	60	25	15	10	5	5	10	40	100	150
ETP mm/ mes	23	42	57	93	145	165	195	162	124	81	43	22
I _h	4.3	2.4	1.1	0.26	0.10	0.06	0.03	0.03	0.08	0.49	2.3	6.8
FPM%	16.1	16.1	9.7	4.6	2.4	1.6	0.8	0.8	1.6	6.4	16.1	24.2

ETP = Evapotranspiración potencial

I_h = P.p./ETP

FMP% = P.p. mensual/P.p. anual

FMP = Fracción pluviométrica mensual. Relación porcentual entre la pluviometría de un mes y la pluviometría total anual

I_h = Razón entre la precipitación normal y la evapotranspiración potencial (durante un mes, una estación o un año)

ANEXO N° 3

Serie Constitución - Predio Pichilemu - Predio Pantanillos

Geomorfología : Suelo de posición intermedia en posición de lomajes

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

Drenaje : Externo e interno bueno

Descripción 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, plásticos y adhesivos, 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 fracturadas 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.

- 64 - 84 Sustrato de pizarra fracturada fina intemperización, compacto en seco donde 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.

ANEXO N° 4

Distrito Agroclimático de Empedrado - Coronel. Predios: Pi
chilemu y Pantanillos.

Descripción Agroclimática.

Características térmicas estivales

Período libre de heladas	295 días
Suma de temperaturas (Sep.-Feb.)	1.050 días grados
Temperatura media ($T > 10^{\circ} \text{C}$) de los seis meses más cálidos (Oct.-Mar.)	16.53° C
Temperatura máxima de Enero	25.2° C
Humedad relativa media de los seis meses más cálidos (Oct.-Mar.)	67%
Radiación solar de Enero	555 cal/cm ² días

Características térmicas invernales

Fecha primera helada	25 Mayo (20%); 25 Junio (50%)
Fecha última helada	23 Ago. (20%); 5 Ago. (50%)
Meses con temperatura media < 10° C	Junio a Agosto
Horas de frío ($T < 7^{\circ} \text{C}$)	720 horas
Temperatura mínima de Julio	5.1° C
Temperatura media de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	9.4° C
Humedad relativa media de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	86%
Radiación solar de Julio	152 cal/cm ² día

Características hídricas estivales

Meses con sequía $I_h < 0.5$	Nov. a Marzo
Déficit hídrico de Octubre a Marzo	477 mm
Precipitación de tres meses más cálido (Dic.-Feb.)	55 mm
Evapotranspiración potencial de los tres meses más cálidos (Dic.-Feb.)	396 mm
Índice de humedad de los tres meses más cálidos	0.14

Características hídricas invernales

Meses con excedente hídrico ($I_h > 1$)	Mayo a Octubre
Excedente anual de lluvias	828 mm
Precipitación de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	675 mm
Evapotranspiración potencial de los tres meses más fríos (Junio-Ago.)	75 mm
Índice de humedad de invierno	6.9

Regimen de humedad anual

Evapotranspiración potencial total anual	731 mm
Precipitación anual	1.240 mm
Índice de humedad anual	1.69

Distribución estacional de la lluvia (%)

Primavera	Verano	Otoño	Invierno
17.3	4.4	23.8	54.4

Resumen valores mensuales

	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
T° C	8.8	9.7	10.5	13.1	15.9	17.1	18.8	18.4	15.9	13.5	10.9	9.8
H.R. %	86	86	79	76	68	68	62	62	69	75	84	86
P.p. mm/ mes	200	200	90	75	50	25	20	10	25	70	200	275
ETP mm/ mes	18	34	47	60	119	121	140	135	92	71	30	23
I _h	11.1	5.8	1.9	1.25	0.42	0.2	0.14	0.1	0.3	0.98	6.7	12
FMP %	6.1	16.1	7.2	6.0	4.0	2.0	1.6	0.8	2.	5.6	16.1	22.2

ETP = Evapotranspiración potencial

I_h = P.p./ETP

FMP % = P.p. mensual/P.p. anual

FMP = Fracción pluviométrica mensual. Relación porcentual entre la pluviometría de un mes y la pluviometría total anual

I_h = Razón entre la precipitación normal y la evapotranspiración potencial (durante un mes, una estación o un año)

ANEXO N° 5

Serie Constitución - Predio Centinela

Geomorfología : Suelo de posición alta, ondulado
o quebrado

Material de origen : Rocas metamórficas

Drenaje : Externo, rápido; interno, lento

Descripción del perfil

(cm)

- 0 - 8 Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, 10 YR 3/2; gris pardusco claro en seco, 10 YR 6/2, textura franco arcillo arenosa muy fina; estrutura masiva; plástico, adhesivo, duro en seco, friable; raíces finas abundantes; moteados, distintos medios, comunes, de color amarillo pardusco, 10 YR 6/8; presencia de sesquióxidos; reacción al H₂O₂; sin reacción al HCl; pH 5.4.
- 8 - 30 Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo 10 YR 3/2; pardo grisáceo en seco, 2.5 YR 5/2; textura franco arcillo arenosa; estructura de bloques subangulares medios moderados; plástico, adhesivo, ligeramente duro en seco, friable; raíces medias abundantes, moteados prominentes, gruesos, comunes de color pardo amarillento oscuro, 10 YR 4/4; presencia de sesquióxidos; sin reacción al HCl; pH 5.4

30 - 64

Pardo muy oscuro en húmedo, 10 YR 2/2; pardo grisáceo oscuro en seco, 2.5 Y 4/2; textura arcillosa, densa; estructura de bloques subangulares gruesos y medios a granular fina, moderada; muy plástico, muy adhesivo, duro en seco; friable, raíces medias abundantes; moteados prominentes, gruesos, escasos de color pardo amarillento oscuro, 10 YR 4/4; reacciona al H_2O_2 ; sin reacción al HCl; pH 5.8.

64 - 80

Gris oscuro en húmedo, 5 Y 4/1; textura arcillosa muy densa; estructura masiva; muy plástico, muy adhesivo; moteados prominentes gruesos, abundantes, de color pardo amarillento, 10 YR 5/8; horizonte gley; reacciona al H_2O_2 ; sin reacción al HCl; pH 6.0

ANEXO N° 6

Distrito Agroclimático Litoral Llico - Predio Centinela

Descripción Agroclimática.

Características térmicas estivales

Período libre de heladas	365 días
Suma de temperaturas (Sep.-Feb.)	900 a 1.000 días grados
Temperatura media ($T > 10^{\circ} \text{C}$) de los seis meses más cálidos (Oct.-Mar.)	15.5° C
Temperatura máxima de Enero	24° C
Humedad relativa media de los seis meses más cálidos (Oct.-Mar.)	79%
Radiación solar de Enero	----

Características térmicas invernales

Fecha primera helada	----
Fecha última helada	----
Meses con temperatura media $< 10^{\circ} \text{C}$	Julio
Horas de frío ($T < 7^{\circ} \text{C}$)	300 a 400 horas
Temperatura mínima de Julio	5° C
Temperatura media de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	10° C
Humedad relativa media de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	86%
Radiación solar de Julio	----

Características hídricas estivales

Meses con sequía $I_h < 0.5$	Octubre a Marzo
Déficit hídrico de Octubre a Marzo	474 mm
Precipitación de tres meses más cálido (Dic.-Feb.)	23 mm
Evapotranspiración potencial de los tres meses más cálidos (Dic.-Feb.)	323 mm
Índice de humedad de los tres meses más cálidos	0.07

Características hídricas invernales

Meses con excedente hídrico ($I_h > 1$)	Mayo a Sept.
Excedente anual de lluvias	491 mm
Precipitación de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	452 mm
Evapotranspiración potencial de los tres meses más fríos (Jun.-Ago.)	68 mm
Índice de humedad de invierno	6.65

Regimen de humedad anual

Evapotranspiración potencial total anual	739 mm
Precipitación anual	741 mm
Índice de humedad anual	1.0

Distribución estacional de la lluvia (%)

Primavera	Verano	Otoño	Invierno
12.7	3.1	26.3	61.0

Resumen valores mensuales

	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
T° C	9.6	10.1	11.0	12.8	15.1	16.2	17.4	16.3	15.2	13.4	12.1	10.5
H.R. %	87	86	84	80	79	78	78	80	81	84	86	86
P.p. mm/ mes	150	112	55	25	14	12	4	7	12	35	125	190
ETP mm/ mes	20	28	43	60	95	104	112	107	70	50	30	20
I _h	7.5	4.0	1.28	0.42	0.15	0.12	0.04	0.07	0.17	0.70	4.2	9.5
FMP%	20.2	15.1	7.4	3.4	1.9	1.6	0.0	1.0	1.6	4.7	16.9	25.6

ETP = Evapotranspiración potencial

I_h = P.p./ETP

FMP% = P.p. mensual/P.p. anual

FMP = Fracción pluviométrica mensual. Relación porcentual entre la pluviometría de un mes y la pluviometría total anual

I_h = Razón entre la precipitación normal y la evapotranspiración potencial (durante un mes, una estación o un año)

ANEXO N° 7

Resultados analíticos de muestras de suelos y acículas
en la época de instalación del ensayo. Enero/84

Resultados analíticos en muestras de suelos

P R E D I O S	ppm N	ppm P	ppm K	pH	C.E. (1)	M.O. (2)	Textura (tacto)	ppm Cu	pp B
El Porvenir bloque 1	10	2	55	5.23	0.01	0.4	Franco arenoso	0.48	0.75
Pichilemu bloque 2	10	6	164	6.08	0.01	2.7	Franco	1.12	1.22
Centinela bloque 3	4	2	137	5.76	0.01	1.3	Franco arc. arenoso	1.56	1.07
Pantaniillos bloque 4	6	2	33	5.25	0.01	0.4	Franco arc. arenoso	0.32	1.17

(1) C.E. = Conductividad eléctrica (mohms/cm)

(2) M.O. = Materia orgánica (%)

RESULTADOS ANALITICOS EN MUESTRAS DE PINOS (ACICULAS)
(Enero 1984)

P r e d i o s	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Zn	ppm Mn	ppm Fe	ppm Cu	ppm B
El Porvenir Bloque 1	1,48	0,17	0,75	0,25	0,14	40	650	140	4	5
Pichilemu Bloque 2	0,88	0,14	0,80	0,35	0,18	56	220	160	6	13
Centinela Bloque 3	1,40	0,15	0,35	0,33	0,18	56	395	360	6	13
Pantaniillos Bloque 4	0,91	0,17	0,60	0,23	0,11	44	285	340	4	10

ANEXO N° 8Estudios de laboratorio para la selección del inóculo
micorrízico1. Cultivos puros

1.1 Obtención de hongos micorrízicos

Los cultivos puros de micelios de hongos micorrízicos son reconocidos ampliamente como un excelente método de inoculación, ya que se escoge la especie fungosa más beneficiosa.

Con tal propósito se procedió a aislar micelios de hongos micorrízicos chilenos que se encuentran más abundantemente en nuestros campos y a la adquisición de algunos extranjeros, seleccionando aquéllos que presentan mayor facilidad de aislación, mayor rapidez de crecimiento y mejor desarrollo en el medio, como se indica en la Tabla N° 1.

TABLA N° 1. Hongos micorrícicos de procedencia nacional y extranjera ensayados en el proyecto.

Hongo micorrícico	Extranjeros	Nacionales
<i>Suillus luteus</i>	INTA (Argentina)	Chile
<i>Suillus granulatus</i>	INTA (Argentina)	Chile
<i>Phisolithus tinctorius</i>	INTA (Argentina)	
	Athens U.S.A.	
<i>Scleroderma w.</i>	INTA (Argentina)	
<i>Rhizopogon ruseolus</i>	--	
<i>Thelephora terrestris</i>	Athens U.S.A	Chile
<i>Laccaria laccata</i>	Forest Service U.S.A	Chile
<i>Bovista sp.</i>	--	Chile

1.2 Determinación de formas óptimas de manejar hongos en estado de micelio

Según los antecedentes recopilados provenientes de Austria, Estados Unidos y Argentina, se procedió a evaluar los diferentes medios de producción aconsejados para el desarrollo de hongos micorrícicos, siendo éstos :

1.2.1 Medios sólidos de mantención y desarrollo de micelios

Se procedió a evaluar y seleccionar los medios recomendados de acuerdo a la rapidez del hongo para desarrollarse en dicho medio, probándose :

- Medio Melin Norkran Modificado (M.M.N)
- Medio Potato Dextrose Agar (P.D.A)
- Medio Hagem agar

De estos tres medios evaluados, se recomiendan para su uso los medios M.M.N. y P.D.A.

En las Tablas N°s. 2, 3 y 4 se detallan sus formulaciones.

1.2.2 Medios líquidos de producción en matraz y fermentador

Para obtener desarrollo de micelios en cultivos líquidos, se evaluaron los mismos medios sólidos pero sin la adición de agar, como se indica en las Tablas N°s. 2, 3 y 4.

En esta etapa se evaluaron cultivos estacionarios en matraces, seleccionándose como óptimos los mismos medios recomendados para sólidos (M.M.N. y P.D.A).

Para la etapa fermentador, se evaluaron estos medios de producción, recomendándose seguir las investigaciones al respecto, para determinar curvas de crecimiento a diferentes temperaturas, aireación y agitación, como alternativa más factible en la obtención de cultivos puros.

TABLA N°2. Medio Melin - Norkrans Modificado (MMN)

	<u>Solución</u>	<u>Sólido</u>
Ca Cl ₂	0.05 gr.	0.05 gr.
Na Cl	0.025 "	0.025 "
KH ₂ PO ₄	0.5 "	0.5 "
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.25 "	0.25 "
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.15 "	0.15 "
Fe Cl ₃ (1%)	1.2 ml.	1,2 ml.
Thiamine HCl	25 um.	100 um.
Malt extract		3 gr.
Sucrosa (glucosa)	2,5 gr.	10 "
Agar Bacto		15 "
Agua destilada a	1.000 cc.	a 1.000 cc.

pH = 5.5 - 5.7

TABLA N°3. Medio Hagem.

Extracto Malta	5,0	gr.
Glucosa	5,0	"
KH ₂ PO ₄	0,5	"
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0,5	"
ClNH ₄	0,5	"
FeCl ₃	0,5	cc
Agar	15-18	gr.
Agua destilada	1.000	cc

TABLA N°4. Medio Agar Papa Dextrosa (PDA) al 1%

al 2% se reemplaza 10 gr. glucosa por 20 gr.

Papa pelada	300	gr.
Glucosa	10	"
Agar	15	"
Agua destilada	1.000	cc

pH = 5 - 55

Para soluciones se eliminaría la adición de agar en las Tablas N°s. 3 y 4.

1.2.3 Inertes o soportes utilizados en producción a gran escala

Las técnicas de cultivos puros recomienda para la producción a gran escala, la utilización de inertes o soportes sobre los cuales se desarrolla el micelio inoculado. Para tal efecto se evaluaron diferentes inertes, mezclas de éstos con adiciones de sustancias nutritivas como se indica a continuación :

1.2.3.1 Turba-Grano

<u>Hongo</u>		<u>Grano- Turba</u>	<u>CaCO3</u>	<u>Solución- Nutritiva</u>
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	100 gr. 50 gr.	1 gr.	80 cc PDA
<u>P. tinctorius</u>	"	100 " 50 "	1 "	100 " "
<u>P. tinctorius</u>	"	100 " 50 "	1 "	80 " "
<u>P. tinctorius</u>	"	100 " 50 "	1 "	80 " "

1.2.3.2 Grano

<u>Hongo</u>		<u>Grano</u>	<u>CaCO3</u>	<u>Solución- Nutritiva</u>
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	5 gr.	100 mgr.	8 cc. PDA
<u>S. luteus</u>	(Chile)	180 "	1 gr.	70 "
<u>P. Tinctorius</u>	(INTA)	100 "	----	100 " "

1.2.3.3 Vermiculita-Turba

<u>Hongo</u>		<u>Vermiculita - Turba</u>			<u>Solución-Nutritiva</u>	
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	145 cc.	5 cc.	75 cc.	MMN	
<u>S. luteus</u>	(Chile)	145 "	5 "	75 "	PDA	
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	145 "	5 "	75 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	"	145 "	5 "	75 "	"	
<u>T. terrestris</u>	(USA)	145 "	5 "	75 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	145 "	5 "	75 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	700 "	25 "	285 "	MMN	
<u>S. luteus</u>	"	700 "	25 "	300 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	"	350 "	25 "	150 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	"	250 "	10 "	120 "	"	

1.2.3.4 Vermiculita-Aserrín

<u>Hongo</u>		<u>Vermiculita-Aserrín</u>			<u>Solución-Nutritiva</u>	
<u>S. luteus</u>	(INTA)	200 cc.	100 cc.	100 cc.	MMN	
<u>P. tinctorius</u>	"	100 "	200 "	100 "	"	
<u>P. tinctorius</u>	"	200 "	100 "	100 "	PDA	
<u>S. granulatus</u>	"	100 "	200 "	80 "	"	
<u>S. granulatus</u>	"	100 "	200 "	80 "	"	
<u>S. luteus</u>	(Chile)	300 "	300 "	160 "	MMN	
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	200 "	100 "	100 "	PDA	
<u>S. luteus</u>	"	100 "	200 "	80 "	MMN	

1.2.3.5 Aserrín

<u>Hongo</u>		<u>Aserrín</u>	<u>Solución-Nutritiva</u>
<u>T. terrestris</u>	(USA)	300 cc.	80 cc. MMN
<u>P. tinctorius</u>	(INTA)	300 "	80 " PDA

1.2.3.6 Aserrín-Turba

<u>Hongo</u>		<u>Aserrín - Turba</u>	<u>Solución-Nutritiva</u>
<u>S. luteus</u>	(INTA)	200 cc. 50 cc.	80 cc. MMN

1.2.3.7 Aserrín-Algas

<u>Hongo</u>		<u>Aserrín - Alga</u>	<u>Solución-Nutritiva</u>
<u>T. terrestris</u>	(USA)	200 cc. 75 cc.	80 cc. PDA

1.2.3.8 Algas Deshidratadas

<u>Hongo</u>		<u>Alga</u>	<u>Solución-Nutritiva</u>
<u>T. terrestris</u>	(USA)	200 cc.	20 cc. MMN
<u>S. granulatus</u>	(INTA)	200 "	50 " "
<u>P. tinctorius</u>	"	200 "	80 " "

1.2.3.9 Alga - Vermiculita

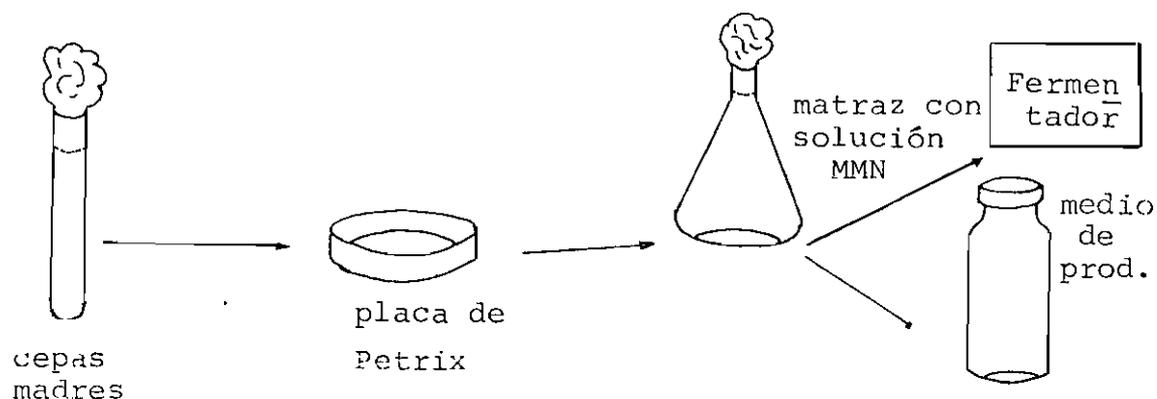
<u>Hongo</u>		<u>Alga - Vermiculita</u>		<u>CaCO3</u>	<u>Solución-Nutritiva</u>
<u>S. luteus</u> (INTA)		100 cc.	200 cc.		230 cc. MMN
<u>P. tinctorius</u> "		100 "	200 "		150 " PDA
<u>P. tinctorius</u> "		50 "	100 "	1 gr.	100 " "

Sólo fue factible obtener resultados positivos en cultivos turba/grano-vermiculita/turba observándose que :

- Los medios de producción que contienen grano o mezclas de éstas son muy fáciles de contaminarse.
- La cantidad final de humedad del medio es fundamental para el desarrollo del hongo.
- El pH del medio debe estar bien controlado.
- Los hongos se desarrollan muy lentamente encareciendo el proceso por el tiempo necesario para obtener un inóculo puro (3-6 meses).
- Los micelios de hongos micorrícicos liberan toxinas, por lo cual es aconsejable lavarlos antes de iniciar cada proceso, ya que producen inhibiciones en su crecimiento.

1.3 Modelo de trabajo propuesto para cultivos puro de micelios

Después de evaluar varias metodologías de trabajo se recomienda el siguiente modelo para obtener cultivos puros de micelios.



El proceso se inicia a partir de trozos de micelios conservados en refrigerador (cepa madre), los cuales son colocados sobre discos de papel filtro estéril, ubicados en placas petri con agar MMN o PDA y mantenidos en estufa a 28°C por 5 a 7 días. Una vez que el micelio cubre el papel filtro, éste debe ser removido y colocado en el matraz con medio líquido MMN o PDA por 7 a 10 días.

En este momento el inóculo se encuentra en condiciones de ser utilizado por los medios de producción ya sea fermentador o medios inertes para producción en gran escala, debiéndose lavar los micelios con agua destilada estéril previo a la inoculación.

Tiempos totales de producción estimados para fermentador :
15 a 25 días

Tiempos totales de producción en mezcla de inertes :
3 a 6 meses

2. Inóculos de esporas

Debido a la gran lentitud de estos hongos para desarrollarse, y habiéndose efectuado innumerables pruebas para acelerar este proceso, se llegó a la conclusión que la obtención de inóculos comerciales en base a micelios, presentan costos de producción altísimos, debiendo buscarse alternativas más factibles de obtención.

Las esporas y esporocarpos de los hongos ectomicorrícicos han sido usadas como inóculos por varios países, como Estados Unidos, Austria, etc., con alentadores resultados, ya que cada cuerpo fructífero presenta en su interior millones y millones de esporas de hongos.

2.1 Obtención de esporas de hongos micorrícicos

La colecta de hongos se efectuó entre el Otoño y la Primavera del año 1983 con hongos micorrícicos nativos de la V, VI y VII regiones.

Debido a la rápida descomposición de estos hongos, se inició el proceso de secado antes de las 36 horas de su colecta, usando para este fin, estufas a no más de 40°C por 4 a 5 días,

con el objeto de no alterar la viabilidad de la espora, pudiendo también efectuarse este proceso con corriente de aire caliente a baja humedad.

Dependiendo del tipo de hongo, si es lamelado o porado, el proceso de colecta varía.

Para el caso de Suillus luteus, que es uno de los hongos que con más frecuencia se encuentran en el país (85,9%), es factible obtener 2×10^9 esporas por cada gramo de inóculo seco.

Estas esporas pueden ser almacenadas por largos períodos (4 años) sin que se altere su viabilidad a temperatura de 5°C.

2.2 Modelos de trabajo propuestos para obtener inóculos de esporas

A continuación se darán a conocer en forma breve las etapas para la obtención de esporas.

- Recolección del cuerpo fructífero
- Selección y clasificación del hongo
- Secado
- Molienda y tamíz
- Obtención del inóculo de esporas

Las esporas obtenidas a través del proceso de secado y luego tamizado presentan varias ventajas tales como :

- Fácil obtención del inóculo
- Fácil clasificación de la cantidad de esporas
- Almacenaje de grandes cantidades en pequeño espacio
- Posibilidad de almacenar por varios años
- Facilidad en la aplicación del inóculo
- Posibilidad de incorporarlas junto a la semilla formando pellets, lo que representa una gran economía en la aplicación a futuro de estos hongos micorrícicos.
- Posibilidad de ser aplicados con fungicidas sin sufrir deterioros.
- Ocupación de mano de obra adicional en la etapa de recolección de hongos.

ANEXO N° 9

Conversión de los números grabados sobre monedas de aluminio a su equivalente en tratamientos.

I. Predio o bloque El Porvenir

Números en Terreno	Tratamientos
1 - 17 - 4	Testigo
6 - 30 - 24	$a_0 b_1$
2 - 12 - 27	$a_0 b_2$
8 - 16 - 23	$a_1 b_1$
18 - 25 - 28	$a_1 b_2$
15 - 21 - 33	$a_2 b_1$
10 - 13 - 14	$a_2 b_2$
5 - 26 - 32	$a_3 b_1$
3 - 9 - 19	$a_3 b_2$
7 - 11 - 29	$a_4 b_1$
20 - 22 - 31	$a_4 b_2$

II. Predio o bloque Pichilemu

Número en Terreno	Tratamientos
26 - 30 - 12	Testigo
5 - 32 - 7	$a_0 b_1$
14 - 9 - 31	$a_0 b_2$
24 - 29 - 22	$a_1 b_1$
11 - 28 - 4	$a_1 b_2$
10 - 6 - 15	$a_2 b_1$
33 - 1 - 16	$a_2 b_2$
19 - 18 - 3	$a_3 b_1$
13 - 17 - 25	$a_3 b_2$
8 - 21 - 2	$a_4 b_1$
20 - 23 - 27	$a_4 b_2$

III. Predio o bloque El Centinela

Número en Terreno	Tratamientos
15 - 3 - 31	Testigo
16 - 22 - 21	$a_0 b_1$
32 - 17 - 12	$a_0 b_2$
4 - 24 - 29	$a_1 b_1$
20 - 11 - 9	$a_1 b_2$
8 - 6 - 1	$a_2 b_1$
13 - 27 - 14	$a_2 b_2$
28 - 19 - 7	$a_3 b_1$
10 - 18 - 2	$a_3 b_2$
25 - 33 - 26	$a_4 b_1$
23 - 30 - 5	$a_4 b_2$

IV. Predio o bloque Pantanillos

Número en Terreno	Tratamientos
23 - 20 - 11	Testigo
9 - 5 - 17	$a_0 b_1$
18 - 10 - 13	$a_0 b_2$
30 - 19 - 29	$a_1 b_1$
8 - 27 - 12	$a_1 b_2$
22 - 31 - 16	$a_2 b_1$
6 - 28 - 1	$a_2 b_2$
7 - 24 - 32	$a_3 b_1$
2 - 26 - 14	$a_3 b_2$
25 - 21 - 33	$a_4 b_1$
4 - 15 - 3	$a_4 b_2$

ANEXO N° 10

Guía de Campo para reconocer deficiencias de N, Mg, Cu, B, P y K.

Es necesario destacar que existe gran cantidad de descripciones de sintomatología, debido fundamentalmente a que no existe un ordenamiento entre la severidad de la deficiencia y la edad de la planta. Además, no es frecuente encontrar una sola deficiencia afectando a una planta. La presente guía, que confeccionada en base a prospecciones realizadas por los autores, previas a la instalación del ensayo, ha demostrado una gran consistencia para este estudio.

Deficiencia de Nitrógeno: (N)

Los cambios de color ocasionado por esta deficiencia nutricional son siempre generalizados. En primer lugar el follaje se torna verde amarillento y luego amarillo, si la deficiencia es muy severa.

El follaje se vuelve menos denso, las acículas se tornan más pequeñas y la copa, por consiguiente, reduce su crecimiento.

Deficiencia de Magnesio: (Mg)

La sintomatología es similar a la deficiencia de Potasio, a excepción que las acículas en su porción distal, se tornan de color amarillo dorado. Al igual que la deficiencia en Potasio, no tiene patrones homogéneos.

Deficiencia de Cobre: (Cu)

El principal síntoma lo constituye el encorvamiento de las ramas de la parte superior de las plantas afectadas. La severidad de la torsión depende de la severidad de la deficiencia.

Deficiencia de Boro: (B)

Las manifestaciones de deficiencia de boro, las podemos encontrar en múltiples etapas. Pero son dos los síntomas más frecuentes:

- Muerte de yemas, ápices de brotes principales y/o laterales con o sin exudación de resina.
- Con o sin recuperación. En el caso que se produzca, ésta es a través de brotes enanizados, con acículas muy gruesas, de colores claros.

En términos generales se observa un retraso general de la planta. achaparramiento o tendencia arbustiva.

Deficiencia de Fósforo: (P)

El síntoma más común es la no apertura del fascículo, la acículas permanecen en su mayor extensión fusionada. En la porción superior de las flechas, el desarrollo del fascículo se detiene gradualmente a medida que se asciende a los brotes.

Estos dos síntomas no son homogéneos en la planta ya que en la parte media inferior del follaje las acículas son normales, a excepción de que se intensifica su coloración verde oscura.

Deficiencia de Potasio: (K)

El síntoma de clorosis es similar al nitrógeno, a excepción que los patrones de marchitez no son homogéneos, ya que ésta es notablemente más intensa en el follaje viejo. Esta descripción supone una deficiencia de severidad media.

ANEXO N° 12

Niveles por predio (bloque) y por tratamiento de los valores iniciales y finales alcanzado por las variables diámetro del cuello, diámetro de copa, altura y volumen

1. Predio : PORVENIR - BLOQUE 1

Tratamiento 1 (Testigo)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	0.9	2.3
Diámetro copa cm	19.2	68.1
Altura cm	54.4	117.1
Volumen cm ³	72.9	1034.3

Tratamiento 2 (a₀ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.3	3.5
Diámetro copa cm	33.0	90.0
Altura cm	76.3	176.7
Volumen cm ³	258.3	3970.9

Tratamiento 3 (a_0 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	0.9	2.3
Diámetro copa cm	18.5	63.7
Altura cm	53.9	118.5
Volumen cm^3	62.4	950.4

Tratamiento 4 (a_1 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.3	3.0
Diámetro copa cm	31.2	78.9
Altura cm	71.3	151.7
Volumen cm^3	216.4	2627.0

Tratamiento 5 (a_1 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.0	2.6
Diámetro copa cm	25.8	69.8
Altura cm	62.4	127.4
Volumen cm^3	104.0	1365.1

Tratamiento 6 (a_2 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.2	2.5
Diámetro copa cm	26.3	71.9
Altura cm	62.6	127.8
Volumen cm^3	170.0	1715.0

Tratamiento 7 (a₂ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.2	3.0
Diámetro copa cm	30.2	80.0
Altura cm	71.2	147.9
Volumen cm ³	155.4	1989.9

Tratamiento 8 (a₃ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.2	3.1
Diámetro copa cm	30.4	85.0
Altura cm	66.1	151.4
Volumen cm ³	167.8	2592.4

Tratamiento 9 (a₃ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.0	2.4
Diámetro copa cm	22.6	64.1
Altura cm	58.4	113.6
Volumen cm ³	120.5	1357.5

Tratamiento 10 (a₄ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.1	3.0
Diámetro copa cm	26.6	73.1
Altura cm	60.3	136.1
Volumen cm ³	123.1	1862.6

Tratamiento 11 (a₄ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.1	3.0
Diámetro copa cm	28.0	80.3
Altura cm	66.6	148.9
Volumen cm ³	123.8	1848.1

2. Predio : PICHILEMU - BLOQUE 2

Tratamiento 1 (Testigo)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	3.1	5.9
Diámetro copa cm	65.0	137.3
Altura cm	155.3	280.2
Volumen cm ³	1818.8	12168.0

Tratamiento 2 (a_0 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.8	6.2
Diámetro copa cm	63.7	130.7
Altura cm	146.9	265.1
Volumen cm^3	1387.6	11924.4

Tratamiento 3 (a_0 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.9	6.1
Diámetro copa cm	66.3	133.5
Altura cm	151.8	276.0
Volumen cm^3	1532.8	11671.9

Tratamiento 4 (a_1 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	3.4	6.9
Diámetro copa cm	75.6	154.0
Altura cm	173.6	327.0
Volumen cm^3	2313.0	17141.9

Tratamiento 5 (a_1 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	3.0	5.0
Diámetro copa cm	65.8	134.2
Altura cm	149.5	275.2
Volumen cm^3	1745.9	8991.3

Tratamiento 6 (a_2 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	3.0	5.9
Diámetro copa cm	63.6	132.6
Altura cm	148.8	275.6
Volumen cm^3	1726.7	11968.8

Tratamiento 7 (a_2 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	3.3	6.3
Diámetro copa cm	73.5	145.1
Altura cm	166.7	325.6
Volumen cm^3	2171.7	15417.2

Tratamiento 8 (a_3 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	4.1	5.5
Diámetro copa cm	90.0	197.5
Altura cm	185.6	343.1
Volumen cm^3	3768.6	13531.4

Tratamiento 9 (a_3 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.8	6.2
Diámetro copa cm	66.8	126.7
Altura cm	156.5	271.3
Volumen cm^3	1494.0	12172.4

Tratamiento 10 (a_4 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.9	6.0
Diámetro copa cm	66.1	135.0
Altura cm	150.2	276.5
Volumen cm^3	1640.9	11742.0

Tratamiento 11 (a_4 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.6	6.0
Diámetro copa cm	61.5	126.2
Altura cm	145.4	264.2
Volumen cm^3	1218.8	11076.6

3. Predio : CENTINELA - BLOQUE 3

Tratamiento 1 (Testigo)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.7	3.6
Diámetro copa cm	39.3	96.2
Altura cm	92.9	176.7
Volumen cm ³	428.1	3697.8

Tratamiento 2 (a₀ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.6	3.7
Diámetro copa cm	34.5	84.2
Altura cm	89.9	168.2
Volumen cm ³	333.9	3289.9

Tratamiento 3 (a_0 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.5	3.5
Diámetro copa cm	31.4	75.4
Altura cm	83.2	148.1
Volumen cm^3	266.4	2497.7

Tratamiento 4 (a_1 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.7	3.6
Diámetro copa cm	35.3	85.4
Altura cm	93.2	169.9
Volumen cm^3	330.8	2727.3

Tratamiento 5 (a_1 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.7	4.0
Diámetro copa cm	35.6	84.0
Altura cm	86.1	168.5
Volumen cm^3	336.3	3476.0

Tratamiento 6 (a_2 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.0	4.5
Diámetro copa cm	45.7	106.0
Altura cm	103.1	204.1
Volumen cm^3	494.9	5201.8

Tratamiento 7 (a_2 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.7	3.6
Diámetro copa cm	36.5	83.7
Altura cm	78.9	157.3
Volumen cm^3	295.3	2598.7

Tratamiento 8 (a_3 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.0	4.2
Diámetro copa cm	45.3	108.5
Altura cm	87.2	201.2
Volumen cm^3	401.9	4761.4

Tratamiento 9 (a_3 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.8	4.1
Diámetro copa cm	42.9	100.8
Altura cm	180.8	189.4
Volumen cm^3	462.4	4395.3

Tratamiento 10 (a_4 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.7	3.5
Diámetro copa cm	37.9	86.6
Altura cm	75.5	174.7
Volumen cm^3	251.7	3034.5

Tratamiento 11 : (a₄ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.8	4.5
Diámetro copa cm	38.6	93.1
Altura cm	94.2	177.5
Volumen cm ³	392.5	4792.3

4. Predio : PANTANILLOS - BLOQUE 4

Tratamiento 1 (Testigo)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.5	4.3
Diámetro copa cm	49.9	92.1
Altura cm	84.1	144.3
Volumen cm ³	756.5	3757.6

Tratamiento 2 (a₀ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.6	3.5
Diámetro copa cm	43.5	75.3
Altura cm	68.0	124.8
Volumen cm ³	431.5	1900.4

Tratamiento 3 (a₀ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.5	3.9
Diámetro copa cm	49.8	79.6
Altura cm	78.6	134.1
Volumen cm ³	731.8	3114.9

Tratamiento 4 (a_1 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.8	3.3
Diámetro copa cm	40.1	72.1
Altura cm	71.0	125.9
Volumen cm^3	369.5	1938.1

Tratamiento 5 (a_1 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.4	4.2
Diámetro copa cm	49.8	97.0
Altura cm	78.4	132.4
Volumen cm^3	647.2	3340.1

Tratamiento 6 (a₂ b₁)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.7	4.5
Diámetro copa cm	53.9	94.8
Altura cm	80.1	151.1
Volumen cm ³	864.9	4217.7

Tratamiento 7 (a₂ b₂)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.6	4.4
Diámetro copa cm	53.0	98.3
Altura cm	88.8	153.8
Volumen cm ³	932.5	4311.9

Tratamiento 8 (a_3 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.5	3.8
Diámetro copa cm	49.2	81.0
Altura cm	76.7	133.2
Volumen cm^3	647.9	2548.0

Tratamiento 9 (a_3 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.6	4.2
Diámetro copa cm	52.7	88.3
Altura cm	85.5	141.0
Volumen cm^3	858.4	3576.3

Tratamiento 10 (a_4 b_1)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	2.3	3.6
Diámetro copa cm	42.7	81.7
Altura cm	76.2	129.1
Volumen cm^3	580.4	2308.0

Tratamiento 11 (a_4 b_2)

Variables	Epoca de Medición	
	Inicial	Final
Diámetro cuello cm	1.8	3.0
Diámetro copa cm	34.3	65.7
Altura cm	59.1	112.1
Volumen cm^3	268.1	1296.7

ANEXO N° 13

Niveles foliares de macro y micronutrientes por predio (bloque) y por tratamientos, en la época de evaluación del ensayo (Abril 1985)

Predio : PORVENIR BLOQUE 1

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	(1)				(1) ppm B
						ppm Zn	ppm Mn	ppm Fe	ppm Cu	
Testigo	1.33	0.16	0.96	0.25	0.15	32	425	125	4	12
a ₀ ^b ₁	1.19	0.15	0.88	0.26	0.18	36	350	115	6	16
a ₀ ^b ₂	1.12	0.16	0.83	0.24	0.13	36	350	110	4	15
a ₁ ^b ₁	1.47	0.16	0.93	0.28	0.17	40	413	55	10	13
a ₁ ^b ₂	1.33	0.13	0.79	0.28	0.18	38	350	75	8	13
a ₂ ^b ₁	1.40	0.15	0.88	0.27	0.12	40	438	110	4	15
a ₂ ^b ₂	1.47	0.12	0.83	0.27	0.13	36	500	115	8	11
a ₃ ^b ₁	1.37	0.15	0.93	0.21	0.12	32	363	150	6	14
a ₃ ^b ₂	1.33	0.13	0.88	0.26	0.14	30	450	100	6	13
a ₄ ^b ₁	0.98	0.10	0.83	0.23	0.16	38	425	100	4	15
a ₄ ^b ₂	1.61	0.13	0.93	0.21	0.19	36	263	100	4	16

(1) ppm = Partes por millón.

Predio : PICHILEMU BLOQUE 2

Tratamientos	%	%	%	%	(1) ppm	(1) ppm	(1) ppm	(1) ppm	(1) ppm	(1) ppm
	N	P	K	Ca						
Testigo	0.91	0.15	0.88	0.27	0.10	36	250	240	6	24
a _O ^b ₁	1.4	0.15	0.93	0.23	0.11	40	165	145	8	30
a _O ^b ₂	1.33	0.12	0.78	0.19	0.09	30	188	200	4	24
a ₁ ^b ₁	1.19	0.12	0.78	0.25	0.12	38	180	160	6	24
a ₁ ^b ₂	1.33	0.13	0.78	0.28	0.15	44	225	200	4	27
a ₂ ^b ₁	0.3	0.12	0.83	0.28	0.14	38	200	170	6	27
a ₂ ^b ₂	1.19	0.12	0.98	0.22	0.11	34	238	125	6	24
a ₃ ^b ₁	1.26	0.15	0.78	0.22	0.13	42	168	160	6	27
a ₃ ^b ₂	1.4	0.15	0.78	0.36	0.11	38	163	155	4	27
a ₄ ^b ₁	1.54	0.15	0.68	0.22	0.08	24	210	185	6	30
a ₄ ^b ₂	0.3	0.15	0.83	0.30	0.11	38	163	175	4	27

(1) ppm = Partes por millón.

Predio : CENTINELA BLOQUE 3

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	(1) ppm Zn	(1) ppm Mn	(1) ppm Fe	(1) ppm Cu	(1) ppm B
Testigo	1.40	0.19	0.88	0.32	0.22	40	503	345	8	21
a _O b ₁	1.61	0.20	0.64	0.33	0.22	62	288	265	6	19
a _O b ₂	1.40	0.16	0.68	0.30	0.19	40	250	215	4	21
a ₁ b ₁	0.70	0.15	0.54	0.28	0.17	40	250	250	7	21
a ₁ b ₂	1.54	0.16	0.54	0.41	0.23	42	288	215	8	20
a ₂ b ₁	1.30	0.13	0.49	0.30	0.16	36	288	225	4	17
a ₂ b ₂	0.49	0.13	0.83	0.27	0.15	44	300	265	6	17
a ₃ b ₁	0.56	0.16	0.50	0.28	0.18	54	313	200	6	17
a ₃ b ₂	1.12	0.12	0.59	0.28	0.19	38	213	415	6	23
a ₄ b ₁	1.37	0.15	0.68	0.25	0.17	44	238	250	6	16
a ₄ b ₂	1.12	0.15	0.44	0.40	0.22	50	238	270	8	24

(1) ppm = Partes por millón.

Predio : PANTANILLOS BLOQUE 4

Tratamientos	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	(1) ppm Zn	(1) ppm Mn	(1) ppm Fe	(1) ppm Cu	(1) ppm B
Testigo	1.40	0.13	0.78	0.24	0.11	48	250	200	8	15
a ₀ b ₁	1.37	0.13	0.73	0.21	0.13	52	213	180	7	12
a ₀ b ₂	1.40	0.10	0.64	0.15	0.11	40	238	185	6	15
a ₁ b ₁	1.61	0.13	0.68	0.24	0.14	56	250	190	6	13
a ₁ b ₂	0.91	0.13	0.83	0.21	0.12	46	225	185	8	17
a ₂ b ₁	0.91	0.12	0.73	0.20	0.10	46	200	170	6	15
a ₂ b ₂	0.77	0.13	0.78	0.18	0.15	52	150	175	6	15
a ₃ b ₁	0.7	0.10	0.64	0.20	0.12	34	163	145	4	17
a ₃ b ₂	1.26	0.12	0.64	0.21	0.11	42	138	165	4	15
a ₄ b ₁	1.47	0.12	0.73	0.22	0.12	46	175	210	4	15
a ₄ b ₂	1.12	0.12	0.68	0.18	0.09	30	168	170	4	-

(1) ppm = Partes por millón.

ANEXO N° 14

Niveles de análisis foliar usados para indicar los estados nutricionales de Pinus radiata, de acuerdo a Will, 1978 (citado por González - lez, G.; González, G.; Millán, J. y Escobar, R. 1983. Estudio de fertilización en plantaciones de Pinus radiata. Primeros resultados. Documento de trabajo N°51. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO/CHI/76-003, Santiago. 159 p.

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

xxx Buena predicción de respuesta en sitios de niveles bajos y Marginal.

xx Buena predicción de respuesta en sitios de nivel bajo, pero no en nivel marginal.

x Insuficiente información y experiencia para predecir confiablemente una respuesta aún en nivel bajo (nivel basado fundamentalmente en experiencias de ultramar)..