

# Simbiosis micorrícica en comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile

Mycorrhizal symbiosis in forest communities of the  
Central Valley of southern Chile

C.D.O.: 181.351

RUBEN CARRILLO, ROBERTO GODOY y HERNAN PEREDO

Instituto de Botánica e Instituto de Silvicultura,  
Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

## SUMMARY

Considerable information is available about natural ecosystems, with regard to mutualistic fungus plant symbiosis called mycorrhizae. This symbiosis has an active participation in nutrient uptake and transport and influences the structure and stability of plant communities. With the objective of proposing utilization of the natural forests, considering the accelerated process of exploitation, due to agroforestry activities, the presence and distribution of mycorrhizal symbiosis in four forest-communities in the Central Valley of southern Chile was studied. This research is basic for future applications in the restoration of these ecosystems and useful for inoculation programs with selected mycorrhizal strains. The analysis of registered vascular flora in the forest of *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus antarctica*, *Peumus boldus* and *Myrceugenia exsucca* indicated that 91 species, from a total 114 species studied, were found to have mycorrhizal associations. The vesicular arbuscular (VA) mycorrhizal type was found dominating in the 4 forests communities (with 72.8%). The following association were found in the forest under study: ectomycorrhizal in three species of *Nothofagus*, ericoid in three species of *Ericaceae*, monotropoid in *Arachnites uniflora* and Orchidoid in *Codonorchis lessonii*. The structure and function of the different types of mycorrhizal symbiosis is discussed in relation to environmental factors such as: soil, climate, and nutrient availability which are characteristic of the area studied.

## RESUMEN

En los ecosistemas naturales se ha documentado ampliamente la existencia de la simbiosis mutualística (hongoplant) denominada micorriza, que participa activamente en la absorción y transporte de nutrientes, lo que influye tanto en la estructura como en la estabilidad de las comunidades vegetales. Con el objetivo final de promover la utilización racional del bosque nativo en nuestro país y frente al acelerado proceso de explotación producto de la actividad silvoagropecuaria, que están provocando un empobrecimiento, muchas veces irreversible, de las comunidades vegetales, se consideró de interés estudiar la simbiosis micorrícica en cuatro comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile. Se pretende que este estudio sirva para implementar las bases que permitan la restauración de dichos ecosistemas, utilizando inoculaciones controladas con cepas micorrícicas seleccionadas. Del análisis de la flora vascular registrada en los bosques de *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus antarctica*, *Peumus boldus* y *Myrceugenia exsucca*, 91 especies de un total de 114 presentaron simbiosis micorrícica. La dominancia del tipo vesículo-arbuscular VA (72.8%) se presentó en los cuatro bosques analizados, la asociación ectomicorrícica (2.6%) se encontró en tres representantes del género *Nothofagus*, la ericoide (2.6%) en tres especies de ericáceas, orquidoide en *Codonorchis lessonii* y monotropoide (0.9%) en *Arachnites uniflora*. La estructura y función de los tipos de simbiosis micorrícica se discute en relación a diversos parámetros ambientales que consideran suelo, clima y disponibilidad de nutrientes que caracterizan al área de estudio.

## INTRODUCCION

La estructura y estabilidad de una asociación vegetal, al igual que la del ecosistema en general, se

encuentran fuertemente influidos por la simbiosis micorrícica (Grime *et al.*, 1987; Dighton y Boday, 1989; Read *et al.*, 1989). El significado de esta estrecha relación es fundamental para entender los

aspectos relevantes del fenómeno micotrófico (Harley, 1989). Es así como el número de especies vegetales y el grado micotrófico de los individuos dominantes expresan una mayor o menor dependencia por el tipo de hongo simbionte (Mayr y Godoy, 1989), relación que sufre cambios cuali y cuantitativos en el tiempo (Last *et al.*, 1987; Godoy y Mayr, 1989). La estructura y función de los diversos tipos de micorrizas involucradas en una comunidad estaría determinada en forma significativa por diversos parámetros ambientales como tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes, ubicación topogeográfica y clima (Read, 1984; Read *et al.*, 1989; Harley, 1989), los cuales sugieren un patrón característico de distribución.

En la actualidad, el acelerado proceso de destrucción de los bosques nativos como producto de la actividad forestal con ganancia de terrenos para labores agrícolas y frente a la carencia de estudios sobre la biología del suelo, se consideró de interés estudiar la simbiosis micorrícica en comunidades boscosas nativas del Valle Central en el sur de Chile y que corresponden a los bosques Coducifolios de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst., Esclerófilo de *Peumus boldus* Mol. y Pantanoso de *Myrceugenia exsucca* (D.C.) Berg.

## LUGAR DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el Valle Central, entre las localidades de Valdivia (39°48' L.S.; 73°14' L.W.) y La Unión (40°15' L.S.; 73°02' L.W.) y que corresponde a la depresión intermedia entre la Cordillera de los Andes y de la Costa, a una altitud de 50-100 m.s.n.m. La región se caracteriza por un clima del tipo perhúmedo, de tendencia oceánica de elevada pluviometría (Hayek y Di Castri, 1975). Una excepción la constituye el sector de La Unión, en el cual se encuentra el bosque de *Peumus boldus*, con marcadas características microclimáticas, producto del efecto de sombra pluviométrica que ejerce la Cordillera de la Costa (Montaldo *et al.*, 1987).

La vegetación del Valle Central en el sur de Chile se caracteriza por la presencia de formaciones boscosas caducifolias templadas de *Nothofagus obliqua* (Asociación Nothofago-Perseetum) y *Nothofagus antarctica* (Asociación Chusqueo-Nothofagetum). Las comunidades boscosas siempreverdes están representadas por el bosque pan-

tanoso de mirtáceas (Asociación Temo-Myrceugenietum exsuccae) y por el bosque esclerófilo de *P. boldus* (Asociación Nothofago-Perseetum boldetosum) (Ramírez *et al.*, 1983). Los suelos de la región investigada se clasifican como "Typic Dystrandeps", los cuales son comúnmente denominados "trumaos" y "ñadis" derivados de cenizas volcánicas del tipo andesítico-basáltico (IREN-CORFO, 1978; Luzio *et al.*, 1989). En el cuadro 1 se caracteriza el lugar de estudio.

## METODOLOGIA

Para cada comunidad boscosa la determinación de la flora se realizó apoyado en el herbario del Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile (Valdivia) y la nomenclatura de las especies de acuerdo a Marticorena y Quezada (1985). En forma paralela, las especies registradas se clasificaron en las diferentes formas de vida de acuerdo a la clave propuesta por Elleberg y Mueller-Dombois (1967), para determinar el espectro biológico.

Con el objeto de establecer presencia/ausencia y tipo de la simbiosis micorrícica de todas las especies representadas en la flora vascular, se procedió a la colecta de material radical, considerando 5 individuos adultos por especie, obtenido a una profundidad de 15-30 cm del suelo. El material radical fue cuidadosamente lavado y fijado en alcohol 70% (Kormanik y McGraw, 1982). La tinción de las raíces se realizó de acuerdo al método propuesto por Koske y Gemma (1989), para su posterior evaluación al microscopio óptico. En el caso particular de las especies con ectomicorriza se procedió a la obtención y determinación según Agerer (1987).

Para la extracción de esporas de hongos micorrícicos vesículo-arbusculares (VA) contenidas en las muestras de suelo, secado a temperatura ambiente, se empleó el método de centrifugación con gradiente de sacarosa descrito en Daniels y Skipper (1982). Los resultados se expresaron como valores promedio del total de esporas, extraídas desde 100 g de suelo.

En los análisis de suelo el pH se determinó en suspensión de H<sub>2</sub>O y 0.1 N KCl en proporción 1:2.5 (Ulrich, 1964). La conductividad se midió en suspensión acuosa 1:2.5 con el uso de un conductímetro. El contenido de carbono se determinó a través de oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico, según Steubing y Fangmaier

## CUADRO 1

Caracterización de las comunidades boscosas del Valle Central del sur de Chile  
 Characterization of the forest communities in Central Valley of southern Chile

## BOSQUES

| Características                                    | <i>Nothofagus obliqua</i> | <i>Peumus boldus</i>           | <i>Nothofagus antarctica</i>      | <i>Myrceugenia exsucca</i>   |
|--|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Asoc. vegetal                                      | Nothofago-Perseetum       | Nothofago-Perseetum boldetosum | Chusqueo-Nothofagetum antarcticae | Temu-Myrceugenietum exsuccae |
| N° de especies vasculares                          | 56                        | 39                             | 41                                | 30                           |
| Altura dosel arbóreo (m)                           | 35                        | 15                             | 6                                 | 15                           |
| Cobertura dosel arbóreo (%)                        | 90                        | 100                            | 40                                | 100                          |
| Tipo de bosque                                     | Parcialmente caducifolio  | Siempreverde                   | Caducifolio                       | Siempreverde                 |
| Porcentaje de luz incidente a nivel del sotobosque | 7.7                       | 0.7                            | 85.7                              | 1.7                          |
| Tipo de suelo                                      | Trumao (ceniza volcánica) | Trumao (ceniza volcánica)      | Ñadi (ceniza volcánica)           | Trumao (ceniza volcánica)    |
| Profundidad del suelo                              | Profundo >200 cm          | Profundo 200 cm                | Delgado 50 cm                     | Profundo 150 cm              |
| Grado de anegamiento                               | Ausente                   | Ausente                        | Temporal aprox. 8 meses           | Temporal aprox. 6 meses      |

(1991). Para la determinación del contenido de nitrógeno se utilizó el método de Kjeldahl con el uso de destilador automático (Fa. Büchi 470) (Steubing y Fangmaier, 1991). El contenido de fósforo asimilable se obtuvo mediante el método de Olsen (Sabbe, 1980). La determinación de potasio, calcio, magnesio y aluminio se realizó previa extracción con acetato de amonio a pH 4.0 y posteriormente leído en un espectrofotómetro de absorción atómica (Sabbe, 1980).

## RESULTADOS

En el cuadro 2 se presenta el catastro de la flora vascular de las comunidades boscosas del Valle Central que incluye 114 especies, varias de las cuales comparten más de una asociación boscosa. La mayor riqueza de especies está en el bosque de *N. obliqua* y la menor en el de *M. exsucca* con 56 y 30 especies, respectivamente.

Un resumen de los tipos de micorriza asociados a cada comunidad boscosa se indica en el cuadro 3. Se observa un claro dominio del tipo micorrízico VA en cada uno de los bosques investigados, cuyos valores oscilan entre 64.3 y 80.4%. En segunda posición se ubican el tipo ectomicorrízico y ericoide, ambos en 3 especies. La simbiosis ectomicorrízica se encuentra únicamente en las especies de *Nothofagus* en las comunidades de *N. obliqua*, *P. boldus* y *N. antarctica*. El tipo ericoide que se presenta en las ericáceas del género *Pernettya*, se registró únicamente en la comunidad de *N. antarctica*. Los tipos micorrízicos orquidoide y monotrofoide son de escasa representatividad y están registrados para *Codonorchis lessonii* y *Arachnitis uniflora* en las comunidades de *N. obliqua* y *P. boldus*, respectivamente. Es importante señalar que la comunidad menos diversificada desde el punto de vista micotrófico de la flora vascular es el bosque de *M. exsucca*, el cual presenta exclusivamente el tipo VA.

## CUADRO 2

Lista de especies de las comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile. (A = Bosque de *Nothofagus obliqua*; B = Bosque de *Peumus boldus*; C = Bosque de *Nothofagus antarctica* y D = Bosque de *Myrceugenia exsucca*). Presencia / Ausencia de tipos de micorrizas (VA = Vesículo-Arbuscular, EC = Ectomicorriza, ER = Ericoide, OR = Orquidoide, MN = *Monotropoide*, X = Sin micorriza) y FV = Formas de vida (Fa = Fanerófitos, Ca = Caméfitos, He = Hemicriptófitos, Cr = Criptófitos, Te = Terófitos)

List of species of the forest communities in the Central Valley of southern Chile. (A = Forest of *Nothofagus obliqua*; B = Forest of *Peumus boldus*; C = Forest of *Nothofagus antarctica* and D = Forest of *Myrceugenia exsucca*). Presence/Absence of mycorrhizal types (VA = Vesicular-Arbuscular, EC = Ectomycorrhiza, ER = Ericoid, OR = Orchidoid, MN = Monotropoid, X = Nonmycorrhizal) and FV = Life-forms (Fa = Phanerophytes, Ca = Chamaephytes, He = Hemicryptophytes, Cr = Cryptophytes and Te = terophytes)

|     |                                    | Comunidades boscosas |    |    |    |
|-----|------------------------------------|----------------------|----|----|----|
| FV  | Especies                           | A                    | B  | C  | D  |
| He  | <i>Adiantum chilense</i>           | -                    | VA | -  | -  |
| Fa  | <i>Aextoxicum punctatum</i>        | VA                   | -  | -  | -  |
| Cr  | <i>Alstroemeria aurea</i>          | VA                   | VA | -  | -  |
| Cr  | <i>Arachnitis uniflora</i>         | -                    | MN | -  | -  |
| Fa  | <i>Aristolelia chilensis</i>       | VA                   | VA | -  | -  |
| Fa  | <i>Asplenium dareoides</i>         | -                    | -  | -  | X  |
| Cr  | <i>Aster vahalii</i>               | -                    | -  | -  | VA |
| Fa  | <i>Azara integrifolia</i>          | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Azara microphylla</i>           | -                    | -  | -  | VA |
| Fa  | <i>Baccharis sagittalis</i>        | -                    | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Baccharis racemosa</i>          | -                    | VA | -  | -  |
| Fa  | <i>Berberis buxifolia</i>          | VA                   | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Berberis darwinii</i>           | VA                   | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Berberis congestiflora</i>      | -                    | VA | -  | -  |
| He  | <i>Blechnum asperum</i>            | -                    | VA | -  | VA |
| Fa  | <i>Blechnum chilense</i>           | -                    | -  | VA | VA |
| He  | <i>Blechnum hastatum</i>           | VA                   | VA | -  | VA |
| He  | <i>Blechnum microphyllum</i>       | VA                   | -  | -  | -  |
| He  | <i>Blechnum mochaenum</i>          | VA                   | -  | -  | -  |
| He  | <i>Blechnum penna-marina</i>       | -                    | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Blepharocalyx cruckshanksii</i> | -                    | -  | VA | VA |
| Fa  | <i>Boquila trifoliolata</i>        | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa  | <i>Budleja globosa</i>             | VA                   | -  | -  | -  |
| Te  | <i>Calandrinia axiliflora</i>      | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Campsidium valdivianum</i>      | -                    | -  | -  | VA |
| Cr  | <i>Carex fuscua</i>                | -                    | -  | X  | X  |
| Cr. | <i>Carex riparia</i>               | -                    | -  | X  | -  |
| He  | <i>Centella triflora</i>           | -                    | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Cissus striata</i>              | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa  | <i>Chusquea coleu</i>              | -                    | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Chusquea quila</i>              | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa  | <i>Chusquea tenuiflora</i>         | -                    | -  | VA | -  |
| Cr  | <i>Codonorchis lessonii</i>        | OR                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Corynabutilon ochsenii</i>      | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Corynabutilon vitifolium</i>    | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Cynanchium pachyphyllum</i>     | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Dioscorea brachybothria</i>     | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Discaria serratifolia</i>       | VA                   | -  | VA | -  |
| Fa  | <i>Drimys winteri</i>              | VA                   | -  | VA | VA |
| Fa  | <i>Ecchremocarpus scaber</i>       | -                    | VA | -  | -  |
| Fa  | <i>Elytropus chilensis</i>         | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa  | <i>Embothrium coccineum</i>        | -                    | -  | X  | -  |
| Fa  | <i>Eremolepis punctulata</i>       | -                    | -  | -  | X  |
| Fa  | <i>Ercilla spicata</i>             | VA                   | -  | VA | -  |

|    |                           | Comunidades boscosas |    |    |    |
|----|---------------------------|----------------------|----|----|----|
| FV | Especies                  | A                    | B  | C  | D  |
| Fa | Escallonia leucantha      | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Escallonia revoluta       | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Fascicularia bicolor      | X                    | -  | -  | X  |
| He | Fragaria chiloensis       | -                    | -  | VA | -  |
| He | Francoa sonchifolia       | -                    | VA | -  | -  |
| Te | Geranium robertianum      | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa | Gevuina avellana          | X                    | -  | X  | -  |
| He | Gleichenia sp.            | -                    | -  | VA | -  |
| He | Greigia sphacelata        | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa | Hydrangea integerrima     | -                    | VA | -  | -  |
| He | Hydrocotyle poeppigii     | VA                   | -  | -  | -  |
| He | Hypolepis rugosula        | -                    | -  | -  | VA |
| Cr | Juncus dombeyanus         | -                    | -  | X  | X  |
| Cr | Juncus microcephalus      | -                    | -  | X  | -  |
| Cr | Juncus procerus           | -                    | -  | X  | X  |
| Fa | Lapageria rosea           | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa | Lardizabala biternata     | VA                   | VA | -  | -  |
| Fa | Laurelia sempervirens     | VA                   | VA | -  | -  |
| Fa | Lepidoceras kingii        | X                    | -  | -  | -  |
| Fa | Lepidoceras squamifer     | -                    | -  | -  | X  |
| Fa | Leptocarpha rivularis     | VA                   | VA | -  | -  |
| Cr | Libertia chilensis        | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Lomatia dentata           | X                    | -  | -  | -  |
| Fa | Lomatia hirsuta           | -                    | X  | X  | -  |
| He | Lotus uliginosus          | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Luma apiculata            | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa | Luzuriaga polyphylla      | -                    | -  | -  | VA |
| Ca | Luzuriaga radicans        | VA                   | -  | -  | VA |
| Fa | Maytenus boaria           | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa | Mitraria coccinea         | -                    | VA | -  | -  |
| Fa | Muhelembeckia hastulata   | VA                   | -  | -  | VA |
| Fa | Myoschilos oblonga        | -                    | VA | VA | -  |
| Fa | Myrceugenia exsucca       | -                    | -  | -  | VA |
| Fa | Myrceugenia parvifolia    | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Myzodendron linearifolium | X                    | -  | -  | -  |
| Fa | Luma gayana               | -                    | -  | VA | -  |
| He | Nertera granadensis       | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Notanthera heterophylla   | -                    | X  | -  | -  |
| Fa | Nothofagus antarctica     | -                    | -  | EC | -  |
| Fa | Nothofagus dombeyi        | -                    | -  | EC | -  |
| Fa | Nothofagus obliqua        | EC                   | EC | -  | -  |
| Te | Oxalis araucana           | VA                   | VA | -  | -  |
| He | Oxalis dumetorum          | VA                   | -  | -  | -  |
| He | Osmorrhizia chilensis     | VA                   | VA | -  | -  |
| Fa | Ovidia pillo-pillo        | -                    | -  | VA | -  |
| Fa | Pernettya linearifolia    | -                    | -  | ER | -  |
| Fa | Pernettya mucronata       | -                    | -  | ER | -  |
| Fa | Pernettya pumila          | -                    | -  | ER | -  |
| Fa | Persea lingue             | VA                   | VA | -  | -  |
| Fa | Peumus boldus             | -                    | VA | -  | -  |
| Fa | Polypodium feuillei       | X                    | X  | -  | -  |
| Ca | Relbunium hippocarpium    | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa | Rhamnus diffusus          | VA                   | VA | -  | VA |
| Fa | Rhaphithamnus spinosus    | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa | Ribes punctatum           | VA                   | -  | VA | -  |
| He | Samalus latifolius        | -                    | -  | -  | VA |
| He | Sanicula crassicaulis     | VA                   | VA | -  | -  |

| FV        | Especies                         | Comunidades boscosas |    |    |    |
|-----------|----------------------------------|----------------------|----|----|----|
|           |                                  | A                    | B  | C  | D  |
| Fa        | <i>Sarmienta repens</i>          | X                    | X  | -  | X  |
| Fa        | <i>Schinus polygamus</i>         | -                    | VA | VA | -  |
| Cr        | <i>Scirpus inundatus</i>         | -                    | -  | VA | -  |
| Cr        | <i>Schoenus rhynchosporoides</i> | -                    | -  | X  | -  |
| Fa        | <i>Solanum valdiviense</i>       | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa        | <i>Sophora microphylla</i>       | -                    | VA | -  | -  |
| Ca        | <i>Stellaria cuspidata</i>       | VA                   | -  | -  | -  |
| Fa        | <i>Tepualia stipularis</i>       | -                    | -  | VA | VA |
| Fa        | <i>Tristerix tetrandus</i>       | X                    | X  | -  | X  |
| Fa        | <i>Tristerix verticillatus</i>   | -                    | X  | -  | -  |
| He        | <i>Uncinia phleoides</i>         | X                    | X  | -  | -  |
| He        | <i>Uncinia tenuis</i>            | -                    | -  | X  | -  |
| He        | <i>Viola maculata</i>            | VA                   | -  | -  | -  |
| TOTAL 114 |                                  | 56                   | 37 | 42 | 30 |

CUADRO 3

Tipos de micorriza en la flora de comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile. VA = Vesículo-Arbuscular, EC = Ectomicorriza; ER = Ericoide; OR = Orquidoide; MN = Monotropoide; SM = Sin Micorriza

Mycorrhizal types in the flora of the forest communities in Central Valley of southern Chile. VA = Vesicular-Arbuscular; EC = Ectomycorrhizae; ER = Ericoid; OR = Orchidoid; MN = Monotropoid; SM = Nonmycorrhizal

| Tipos de micorriza | Comunidades boscosas |       |                  |       |                      |       |                   |       |       |       |
|--------------------|----------------------|-------|------------------|-------|----------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
|                    | <i>N. obliqua</i>    |       | <i>P. boldus</i> |       | <i>N. antarctica</i> |       | <i>M. exsucca</i> |       | Total |       |
|                    | N°                   | %     | N°               | %     | N°                   | %     | N°                | %     | N°    | %     |
| VA                 | 45                   | 80.4  | 28               | 75.7  | 27                   | 64.3  | 21                | 70.0  | 83    | 72.8  |
| EC                 | 1                    | 1.8   | 1                | 2.7   | 2                    | 4.8   | -                 | -     | 3     | 2.6   |
| ER                 | -                    | -     | -                | -     | 3                    | 7.2   | -                 | -     | 3     | 2.6   |
| OR                 | 1                    | 1.8   | -                | -     | -                    | -     | -                 | -     | 1     | 0.9   |
| MN                 | -                    | -     | 1                | 2.7   | -                    | -     | -                 | -     | 1     | 0.9   |
| SM                 | 9                    | 16.0  | 7                | 18.9  | 10                   | 23.7  | 9                 | 30.0  | 23    | 20.2  |
| TOTAL              | 56                   | 100.0 | 37               | 100.0 | 42                   | 100.0 | 30                | 100.0 | 114   | 100.0 |

En general se puede señalar que de 114 especies vasculares, 83 (72.8%) presentan VA, 3 (2.6%) ectomicorriza, 3 (2.6%) ericoides, 1 (0.9%) orquidoide y 1 (0.9%) del tipo monotropoide (cuadro 3). Un total de 23 (20.2%) especies carecen de asociación simbiótica e incluyen 2 especies de pteridófitos epífitos (*Asplenium dareoides* y *Polypodium feuillei*) y 21 angiospermas con representantes de las familias *Proteaceae* (4), *Cyperaceae* (6) y *Juncaceae* (3), entre otros, representantes epífitos y parásitos (8).

Especial atención merecen aquellos taxa con asociación de carácter tripartita. Es el caso de las

especies pertenecientes a la familia *Papilionaceae*: *Lotus uliginosus* y *Sophora microphylla*, que, además de presentar asociación micorrícica del tipo VA, poseen nodulos radicales colonizados por bacterias del género *Rhizobium*. Otro aspecto es el relacionado con la rhamnácea *Discaria serratifolia*, arbusto que, junto con presentar asociación micorrícica endótrofa del tipo VA, presenta además en el sistema radical asociación mutualística con actinomicetos fijadores de nitrógeno del género *Frankia* (actinorriza). La distribución de los tipos de asociación micorrícica en relación a las diferentes formas de vida de la flora en las

comunidades boscosas nativas se indica en el cuadro 4. El predominio del tipo VA es observado en todas las formas de vida del espectro biológico, especialmente en fanerófitos y hemcriptófitos. La simbiosis ectomicorrícica y ericoide se asocian a fanerófitos, mientras que los tipos de orquidoide y monotropoide son exclusivos de criptófitos (geófitos). De las especies no micorrizadas se aprecia que el 65% corresponde a fanerófitos, dentro de las cuales están incluidos árboles de la familia *Proteaceae*, parásitos y epífitos. Por último, las especies hemcriptófitas no micorrizadas alcanzan a un 8.7% (cuadro 4). Con respecto al contenido de esporas VA en el suelo de las comunidades boscosas investigadas, se advierte una notable reducción en los bosques con anegamiento temporal, con 508 y 536 esporas para el suelo de *N. antarctica* y *M. exsucca*, respectivamente (cuadro 5). Los máximos valores totales son registrados en el bosque de *N. obliqua* con 1.322 esporas por 100 g de suelo. El bosque de *P. boldus* presenta una posición de carácter intermedio.

El análisis químico de suelos indica diferencias relativas entre las comunidades boscosas investigadas. Los valores de pH muestran una tendencia levemente acida en los bosques de *N. obliqua* y *P. boldus*, lo que se acentúa en los bosques de carácter azonal de *N. antarctica* y *M. exsucca* (cuadro 6). La conductividad presenta sus mayores valores en los bosques de *M. exsucca* (395 us) y de *P. boldus* (304 us). Con respecto al carbono total, las comunidades azonales con anegamiento temporal presentan un contenido levemente superior, con valo-

res máximos de 14.8%. El máximo valor de nitrógeno total fue obtenido en el bosque de *N. antarctica*. La relación C/N es variable; sin embargo, se observan los mayores valores en las comunidades siempreverdes, con 13.3 y 16.1 para *P. boldus* y *M. exsucca*, respectivamente. El contenido de fósforo es en general bajo en las comunidades boscosas caducifolias de *Nothofagus*, para aumentar en los bosques siempreverdes con un máximo registrado de 12.5 ppm para el bosque de *P. boldus*. En relación al contenido de cationes (potasio y calcio) son claramente superiores en el bosque de *P. boldus* con 1.309 y 7.613 ppm, respectivamente, mientras que en los bosques restantes son inferiores, particularmente aquellos de carácter azonal. El magnesio no presenta grandes diferencias, y sus concentraciones oscilan entre 2.6 y 3.7 ppm. Los valores de aluminio extractables muestran una clara tendencia a aumentar en los suelos ácidos de los bosques de *N. antarctica* y *M. exsucca*, con valores de 1.469 y 1.745 ppm, respectivamente.

## DISCUSION

Los microorganismos que están invariablemente presentes en la zona radical (rizósfera y micorrizósfera) de las plantas arraigadas al suelo, son conocidos por poseer un papel de vital importancia en los procesos fisiológicos del ecosistema (Barea y Azcón-Aguilar, 1983). La constatación de la existencia de conexiones interradales me-

## CUADRO 4

Formas de vida en relación a los tipos de micorriza registrados en la flora de las comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile (abreviaturas de acuerdo a lo indicado en la tabla 2)

Life forms in relation to the mycorrhizal types registered in the flora of the forest communities in Central Valley of southern Chile (abbreviations according to table 2)

| FV    | Tipos de micorrizas |      |    |     |    |     |    |     |    |     |     |      |       |      |
|-------|---------------------|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|------|-------|------|
|       | VA                  |      | EC |     | ER |     | OR |     | MN |     | SM  |      | TOTAL |      |
|       | Nº                  | %    | Nº | %   | Nº | %   | Nº | %   | Nº | %   | Nº  | %    | Nº    | %    |
| Fa    | 52                  | 62.7 | 3  | 100 | 3  | 100 | —  | —   | —  | —   | 15  | 65.2 | 73    | 64.0 |
| Ca    | 3                   | 3.6  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —   | —    | 3     | 2.7  |
| He    | 22                  | 26.5 | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | 2   | 8.7 | 24   | 21.0  |      |
| Cr    | 3                   | 3.6  | —  | —   | —  | —   | 1  | 100 | 1  | 100 | 6   | 26.1 | 11    | 9.6  |
| Te    | 3                   | 3.6  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —   | —    | 3     | 2.7  |
| TOTAL | 83                  | 100  | 3  | 100 | 3  | 100 | 1  | 100 | 1  | 100 | 23  | 100  | 114   | 100  |

## CUADRO 5

Número de esporas de hongos micorrícicos VA en 100 g de suelo seco en las diferentes comunidades boscosas. (Media  $\pm$  SE. Media de 3 réplicas)

Number of spores VA in 100 g of dry soil from different forest communities. (Mean  $\pm$  SE. Means of 3 replications)

| Bosques              | Nº de esporas   |
|----------------------|-----------------|
| <i>N. obliqua</i>    | 1.322 $\pm$ 160 |
| <i>P. boldus</i>     | 892 $\pm$ 20    |
| <i>N. antarctica</i> | 508 $\pm$ 88    |
| <i>M. exsucca</i>    | 536 $\pm$ 120   |

dante una red de hifas de hongos micorrícicos con los hospedantes es responsable, entre otros factores, de la absorción y transporte de nutrientes derivados del suelo (Read, 1984; Harley, 1989). El grado micotrófico de la flora vascular investigada, la que incluye un total de 114 especies, demuestra que la mayoría de los taxa presenta asociaciones micorrícicas (91 especies).

Al analizar los tipos de asociaciones micorrícicas presentes se observó que de 11 especies de pteridófitos registrados, 9 de ellos poseen micorriza del tipo VA, mientras que las no micorrizadas corresponden a hierbas epífitas. Este hecho ha sido igualmente documentado en la flora epífita de bosques tropicales (Lessica y Antibus, 1990) y otros estudios que consideran un mayor número de especies (Harley y Harley, 1987; Newman y Reddel, 1987). En la flora investigada no se regis-

traron gimnospermas, las cuales tienen una particular importancia en las cordilleras de la región investigada (Godoy y Mayr, 1989).

En las angiospermas existe un claro dominio del tipo VA y con menor grado de representatividad los tipos ectomicorrícico, ericoide, monotropeide y orquidoide. De un total de 103 taxa investigados, 21 de ellos son designados como no micorrizados y corresponden a familias típicas carentes de simbiosis, en las cuales se atribuye una eventual presencia de compuestos fungitóxicos en el sistema radical del hospedante o la producción de exudados que reducen la susceptibilidad a la micorrización (Tester *et al.*, 1987). Hacen excepción a la regla las especies parásitas y epífitas. Las asociaciones tripartitas en leguminosas y rhamnáceas revisten gran importancia ecológica, particularmente las especies leñosas nativas, lo que ha sido descrito para especies del cono sur de América y otras latitudes, como una adaptación al hábitat con baja disponibilidad en nitrógeno y fósforo (Barea y Azcón-Aguilar, 1983; Abarzúa y Longeri, 1988).

La alta frecuencia del tipo VA en los cuatro bosques investigados constituye una tendencia generalizada en los bosques templados (Berliner y Torrey, 1989; Harley, 1989; Mayr y Godoy, 1989). Por el contrario, el tipo ectomicorrícico sólo está presente en especies del género *Nothofagus*. La presencia exclusiva del tipo ericoide se circunscribe al bosque de *N. antarctica*, ubicado en suelos ñadi. En estas condiciones se ha estimado que la micorriza ericoide presenta una extraordinaria adapta-

## CUADRO 6

Análisis del suelo de las comunidades boscosas del Valle Central en el sur de Chile

Soil analysis of the forest communities of Central Valley of southern Chile

| Parámetros          | Comunidades boscosas |                  |                      |                   |
|---------------------|----------------------|------------------|----------------------|-------------------|
|                     | <i>N. obliqua</i>    | <i>P. boldus</i> | <i>N. antarctica</i> | <i>M. exsucca</i> |
| pH H <sub>2</sub> O | 5.8                  | 6.4              | 4.7                  | 4.0               |
| pH KCl 0.1 N        | 5.1                  | 6.0              | 4.3                  | 3.3               |
| Conduct. (us)       | 209                  | 304              | 213                  | 395               |
| C (%)               | 11.5                 | 10.1             | 13.7                 | 14.8              |
| N total (%)         | 0.98                 | 0.76             | 1.31                 | 0.92              |
| C/N                 | 11.7                 | 13.3             | 10.5                 | 16.1              |
| P (ppm)             | 3.5                  | 12.5             | 2.6                  | 8.3               |
| K (ppm)             | 233                  | 1.309            | 218                  | 210               |
| Ca (ppm)            | 4.637                | 7.613            | 698                  | 285               |
| Mg (ppm)            | 3.7                  | 2.6              | 3.0                  | 3.6               |
| Al (ppm)            | 658                  | 14               | 1.469                | 1.745             |

ción para desarrollarse en suelos turbosos o húmicos, ácidos y con una gran cantidad de componentes fenólicos (Harley, 1989).

El tipo orquidoide está representado por la especie *Codonorchis lessonii*, geófita típica, de los bosques del sur de Chile. Otro aspecto de interés es la presencia del tipo monotropoide, presente en la planta vascular geófita *Arachnitis uniflora* propia del bosque de *P. boldus*. Esta especie aclorofílica presenta un particular modo de nutrición, producto de su incapacidad para producir materiales metabólicos mediante la fotosíntesis. Este tipo de simbiosis permite hacer un nexo a una planta hospedante, de la cual obtiene los asimilados y eventualmente nutrientes (Duddrige y Read, 1982). Mayores antecedentes sobre ultraestructura de esta particular simbiosis están en preparación por los autores.

Una situación particular es la constatación única del tipo de simbiosis VA en la comunidad boscosa de *M. exsucca*, lo que coloca en evidencia la limitante para el desarrollo de los otros tipos de asociación mutualística.

La forma de vida, cuyo concepto tipológico de estilo de vida de la planta, que incluye: forma, estructura, hábito y función (Numata, 1976), determina el espectro biológico con un claro dominio de fanerófitos y hemicriptófitos, que concuerda con las condiciones climáticas imperantes en la región (Ramírez *et al.*, 1990). El tipo de micorriza VA se encuentra asociado a todas las formas de vida y corresponde al tipo de asociación mutualística más difundido, atribuible al carácter obligado del simbionte y a la baja especificidad del hospedante (Harley, 1989). Mientras que los tipos ectomicorriza y ericoide son exclusivos de fanerófitos, los tipos orquidoide y monotropoide son registrados únicamente en geófitos.

La estimación cuantitativa de esporas VA en los suelos de comunidades boscosas indican un mayor contenido en los suelos trumaos (bosques de *N. obliqua* y *P. boldus*) y una clara reducción en aquellos suelos de condiciones extremas como lo son el ñadi y el bosque pantanoso de mirtáceas, atribuible a las condiciones de anegamiento, acidez y estado nutritivo del suelo. Sobre el particular, ha sido documentado que un alto nivel de la napa freática provoca condiciones anaerobias y la liberación de sulfuro de hidrógeno con propiedades fitotóxicas (Dägling y Schleiter, 1991).

Las diferencias en contenido de esporas entre las comunidades estarían determinadas, además

de las condiciones edáficas, por la densidad vegetacional y el ciclo de producción de propágulos (Berliner y Torrey, 1989; Mayr y Godoy, 1989).

Al comparar los bosques de *N. obliqua* y *P. boldus* se observa una estrecha relación entre cobertura, riqueza de especies y número de esporas.

En el área de estudio es posible distinguir dos grupos principales de suelos, derivados de materiales volcánicos: "trumaos" y "ñadi", que, junto con presentar características pedológicas particulares, poseen diferencias evidentes atribuibles a su origen, estructura, ubicación topográfica, profundidad y anegamiento. Es así como los suelos de *N. obliqua* y *P. boldus* corresponden a los típicos trumaos, levemente ácidos y con contenido de carbono y nitrógeno óptimos. Hace excepción a esto el bosque de *M. exsucca*, que por las condiciones de anegamiento temporal conlleva a una acidez acentuada, todo lo cual contribuye a una lenta descomposición de la materia orgánica y, por ende, una disminución de la actividad biológica del edafón y presencia de horizontes con procesos de óxido-reducción en los niveles de oscilación de la napa freática (Debus, 1987). Los valores de pH en suelo y agua muestran diferencias marcadas atribuibles a la diferente solubilidad que tienen los productos de descomposición de silicatos (Debus, 1987). Los valores de la relación C/N para los suelos trumaos concuerda con los entregados por Luzio *et al.* (1989). Con respecto al fósforo, se ha documentado que su disponibilidad constituye un factor limitante para la nutrición de las plantas (Ellies, 1987; Luzio *et al.*, 1989). Aquí es necesario destacar los valores máximos obtenidos en el bosque de *P. boldus*, atribuibles a los procesos de mineralización favorecidos por las condiciones microclimáticas del sector (Montaldo *et al.*, 1987; Ramírez *et al.*, 1990). En relación a los cationes Ca, K y Mg nuevamente se presentan con valores superiores en el bosque de *P. boldus*, particularmente el primero de los indicados. Con respecto al Al existe sin duda una alta correlación con los valores de pH, cuyo elevado contenido en el suelo del bosque de *M. exsucca* sería atribuible a su liberación, provocada por la acidez de este sustrato.

Los suelos ñadis, caracterizados como hábitat extremos, presentan a menudo condiciones microclimáticas producto de las inversiones térmicas, con bajas temperaturas, acompañado de un suelo sobresaturado de agua. Lo anterior conduce a generar suelos de carácter hidromórfico, donde los procesos de anaerobiosis constituyen un factor

determinante en la actividad biológica, por lo que las especies vegetales asociadas presentan extraordinarias adaptaciones. Los acentuados valores de acidez del suelo, niveles relativos de carbono y nitrógeno, permiten que la relación C/N explique la lenta incorporación de la materia orgánica al suelo. Los contenidos de fósforo y cationes son muy bajos, hecho que contrasta con los elevados niveles de Al disponible, que condicionan a los ñadis como un biótoto extremo.

Se advierte en la actualidad que una tala del bosque y/o uso de estos ecosistemas, con fines silvoagropecuarios, alteraría sustancialmente la dinámica de los organismos en la rizósfera y, por lo tanto, a las asociaciones micorrícicas, cuya ocurrencia ha quedado comprobada en la mayor parte de las especies que componen las comunidades vegetales estudiadas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del proyecto FONDECYT 0912-91.

## BIBLIOGRAFIA

- ABARZUA, M. y L. LONGERI. 1988. "Ultraestructura de *Frankia* en actinorrizas de *Discaria trinervis*, *D. serratifolia* y *Relamillia ephedra*", *Acta Microbiológica* 1 (1): 15-20.
- AGERER, R. 1987. *Colour atlas of ectomycorrhizae*. Einhorn-Verlag Eduard Dietenberger, Germany.
- BAREA, J. y C. AZCON-AGUILAR. 1983. "Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants". En: BRADY, N.C. (ed.). *Adv. Agron.* 38: 1-54.
- BERLINER, R. y J. TORREY. 1989. "On tripartite *Frankia*-mycorrhizal associations in the Myricaceae", *Can. J. Bot.* 67: 1708-1712.
- DANIELS, B. y H. SKIPPER. 1982. "Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil". En: N. SCHENCK (ed.). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. Am. Phytopathology Soc. 29-35.
- DÄGLING, W.D. y J. SCHLEITYER. 1991. Zur rolle der mykorrhiza in ausgewählten Feuchtgebiet. Tagung der Sektion Mykologie, Universität Bayreuth, Deutschland.
- DEBUS, R. 1987. Untersuchungen zum Wasserhaushalt von *Myrceugenia exsucca* und *Temu divaricatum* in relation zur morphologie und anatomie der wurzel and überflutungsstandorte. Dissertationes Botanicae. Band 100: 1-151.
- DIGHTON, J. y L. BODDY. 1989. Role of fungi in nitrogen, phosphorus and sulphur cycling in temperate forest ecosystems. En: L. BODDY, R. MARCHANT y D. READ (eds.). *Nitrogen, phosphorus and sulphur utilization by fungi*. Cambridge Univ. Press, pp. 269-298.
- DUDDRIGE, J. y D. READ. 1982. "An ultrastructural analysis of the development of mycorrhizas in *Monotropa hypopitys* L.", *New Phytol.* 92: 203-214.
- ELLEMBERG, H. y D. MUELLER-DOMBOIS. 1967. "A key to raunkaier plant life forms with revised subdivision", *Ber. Geob. Inst. Stiff. Rubel Zürich.* 37: 56-73.
- ELLIES, A. 1987. "Bodenmechanische Eigenschaften als Kriterium für die Klassifizierung von andepts aus Sudchile", *Z. Pflanzenernähr. Boden Kd.* 150: 327-333.
- GRIME, J., J. MACKEY, S. HILLIER y D. READ. 1987. "Floristic diversity in a model system using experimental microcosms", *Nature* 328: 420-422.
- GODOY, R. y R. MAYR. 1989. "Caracterización morfológica de micorrizas vesículo-arbusculares en coníferas endémicas del sur de Chile", *Bosque* 10 (2): 89-98.
- HARLEY, J. 1989. "The significance of mycorrhiza", *Mycol. Res.* 92 (2): 129-139.
- HARLEY, J. y E. HARLEY. 1987. "A check-list of mycorrhiza in the British flora", *New Phytol.* 105 (2): 1-102.
- HAYEK, E y F. DI CASTRI. 1975. *Bioclimatología de Chile*. Dirección de Investigación, Vicerrectoría Académica, Universidad Católica de Chile, Santiago, 214 pp.
- IREN-CORFO, Universidad Austral de Chile. 1978. Estudio de suelos de la provincia de Valdivia, Santiago, Chile. 178 pp.
- KORMANIK, P. y A. MCGRAW. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. En: N. SCHENK (ed.). *Methods and principles of mycorrhizal research*. Am. Phytopathology Soc: 37-45.
- KOSKE, R. y J. GEMMA. 1989. "A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizae", *Mycol. Res.* 92 (4): 486-488.
- LAST, F., J. DIGHTON y P. MASON. 1987. "Succession of sheathing mycorrhizal fungi", *Tree* 2 (6): 157-161.
- LESSICA, P. y R. ANTIBUS. 1990. "The occurrence of mycorrhizae in vascular epiphytes of two Costa Rica Rain Forests", *Biotropica* 22 (3): 250-258
- LUZIO, W., C. BARROS, M. ARANCIBIA y S. ALCA-YAGA. 1989. "Presencia de horizonte plácico en ñadis (Placaquands) y trumaos (Placudans) en el sur de Chile", *Anales de Edafología y Agrobiología* 48 (5-12): 523-543.
- MARTICORENA, C. y M. QUEZADA. 1985. "Catálogo de la flora vascular de Chile", *Gayana* 42 (1-2): 1-157.
- MAYR, R y R. GODOY. 1989. "Seasonal patterns in vesicular-arbuscular mycorrhiza in melic-beech forest", *Agric. Ecosystems Environ.* 29: 281-288.
- MONTALDO, P., R. PESSOT, R. FUENTES e I. SARALEGUI. 1987. La zona de sombra pluviométrica en la X Región y su impacto agronómico. *Agricultura Técnica (Chile)* 47 (4): 340-344.
- NEWMAN, E. y P. REDDELL. 1987. "The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants", *New Phytol.* 106:745-751.
- NUMATA, M. 1976. "A consideration on the life forms of plants and its evolutionary aspect", *Physiol. Ecol. Japan.* 17: 557-564.
- RAMIREZ, C., F. FERRIERE y H. FIGUEROA. 1983. "Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos templados del sur de Chile", *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 11-26.
- RAMIREZ, C., S. LABBE, C. SAN MARTIN y H. FIGUEROA. 1990. "Sinecología de los bosques de boldo (*Peumus boldus*) de la cuenca del río Bueno, Chile", *Bosque* 11 (1): 45-56.
- READ, D. 1984. The structure and function of vegetative mycelium of mycorrhizal roots. En: D. JENNINGS & A. RAYNER (eds.). *The ecology and physiology of the fungal mycelium*, Cambridge University Press: 215-240.
- READ, D., J. LEAKE y A. LANGDALE. 1989. The nitrogen nutrition of mycorrhizal fungi and their host plants. En: L. BODDY, R. MARCHANT y D. READ (eds.). *Nitrogen*,

- phosphorus and sulphur utilization by fungi*. Cambridge University Press, pp. 181-204.
- SABBE, W. 1980. *Handbook of reference methods for soil testing*. University of Arkansas, 130 pp.
- STEUBING, L. y A. FANGMAIER. 1991. *Pflanzenökologisches Praktikum*. Ulmer verlag, UTB, Germany.
- TESTER, M., S. SMITH y F. SMITH. 1987. "The phenomenon of 'nonmycorrhizal' plants", *Can. J. Bot.* 65: 419-431.
- ULRICH, K. 1964. "Untersuchungsverfahren und kriterium zur bewertung der versauerung und ihrer folgen in waldboden", *Der Forest. und Holzwirt.* 11: 278-286.