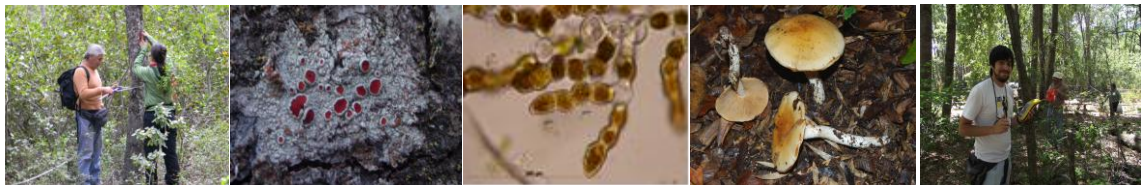




065/2012

Bases para definir estrategias y prácticas de manejo sustentable del bosque nativo, usando el estado de conservación de líquenes, algas y hongos superiores.





Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

065/2012

**BASES PARA DEFINIR ESTRATEGIAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO
SUSTENTABLE DEL BOSQUE NATIVO, USANDO EL ESTADO DE
CONSERVACIÓN DE LÍQUENES, ALGAS Y HONGOS SUPERIORES**

financiado por

Fondo de Investigación del Bosque Nativo

Investigador(a) Responsable

Iris Pereira R¹.

Dra. en Ciencias Biológicas

Co-investigador (es)

**Dr. Götz Palfner², Dr. José San Martín A., Dr. Oscar Bustos L., Persy
Gómez de la F. y Tracy Cabrera C.**

Institución Patrocinante

UNIVERSIDAD DE TALCA

Institución(es) Asociada(s)

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Marzo, 2013

TALCA, CHILE

¹ Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Talca

² Departamento de Botánica, Universidad de Concepción



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

1. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer públicamente el apoyo logístico prestado por el personal de CONAF, durante el desarrollo de las campañas de campo realizadas en ambas reservas. Su experiencia fue de gran apoyo en localizar puntos de muestreos poco accesibles.

Vayan también nuestros agradecimientos al personal de CONAF, quienes estuvieron siempre llanos a responder nuestras dudas de la parte formal de la conducción de este proyecto.

A la labor incansable de nuestros profesionales y estudiantes que fueron partícipes del desarrollo de este estudio. Destacar la labor de Tracy Cabrera, estudiante de Ingeniería Forestal de nuestra Universidad, en la labor de tomas de muestras y el procesamiento de resultados, a Persy Gómez en el análisis estadístico de los datos. La anegada labor de dos estudiantes que se sumaron a este proyecto en la tarea de aislar y cultivar las algas, Jorge Guajardo (Ing. Forestal) y Esteban Larama (Agronomía).

A nuestras Instituciones Patrocinante y Asociada, en habernos apoyado en la realización de este proyecto y haber confiado en nuestro trabajo.

Finalmente destacar en forma muy especial al Fondo de Investigación del Bosque nativo por crear y financiar iniciativas como éstas, con el fin de propender a un estudio más profundo de los bosques nativos de Chile.

2. TABLA DE CONTENIDO

Contenidos	Páginas
Título Proyecto	i.
Autores del trabajo	ii
Agradecimientos	iii
Tabla de contenidos	4
Indice de Tablas	5
Indice de Figuras	6.
Resumen	7
1 .Introducción	10
2. Marco Teórico	12
3. Hipótesis	14
4- Objetivos (general y específicos)	15
5. Metodología	16
5.1 Establecimiento de parcelas para líquenes	16
5.2 Selección de forófitos	16
5.3 Determinación de la diversidad, frecu. y abundancia de líquenes	16
5.4 Análisis estadísticos	17
5.5 Aislamiento de algas y cianobacterias	17
5.6 Identificación taxonómica de algas y cianobacterias	18
5.7 Determinación del pH, fosfatos y potasio en cortezas	18
5.8 Aislamiento y cultivo de <i>Trentepohlia monilia</i>	18
5.9 Establecimiento de parcelas para macromicetes	18
5.10 Determinación taxonómica y productividad de hongos comest.	19
5.11 Determinación de la productividad de <i>Cyttaria hariotii</i>	19
6.- Resultados	20
6.1 Establecimiento y localización de parcelas y muestreo en cortezas de forófitos (árboles y arbustos) para líquenes epífitos en bosques nativos protegidos	20
6.2 Determinación de la diversidad, frecuencia y abundancia de líquenes con el objeto de Planificar futuras prácticas de manejo	21
6.3 Determinación de la diversidad, frecuencia y abundancia de algas asociadas a cortezas	48.
6.4 Evaluación del potencial uso de especies del orden Trentepohliales productoras de pigmentos carotenoides (alfa y beta-caroteno)	52
6.5 Obtención de un catastro de hongos formadores de setas lignícolas y terrestres bosque de <i>Nothofagus alessandrii</i> (ruil), <i>N. glauca</i> (hualo) de la Cordillera de la Costa y de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>N. dombeyi</i> (coigüe) de la Cordillera de los Andes	53.
6.6 Identificación de las especies fúngicas comestibles y tóxicas relevantes para la recolección y comercialización local de setas comestibles	62.
6.7 Reconocimiento de patrones de dominancia y co-dominancia en las comunidades fúngicas Comunes e indicadores de la formación boscosa respectiva	63
6.8 Identificación de hongos escasos o particulares que podrían presentar especies vulnerables	64.
6.9 Evaluación del potencial uso de recursos forestales no madereros en el bosque nativo	70.
6.10 Determinación de lugares o sitios cob especies de potencial uso sustentable como Productos forestales no madereros	72
7. Discusión de resultados	75
8. Conclusiones y recomendaciones	77
9. BIBLIOGRAFIA	81
10. ANEXOS	84



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Tabla	Páginas
1	Datos dendrométricos de los forófitos en la parcela 1 fuera de la Reserva Altos de Lircay	21
2	Diversidad específica de líquenes en la Reserva Altos de Lircay	22
3	Diversidad específica de líquenes en la Reserva Los Ruiles.	25
4	Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas dentro de la Reserva Altos de Lircay	50
5	Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas fuera de la Reserva Altos de Lircay	50
6	Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas dentro de la Reserva Los Ruiles	51
7	Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas fuera de la Res. Los Ruiles	51
8	Temperatura y precipitación promedio anual en las Reservas Altos de Lircay y Los Ruiles, según planes de manejo Conaf	54
9	Datos bioclimáticos de las zonas y Reservas Altos de Lircay y Los Ruiles	55
10	Lista de macromicetes registrados en la Reserva Altos de Lircay de marzo y a diciembre de 2013 y especies comestibles importantes	56
11	Lista de macromicetes registrados en la Reserva Los Ruiles de junio a octubre de 2014 y especies comestibles importantes	58
12	Proporciones de los grupos funcionales de hongos registrados en las Reservas Altos de Lircay (temporada 2013) y Los Ruiles (2014)	62
13	Tabla sinóptica de las especies fúngicas registradas en las Reservas Altos de Lircay (temporada 2013) y Los Ruiles (temporada 2014), su función ecológica, frecuencia local y regional; especies comunes de ambas reservas resaltadas.	64
14	Modelo de productividad de setas terrestres (<i>Cortinarius austroturmalis</i>) y digüeños (<i>Cyttaria hariatii</i>) comestibles en dos tipos de bosque Maulino	72
15	Diferencia de productividad por temporada de <i>Cortinarius austroturmalis</i> (peso seco y fresco de cuerpos fructíferos) en rodales de <i>Nothofagus</i> siempreverde y en caducifolio de la Reserva Altos de Lircay	73
16	Diferencia de productividad por temporada de <i>Cortinarius austroturmalis</i> (peso seco y fresco de cuerpos fructíferos) en rodales de <i>Nothofagus</i> siempreverde y caducifolio de la Reserva Los Ruiles.	74



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Figura	Páginas
1	Localización geográfica de las parcelas en la Reserva Altos de Lircay	20
2	Localización geográfica de las parcelas en la Reserva Los Ruiles	20
3	Parte de la diversidad de líquenes en la Reserva Altos de Lircay	25
4	Parte de la diversidad de líquenes en la reserva Los Ruiles	27
5	Abundancia total de líquenes dentro y fuera de las Reservas Altos de Lircay y Los Ruiles	28
6	Abundancia de micro- y macrolíquenes dentro y fuera de las Reservas Altos de Lircay y Los Ruiles	28
7	Distribución de la abundancia de micro- y macrolíquenes dentro (A) y fuera (B) de la reserva Altos de Lircay, en forófitos <i>N. dombeyi</i> y <i>N. obliqua</i>	29
8	Abundancia de micro. y macrolíquenes según la especie de forófitos dentro (A) y fuera de de la reserva los Ruiles	30
9	Distribución de la abundancia de especies dentro (A) y fuera (B) de Reserva Altos de Lircay.	32
10	Distribución de la abundancia por especie dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	33
11	Distribución de la abundancia de líquenes, según el diámetro del forófito <i>N. obliqua</i> como especie caducifolia tanto dentro (A) como fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay	34
12	Distribución de la abundancia de líquenes, según el diámetro de <i>N. dombeyi</i> como especie siempreverde dentro (A) como fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay	35
13	Distribución de la abundancia de <i>Buellia anomala</i> (microlíquen) y \downarrow DAP de <i>Nothofagus</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay	35.
14	Distribución de la abundancia de <i>Hypogymnia subphysodes</i> (macrolíquen) y el DAP de <i>Nothofagus</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay	37
15	Distribución de los valores de pH de las cortezas y DAP de forófitos dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay	38
16	Distribución del contenido P-PO ₄ (µg/g) según el DAP dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.	39
17	Distribución del contenido de potasio según el DAP en forófitos dentro (A) y fuera de la reserva Altos de Lircay	40
18	Distribución de la abundancia de <i>Lecanora albella</i> y \downarrow DAP de <i>Nothofagus</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	40
19	Distribución de la abundancia de <i>Rinodina sophodes</i> y DAP de <i>Nothofagus</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.	41
20	Distribución de la abundancia de <i>Parmotrema arnoldii</i> y \downarrow DAP de <i>Nothofagus</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	42
21	Distribución de la abundancia de líquenes y \downarrow DAP en <i>Nothofagus alessandrii</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	43.
22	Distribución de la abundancia de líquenes y \downarrow DAP en <i>Nothofagus glauca</i> dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	43
23	Distribución de la abundancia de microlíquenes (A) y macrolíquenes (B) y DAP en <i>Nothofagus glauca</i> dentro de la Reserva Los Ruiles	44
24	Distribución de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes y DAP en <i>Nothofagus glauca</i> fuera de la Reserva Los Ruiles	45
25	Distribución de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes y-DAP en <i>Nothofagus alessandrii</i> dentro la Reserva Los Ruiles.	45
26	Distribución de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes y DAP en <i>Nothofagus alessandrii</i> fuera de la Reserva Los Ruiles.	46
27	Relación entre el DAP y el promedio del pH dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	47.
28	Relación entre DAP y el promedio P-PO ₄ (µg/g) dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles	47.
29	Relación entre el DAP y el promedio de K (µg/g) dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.	48
30	Diversidad de Chlorophyta algas verdes presentes presente en la reserva Altos de Lircay y los Ruiles	49
31	Diversidad de Cyanophyta (algas verde-azules) presentes en la Reserva Altos de Lircay y Los Ruiles	49
32	Aspecto del cultivo de <i>Trentepohlia monilia</i> en medio semisólido agar BBM	53



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

RESUMEN

Se describe, compara y analiza la diversidad y distribución horizontal de especies de hongos superiores de las Clases Basidiomycetes y Ascomycetes y de líquenes epifíticos en bosque nativo de la precordillera andina y costera en ambientes protegidos (incluidos en una unidad protegida SNASPE) y no protegida o fuera de la unidad. Los ambientes muestreados fueron la precordillerana andina, Reserva Nacional Altos de Lircay y su entorno, comuna de San Clemente provincia de Talca, en la especie caducifolia *Nothofagus obliqua* y *N. dombeyi* como siempreverde. En la zona costera se muestreó parte de la Reserva Nacional Los RUILLES y su entorno, comuna de Chanco provincia de Cauquenes, con *N. alessandrii* y *N. glauca*. Para los hongos, se trabajó el grupo de los Basidiomycetes y Ascomycetes en el invierno de 2013 y 2014 (junio a septiembre) con recorridos en transectos e inspección ocular, se colectaron y fotografiaron las especies de setas encontradas en la hojarasca y/o troncos en descomposición con determinación directa de las especies en terreno. Para determinar el potencial de hongos silvestres comestibles como productos forestales no madereros, se realizó un catastro de las especies de macromycetes durante una temporada completa en dos reservas forestales representativas del bosque Maulino: En la Reserva Altos de Lircay se establecieron un total de 24 parcelas de 20 x 20m, 12 dominadas por *Nothofagus dombeyi* y 12 por *N. obliqua*. En la Reserva Los RUILLES fue un total de nueve parcelas, tres dominadas por *N. dombeyi*, tres por *N. alessandrii* y tres por *N. glauca*. Para el caso, de los líquenes se prospectaron especies de macrolíquenes (líquenes con talos foliosos, fruticulosos, compuestos, umbilicados y escumulosos) y microlíquenes (líquenes con talos crustáceos y pulverulentos). En el otoño de 2013, se establecieron parcelas cuadradas de 400 m² (20 X 20 metros) distribuidas 15 dentro de la unidad protegida y 15 fuera de ella, totalizando 30 para el sector precordillerano y 30 en la zona de la costa, 15 dentro de la unidad protegida y 15 fuera de ella. Para explicar la distribución espacial, riqueza y abundancia de las especies se trabajó en 60 parcelas seleccionadas al azar en dos grupos de forófitos: unos jóvenes, si el diámetro a la altura del pecho (DAP) oscilaba entre 8,0 y 15.9 cm y adultos si el DAP era superior a 16 cm. Cada forófito fue marcado, indicando el número de parcela y el número forófito georeferenciado así como determinada la altura (m) con una forcípula. El muestreo de los líquenes se realizó a la altura de entre 0,5-2,0 m alrededor del perímetro del tronco. Las especies censadas fueron registradas con tomas de muestras. Para determinar la influencia química de la corteza y la diversidad de las algas, se extrajo 6 grs de cortezas de 3 forófitos juveniles y 3 adultos por parcela en una franja entre 120-140 m de la base del tronco. Dos gramos de corteza fueron usados para determinación del pH y 2 grs para determinar el contenido de fosfatos y potasio. Otros 2 grs fueron utilizados en el laboratorio, para la obtención de inóculos algales



o cianofíticos. Las cortezas fueron desmenuzadas y remojadas, posteriormente los inóculos fueron cultivados en medios apropiados dependiendo de sus necesidades nutricionales utilizando 3 medios de cultivo. Una vez crecidas las algas o cianobacterias, éstas fueron determinadas a nivel de especie de acuerdo a la literatura clásica. Para cada especie de líquenes, la información se complementa con estimación de la abundancia por la cobertura aplicando la metódica de Braun-Blanquet (1964). Con los datos obtenidos, se determinó la riqueza de especies, abundancia y distribución según ambiente, tipo de bosque, especie y química de la corteza. Algunos de estos parámetros fueron correlacionados con el DAP, la condición foliar de la especie arbórea y a su vez el DAP de los forófitos fue correlacionado con el pH y con el contenido de fosfatos y potasio.

Se encontró que los hongos prefieren ambientes sombríos y húmedos ajenos a perturbación como el pisoteo y con presencia de cobertura. El número de especies encontradas fueron 43, de las cuales 11 corresponden son especies comestibles y representan un potencial recurso aprovechable de tipo forestal no maderable. De las 43, 38 corresponden a Basidiomycetes y 5 a Ascomycetes. De las especies encontradas sólo 2 podrían ser tóxicas como es el caso de *Amanita diemii* y *A. lilloi* en especial para bosques de la cordillera costera, sin embargo su toxicidad debe ser confirmada con análisis químicos.

Las diferencias de productividad de *Cortinarius austroturmalis* se interpretan como combinación del efecto "siempreverde" (mayor suministro de carbono al hongo y mayor protección del sotobosque contra sequía y temperaturas extremas por *Nothofagus dombeyi* que por especies caducifolias) y del efecto del microclima ya que *N. dombeyi* y *N. alessandrii* crecen en zonas más sombrías y húmedas que *N. obliqua* y *N. glauca*.

- Concluimos que en términos de diversidad y cantidad extraíble de setas silvestres comestibles, el bosque Maulino tiene un potencial muy alto. Se recomienda desarrollar planes de manejo del recurso en función de las condiciones topográficas/climáticas del bosque y de las especies de *Nothofagus* dominantes en ello.

- En líquenes, la riqueza alcanza a 64 especies distribuidas 48 en la precordillera andina y 16 en el área costera. Las unidades protegidas muestran 39 especies respecto a 26 del entorno considerando ambas reservas.

- El número de cianolíquenes encontrados tanto dentro como fuera de ambas reservas es bajo. RAL (4) dentro y (4) fuera en RLR dentro (4) y fuera (6).



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

- El número de microlíquenes dentro de las reservas es levemente superior o igual al de los macrolíquenes, mientras que fuera de ambas reservas los macrolíquenes superan en número a los microlíquenes
- El comportamiento de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes en ambas reservas tanto dentro como fuera de éstas, no muestra un patrón definido según la condición foliar de las especies arbóreas
- En general, la riqueza y abundancia de macrolíquenes es baja en las unidades protegidas, y en particular en ejemplares de mayor diámetro, contrario a lo que se observa en los bosques lluviosos del sur de Chile
- El número de microlíquenes dentro de las reservas es levemente superior o igual al de los macrolíquenes, mientras que fuera de ambas reservas los macrolíquenes superan en número a los microlíquenes
- Las relaciones entre el DAP de los forófitos y el pH de éstos y, el contenido de fosfatos con el DAP, no son estadísticamente significativas; esto es válido para ambas reservas. Sin embargo, la relación entre el DAP y contenido de potasio, es estadísticamente significativa, en la reserva Altos de Lircay, pero no en Los Ruiles.
- En los Ruiles tanto dentro como fuera de ésta, las cianobacterias son más frecuentes en *N. glauca* que en *N. alessandrii*. Esta diferencia podría atribuirse más bien al tipo de textura de sus cortezas, siendo en estado adulto, agrietada e hidrófila en *N. alessandrii* e hidrófoba en *N. glauca*, en cambio, en Altos de Lircay éstas son más frecuentes en *Nothofagus obliqua* que en *N. dombeyi*.
- En cuanto a las cianobacterias, prefieren forófitos juveniles que adultos, tendencia que se aprecia en ambas reservas.
- Las Chlorophyta en cambio son abundantes tanto en cortezas de *N. alessandrii* como en *N. glauca* y esto es válido tanto dentro como fuera de la reserva Los Ruiles.
- Las especies de *Trentepohlia monilia* logran crecer en medios artificiales, pero de forma gradual y lenta no alcanzando el desarrollo con la duración del proyecto.



1. Introducción

Los vegetales inferiores o criptógamas (líquenes, musgos, hongos y algas) al igual que las plantas superiores son parte de la estructura de los ecosistemas boscosos. Las criptógamas cumplen roles funcionales importantes y muchos de los metabolitos secundarios pueden ofrecer beneficios de alto valor para el desarrollo de la agricultura sustentable como bactericida, fungicida, insecticida y herbicida. Estos metabolitos también pueden aportar valiosos beneficios en la alimentación salud humana y de los animales. La evaluación y monitoreo de la salubridad del bosque es clave para definir políticas de conservación del bosque nativo y para el futuro manejo de recursos renovables no madereros no tradicionales, una tarea aún no asumida por ingenieros forestales, ecólogos, biólogos y químicos en el país.

El objetivo de este proyecto fue establecer un programa de monitoreo a largo plazo dentro de áreas definidas en dos reservas nacionales dentro de la Región del Maule, utilizando líquenes, algas y hongos superiores. Entre los líquenes, es importante conocer el número de cianolíquenes, ya que son muy sensibles frente a diferentes tipos de contaminantes del aire, efectos antropogénicos y cambio climático, los cuales responden tempranamente a estas perturbaciones posicionándolos como excelentes bioindicadores de la salubridad del bosque en áreas protegidas. Otros líquenes interesantes son los Clorolíquenes que contienen *Trentepohlia*, ya que responden muy bien al cambio climático (Aptroot & van Herk, 2007).

Un aspecto novedoso de este proyecto es la introducción del estudio de las algas que crecen asociadas a las cortezas de especies arbóreas o arbustivas de bosques nativos chilenos, las cuales han sido muy poco estudiadas, desde un punto de vista taxonómico y ecológico. Por medio de este proyecto, se aportan los primeros antecedentes acerca de este grupo, incluyendo algas y cianobacterias para bosques templados mixtos de clima mediterráneo. El propósito de estudiar ambos grupos, ha sido también: utilizar estos organismos como especies indicadoras de la salubridad del bosque y adicionalmente conocer posibles usos como productoras de pigmentos.

En relación con los hongos superiores éstos presentan roles claves en los ciclos biogeoquímicos, destacándose como descomponedores de materia orgánica (madera) y como simbioses mutualistas asociados a las raíces de *Nothofagus* (Brundrett 1991). La composición de las comunidades locales y regionales de estos hongos que se reconocen por sus carpóforos en alguna temporada del año, reflejan las condiciones biológicas, edafo-climáticas y topográficas de una zona específica. Los patrones de diversidad y riqueza de especies fúngicas, suelen variar en base a estas condiciones, permitiendo la identificación de especies dominantes y co-dominantes para un tipo de



bosque y su estado de salubridad (Azul et al., 2010, Fryar et al., 1999). En lo que concierne a la utilización de los hongos por el ser humano, se distinguen 3 grupos: Especies que forman setas comestibles, hongos tóxicos especies inofensivas no comestibles o cuya calidad como alimento es desconocida.



2. Marco teórico

En Norteamérica, los bosques nativos han sido objeto de numerosos estudios para evaluar la capacidad de éstos para soportar diversas adversidades a que se ven enfrentados como invasión de insectos y patógenos, incendios acervados por cambio climático y contaminación atmosférica (ozono, nitrógeno y azufre). Monitoreos a largo plazo de indicadores como los líquenes han facilitado la evaluación de la salubridad y sustentabilidad del bosque en Norteamérica. En nuestro país, esta situación está lejos de convertirse en una realidad, a menos que los sistemas gubernamentales apoyen decididamente importantes y comprobadas iniciativas como las realizadas en países desarrollados de Europa, USA y Canadá.

Este estudio se ha centrado en el uso de bioindicadores tales como líquenes, algas y cianobacterias y hongos superiores asociados al bosque nativo de dos reservas nacionales presentes en la región del Maule.

Nuestro primer enfoque estuvo puesto en los líquenes en general y en particular en los cianolíquenes, los cuales han sido usados como bioindicadores de la salubridad del bosque, dada la alta sensibilidad que éstos poseen en detectar agentes que pueden amenazar la integridad del bosque como contaminación ambiental (Richardson & Cameron, 2002; lluvias ácidas, (Maass & Yetman 2002); efectos antropogénicos como tala del bosque, construcción de caminos, pastoreo por animales (Nascimbene & Marini, 2010), Aragón et al., 2010) y cambio climático producto del efecto invernadero provocado por las altas emanaciones de energía, producto de numerosas actividades desarrolladas por el hombre. Los cianolíquenes, no son el único grupo de líquenes capaces de detectar posibles perturbaciones en estos ecosistemas, por lo tanto el resto de los líquenes que integran estos ambientes podrían ser usados con el mismo propósito. Recientemente, se ha informado que líquenes, cuyo fotobionte es *Trentepohlia*, independiente de su origen, están siendo usados para detectar efectos del cambio climático en Europa este (Aptroot & van Herk, 2007).

Por su parte las algas y las cianobacterias que colonizan sustratos madereros vivos del bosque nativo han sido muy poco estudiadas en Chile, sólo se puede citar el trabajo de Díaz et al., 2010, que trata acerca de las comunidades epífitas de los bosque del sur de Chile, donde se incluyen algas, pero éstas solo se restringen a dos taxones *Trentepohlia* sp. y una clorófita no identificada. Estos argumentos han servido de base para incursionar en el conocimiento de la riqueza, frecuencia y abundancia de algas y cianobacterias, ya que estos bosques están siendo afectados por la tala del bosque y la frecuencia de incendios a estas latitudes. Esto conduce a pensar que muchos recursos algales hasta ahora desconocidos tuvieron compuestos hasta ahora no estudiado como pigmentos carotenoides y ficobilínicos. Los primeros compuestos son de gran importancia en la



industria alimentaria por su capacidad antioxidante y los segundos en el campo de la medicina.

Los trabajos realizados en bosques tropicales lluviosos arrojan una flora algológica importante (Neutupa & Skaloud, 2010), donde las especies del orden Trentepohliales se encuentran bien representadas, sin embargo, en los bosques templados de la zona central de Chile, aún no se cuenta con información documentada que advierta acerca de su existencia y menos aún del valor agregado que a éstas pudieran ser atribuibles. Como una forma de responder a esta interrogante, se propuso estudiar la diversidad, frecuencia y abundancia de las algas y cianobacterias asociadas a cortezas de especies arbóreas o arbustivas con el propósito de evaluar su posible rol como bioindicador del estado de continuidad del bosque, más su potencial uso.

Los hongos superiores asociados al bosque nativo también representan un recurso que puede ser usado como bioindicador en la continuidad de los ecosistemas boscosos. Muchos de estos hongos guardan una estrecha relación con los bosques presentes y se distribuyen en respuesta a las condiciones edafo-climáticas locales. El objetivo de este trabajo se centró en definir buenas prácticas de manejo de estos recursos, en los bosques de *Nothofagus alessandrii*, *N. glauca* y *N. dombeyi* en la reserva Los Ruiles y sus alrededores y en *N. dombeyi* y *N. obliqua* en la reserva Altos de Lircay y sus alrededores que garanticen el mínimo impacto negativo sobre el recurso en particular y el hábitat en general. Los resultados de este estudio, han permitido en líneas generales conocer que especies de hongos son comestibles y tóxicas, saber que especies son dominantes en las reservas, en qué época del año aparecen sus cuerpos fructíferos y qué asociaciones se relacionan con determinadas especies arbóreas.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

3. Hipótesis

1.- Si los Cianolíquenes u otros líquenes y algas son capaces de mostrar un comportamiento particular a muy corto plazo frente a diferentes perturbaciones a que pudiera estar sujeto el bosque nativo en reservas, entonces los cambios en su diversidad, frecuencia y abundancia permitirán estimar cuál será la evolución de este ecosistema a corto, mediano y largo plazo. La demostración de la hipótesis se hará a través de este monitoreo de los parámetros bióticos y abióticos, dentro y fuera de las reservas.

2.- Si la protección de las reservas asegura una mantención de la biodiversidad, entonces se espera que la diversidad de cianolíquenes u otros líquenes, algas y hongos superiores potencialmente aprovechables sea superior respecto a las áreas adyacentes intervenidas.



4. Objetivos

Objetivo General:

Establecer una metodología basada en bioindicadores biológicos como líquenes y algas para monitorear el estado de salubridad y evaluar el potencial uso de recursos vegetales no madereros del bosque nativo (líquenes, hongos y algas) en las Reservas "Los Ruiles" y "Altos de Lircay"

Objetivos específicos

- 1: Diseñar y aplicar una forma de muestreo en cortezas de forófitos (árboles y arbustos) para líquenes epifitos en bosques nativos protegidos (no intervenidos) y no protegidos (intervenidos).
- 2: Determinar la diversidad, frecuencia y abundancia de líquenes con el objeto de planificar futuras prácticas de manejo.
- 3: Determinar la diversidad, frecuencia y abundancia de algas asociadas a cortezas de árboles y arbustos, en particular a las del orden Trentepohliales.
- 4.- Evaluar el potencial uso de las especies del orden Trentepohliales como productoras de pigmentos carotenoides (alfa y beta-caroteno).
- 5.- Obtener un catastro de hongos formadores de setas lignícolas y terrestres de los bosques de *Nothofagus alessandrii* (ruil), *N. glauca* (hualo) de la cordillera de la Costa y de *Nothofagus obliqua* o *N. dombeyi* (coigüe) de la cordillera de los Andes.
- 6.- Identificar las especies fúngicas comestibles y tóxicas relevantes para la recolección y comercialización local de setas comestibles.
- 7.- Reconocer patrones de dominancia y co-dominancia en las comunidades fúngicas comunes en cada tipo de bosque que revelan la identidad de especies o gremios de especies comunes indicadores de la formación boscosa respectiva.
- 8.- Identificar hongos escasos o particulares que podrían representar especies vulnerables.
- 9.- Evaluar el potencial uso de los recursos no madereros en el bosque nativo (líquenes, algas y hongos superiores).
- 10.- Determinar los lugares o sitios donde están localizados las especies con potencial uso sustentable que representan los productos forestales no madereros.



5. Metodología

La metodología propuesta en este estudio responde a cánones propuestos en otras latitudes de países desarrollados, en los se establecen parcelas redondas de 20 x 20 m (0,4 Ha). Dado la irregularidad en la topografía de los suelos en las áreas de este estudio, las parcelas establecidas fueron cuadradas, pero de igual superficie.

5.1 Establecimiento de parcelas para líquenes y algas

Se estableció un total de 60 parcelas distribuidas al azar, localizándose 15 dentro y 15 fuera de cada reserva seleccionada. Las reservas fueron Altos de Lircay y Los Ruiles localizadas dentro de la región del Maule.

Cada parcela corresponde a una superficie de 400 m² (20 x 20 m).

En el bosque la ubicación de las parcelas se basó en la experticia y conocimiento de la estructura del bosque nativo considerando las siguientes variables: uniformidad e integridad fisionómica homogénea, magnitud de cobertura del dosel, composición florística y topográfica así como de suelo homogéneas, facilidad para el desplazamiento interior y sotobosque arbustivo bajo. Luego se registró la orientación y altitud así como la georreferenciación de la parcelas

5.2 Selección de los forófitos

Dentro de cada parcela, los forófitos fueron seleccionados al azar. Cada forófito fue marcado con una cinta roja con el número de parcela y del forófito.

Dentro de cada parcela, se seleccionó un total de 16 forófitos de condición etaria distinta según magnitud del diámetro por especie arbórea, 8 juveniles (6-15,9 cm) y 8 adultos (de 16 o más cm). Para cada uno de estos forófitos se registraron los siguientes parámetros dendrométricos: tipo de forófito, DAP con forcípula a la altura del pecho y altura con clinómetro. Se definió la condición foliar de las especies arbóreas diferenciando en especies de hojas caducas o persistentes.

Establecida las parcelas se procedió a la toma de las muestras de líquenes y algas en 22 campañas distribuidas en 13 en la Reserva Altos de Lircay y 10 a la Reserva Los Ruiles. Con esta actividad se cumplen a los objetivos N° 2 y 3.



5.3 Determinación de la diversidad, frecuencia y abundancia de líquenes

Entre 0,5-2,0 m de altura del fuste y en la corteza de los forófitos con recorrido del perímetro visualmente y apoyo de lupa (20x) se registró la diversidad, frecuencia y abundancia de los líquenes. La información florística se correlacionó con el diámetro y especie de los forófitos tanto para dentro y fuera de las reservas así como entre ellas.

La determinación taxonómica de líquenes se basa en caracteres morfológicos (vegetativos y reproductivos), anatómicos y químicos. Para ello fue necesario realizar cortes transversales a mano alzada por la estructura del cuerpo del líquen como el de talo, apotecios u otras estructuras reproductivas. Para la observación y análisis de los caracteres morfológicos y anatómicos se utilizó una lupa estereoscópica marca Zeiss Stemi DV4 y para los caracteres microscópicos un microscopio binocular Zeiss Primo Star con equipo microfotográfico Canon. Además, se realizaron caracteres químicos como test puntuales para: K (solución saturada de KOH), NaOCl (solución acuosa de hipoclorito de sodio al 50 %), KC (aplicación de hidróxido de potasio (KOH), seguida de hipoclorito de sodio y P (solución alcohólica de parafenilendiamina) y N (solución de ácido nítrico concentrado, en proporciones de 1/3 de ácido:2/3 de agua. La mayor parte de las identificaciones taxonómicas de líquenes se realizó con el apoyo de la bibliografía especializada como Clauzade & Roux (1985); Galloway (1985, 1992b, 1995); Galloway et al., (2006); Jorgensen & James (1995); Kashwadani (1990); Messuti (2005), Stenross (1995), Wirth (1995a, 1995b), entre otros.

Para completar la información se comparó la relación de microlíquenes y macrolíquenes dentro y fuera de cada reserva y luego entre ellas. Los microlíquenes se definen como con talos crustáceos y pulverulentos. Como macrolíquenes a líquenes con talos foliosos, fruticulosos, compuestos, escumulosos y umbilicados.

5.4 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos aplicados a las diferentes variables fueron:

- Prueba de Kolmorov-smirnov (test de normalidad, $p < 0.05$ para datos que no se distribuyen normalmente).
- Correlación de Spearman (rho de spearman: -0.27 ; valor P: 0.155) Valor $p > 0.05$

Para relación significativa, el valor P debe ser menor a 0,05 de lo contrario la tendencia es no significativa.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

5.5 Aislamiento de algas y cianobacterias

De cortezas de 3 ejemplares juveniles y de 3 adultos de cada parcela y reserva así como fuera de ellas y desde la base del fuste a una altura de 120-140 cm se extraen 2 grs de que representan inóculos. Luego, en el laboratorio las cortezas fueron desmenuzadas y vaciadas en matraces Erlenmeyer de 100 ml con agua destilada. Los matraces puestos a agitar en un shaker orbital por 48 hrs. Más tarde, se tomaron alícuotas del macerado que fueron sembradas por triplicado en tres medios de cultivos (BBM, Beijerinck BJ₀₀ y BJ₁₁)

5.6 Identificación taxonómica de algas y cianobacterias

Para la identificación taxonómica de algas y cianobacterias, se utilizaron caracteres vegetativos e~~omø~~ y reproductivos los que fueron confrontados a descripciones y claves con bibliografía especializada. La bibliografía para identificar Clorófitas fue Bourrelly 1966, Neustupa & Skaloud, 2008 y para Cianobacterias Bourrelly 1970, Desikachary 1959, Geitler, 1925, Komárek & Anagnostidis 2005.

5.7 Determinación pH, fosfatos y potasio en las cortezas

Para 2 grs. de corteza se determinó el pH y en otros 2 grs. el contenido de fosfatos y potasio. Para la determinación del pH, se utilizó una mezcla de muestras de cortezas de 3 forófitos juveniles y 3 adultos respectivamente. Los resultados de los valores de pH y el contenido de fosfatos y potasio. fue correlacionado con DAP. Estos parámetros no ha sido posible relacionarlos con la abundancia de líquenes y establecer relaciones con la riqueza y frecuencia de algas y cianobacterias.

5.8 Aislamiento y cultivo de *Trentepohlia monilia*

A partir de las cortezas se aisló *Trentepohlia monilia* (Orden Tretepholiales) para su cultivo en placas Petri y en sustrato de agar BBM. En la actualidad, se mantiene esta alga en medio en cultivo y medio semisólido agar BBM para promover su crecimiento, sin embargo este proceso ha sido muy lento para obtener biomasa suficiente y determinar pigmentos carotenóideos.

5.9 Establecimiento de parcelas para macromicetes

Para el monitoreo de macromicetes se establecieron parcelas de 400m² (20 x 20m aprox.) en rodales dominados por las distintas especies de *Nothofagus* de cada área de estudio. En la Reserva Altos de Lircay fueron 24 parcelas, 12 dominadas por la especie siempreverde *Nothofagus dombeyi* y otras 12 dominadas por *N. obliqua* (caducifolio). En la Reserva Los Ruiles se establecieron 9 parcelas, que es un número menor respecto a Altos de



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

Lircay. La limitación fue restricciones de tiempo durante el 2014, último año del proyecto. Las 9 parcelas en Los Ruiles se dividieron en 3 dominadas por *N. dombeyi* (siempreverde), 3 por *N. alessandrii* (caducifolio) y las últimas 3 por *N. glauca* (caducifolio).

Para el muestreo se realizaron 4 durante la temporada 2013 en Altos de Lircay (mayo a diciembre) y 4 durante la temporada 2014 en Los Ruiles (junio a octubre). Se registraron todas las especies fúngicas avistadas en suelo y madera y de cada una se colectó una muestra de referencia, documentándola en fotografías, datos geográficos (GPS) de hábitat y sustrato.

5.10 Determinación taxonómica y productividad de hongos comestibles.

En el caso de las especies comestibles de suelo y madera muerta, se realizó una extracción total de los especímenes en cada parcela para luego determinar en laboratorio su peso fresco y seco. El mismo día de su recolección las muestras se trasladaron al Laboratorio de Micología y Micorriza de la Universidad de Concepción para su procesamiento, determinar características diagnóstico mediante microscopía para cada especie. La identificación se basó en claves y descripciones de la literatura. Para su preservación permanente de las muestras y depósito en la colección de hongos del Herbario de la Universidad de Concepción (Fungario CONC-F) el material fue deshidratado a en una estufa de secado a 50°C. El peso fresco y seco de las especies comestibles fue determinado en gramos y los valores de productividad se calcularon en base a valores promedios por parcela y expresados en gramos por hectárea y temporada.

5.11 Determinación de la productividad de *Cyttaria hariatii*

Para *Cyttaria hariatii* no fue posible recolectar la mayor parte de los cuerpos fructíferos y determinar su peso. La dificultad fue su frecuente crecimiento en altura de los árboles hospederos. Para complementar la información se optó por un método indirecto. Se recolectó una cantidad representativa de cuerpos fructíferos (estromas) de diferentes tamaños y alcanzables en los troncos y ramas bajas de algunos árboles. En las muestras se midió el peso de cada estroma y calcular el peso promedio. Del resto de los estromas avistados se hizo un conteo visual a distancia, calculando posteriormente la productividad de la especie correlacionando el peso promedio por estroma con el número de estromas registrados.

6. Resultados

6. 1.- Establecimiento y localización de parcelas y muestreo en cortezas de forófitos (árboles y arbustos) para líquenes epífitos en bosques nativos protegidos (no intervenidos) y no protegidos (intervenidos).

El diseño de muestreo se basa en parcelas no permanentes, de igual superficie para bosques dentro y fuera de cada reserva (Fig. 1). Se georreferenció el punto medio de la parcela para localizar con exactitud los forófitos seleccionados y permitir a futuro un nuevo monitoreo de las especies de líquenes y algas estudiados (Fig. 1 y Fig. 2)

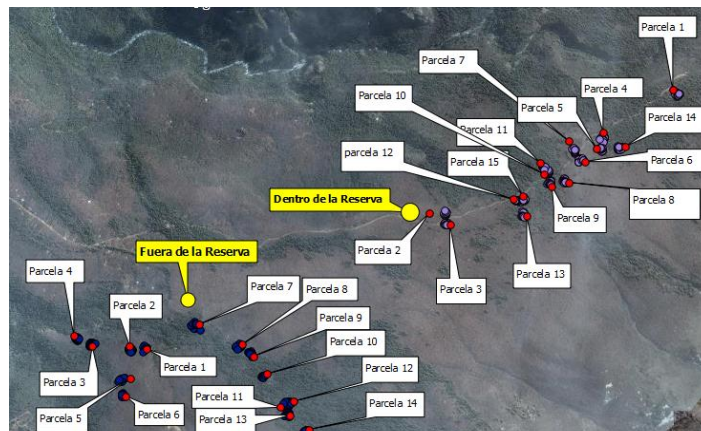


Fig. 1: Localización geográfica de las parcelas en la reserva Altos de Lircay

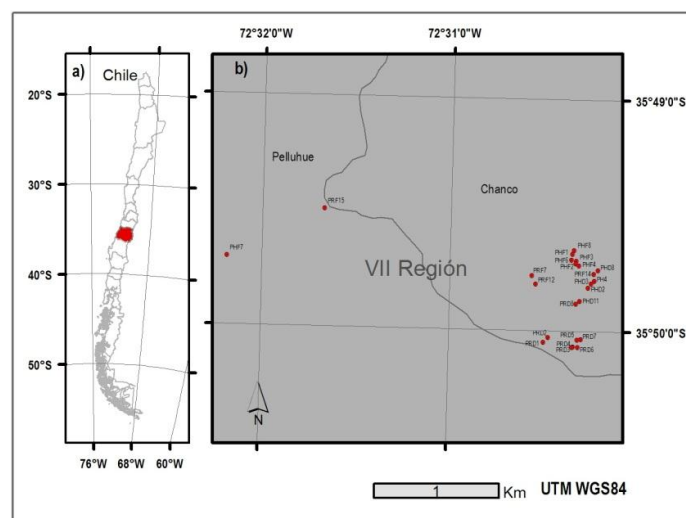


Fig. 2: Localización geográfica de las parcelas en la reserva Los Ruiles.

El número de forófitos muestreados fue 960, distribuidos en 60 parcela segregados en cada una en 8 juveniles y 8 adultos. En la Tabla 1, se muestran los valores de los parámetros dendrométricos para cada forófito y parcela. (Los valores dendrométricos se desglosan en el ANEXO 1).

Tabla 1: Datos dendrométricos para forófitos en la parcela 1 fuera de la Reserva Altos de Lircay.

N° Parcela	N° Forófito	Especie	Altura (m)	DAP (cm)	Condición Etárea
1	1	<i>N. obliqua</i>	10	28,1	Adulto
1	2	<i>N. obliqua</i>	8,7	25	Adulto
1	3	<i>N. obliqua</i>	9,3	19,6	Adulto
1	4	<i>N. obliqua</i>	7,3	30	Adulto
1	5	<i>N. obliqua</i>	7	13,5	Juvenil
1	6	<i>N. obliqua</i>	7	28	Adulto
1	7	<i>N. obliqua</i>	11,3	36,6	Adulto
1	8	<i>N. obliqua</i>	9,7	17,6	Adulto
1	9	<i>N. obliqua</i>	9	29,8	Adulto
1	10	<i>N. obliqua</i>	6	11,8	Juvenil
1	11	<i>N. obliqua</i>	6,2	11	Juvenil
1	12	<i>N. obliqua</i>	6	8	Juvenil
1	13	<i>N. obliqua</i>	4,5	11	Juvenil
1	14	<i>N. obliqua</i>	5,5	8,8	Juvenil
1	15	<i>N. obliqua</i>	6,5	9	Juvenil
1	16	<i>N. obliqua</i>	9	10,6	Juvenil

6.2.- Determinación de la diversidad, frecuencia y abundancia de líquenes con el objeto de planificar futuras prácticas de manejo.

Para los bosques de la cordillera andina y costera la riqueza de especies de líquenes es de 64 especies. Como exclusivos de Altos de Lircay se encontraron 30 y para los Ruiles 16 especies. El número de elementos comunes y compartidos es de 16. Al considerar cada bosque para Altos de Lircay contribuye con 48 especies y Los Ruiles con 16. Tal resultado para los sitios muestreados marca una diferencia de la riqueza entre los diferentes bosques



Los resultados más importantes de la diversidad, frecuencia y abundancia tanto de líquenes dentro como y fuera de las reservas Altos de Lircay y Los Ruiles.

Tabla 2: Diversidad específica de líquenes en la reserva Altos de Lircay.

DENTRO DE RESERVA	FUERA DE RESERVA
<i>Buellia anomala</i> Zahlbr. Mi	<i>Buellia anomala</i> Zahlbr. Zahlbr. Mi
<i>Caloplaca cf chrysophthalma</i> Mi	<i>Caloplaca cf chrysophthalma</i> Mi
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr. Mi	<i>Caloplaca ferruginea</i> Huds.) Th. Fr. Mi
<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) JR Laundon Mi	<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) JR Laundon Mi
+ <i>Collema crispum</i> (Huds.) F.H. Wigg. Ma	<i>Coleopogon epiphorellus</i> (Nyl.) Brusse & Karnefelt Ma
+ <i>Collema flaccidum</i> (Ach.) Ach. Ma	+ <i>Collema crispum</i> (Huds.) F.H. Wigg. Ma
+ <i>Collema subflaccidum</i> Degel. Ma	<i>Everniastrum americanum</i> (Meyen & Flot.) Hale ex Sipman Ma
<i>Graphina platycarpa</i> (Eschw.) Zahlbr. Mi	<i>Flavoparmelia rutidota</i> (Hook. F. & Taylor) Hale Ma
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach. Mi	<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach. Mi
<i>Haematomma chilenum</i> C.W. Dodge Mi	<i>Haematomma chilenum</i> C.W. Dodge Mi
<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson Ma	<i>Haematomma soledatum</i> R. W. Rogers Mi
<i>Hypotrachyna sinuosa</i> (Sm.) Hale Ma	<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson Ma
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach. Mi	<i>Hypotrachyna sinuosa</i> (Sm.) Hale Ma
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. Mi	<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach. Mi
<i>Lecanora expallens</i> Ach. Mi	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme Mi
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Choisy Mi	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. Mi
<i>Lepraria lobificans</i> Nyl. Mi	<i>Lecanora expallens</i> Ach. Mi
<i>Opegrapha atra</i> Pers. Mi	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Choisy Mi



+ <i>Pannaria rubiginosa</i> (Ach.) Bory Ma	<i>Lepraria loboficans</i> Nyl. Mi
<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale Ma	<i>Opegrapha atra</i> Pers. Mi
<i>Parmotrema perlatum</i> (Hudson) M. Choisy Ma	+ <i>Pannaria conoplea</i> (Ach.) DC Ma
<i>Pertusaria albescens</i> (Hudson) Choisy & Werner Mi	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor Ma
<i>Porina sp.</i> Mi	<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale Ma
<i>Protousnea poeppigii</i> (Nees & Flot.) Krog Ma	<i>Parmotrema perlatum</i> (Hudson) M. Choisy Ma
<i>Pyrenula sp.</i> Mi	<i>Pertusaria albescens</i> (Hudson) Choisy & Werner Mi
<i>Rimelia reticulata</i> (Nyl.) Krog Ma	<i>Physcia sp.</i> Ma
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal. Mi	<i>Platismatia glauca</i> (L.) W. Culb. & c. Culb. Ma
<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman Ma	+ <i>Pseudocyphellaria gilva</i> (Ach.) Malme Ma
<i>Tuckermanniopsis chlorophylla</i> (Wild.) Hale Ma	+ <i>Pseudocyphellaria nudata</i> (Zahlbr.) Galloway Ma
<i>Usnea sp. 1</i> Ma	<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog Ma
	<i>Ramalina chilensis</i> Bertero ex Nyl. Ma
	<i>Ramalina ecklonii</i> (Spreng.) Meyen & Flot. Ma
	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach. Ma
	<i>Ridodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal. Mi
	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman Ma
	<i>Thelotrema lepadinum</i> (Ach.) Ach. Mi



	<i>Tuckermanniopsis chlorophylla</i> Wild.) Hale Ma
	<i>Usnea ap.1</i> Ma
	<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr. Ma
30 especies/17 microli./13 macroli.	39 especies/17 microli./22 macroli.

Nota: Las especies precedidas por una cruz +, indica que corresponden a Cianolíquenes. MI= microlíquén; Ma= Macrolíquén

Para la reserva Altos de Lircay y bosque la riqueza específica de líquenes es de 49 especies. La diversidad se distribuye en 30 especies para dentro de la reserva y 39 para fuera de ella. La magnitud de este resultado es cercanamente similar y puede explicarse por el estado conservado del bosque y la homogeneidad de las condiciones topográficas y climáticas así como la cercanía de los sitios de muestreo. De acuerdo al tipo de ficobionte prevalecen los clorolíquenes con 41 especies respecto de los cianolíquenes con sólo 7. En cuanto a su posición espacial en el interior de la reserva se encontró 4 cianolíquenes y 26 clorolíquenes. Para fuera de la reserva fueron 4 cianolíquenes y 35 clorolíquenes. Este resultado demuestra una baja representatividad de los cianolíquenes respecto a la abundancia de especies de clorolíquenes tanto dentro como fuera de la reserva (Tab. 2).

En la reserva Lircay, en relación con el tamaño del talo se encontraron 20 microlíquenes y 28 macrolíquenes. Esta diversidad de talos se distribuye en 17 microlíquenes y 13 macrolíquenes para la reserva. Luego fuera de ésta los microlíquenes alcanzan sólo a 17 respecto a 22 del tipo macrolíquén (Tab. 2).

Una ilustración de la diversidad de 8 especies y talos se ilustra en la Fig. 3.

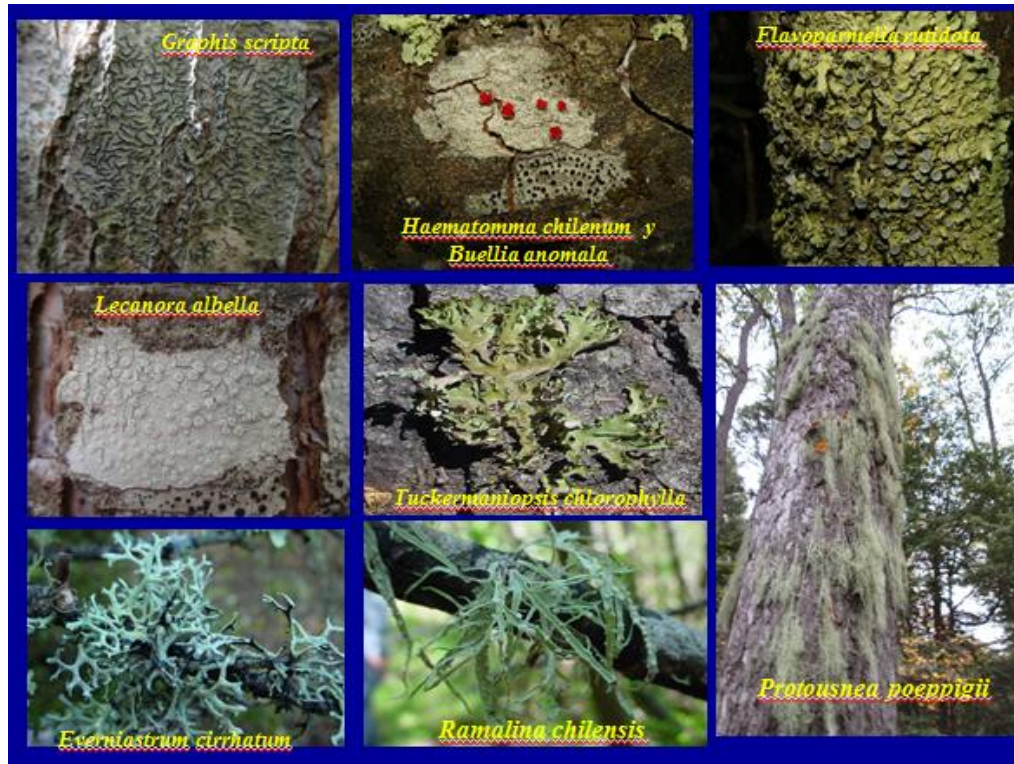


Fig. 3: Parte de la diversidad de líquenes encontrados en la reserva Altos de Lircay

Tabla 3: Diversidad específica de líquenes en la reserva Los Ruiles.

DENTRO	FUERA
<i>Bacidia</i> sp. Mi	<i>Buellia anomala</i> Zahlbr. Mi
<i>Buellia anomala</i> Zahlbr. Mi	<i>Bunodophoron melanocarpum</i> (Sw.) Wedin. Ma
<i>Bunodophoron melanocarpum</i> (Sw.) Wedin. Ma	<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) JR Laundon Mi
<i>Chrysothrix pavonii</i> (Fr.) JR Laundon Mi	+ <i>Collema nigrescens</i> (Hudson) DC. Ma
<i>Cladonia</i> sp. Ma	+ <i>Dictyonema galbratum</i> Ma
+ <i>Collema nigrescens</i> (Hudson) DC. Ma	<i>Graphis</i> sp. Mi
<i>Everniastrum cirrhatum</i> (Fr.) Hale ex Sipman Ma	<i>Haematomma chilenum</i> C.W. Dodge Mi
<i>Graphis</i> sp. Mi	<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson Ma
<i>Haematomma chilenum</i> C.W. Dodge Mi	<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach. Mi



<i>Hypogymnia subphysodes</i> (Kremp.) Filson Ma	<i>Lecanora expallens</i> Ach. Mi
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach. Mi	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Choisy Mi
<i>Lecanora expallens</i> Ach. Mi	<i>Lepraria loboficans</i> Nyl. Mi
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Choisy Mi	+ <i>Leptogium cochleatum</i> (Dickson) PM Jörg & P. James Ma
<i>Lapraria loboficans</i> Nyl. Mi	+ <i>Leptogium cyanescens</i> (Raabenh.) Körb Ma
<i>Parmelia</i> sp. Ma	+ <i>Nephroma cellulosum</i> (Ach.) Ach. Ma
<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale Ma	<i>Parmelia</i> sp. Ma
<i>Parmotrema perlatum</i> (Hudson) M. Choisy Ma	<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale Ma
<i>Pertusaria dehiscens</i> Müll.Arg. Mi	<i>Parmotrema perlatum</i> (Hudson) M. Choisy Ma
<i>Pertusaria velata</i> (Turner) Nyl. Mi	<i>Pertusaria velata</i> (Turner) Nyl. Mi
<i>Protousnea poeppigi</i> (Nees & Flot.) Krog Ma	+ <i>Pseudocyphellaria coriifolia</i> (Mont.) Malme Ma
+ <i>Pseudocyphellaria gilva</i> (Ach.) Malme Ma	+ <i>Pseudocyphellaria hirsuta</i> (Mont.) Malme Ma
+ <i>Pseudocyphellaria nudata</i> (Zahlbr.) Galloway Ma	<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal. Mi
<i>Ramalina</i> sp. Ma	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman Ma
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal. Mi	<i>Thelotrema lepadinum</i> (Ach.) Ach. Mi
<i>Thelotrema lepadinum</i> (Ach.) Ach. Mi	<i>Usnea</i> sp. 2 Ma
<i>Usnea</i> sp. 2 Ma	
26 especies/13 microli./13 macroli	25 especies/ 11 microli./14 macroli.

Para el bosque los Ruiles la diversidad de líquenes fue de 32 especies distribuidas en 26 para la Reserva y 25 fuera de ellas. En términos absolutos la magnitud de esta diversidad es diferente respecto a los bosques de Altos de Lircay.

En relación con el tipo de ficobionte la representatividad de cianolíquenes es sólo de 9 especies respecto a los 23 de los clorolíquenes. Para la reserva se registraron sólo 3 cianolíquenes y fuera de ella 7. En ambos ambientes prevalecen los clorolíquenes con 23 especies en la reserva y 18 fuera de la misma (Tab. 3).

Para la reserva esta diversidad incluye 13 macrolíquenes y 13 microlíquenes y fuera de ella con 14 y 11 respectivamente.

Una ilustración de la diversidad de especies y talos se ilustra en la Fig. 4



Fig. 4: Parte de la diversidad de líquenes en la Reserva Los Ruiles.

En relación con la abundancia de líquenes para Altos de Lircay ésta es superior fuera de la reserva respecto al interior de ella (Fig. 5 A). Contrariamente para Los Ruiles la abundancia es levemente mayor dentro que fuera de ésta. (Fig. 5 B).

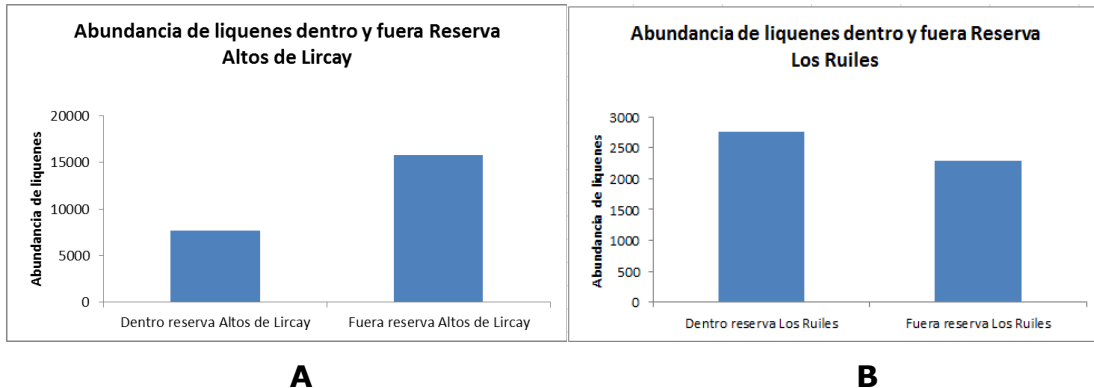


Fig. 5: Abundancia total de líquenes dentro y fuera de las reservas Altos de Lircay y Los Ruiles.

En relación con el tipo de talos para Altos de Lircay y en la reserva la abundancia de microlíquenes es levemente superior al de macrolíquenes. Contrariamente fuera de ella este último grupo supera a la representatividad de microlíquenes (Fig. 6 A).

Para Los Ruiles la diversidad de microlíquenes y macrolíquenes es similar dentro de la Reserva. Contrariamente fuera de ella, este último grupo señalado supera ampliamente a los microlíquenes (Fig. 6 B).

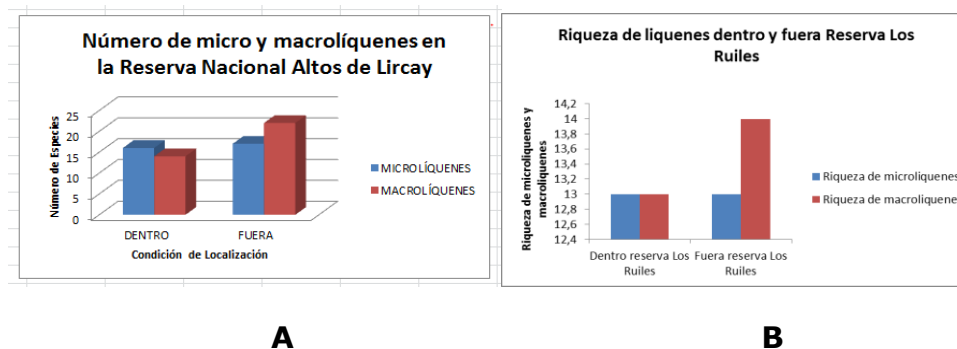


Fig. 6: Abundancia de micro- y macrolíquenes dentro y fuera de la reserva Altos de Lircay y Los Ruiles

Esta diferencia se podría atribuir a que dentro de la reserva existen menos claro de luz dada la cobertura arbórea de especies siempreverdes, en cambio, fuera de las reservas, los claros de luz son más frecuentes, lo cual favorecería el desarrollo de los líquenes.

Al comparar los forófitos respecto de la abundancia de los diferentes talos para Altos de Lircay se encontró que para la Reserva la mayor abundancia es para *Nothofagus dombeyi* dentro del cual los macrolíquenes superan a los microlíquenes. Sin embargo, la menor abundancia se da en *Nothofagus obliqua* con valores inferiores respecto a "Coigüe". En este forófito y como

en *N. dombeyi* prevalecen los macrolíquenes respecto a los microlíquenes (Fig. 7 A).

La situación para fuera de la reserva y los mismos tipos de forófitos se encontraron ligeras diferencias y similitudes. Dentro de la reserva en *Nothofagus dombeyi* y *N. obliqua* los macrolíquenes superan a los microlíquenes (Fig 7 A). Contrariamente fuera de ésta la distribución de la abundancia es diferente entre los forófitos. Es así que en *N. dombeyi* la prevalencia de macrolíquenes por sobre los microlíquenes se mantiene. Contrariamente en *N. obliqua* la representatividad se invierte encontrándose que los microlíquenes superan a los macrolíquenes. (Fig. 7 B).

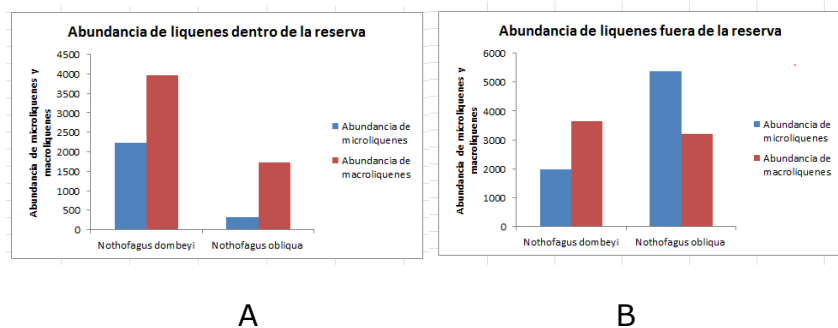
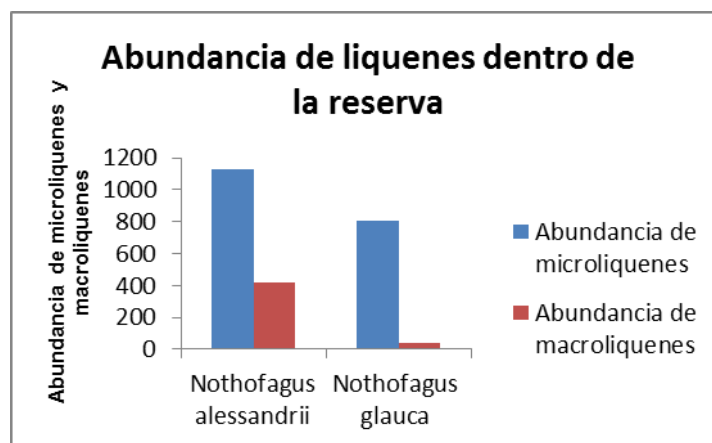
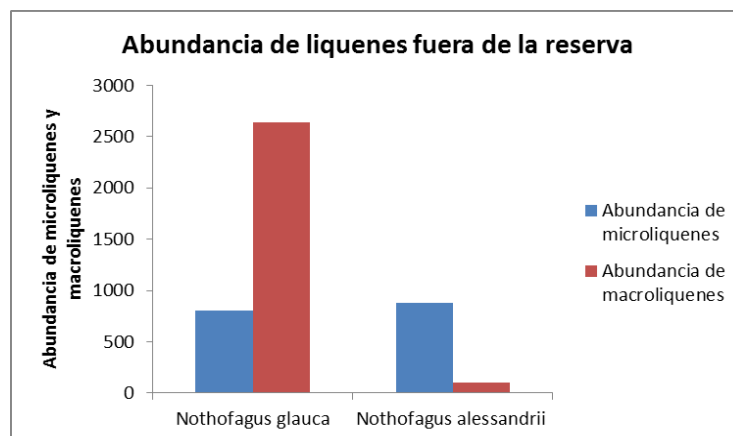


Fig. 7 Distribución de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes dentro (A) y fuera (B) de la Reserva de Altos de Lircay en forófitos *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus obliqua*.

De acuerdo a los resultados se demuestra que tanto dentro como fuera de la Reserva Altos de Lircay, los macrolíquenes son más frecuentes y abundantes respecto de los microlíquenes que son menos abundantes. La única excepción es para *N. obliqua* fuera de la Reserva donde los microlíquenes superan a los macrolíquenes.



A



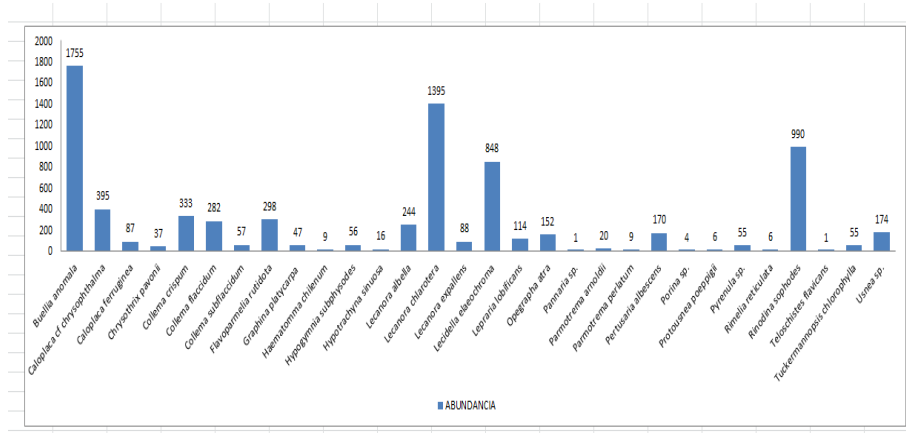
B

Figs. 8: Abundancia de micro- y macrolíquenes según la especie de forófito dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.

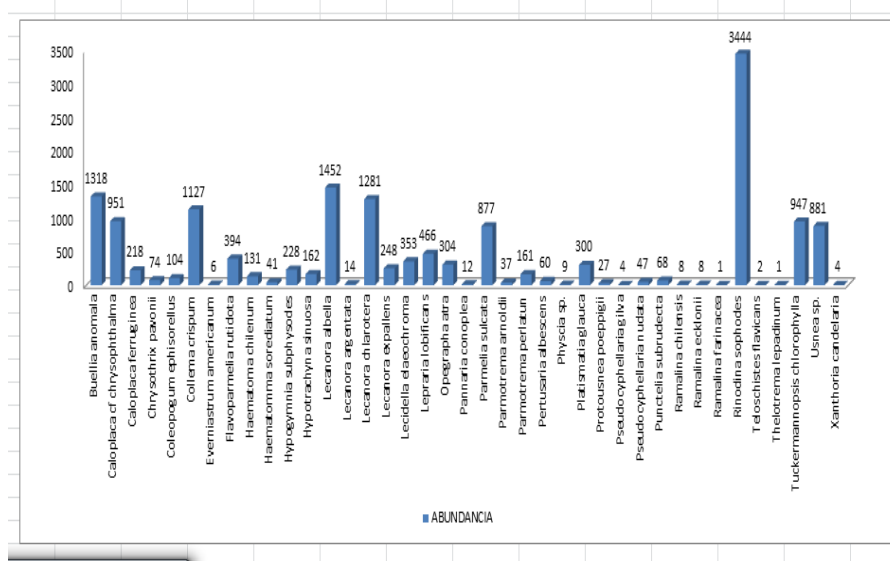
En los Ruiles los forófitos para dentro y fuera de la Reserva fueron *Nothofagus alessandrii* y *Nothofagus glauca*. Aquí la distribución de la abundancia de los tipos de talo difiere respecto a Altos de Lircay. Para la Reserva Los Ruiles en *N. glauca* y *N. alessandrii* los microlíquenes superan ampliamente a los macrolíquenes (Fig. 8 A). Un resultado similar se observa para *N. alessandrii* fuera de la reserva donde los microlíquenes superan a los

macrolíquenes. Sin embargo, para *N. glauca* este último grupo superan ampliamente a los primeramente mencionados (Fig. 8 B). Este resultado no es el esperado por cuanto los fustes de los forófitos mencionados difieren en el tipo y consistencia de corteza. Una probable explicación sería la influencia de la edad de los mismos por cuanto a menor diámetro las cortezas son de aspecto y consistencia similar, pero que se diferencian notablemente con el aumento de la edad o diámetro.

Al analizar la distribución de las abundancias por especies e independientemente del tipo de forófitos para Altos de Lircay tanto dentro como fuera de la Reserva la distribución es heterógena. Aquí para la Reserva la abundancia oscila entre 1755 como máximo y 1 como mínimo. Las especies con mayor presencia corresponde a *Buellia anomala* con 1755, *Lecanora chlorotera* con 1395, *Rinodina sophodes* con 990 y *Lecidella elaeochroma* con 848. Esto implica que el resto de las especies contribuyen con baja abundancia (Fig. 9 A).



A

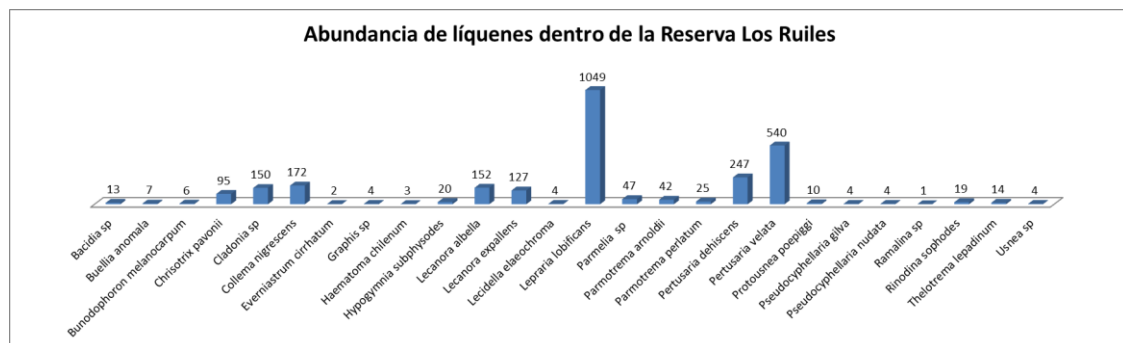


B

Fig. 9 Dsistribución de la abundancia de especies dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay

Dentro de la Reserva de Altos de Lircay la distribución de la abundancia compromete a un mayor número de especies respecto a lo encontrado fuera de ella. Aquí los valores oscilan entre 3.444 y 1. Como especies más abundantes se encontraron a *Rinodina sophodes* con 3.444, *Lecanora albella* 1452, *Buellia anomala* 1318, *Lecanora chlorotera* 1281, *Caloplaca chrysophthalma* 951, *Tuckermanniopsis chlorophylla* 947, *Usnea sp.* 881, y una especie de *Parmelia sulcata* con 877 (Fig. 9 B).

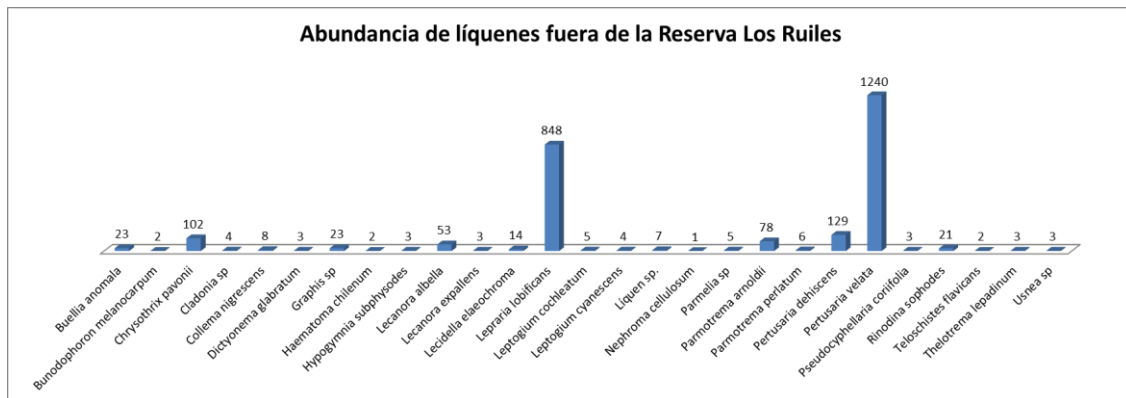
La situación para los bosques de Los Ruiles se encontró que la distribución de la abundancia de líquenes por sigue un patrón diferente (Fig. 10 A y 10 B). Para los forófitos dentro de la Reserva la abundancia está concentrada sólo en dos especies *Lepraria lobificans* con valores que superan los 1000



A

seguido de *Pertusaria velata* con cerca de 500. El resto de las especies contribuye con muy baja abundancia (Fig. 10 A).

Para fuera de la Reserva Los Ruiles la distribución de la abundancia es tan inequitativa como dentro de la Reserva. Aquí la mayor representatividad se concentra sólo en dos especies *Pertusaria velata* con valores que superan los 1200 seguido de *Lepraria lobificans* con cerca de 800 (Fig. 10 B). El resto de las especies presentan muy baja abundancia. Curiosamente estas especies son las mismas que se encuentran en la Reserva (Fig. 10 A). Estos resultados demuestran que tanto dentro de la Reserva como fuera de ella las especies favorecidas en el crecimiento y distribución en los forófitos son las dos ya mencionadas. Sin embargo, entre ellas el mejor desarrollo lo logra *Lepraria lobificans* (Fig. 10 B).



B

Fig. 10. Distribución de la abundancia por especies dentro (A) y fuera (B) de la reserva Los Ruiles.

¿Cómo se correlaciona la abundancia de líquenes con el diámetro de los forófitos y la condición foliar de las especies arbóreas en zonas protegidas y no protegidas?

Para demostrar la correlación de la abundancia con el DAP (cm) la información se ilustra como dispersión de los valores. Para *Nothofagus obliqua* como especie caducifolia dentro y fuera de la reserva los diámetros son diferentes. Para los ejemplares dentro de la Reserva (Fig. 11 A) los

valores de DAP varían entre 10 y 108 cm. En cambio para fuera de la misma el diámetro del fuste varió entre 6 y 39 cms (Fig. 11 B).

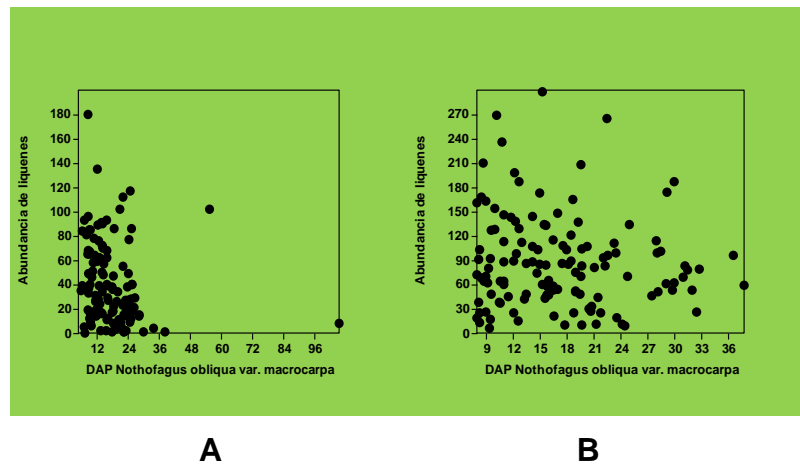


Fig. 11 Distribución de la abundancia de líquenes según el diámetro (cm) del forófito *Nothofagus obliqua* como especie caducifolia tanto dentro (A) como fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.

Se encontró que la distribución de la abundancia es diferente. Para la Reserva donde se dan los menores valores de DAP la abundancia tiende a concentrarse en valores bajos de éste. La mayor concentración se da para DAP entre 10 y 30 cm (Fig. 11 A). Sólo una especie se encuentra separada y aislada del resto. Aparentemente y de acuerdo a los resultados y cuando los DAP son superiores la abundancia de las especies de líquenes tiende a concentrarse en valores de DAP de 10 a 30 cm. Contrariamente fuera de la Reserva los diámetros de los forófitos son menores y la distribución de la abundancia tiende a una mayor dispersión, es decir, las especies ocupan una mayor cantidad de individuos de *N. obliqua*, respecto a los observado dentro de la Reserva (Fig. 11 B).

Finalmente se puede concluir que a mayor diámetro de los forófitos la distribución de la abundancia tiende a disminuir en valores altos de DAP y se concentra y aumenta cuando son menores (Fig. 11 A y 11 B).

Para el caso de *Nothofagus dombeyi* como especie siempreverde los valores de DAP (cm) varían entre 10 y 160 para la Reserva y 6 a 70 fuera de ella.

Al analizar la distribución de la abundancia dentro de la Reserva en *N. dombeyi* la mayor abundancia tiende a concentrarse en valores de DAP de

10 a 60 cm bajando drásticamente si éste aumenta (Fig. 12 A). En cambio fuera de la Reserva donde los forófitos presenta DAP menores la abundancia tiende a dispersarse entre DAP de 6 a 60, pero con alta concentración entre 6 y 30 cm de diámetro (Fig. 12 B).

De acuerdo a los resultados el patrón de distribución de la abundancia al igual que para *N. obliqua*, en *N. dombeyi* ésta tiende a concentrarse y a aumentar cuando el DAP del forófito es menor.

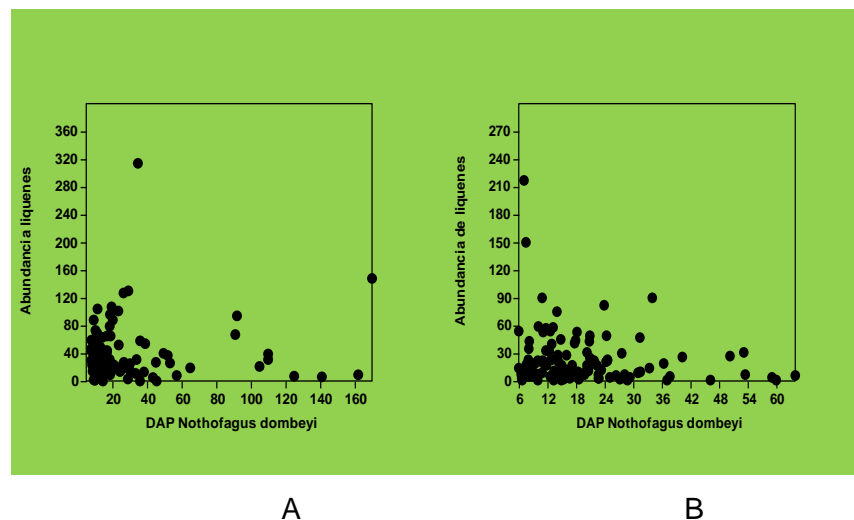


Fig.12: Distribución de la abundancia de líquenes según el diámetro de *Nothofagus dombeyi* como especie siempreverde dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.

Existe una tendencia a mayor diámetro de *Nothofagus dombeyi*, menor abundancia de líquenes. La abundancia de líquenes, se correlaciona en forma inversamente proporcional al diámetro de los forófitos, dependiente de la especie arbórea. Esta tendencia se observa tanto dentro como fuera de la Reserva.

Los resultados de la distribución de la abundancia para los forófitos de los bosques de Alto de Lircay y de los Ruiles son de carácter general, es decir, referido a todas la abundancia de las especies de líquenes encontrado.

Como un caso particular en este informe se presenta el análisis de la situación de dos especies *Buellia anómala* (microlíquen) e *Hypogymnia subphysodes* (macrolíquen) para Altos de Lircay. En análisis se focaliza en las variables anteriormente utilizadas como la distribución de la abundancia en relación con el DAP de los forófitos tanto dentro como fuera de la Reserva. El forófito es genérico, es decir, incluye a las especies caducifolias de *Nothofagus obliqua* y siempreverde con *N. dombeyi* (Fig. 13 A y Fig. 13 B). La selección de estas dos especies se basa en la mayor distribución y

abundancia para las condiciones ya mencionadas. De acuerdo con ello la pregunta a responder es:

¿Cómo se relaciona la abundancia de *Buellia anomala* (microlíquén) e *Hypogymnia subphysodes* (macrolíquén) con el diámetro de los forófitos dentro y fuera de la Reserva Altos de Lircay?

Para *Buellia anomala*, un microlíquén, la distribución sigue el modelo anteriormente descrito para todas especies tanto y Altos de Lircay y Los Ruiles. La mayor abundancia tiende a concentrarse en en los menores de DAP. Sin embargo, dentro de la Reserva (Fig.13 A) la abundancia tiende a ser más dispersa y fuera (13 B) de ella se concentra en valores menores de DAP. Esta distribución confirma que en la abundancia de la especies de líquenes el diámetro de los forófitos tiene una influencia determinante independientemente de la posición espacial si es dentro o fuera de la Reserva. En la práctica y como consecuencia para la mayor diversidad y abundancia de especies de líquenes los valores más altos se presenta en bosques jóvenes y no en aquellos sobremaduros. Así mismo cuando la iluminación interior es alta en oposición de aquellos bosques donde la cobertura del dosel es cerrada.

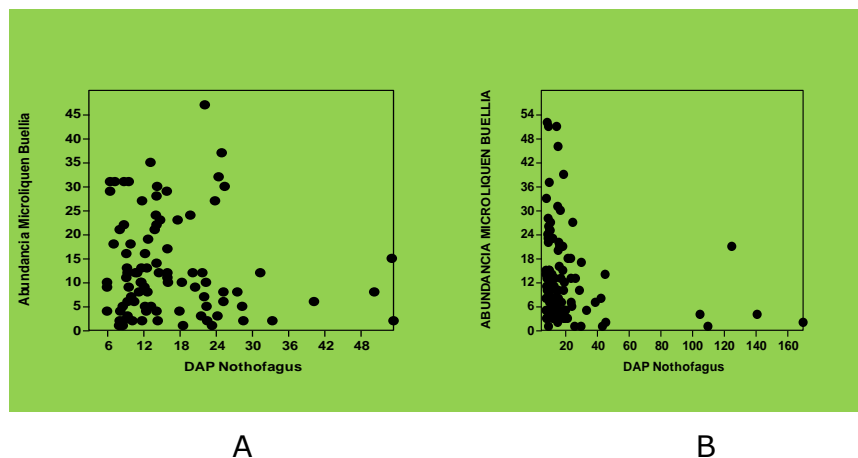


Fig. 13 Distribución de la abundancia de *Buellia anomala* (microlíquén) y el DAP de *Nothofagus* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.

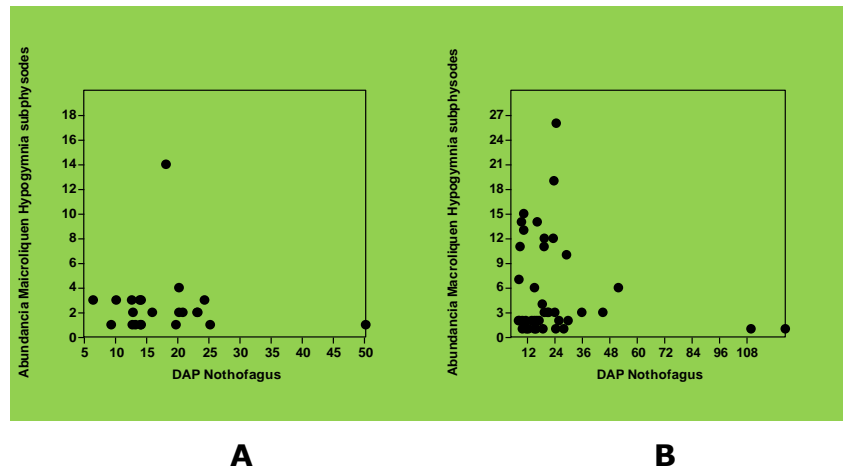


Fig. 14 Distribución de la abundancia de *Hypogymnia subphysodes* (macroliquen) y el DAP de *Nothofagus* dentro (A) y fuera (B) de la reserva en Altos de Lircay.

Para el caso del macroliquen *Hypogymnia subphysodes*, el patrón de dispersión es similar que para *Buellia anómala*. Es decir la abundancia tiende a concentrarse en los diámetros de DAP menores respecto a los mayores (Fig. 14 A y Fig. 14 B). Al comparar la posición espacial del forófito dentro de la reserva la abundancia tiende a dispersarse, pero con valores bajos entre 1 y 4 (Fig. 14 A). En oposición fuera de la parcela la especie es más abundante con mayores valores que superan los 24 y en diámetros que pueden alcanzar los 50 cm (Fig. 14 B)

La conclusión de la distribución de la abundancia de *Hypogymnia subphysodes* es la similar que para *Buellia anómala*. Es decir, la tendencia es que a mayor diámetro, menor abundancia del macroliquen *Hypogymnia subphysodes*. este modelo de distribución de la abundancia es esperable también en los bosques de Los Ruiles de la Cordillera de la Costa.

¿Cómo se correlaciona el DAP de los forófitos con el pH, el contenido de P P-PO₄ y K dentro y fuera de las reservas Altos de Lircay?

Un nuevo análisis es la característica química del sustrato como las cortezas en relación con la influencia del DAP de los forófitos el pH y contenido de P P-PO y K en forófitos tanto dentro de la Reserva como fuera de ella (Fig. A y Fig. B). En este análisis no se discrimina el tipo de forófito ni tampoco si se trata de un especie siempreverde o caducifolia.

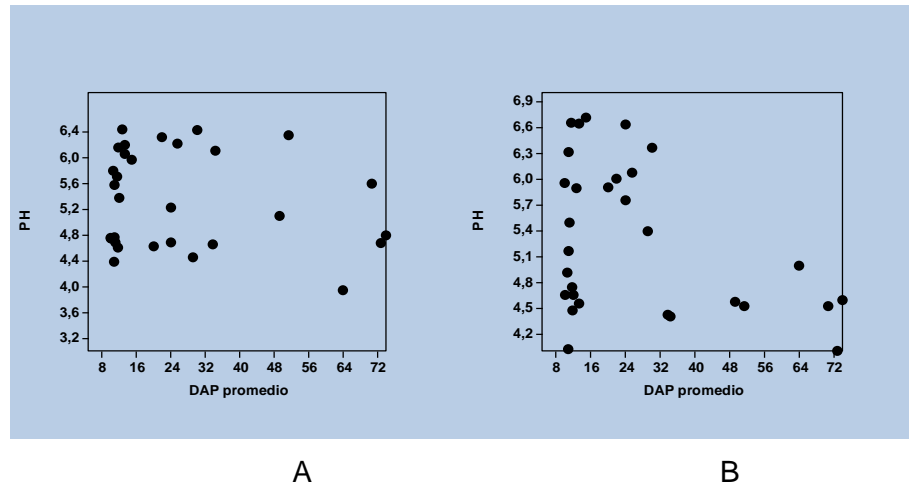


Fig. 15: Distribución de los valores de pH de las cortezas y el DAP de los forófitos dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.

Dentro de la Reserva, los valores de pH oscilan entre 4 y 6,4 con una amplia distribución entre valores de DAP de 8,0 cm a 7,2. El pH varía entre 4,1 a 6,7 (Fig. 15 A) y en DAP entre 8,0 a 72 cm. Sin embargo, la tendencia de los valores de pH es concentrarse en DAP de 8 32 cm como promedio (Fig. 15 A). Cuando aumenta el diámetro el pH tiende a disminuir. La correlación es baja con $r= 0,004$ siendo no significativa. Este análisis involucra valores promedios para tres forófitos

En el contenido de $P-PO_4$ en las cortezas según el DAP de forófito se encontró que para la Reserva varía entre 1 y sobre 45 ocupando la gama de los diferentes DAP (Fig. 16 A). Sin embargo, la tendencia es a concentrarse entre 5 y 3 y DAP entre 8 y 32 cm. Esto implica que el compuesto aumenta cuando el DAP es relativamente bajo. Contrariamente fuera de la Reserva el contenido es similar variando entre 0 y 90 y en DAP entre 12 y 72 cm. El valor de correlación es bajo con $r=0,3093$. La tendencia es similar al caso anteriormente descrito en cuanto a menor DAP la concentración de P aumenta y disminuye cuando el diámetro aumenta (Fig. 16 B). Esto implica que la disponibilidad de solutos para el establecimiento de especies y poblaciones de líquenes aumenta en ejemplares jóvenes del bosque.

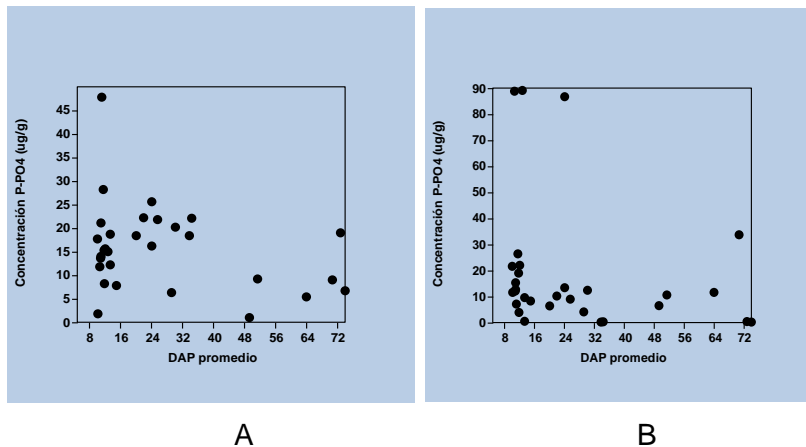


Fig. 16: Distribución del contenido de P-PO₄ ($\mu\text{g/g}$) según el DAP en forficots dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Altos de Lircay.

En relación con el contenido de K en la corteza de los forficots y el DAP la tendencia de distribución es similar al de P. Esta sustancia igualmente tiende a concentrarse en valores altos cuando el DAP oscila entre 8 y 36 cm y disminuye o decrece con el aumento del diámetro de los árboles (Fig. 17 A y Fig. 17 B). Para la Reserva la concentración oscila entre 4 y 360 microgramos/gramos de corteza y en DAP entre 8 y 72 cms. La tendencia es concentrarse entre 40 y 280 microgramos/gr luego decrece a valores inferiores a 120 si el diámetro aumenta de 36 a 72 cm (Fig. 17 A). El valor de $r = 0,31$. Para fuera de la reserva el contenido de K tiende a aumentar oscilando entre 50 y sobre 450 microgramos/gr con una distribución entre 8 y 72 cm. La distribución tiende a concentrarse con altos valores con DAP entre 8 y 32 cm. En consecuencia la disponibilidad del nutriente tiende a ser elevada en árboles de diámetros inferiores a los 40 cm.

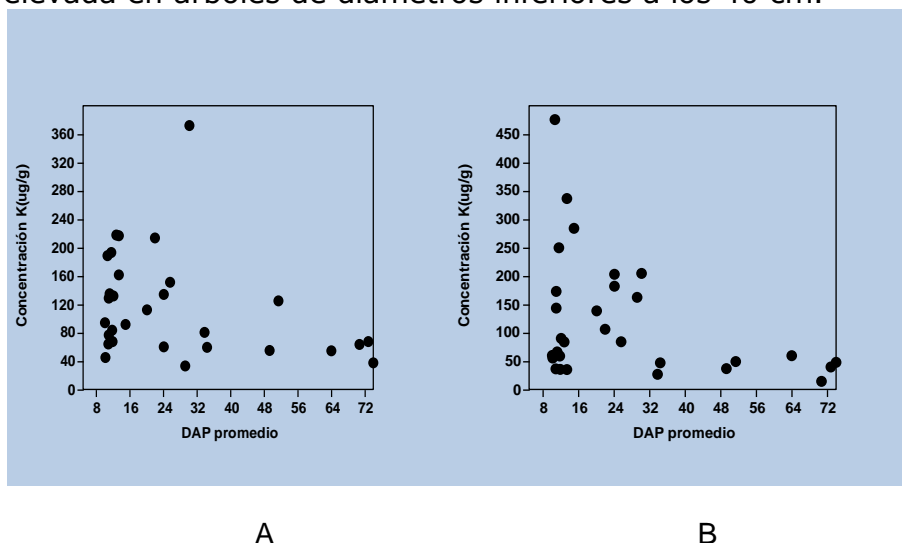


Fig. 17: Relación el DAP de los forófitos y el contenido de K (potasio) dentro (A) y fuera (B) de la reserva Altos de Lircay. $R=-0,31$ A

¿Cómo se relaciona la abundancia de *Lecanora albella* y *Rinodina sophodes* (microlíquenes) y *Parmotrema arnoldii* con el diámetro de los forófitos dentro y fuera de la reserva Los Ruiles?

Lecanora albella es un microlíquén. La distribución de la abundancia en relación con el DAP de los forófitos de *Nothofagus* tanto dentro como fuera de la Reserva sigue un patrón similar (Fig. 18 A y Fig. 18 B).

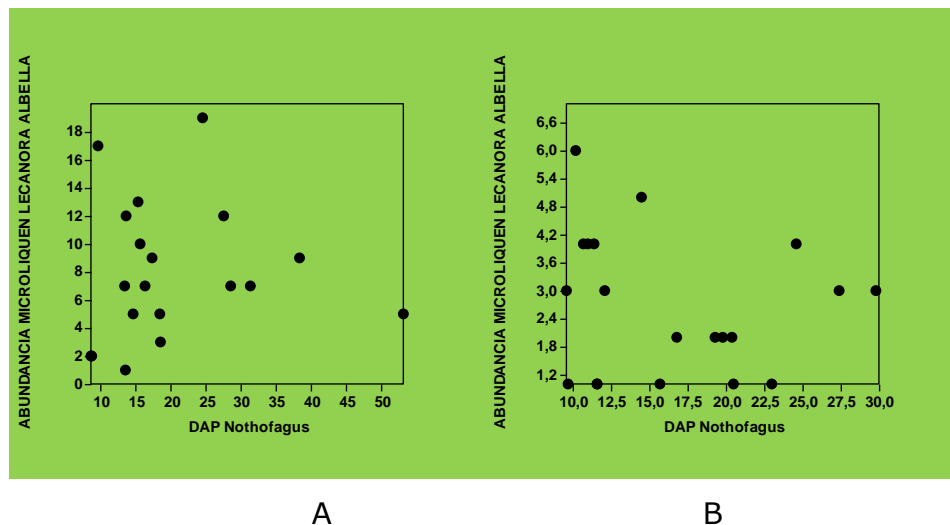


Fig. 18: Distribución de la abundancia de *Lecanora albella* y el DAP de *Nothofagus* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles

Para dentro de la Reserva la abundancia se distribuye en forófitos de DAP de 8 a 60 cm con valores de abundancia de 2 a 20 (Fig. 18 A). Sin embargo, la tendencia es concentrarse en diámetros inferiores a 30 cm y en rangos de abundancia de 4 a 14. Fuera de la reserva la distribución es de distribución más dispersa y en forófitos con DAP de 10 a 30 cm, es decir, ligeramente inferior a lo encontrado para la Reserva. La distribución de la abundancia varía de 1,2 a 6,0, es decir muy inferior respecto al bosque protegido. En esta situación no se presenta una tendencia clara, excepto que a mayor diámetro del forófito la abundancia decrece (Fig. 18 B). En ambas condiciones ambientales la abundancia tiende a concentrarse en forófitos de DAP inferior a 40 cm. Igualmente es claro que *Lecanora albella* es más abundante dentro de la Reserva que fuera de ella.

Rinodina sophodes se encontró que es una especie poco abundante respecto a las otras ya analizadas. La distribución en forófitos varía en DAP de 6 a 33

cm y la abundancia de 1 a 7 (Fig. 19 A y Fig. 19 B). Para dentro de la Reserva la distribución es en árboles con DAP de 1 a 33 y abundancia de 1 a 5. Este resultado demuestra que es una especie pobremente representada con una tendencia de mantenerse en cantidades regularmente homogéneas e independientemente del DAP (Fig. 19 A). Para fuera de la Reserva ocupa DAP de 9,0 a 30,0 cm y valores de abundancia de 1,0 a 7,2. La presencia es muy dispersa con tendencia a disminuir con aumento del DAP (Fig. 19 B).

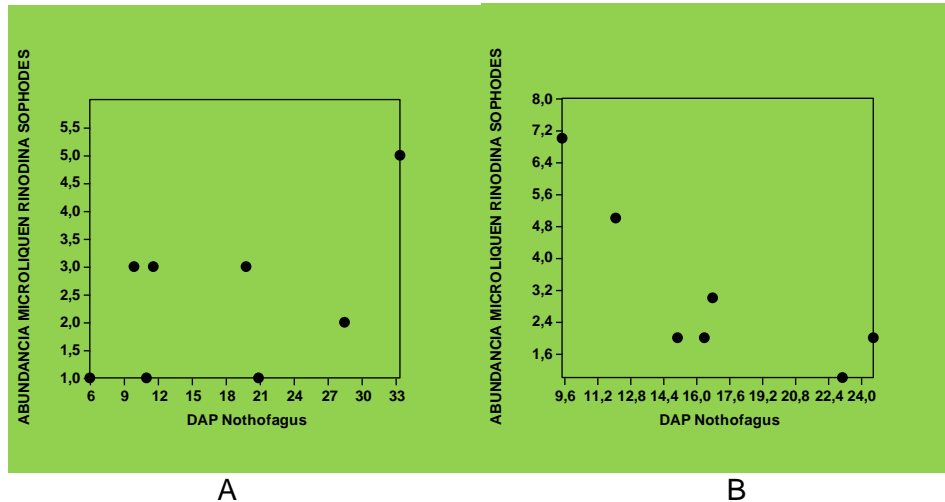


Fig. 19: Distribución de la abundancia de *Rinodina sophodes* y el DAP de *Nothofagus* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.

De acuerdo a los resultados *Rinodina sophodes* respecto a otras especies analizadas en este informe es una especie pobremente representada y ligeramente influencia por el DAP del forófitos

Parmotrema arnoldii presenta una distribución de abundancia claramente influenciada por el diámetro del forófito. Para la Reserva se encuentra en árboles de 9,0 a 33,0 cm de DAP y abundancia de 1,0 a 4,0 (Fig. 20 A y Fig. 20 B). En este rango la distribución es dispersa sin una clara agrupación de las poblaciones. De acuerdo a la Fig. 20 A. Para fuera de la Reserva la distribución comprende árboles de 8,0 a 130 cm de DAP con valores de 2 a 38 (Fig. 20 B). Sin embargo, la tendencia es que la abundancia se concentra en DAP de 8,0 a 25 cm y abundancia de 2 a 8 (Fig. 20 B).

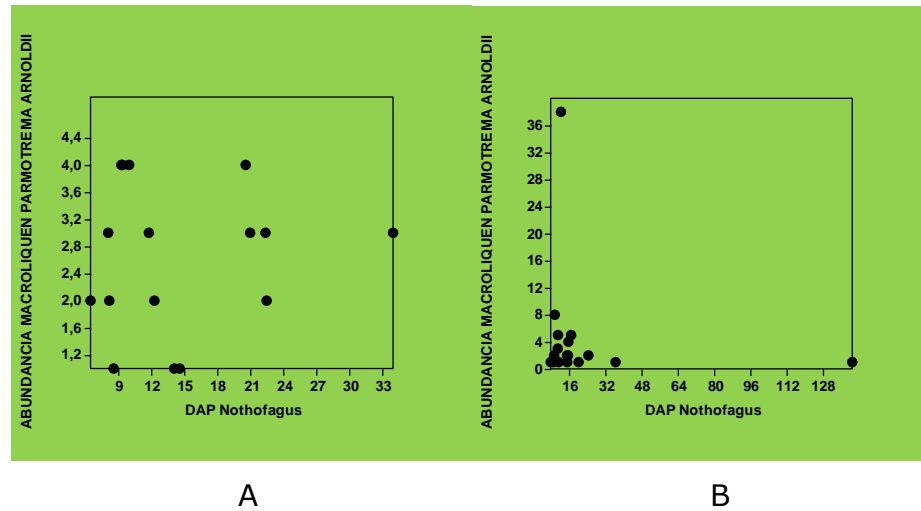
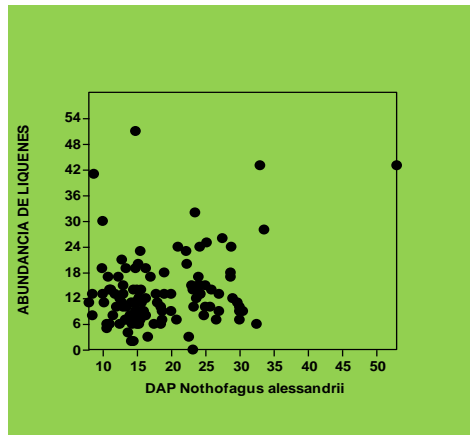


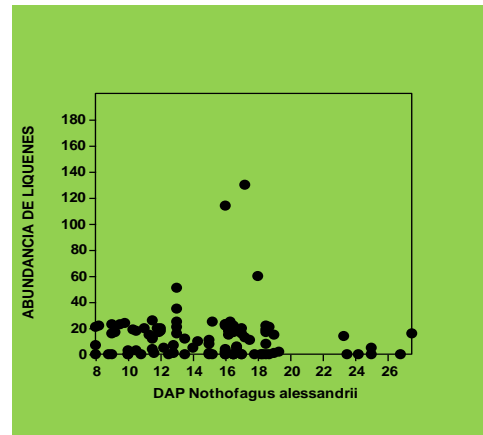
Fig. 20: Distribución de la abundancia de *Parmotrema arnoldii* según el DAP de forófitos de *Nothofagus* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Riles.

Para los bosques de Ruil se analiza y compara la abundancia de especies de líquenes y los DAP de forófitos *Nothofagus alessandrii* y *Nothofagus glauca*.

En el primer caso la distribución de la abundancia de líquenes incluye las especies prospectadas en *N. alessandrii*. Para la reserva la distribución es en DAP de 6 a 50 cm y valores de abundancia de 1 a 50 (Fig. 21 A). Aquí la distribución es similar a la ya descrita en cuanto a que la abundancia tiende a concentrarse en valores de DAP inferiores a 35 cm y abundancia entre 1 y 30. Es decir, tiende a una concentración disminuyendo drásticamente con aumento del diámetro (Fig. 21 A). Para fuera de la Reserva la situación es curiosa por cuanto los DAP varía de 8 a 30 cm y la abundancia entre 1 y 130. La tendencia clara es concentrarse en forófitos de 8 a 20 cm y la abundancia de 1 a 30 (Fig. 21 B).



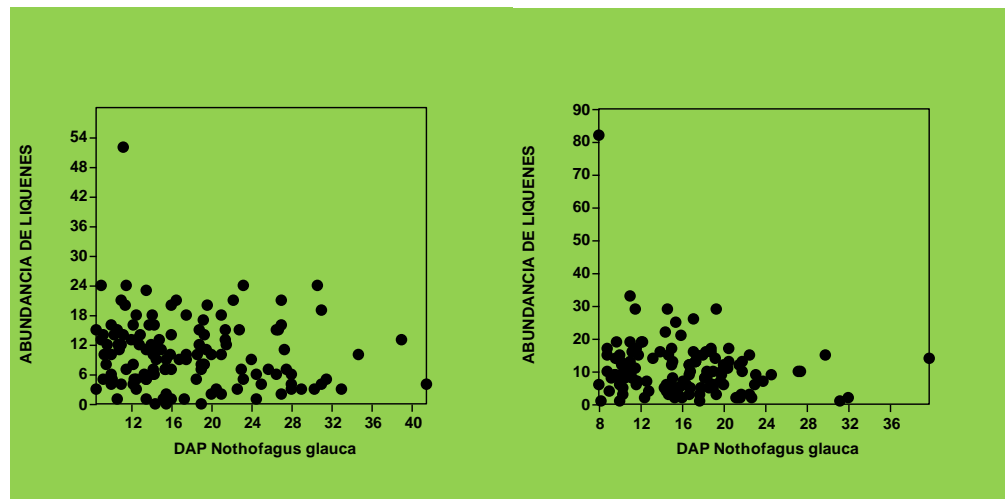
A



B

Fig. 21: Distribución de la abundancia de líquenes según el DAP en *Nothofagus alessandrii* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.

En *Nothofagus glauca* la distribución de la abundancia es con DAP de 8 a 40 cm del forófito y representatividad de abundancia de 1 a 80. Para la Reserva y fuera de ella el modelo de distribución es similar (Fig. 22 A y Fig. 22 B). En la Reserva la abundancia se concentra en forófitos de 8 a 30 cm y valores de abundancia de 1 a 24 (Fig. 21 A). Fuera de ésta la abundancia se concentra en DAP de 8,0 a 26 cm y valores de representatividad de 1 a 30 (Fig. 21 B). De acuerdo a estos resultados es clara también la influencia de la magnitud del DAP.



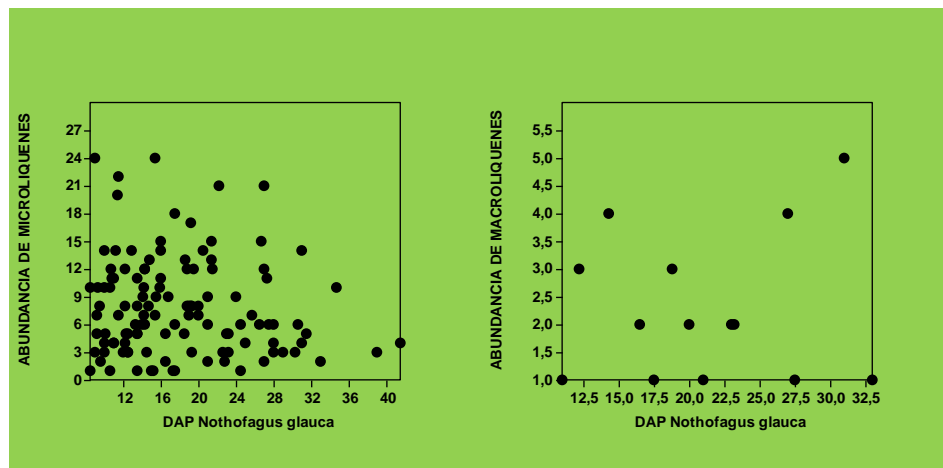
A

B

Fig. 22: Distribución de la abundancia de líquenes y el DAP en *Nothofagus glauca* dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles.

Al considerar el tipo de talo la distribución de la abundancia sigue el patrón de agrupación de mayor concentración a menores DAP y abundancia de 1 a 24.

Para la Reserva la abundancia de microlíquenes ocupa DAP entre 6 y 44 cm y abundancia de 1 a 24 (Fig. 23 A). Aquí la distribución es dispersa, pero con tendencia a aumentar para DAP de 8 a 32 y abundancia de 1 a 15. Contrariamente para los macrolíquenes la distribución es muy inferior con valores de 1 a 5 y en DAP de 8 a 32 cm (Fig. 23 B) con lo cual la especie es pobremente en su representación de abundancia.



A

B

Fig. 23: Distribución de la abundancia de microlíquenes (A) y macrolíquenes (B) y el DAP en *Nothofagus glauca* dentro de la reserva Los Ruiles

Para fuera de la Reserva la distribución de la abundancia de los microlíquenes respecto de los macrolíquenes muestra claras diferencias en el modelo de distribución en *Nothofagus glauca* (Fig. 24 A y Fig. 24 B). Los microlíquenes se distribuyen en DAP de 8 a 40 cm y abundancia de 1 a 30. La gran concentración de la abundancia se da en DAP de rangos de 8 a 24 y representatividad de 1 a 30 (Fig. 24 A). En cambio los macrolíquenes están pobremente representados en abundancia encontrándose en rangos de DAP de 8 a 16 y abundancia de 1 a 2. La presencia es de amplia dispersión (Fig. 24 B)

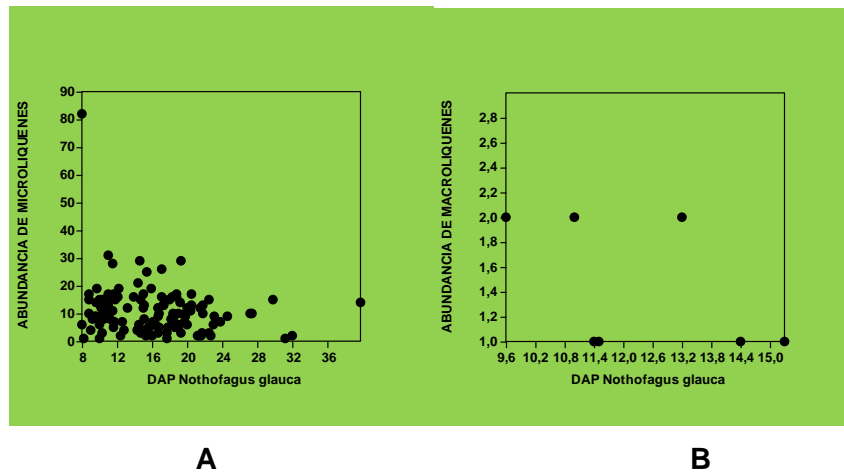


Fig. 24: Distribución de la abundancia de microlíquenes (A) y macrolíquenes (B) y el DAP en *Nothofagus glauca* fuera de la reserva Los Ruiles.

En *Nothofagus alessandrii* la distribución de la abundancia en la Reserva sigue un patrón de mayor dispersión ocupando DAP de 8^a 35 cm y abundancia de 2 a 47. En el caso de los microlíquenes la distribución tiende a concentrarse en DAP de 8 a 26 cm y abundancia de 1 a 20 (Fig. 25 A). En cambio en macrolíquenes la distribución es en DAP de 8 a 35 cm y abundancia de 1 a 18. Sin embargo, la tendencia es agruparse en diámetros de 8 a 25 y representatividad de 1 a 8, es decir muy inferior respecto a los microlíquenes.

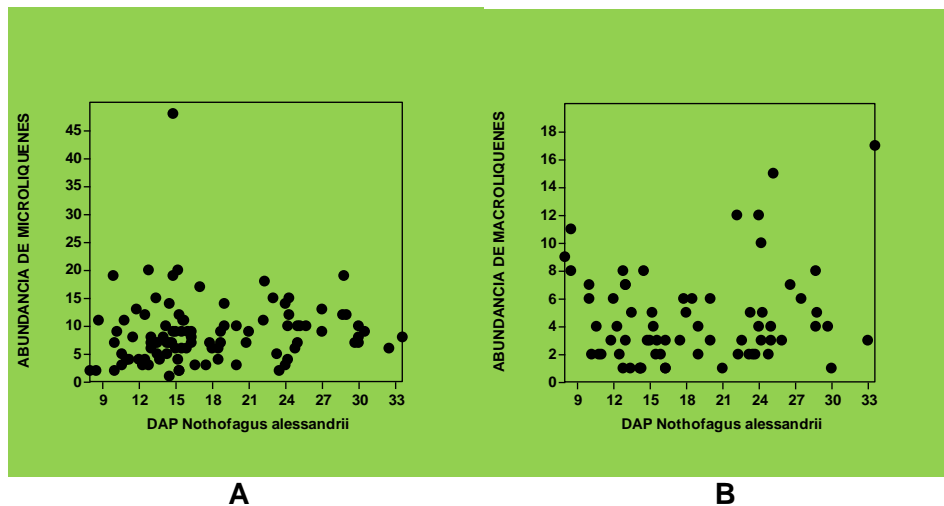


Fig. 25: Distribución de la abundancia de microlíquenes (A) y macrolíquenes (B) y el DAP en *Nothofagus alessandrii* dentro la reserva Los Ruiles.

Para fuera de la Reserva la distribución de la abundancia es muy clara en cuanto a los valores de la misma y DAP de 8 a 26 cm. Los microlíquenes tienden a una baja abundancia de 1 a 20, pero con bajos valores de DAP de 8 a 17 cm (Fig. 26 A). En cambio los macrolíquenes la abundancia

disminuye marcadamente ocupando DAP de 8 a 26 y valores de representatividad de 1 a 8 (Fig. 26 B).

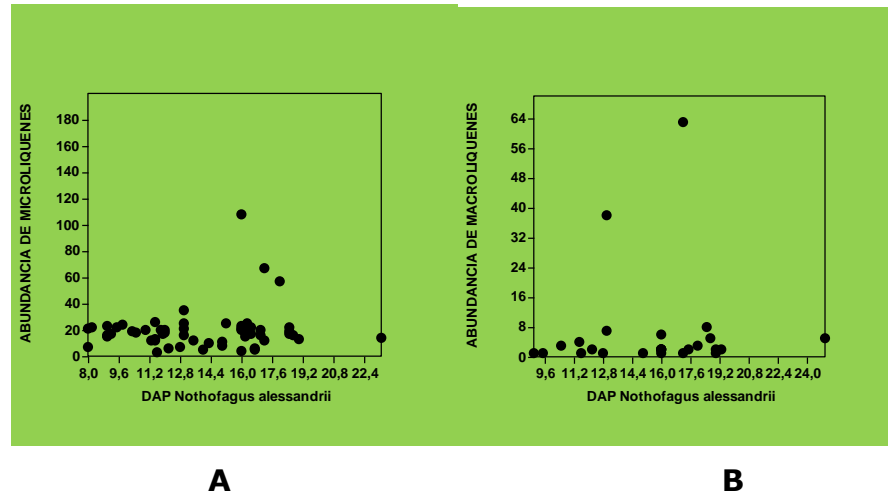


Fig. 26: Distribución de la abundancia de microlíquenes (A) y macrolíquenes (B) y el DAP en *Nothofagus alessandrii* fuera de la Reserva Los Ruiles.

¿Cómo se correlaciona el DAP de los forófitos con el pH y el contenido de P P-PO₄ (fosfatos) y K (potasio) dentro y fuera de la reserva Los Ruiles?

Para dentro y fuera de la Reserva Los Ruiles los valores promedios de pH oscilan entre 3,4 a 5,1 y en DAP igualmente promedio de 8 a 33 cm. Para dentro de la Reserva el pH se presenta en el rango de DAP de 8 a 33 cm y valores de 3,6 a 5,1. La tendencia es a mantenerse regularmente homogéneos estimativamente en valores de 4,5 (Fig. 27 A). La correlación es baja con 0,07. Por el contrario Fuera de le rango del DAP es de 8 a 26 cm y pH de 3,1 a 5 Aquí la distribución si bien es amplia la tendencia es seguir un modelo línea Inegativo (Fig. 27 B). Aquí el valor de r es igual a -0,24.

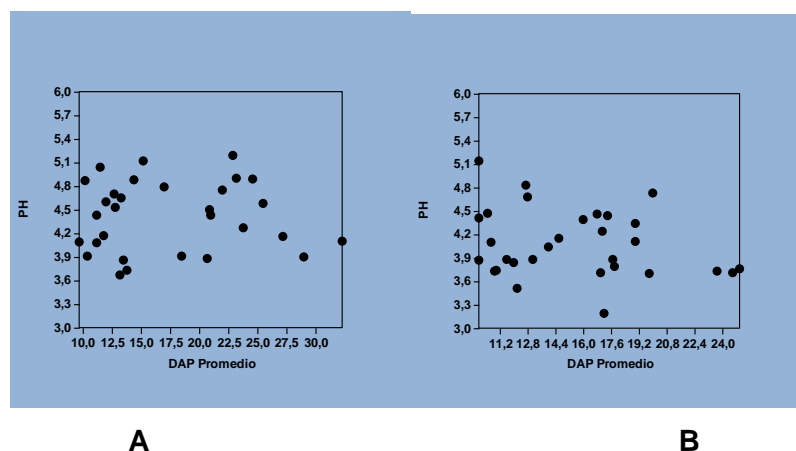


Fig. 27: Relación entre el DAP y el promedio del pH dentro (A) y fuera (B) de la reserva Los Ruiles. A $r=0,07$ y B $r= -0,24$

Al correlacionar los valores de concentración de P-PO₄ con el DAP se encontró una amplia dispersión de la presencia con valores de 1 a 260 y en DAP de 8 a 33 cm (Fig. 28 A y Fig. 28 B).

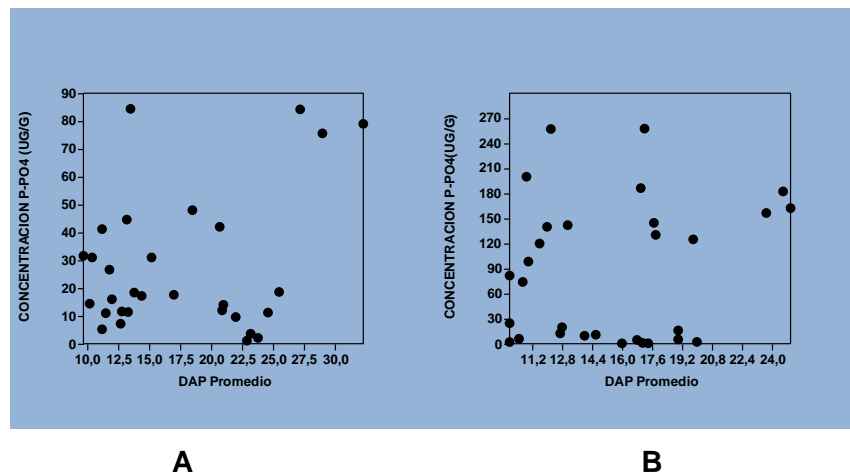


Fig. 28: Relación DAP versus promedio P-PO₄ (µg/g) dentro (A) y fuera (B) de la reserva Los Ruiles. A $r= 0,30$ y B $r=0,11$

Dentro de la Reserva los DAP variaron entre 0 y 33 y la concentración de Fosfato de a 1 a 85 y en DAP de 8 a 33 cm (Fig. 28 A). Sin embargo. La tendencia es mantenerse con valores inferiores a 50. La correlación es baja alcanzando valores de $r = 0,30$. En cambio fuera de la Reserva el fosfato se presenta en concentraciones más elevadas y en DAP de 8 a 26 cm (Fig. 28 B). La correlación es igualmente baja como en la Reserva con $r = 0,11$.

Para el caso del K los valores de concentración son muy superiores variando de 40 a 500 microgramo/gr aproximadamente y en forófitos de DAP de 8 a 33 cm (Fig. 29 A y Fig. 29 B).

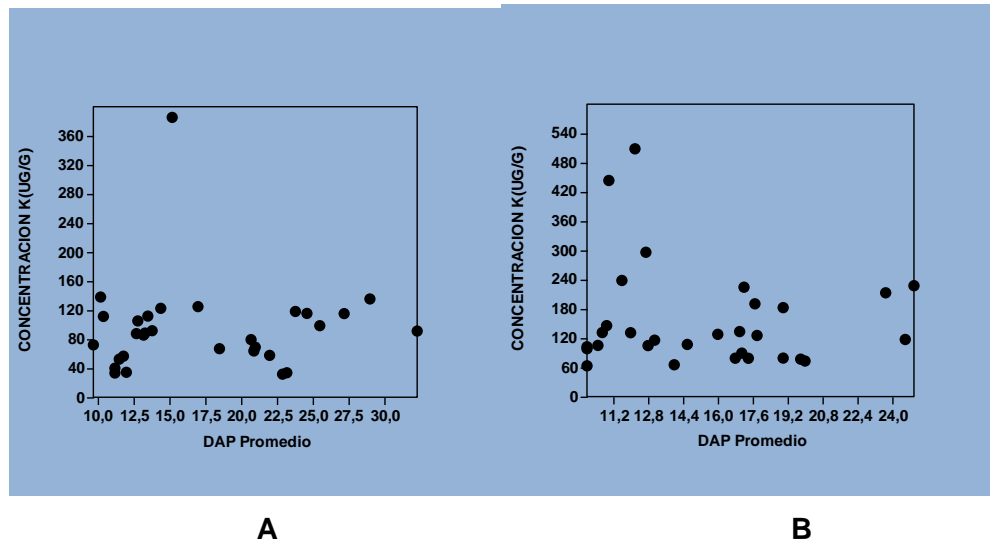


Fig. 29: Relación DAP versus promedio K ($\mu\text{g/g}$) dentro (A) y fuera (B) de la Reserva Los Ruiles. A $r = 0,20$ B $r = -0,01$

Para la Reserva la concentración de K tiende a mantenerse en valores estimativamente de 100 microgramos/gramos de corteza y en DAP de 8 a 33. La correlación con el DAP es bajo con un $r = 0,20$ (Fig. 29 A). En cambio fuera de la Reserva la concentración tiende a aumentar de 60 a 500 microgramos/gramos de corteza y en DAP de 8 a 26 cm. Sin embargo, la tendencia es mantenerse en torno a los 120 de concentración, pero proclive a disminuir con el aumento del DAP (Fig. 29 B). La correlación es negativa con un $r = -0,01$.

6.3 Determinación de la diversidad, frecuencia y abundancia de algas asociadas a cortezas de árboles y arbustos, en particular a las del orden Trentepohliales.

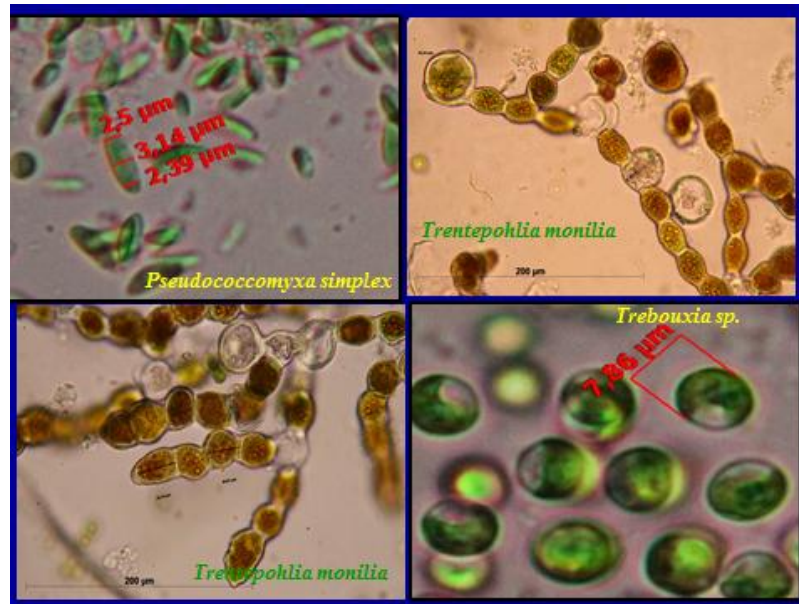


Fig.30: Diversidad de Chlorophyta (algas verdes) presentes en las reservas Altos de Lircay y Los Ruiles.

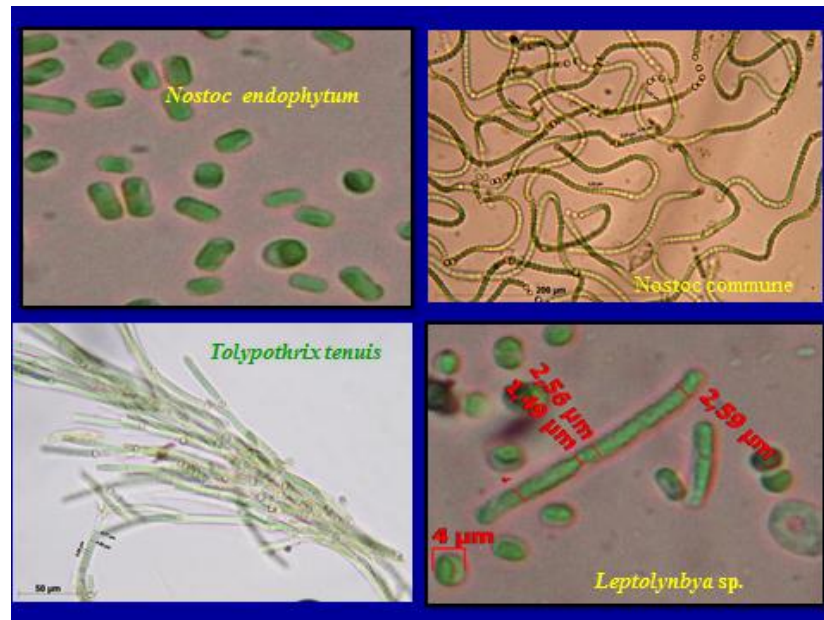


Fig. 31: Diversidad de Cyanophyta (cianobacterias o algas verde-azules) presentes en las reservas Altos de Lircay y Los Ruiles.

Tabla 4: Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas dentro de la reserva Altos de Lircay.

	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
Forófitos	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
	N.domb		N. obliqua				N. obliqua				N. obliqua				N. dombeyi				N. dombeyi											
Especies																														
Cyanophyceae																														
<i>Leptolyngbya sp.</i>						*									*	*			*							*			*	
<i>Tolypothrix tenuis</i>													*																	
<i>Nostoc commune</i>			*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*									
<i>Nostoc endophytum</i>																		*								*				
<i>Oscillatoria sp.</i>			*				*																							
Trebouxiophyceae																														
<i>Ankistrodesmus sp.</i>				*		*														*					*		*		*	
<i>Chlorella sp.</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Trebouxia sp.</i>	*		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Trentepohliaceae																														
<i>Trentepohlia monilia</i>				*			*		*		*		*	*					*					*						

Tabla 5: Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas fuera de la reserva Altos de Lircay.

	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
Forófitos	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
	Nothofagus obliqua												N. domb.								N.domb				N. dombeyi					
Especies																														
Cyanophyceae																														
<i>Leptolyngbya sp.</i>				*	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Nostoc sp.</i>	*	*		*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Nostoc endophytum</i>	*	*		*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Oscillatoria sp.</i>												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Trebouxiophyceae																														
<i>Ankistrodesmus sp.</i>																						*								
<i>Chlorella sp.</i>			*									*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>						*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Trebouxia sp.</i>			*																		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Trentepohliaceae																														
<i>Trentepohlia monilia</i>																						*								

Se aprecia una cierta afinidad de las clorófitas por forófitos adultos, en cambio, las cianófitas prefieren forófitos juveniles.



Las cianobacterias son más frecuentes en *Nothofagus obliqua* que en *N. dombeyi*.

Tabla 6: Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas dentro de la reserva Los Ruales

PARCELAS DENTRO DE LA RESERVA LOS RUALES																
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Forófitos	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
	<i>Nothofagus alessandrii</i>								<i>Nothofagus glauca</i>							
Especies																
Cyanophyceae																
<i>Leptolyngbya sp.</i>																
<i>Tolypothrix tenuis</i>																
<i>Nostoc commune</i>																
<i>Nostoc endophytum</i>					*				*	*						
<i>Hydrodictyon</i>								*							*	
Trebouxiophyceae																
<i>Chlorella sp</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Trebouxia sp</i>			*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trentepohliaceae																
<i>Trentepohlia monilia</i>																

Tabla 7: Diversidad de algas y cianobacterias en parcelas fuera de la reserva Altos de Lircay

PARCELAS FUERA DE LA RESERVA LOS RUALES																
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
Forófitos	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
	<i>Nothofagus alessandrii</i>								<i>Nothofagus glauca</i>							
Especies																
Cyanophyceae																
<i>Leptolyngbya sp.</i>											*					
<i>Nostoc Comune</i>	*															
<i>Nostoc endophytum</i>					*			*								
<i>Ulothrix sp.</i>																*
Trebouxiophyceae																
<i>Chlorella sp</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Trebouxia sp</i>		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Trentepohliaceae																
<i>Trentepohlia monilia</i>		*														

En los Ruales tanto dentro como fuera de la Reserva las cianobacterias son más frecuentes en *N. glauca* que en *N. alessandrii*. Esta diferencia podría



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

atribuirse más bien al tipo de textura de sus cortezas, siendo en estado adulto, agrietada e higrófila en *N. alessandrii* e hidrófoba en *N. glauca*.

Las Chlorophyta en cambio son abundantes tanto en cortezas de *N. alessandrii* como en *N. glauca* y esto es válido tanto dentro como fuera de la reserva.

Entre las algas corticícolas que forman parte del bosque nativo en Altos de Lircay se encuentran ***Trentepohlia monilia***, la cual acumula gran cantidad de b-caroteno. Este pigmento es cotizado en el mercado por sus propiedades antioxidante y como suplemento alimenticio. Se debe recordar que no son muchos los vegetales que aportan estos pigmentos a la dieta, entre los cuales se pueden mencionar verduras como zanahoria, pimentón. Algunas algas como del grupo de las ***Trentepohlia***, constituyen un componente relativamente frecuente, especialmente, en zonas no perturbadas y en cortezas, en especial, de condición siempreverde dentro de la Reserva Altos de Lircay y Los Ruiles.

La presencia de cianobacterias como ***Nostoc endophyllum***, ***N. commune*** y ***Topytophris tenuis***, estarían jugando un rol importante en el aporte de nitrógeno al suelo de estos ecosistemas, ya que las especies de estos géneros son capaces de fijar nitrógeno tanto en forma simbiótica como libre. Esta función es realizada en una célula especial llamada heterocisto, que reúne las siguientes características: pared celular de celulosa, distintas al resto de las células que componen estos filamentos (células vegetativas) donde se realiza fotosíntesis y cuya pared contiene otro componente químico la mureína al igual que la pared de las bacterias. En los heterocistos no se realiza fotosíntesis por lo tanto no contienen oxígeno, condición que requiere la enzima nitrogenasa que se aloja en su interior y que transforma el nitrógeno atmosférico en amonio, compuesto que es más tarde liberado al suelo. El proceso de fijación de nitrógeno por el heterocisto de ciertas cianobacterias tiene como rol aportar nitrógeno en forma biológica a los sustratos, donde crecen comunidades epífitas (musgos, hepáticas y helechos) que sostienen las cortezas que conforman los bosques templados nativos en la zona central de Chile.

La presencia del género *Trentepohlia*, puede constituir un aporte importante como fuente de α y β carotenos acumulados al interior de sus células vegetativas.

6.4.- Evaluación el potencial uso de las especies del orden Trentepohliales como productoras de pigmentos carotenoides (alfa y beta-caroteno).

Este objetivo aún está inconcluso, ya que la especie de *Trentepohlia* encontrada ha tenido un lento crecimiento, lo cual ha impedido tener suficiente biomasa como para determinar químicamente los pigmentos

carotenoides contenidos en esta alga. A pesar que el objetivo no se ha logrado a cabalidad, ha sido posible aislar el alga del ambiente y cultivarla en medio BBM, pero aún es necesario optimizar las condiciones de su cultivo para un crecimiento más rápido y determinar los pigmentos que son evidentes a través de observaciones microscópicas.

En la fotografía siguiente, se muestra el logro alcanzado en el crecimiento de esta alga, a pesar a que no se ha logrado el objetivo en un 100 %



Fig. 32: Aspecto del cultivo de *Trentepohlia monilia* en medio semisólido agar BBM

6.5.- Obtención de un catastro de hongos formadores de setas lignícolas y terrestres de bosque de *Nothofagus alessandrii* (ruil) *N. glauca* (hualo) de la Cordillera de la Costa y de *Nothofagus obliqua* o *N. dombeyi* (coigüe) de la Cordillera de los Andes.

6.5.1.- Diversidad de macromicetes en las Reservas Nacionales Altos de Lircay y Los Ruiles

Vegetación arbórea dominante y clima en las áreas de estudio

Ambas reservas se caracterizan por bosques dominados por especies caducifolias y siempreverdes de *Nothofagus*, condición importante para la existencia de una comunidad diversa de hongos asociados que consiste de descomponedores de hojarasca, de parásitos biotróficos y de hongos mutualistas, formadores de ectomicorriza. Con respecto a los hongos biotróficos que pueden mostrar cierto grado de especificidad en su asociación al hospedero, se encuentran diferencias en la composición de las especies de *Nothofagus* (*N. obliqua* y *N. dombeyi* en Altos de Lircay, *N. glauca*, *N. alessandrii* y *N. dombeyi* en Los Ruiles).

En términos climáticos, los promedios anuales de temperatura y precipitación son similares, sin embargo, la mayor altitud topográfica de la Reserva Altos de Lircay provoca más días con heladas que en la Reserva Los Ruiles y una oscilación más amplia entre temperaturas máximas y mínimas con diferencias hasta 20°C entre noche y día; el promedio de la temperatura



mínima en julio, mes que marca la mitad de la temporada de fructificación, es $< 0^{\circ}\text{C}$ en Altos de Lircay y entre 5 y 9°C en Los Ruiles, debido a que la última zona se encuentra bajo influencia marítima y a una altitud no mayor que 400 msnm.

Tabla 8: Temperatura y precipitación promedio anual en las reservas nacionales Altos de Lircay y Los Ruiles, según planes de manejo Conaf respectivos.

Reserva	Promedio anual temperatura	Promedio anual precipitación	Altura sobre nivel de mar	referencias
R.N. Altos de Lircay	$14,7^{\circ}\text{C}$	980mm	1150-1450m	Plan de Manejo CONAF*
R.N. Los Ruiles	$13,8^{\circ}\text{C}$	775mm	200-430m	Plan de Manejo CONAF **

*http://es.wikipedia.org/wiki/Reserva_nacional_Altos_de_Lircay

**Plan de Manejo CONAF, 1995.

Tabla 9: Datos bioclimáticos de las zonas correspondientes a las reservas nacionales Altos de Lircay y Los Ruiles, según el atlas bioclimático de Chile (Uribe et al. 2012, atlas bioclimático de Chile); variables más contrastantes entre ambas reservas resaltadas.

	Área investigado:	R.N. Altos de Lircay	R.N. Los Ruiles
	distrito bioclimático:	m141 h35	Mt344 h34
Parámetros de temperatura	DG (Días-grado anuales)	< 750 (microtermal)	1000-1500 (mesotermal)
	Tnj (T media mínima julio)	< 0°C	5-9°C
	Txe (T media máxima enero)	17-25°C	17-25°C
	PLH (periodo libre de heladas)	< 200	300-350
Parámetros de precipitación	IA (índice de aridez)	húmedo (> 1)	húmedo (> 1)
	PS (periodo seco)	3-4 meses	3-4 meses
	PPA (precipitación media anual)	1000-2500mm	200-1000mm

6.5 2.- Diversidad de macromicetes en la Reserva Nacional Altos de Lircay (temporada 2013)

Durante las visitas realizadas entre marzo y diciembre de 2013, se registraron un total de 20 especies de macromicetes, 19 de ellas perteneciendo a la división Basidiomycota y un representante de la división Ascomycota. La gran mayoría (13 especies o 65%) forman ectomicorriza (EM) con *Nothofagus*, 5 especies (25%) son descomponedores de madera (DM) y 2 especies (10%) representan parásitos biotróficos (PB) sobre tejido leñoso de *Nothofagus*.

Tabla 10: Lista de macromicetes registrados en la reserva nacional Altos de Lircay entre marzo y diciembre de 2013; especies comestibles resaltadas.

Especie	función ecológica	frecuencia observada	calidad	Potencial PFN
División Basidiomycota				
<i>Austropaxillus statuum</i> (Speg.) Bresinsky & Jarosch	EM	*	no comestible	-
<i>Boletus loyo</i> Philippi	EM	PT	comestible	especie rara
<i>Boletus putidus</i> E. Horak	EM	*	desconocida	-
<i>Cortinarius austroturmalis</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	****	comestible	Alto
<i>Cortinarius austroduracinus</i> M.M. Moser	EM	**	desconocida	-
<i>Cortinarius fulvoconicus</i> M.M. Moser	EM	*	desconocida	-
<i>Cortinarius janthinophaeus</i> E. Horak & M.M. Moser	EM	*	desconocida	-
<i>Cortinarius stephanopus</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	*	desconocida	-
<i>Dermocybe amoena</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	*	no comestible	-
<i>Guepiniopsis alpina</i> (Tracy & Earle) Brasf.	DM	*	no comestible	-

Espece	Función ecológica	Frecuencia observada	Calidad	Potencial PFN
<i>Laetiporus portentosus</i> (Berk.) Rajchenb.	PB	***	no comestible	-
<i>Mycena galericulata</i> (Scop.) Gray	DM	*	no comestible	-
<i>Nematoloma frowardii</i> (Speg.) E. Horak	DM	*	no comestible	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm.	DM	*	comestible	Alto
<i>Ramaria flava</i> (Schaeff.) Quél.	EM	*	comestible	Alto
<i>Russula fuegiana</i> Singer	EM	*	no comestible	-
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.: Fr.) Gray	DM	*	no comestible	-
<i>Thaxterogaster albocanus</i> E. Horak	EM	***	desconocida	-
<i>Tricholoma fusipes</i> E. Horak	EM	**	no comestible	-
División Ascomycota				
<i>Cyttaria hariotii</i> E. Fischer	PB	***	comestible	Moderado

Frecuencias:

*: 1 avistamiento

** : 2-5 avistamientos

***: 5-10 avistamientos

****: > 10 avistamientos

PT: sin observación directa pero presente en el área según testimonio de lugareños.

6.5.3.- Diversidad de macromicetes en la Reserva Nacional Los Ruiles (temporada 2014).

Durante las visitas realizadas entre junio y octubre de 2014, se avistaron un total de 42 especies de macromicetes de las cuales 38 pertenecen a la división Basidiomycota, cuatro a la división Ascomycota. La distribución de las funciones ecológicas es parecido como en Altos de Lircay: La gran mayoría (23 especies o 55%) forman ectomicorriza (EM) con *Nothofagus*, 10 especies (24%) son descomponedores de madera (DM) y 3 especies (7%) representan parásitos biotróficos (PB) sobre tejido leñoso de *Nothofagus*; además se registraron 6 especies (14%) de saprobiontes terrestres, grupo que no se observó durante las visitas a Altos de Lircay en 2013.

Tabla 11: Lista de macromicetes registrados en la reserva nacional Los Ruiles entre junio y octubre de 2014; especies comestibles resaltadas.

Especie	función ecológica	frecuencia observada	Calidad	Potencial PFN
División Basidiomycota				
<i>Aleurodiscus vitellinus</i> (Lév.) Pat.	DM	**	comestible	Moderado
<i>Amanita diemii</i> Singer	EM	**	potencialmente tóxica	-
<i>Amanita lilloi</i> Singer	EM	*	potencialmente tóxica	-
<i>Anthracoephyllum discolor</i> (Mont.) Singer	DM	**	No comestible	-
<i>Austropaxillus statuum</i> (Speg.) Bresinsky & Jarosch	EM	*	no comestible	-
<i>Boletus loyo</i> Philippi	EM	**	comestible	especie rara

Especie	Función ecológica	Frecuencia observada	Calidad	Potencial PFN
<i>Boletus loyita</i> E. Horak	EM	*	desconocida	especie rara
<i>Clavaria aff. zollingeri</i> Lev.	ST/DM	*	no comestible	-
<i>Cortinarius austroturmalis</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	****	comestible	Alto
<i>Cortinarius austroduracinus</i> M.M. Moser	EM	**	desconocida	-
<i>Cortinarius austrolimonius</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	*	no comestible	-
<i>Cortinarius austrosalor</i> M.M. Moser	EM	*	no comestible	-
<i>Cortinarius bulboso-mustellinus</i> M.M. Moser & E. Horak	EM	*	no comestible	-
<i>Cortinarius aff. lazoi</i> M.M. Moser	EM	*	no comestible	-
<i>Cortinarius lebre</i> Garrido	EM	**	comestible	Alto
<i>Cortinarius terebripes</i> E. Horak	EM	*	no comestible	-
<i>Dermocybe nahuelbutensis</i> Garrido	EM	**	no comestible	-
<i>Entoloma sp.</i>	ST	*	desconocida	-
<i>Galerina hypnorum</i>	ST	*	no	-

(Schrank) Kühner			comestible	
Especie	Función ecológica	Frecuencia observada	Calidad	Potencial PFN
<i>Hygrocybe psittacina</i> (Schaeff.) P. Kumm.	ST	*	no comestible	-
<i>Inocybe aff. bridgesiana</i> Singer	EM	*	no comestible	-
<i>Lenzites betulina</i> (Fr.) Fr.	DM	**	no comestible	-
<i>Macrolepiota bonaerensis</i> (Speg.) Singer	ST	**	comestible	Alto
<i>Marasmiellus alliiodorus</i> (Mont.) Singer	DM	**	no comestible	-
<i>Nematoloma frowardii</i> (Speg.) E. Horak	DM	**	no comestible	-
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm	DM	*	comestible	Alto
<i>Ramaria botrytis</i> (Pers.) Ricken	EM	**	Comestible	Alto
<i>Ramaria flava</i> (Schaeff.) Quél.	EM	***	comestible	Alto
<i>Ramaria subaurantiaca</i> Corner	EM	**	comestible	Alto
<i>Rozites collariatus</i> (M.M. Moser & E. Horak) E. Horak	EM	*	no comestible	-
<i>Russula fuegiana</i> Singer	EM	**	no comestible	-

Especie	Función ecológica	Frecuencia observada	Calidad	Potencial PFN
<i>Russula nothofaginea</i> Singer	EM	*	no comestible	-
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	DM	**	no comestible	-
<i>Thaxterogaster sp.</i>	EM	*	desconocida	-
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	DM	**	no comestible	-
<i>Tremella mesentérica</i> Retz.	PB	*	no comestible	-
<i>Tricholoma fusipes</i> E. Horak	EM	**	no comestible	-
Ascomycota				
<i>Bisporella citrina</i> (Batsch.) Korf. & S.E. Carp.	DM	*	no comestible	
<i>Cyttaria hariotii</i> E. Fischer	PB	**	comestible	Moderado
<i>Galiella coffeata</i> Gamundi	DM	*	no comestible	-
<i>Werbyella rhenana</i> (Fuckel) J. Moravec	ST	**	desconocida	-

Frecuencias:

*: 1 avistamiento

** : 2-5 avistamientos

***: 5-10 avistamientos

****: > 10 avistamientos



Fondo de Investigación del Bosque Nativo

Tabla 12: Proporciones de los grupos funcionales de hongos registrados en las reservas nacionales Altos de Lircay (temporada 2013) y Los Ruiles (2014).

	Altos de Lircay	Los Ruiles
Formadores de ectomicorriza (mutualistas):	65%	55%
Descomponedores de madera:	25%	24%
Saprobiontes terrestres:	-	14%
Parásitos biotróficos:	10%	7%

6.6.- Identificación de las especies fúngicas comestibles y tóxicas relevantes para la recolección y comercialización local de setas comestibles.

6.6.1.- Especies comestibles

En base de los datos de las especies fúngicas registradas en ambas reservas entre 2013 y 2014, se identificaron 10 especies que forman setas comestibles (ver tablas 3 y 4). En términos de su alta frecuencia y abundancia se destacan el basidiomicete *Cortinarius austroturmalis* y el ascomicete *Cyttaria hariatii*. *C. austroturmalis* ha sido caracterizado como hongo comestible de atributos organolépticos atractivos (Moser & Horak 1975) y se caracteriza además por su abundancia, creciendo siempre en grupos o manojos de individuos de tamaño considerable. Sin embargo cabe constatar que aún no existe un mercado para la especie, ya que sus calidades están desconocidas, tanto por la mayoría de los recolectores y vendedores como por los consumidores de setas silvestres. *Cyttaria hariatii*, el digüeñe del coigüe, es similar a *C. espinosae*, el digüeñe común, en sus características organolépticas, sin embargo no se comercializa mucho por su tendencia a fermentarse. *Boletus loyo* y las tres especies de *Ramaria* spp. son ampliamente conocidas como excelentes hongos comestibles, siendo *Ramaria flava* (changle amarillo) la especie más comercializada. A las mencionadas especies, en su totalidad hongos biotróficos, se suman los hongos descomponedores *Aleurodiscus vitellinus*, *Pleurotus ostreatus*



(ostrasetas) y *Macrolepiota bonaerensis* (parasol austral). Mientras las últimas dos especies forman setas comestibles de muy buena calidad, *A. vitellinus* se caracteriza por su textura gelatinosa, la cual lo destina a consumo mixto con otras especies de textura más firme.

Las fichas correspondientes (ver abajo) reúnen las características morfológicas, biológicas y ecológicas de las diez especies de hongos formadores de setas comestibles, registradas en las reservas Altos de Lircay y Los Ruiles.

6.6.2.- Especies tóxicas

En ninguna de las dos Reservas Forestales se observaron especies de hongos de toxicidad comprobada durante las campañas de 2013 y 2014. Sin embargo se registraron dos especies de *Amanita* (*A. diemii*, *A. lilloi*), género conocido por representar especies venenosas tan notorias como *Amanita muscaria*, *A. phalloides* y *A. virosa*, entre otras. Mientras faltan análisis químicos publicados de la presencia o ausencia de toxinas relevantes como las amatoxinas en las especies nativas chilenas de *Amanita*, se recomienda evitar rigurosamente la cosecha y el consumo de ellas, incluso de especies putativamente comestibles como *A. merxmulleri*.

6.6.3.- Fichas de hongos formadores de setas comestibles (en orden alfabético). Ver anexo Hongos comestibles y tóxicos.

6.7.- Reconocimiento de patrones de dominancia y co-dominancia en las comunidades fúngicas comunes en cada tipo de bosque que revelan la identidad de especies o gremios de especies comunes indicadores de la formación boscosa respectiva.

Consortios comunes y específicos de hongos

Un obstáculo para la caracterización de consortios de hongos característicos de los tipos investigados del bosque Maulino fue la relativa pobreza de especies (20) en la Reserva Altos de Lircay durante la temporada de monitoreo (2013) en comparación con Los Ruiles (42 especies durante la temporada 2014). Ya que tanto riqueza como abundancia de especies en Lircay fueron muy bajas, los datos obtenidos no alcanzan para una comparación estadísticamente sólida entre ambas reservas. Para saber si las especies que se registraron solo una vez y/o en solo una de ambas reservas realmente son raras o exclusivas del área respectivo, se requiere un monitoreo durante un mínimo de tres temporadas consecutivas para obtener una aproximación más representativa de la diversidad fúngica en las áreas de estudio.

Las 12 especies que se encontraron tanto en Altos de Lircay como en Los Ruiles y que se pueden considerar dominantes, forman un consorcio de siete especies ectomicorrizas (58%), tres especies de descomponedores de

madera (25%) y dos parásitos biotróficos (17%), el cual es característico para el bosque de *Nothofagus* de la zona Centro Sur en general. Si del grupo se descartan *Boletus loyo* como especie termófila y *Cyttaria hariotii* como parásito específicamente asociado a *Nothofagus dombeyi*, el conjunto de las 10 especies restantes se puede encontrar incluso hasta la zona austral, siendo asociadas a varias *Nothofagus* spp. Como conclusión, este consorcio es más bien característico para bosque de *Nothofagus* en general y no característico para el bosque Maulino en particular.

Tabla 13: Tabla sinóptica de las especies fúngicas registradas en las reservas nacionales Altos de Lircay (temporada 2013) y Los Ruiles (temporada 2014), su función ecológica, frecuencia local y regional; especies comunes de ambas reservas resaltadas.

Especie	presencia especie		función ecológica	frecuencia local	frecuencia regional
	Altos de Lircay	Los Ruiles			
<i>Aleurodiscus vitellinus</i> (Lév.) Pat.		X	DM	**	Muy común
<i>Amanita diemii</i> Singer		X	EM	**	Común
<i>Amanita lilloi</i> Singer		X	EM	*	Muy rara
<i>Anthracoophyllum discolor</i> (Mont.) Singer		X	DM	**	Muy común
<i>Austropaxillus statuum</i> (Speg.) Bresinsky & Jarosch	X	X	EM	*	Común
<i>Boletus loyo</i> Philippi	X	X	EM	**	Rara
<i>Boletus loyita</i> E. Horak		X	EM	*	Muy rara
<i>Boletus putidus</i> E. Horak	X		EM	*	Rara

Especie	Presencia especie		Función ecológica	Frecuencia local	Frecuencia regional
	A. Lircay	Los Ruales			
<i>Clavaria aff. zollingeri</i> Lev.		X	ST/DM	*	No común
<i>Cortinarius austroturmalis</i> M.M. Moser & E. Horak	X	X	EM	*****	Muy común
<i>Cortinarius austroduracinus</i> M.M. Moser	X	X	EM	**	Muy común
<i>Cortinarius austrolimonius</i>		X	EM	*	No común
<i>Cortinarius austrosalor</i> M.M. Moser		X	EM	*	No común
<i>Cortinarius bulboso-mustellinus</i>		X	EM	*	No común
<i>Cortinarius fulvoconicus</i> M.M. Moser	X		EM	*	No común
<i>Cortinarius janthinophaeus</i> E. Horak & M.M. Moser	X		EM	*	No común
<i>Cortinarius aff. lazoi</i>		X	EM	*	No común
<i>Cortinarius lebre</i> Garrido		X	EM	**	Muy común
<i>Cortinarius stephanopus</i> M.M. Moser & E. Horak	X		EM	*	No común

Especie	Presencia especie		Función ecológica	Frecuencia local	Frecuencia regional
	A.Lircay	Los Ruiles			
<i>Cortinarius terebripes</i>		X	EM	*	No común
<i>Dermocybe amoena</i> M.M. Moser & E. Horak	X		EM	*	Común
<i>Dermocybe nahuelbutensis</i> Garrido		X	EM	**	Muy común
<i>Entoloma sp.</i>		X	ST	*	-
<i>Galerina hypnorum</i> (Schrank) Kühner		X	ST	*	No común
<i>Guepiniopsis alpina</i> (Tracy & Earle) Brasf.	X		DM	*	Muy común
<i>Hygrocybe psittacina</i> (Schaeff.) P. Kumm.		X	ST	*	Rara
<i>Inocybe aff. bridgesiana</i> Singer		X	EM	*	Común
<i>Laetiporus portentosus</i> (Berk.) Rajchenb.	X	X	PB	***	Común
<i>Lenzites betulina</i> (Fr.) Fr.		X	DM	**	Muy común

Especie	Presencia especie		Función ecológica	Frecuencia local	Frecuencia regional
	A.Lircay	Los ruiles			
<i>Macrolepiota bonaerensis</i>		X	ST	**	Común
<i>Marasmiellus alliiodorus</i> (Mont.) Singer		X	DM	**	Muy común
<i>Mycena galericulata</i> (Scop.) Gray	X		DM	*	Muy común
<i>Nematoloma frowardii</i> (Speg.) E. Horak	X	X	DM	**	Muy común
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm	X	X	DM	*	Común
<i>Ramaria botrytis</i>		X	EM	**	No común
<i>Ramaria flava</i>	X	X	EM	***	Muy común
<i>Ramaria subaurantiaca</i>		X	EM	**	No común
<i>Rozites collariatus</i>		X	EM	*	No común
<i>Russula fuegiana</i>	X	X	EM	**	Muy común
<i>Russula nothofaginea</i>		X	EM	*	Común
<i>Stereum hirsutum</i>	X	X	DM	**	Muy común



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

Especie	Presencia especie		Función ecológica	Frecuencia local	Frecuencia regional
	A.LIRCAY	Los Ruiles			
<i>Thaxterogaster albocanus</i> E. Horak	X		EM	**	Comun
<i>Thaxterogaster sp.</i>		X	EM	*	Rara
<i>Trametes versicolor</i>		X	DM	**	Muy común
<i>Tremella mesenterica</i>		X	PB	*	Muy común
<i>Tricholoma fusipes</i>	X	X	EM	**	Muy común
<i>Bisporella citrina</i>		X	DM	*	Común
<i>Cyttaria hariotii</i> E. Fischer	X	X	PB	**	Común
<i>Galiella coffeata</i>		X	DM	*	No común
<i>Sowerbyella rhenana</i>		X	ST	**	No común

6.8.- Identificación de hongos escasos o particulares que podrían representar especies vulnerables.

6.8.1.- Especies fúngicas vulnerables

A pesar de la baja significancia estadística de las muestras de diversidad de ambas reservas, realizadas durante solo una temporada, respectivamente, al comparar las especies registradas con otros registros existentes en la literatura relevante y en colecciones científicas de hongos, se destacan algunas especies que deben ser consideradas raras y potencialmente vulnerables. A esta categoría pertenecen las tres especies de *Boletus* (*B. loyita*, *B. loyo* y *B. putidus*), simbiontes micorrícicos obligatoriamente asociados a *Nothofagus* en la zona centro sur y con límites de distribución conocidos entre la Región del Maule y la región de Los Lagos. La mayoría de las especies registradas de *Cortinarius* fueron avistadas solo una vez durante las campañas, sin embargo ocurren con más frecuencia en la zona sur y austral, así como en áreas limítrofes de Argentina de acuerdo a la bibliografía correspondiente (Moser & Horak 1975, Horak 1980),



Amanita lilloi, Reserva Nacional Los Ruiles, 28 octubre 2014.



Un caso de particular interés representa la especie *Amanita lilloi* que fue encontrada en octubre 2014 en la Reserva Los Ruiles: Esta especie fue descrita originalmente del norte de Argentina (Singer 1952) y hasta la fecha existen solamente dos registros no publicados para Chile (Fungario CONC-F, Universidad de Concepción), el primero procediendo de una reserva de bosque nativo en la periferia de Temuco, Región de la Araucanía (noviembre 2004). Al parecer se trata de una especie de fructificación primaveral la cual, considerando la escasez de registros, debe ser considerada definitivamente una rareza a nivel nacional.

6.9.- Evaluación del potencial uso de recursos no madereros en el bosque nativo.

6.9.1.- Líquenes

Entre los macrolíquenes las especies de los géneros *Usnea*, *Protousnea*, *Ramalina*, *Parmotrema*, *Everniastrum* y dentro de los microlíquenes *Lecanora* proporcionan interesantes metabolitos de alto interés para la industria agrícola, farmacéutica y médica. Como productoras de estas sustancias estas especies mencionadas requieren ser protegidos, ya que su colecta masiva podría determinar la pérdida de valioso material genético para el país. Afortunadamente, en la actualidad existen técnicas de cultivo que podrían ser utilizadas para bioproducir estos metabolitos utilizando cantidades mínimas (1-2 grs.) de su talo liquénico. En el país, aún estas técnicas no se están realizando, a pesar de la vasta diversidad de líquenes presentes en el país. Este tipo de técnicas ya es muy frecuente en países de Europa y Asia, donde se han patentado interesantes moléculas al servicio del área farmacéutica y médica, pero no mucho en el área agrícola y forestal. En las reservas estudiadas, la mayoría de los macrolíquenes son poco frecuentes y además poco abundante, para lo cual hay que hacer un llamado de atención en este sentido, con el fin de restringir su colecta y permita que las comunidades, puedan ser recuperadas, ya que una de las limitantes más importante de las especies liquénicas, es su lento crecimiento. Esta es una nueva alternativa y desafío de estudio en líquenes en el país.

Otras especies como *Graphis scripta*, *Thelotrema lepadinum* y *Pyrenula* sp. son indicadoras de la continuidad del bosque. En las reservas estudiadas, estas especies son poco frecuentes y escasas, ya que son especies tropicales que han sido capaces de refugiarse y prosperar a estas latitudes de clima templado.

Otro grupo interesantes de líquenes son los cianolíquenes los cuales aportan un porcentaje adicional de nitrógeno al suelo o a las cortezas donde habitan diferentes criptógamas y algunas plantas vasculares epífitas parásitas o hemiparásitas, ya que estos cianolíquenes tienen como fotobionte primario o secundario, una cianobacteria capaz de fijar nitrógeno atmosférico en forma natural.



6.9.2.- Algas y cianobacterias

Entre las algas destacan las del Orden Trentepohliales, a partir de las cuales se puede obtener pigmentos carotenoides como α y β carotenos con importante actividad antioxidante y recomendado en dietas para peces.

Entre las cianobacterias destacan las siguientes especies: *Nostoc commune*, *Nostoc endophyllum* y *Tropothrix tenuis*, las cuales pueden ser utilizadas como productora de amonio gracias a su capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico; como agregante de partículas del suelo dada su capacidad de producir exopolisacáridos (sustancias mucilaginosas) que ayudan a evitar la erosión del suelo. Además son capaces de generar productos promotores del crecimiento como fitohormonas y aminoácidos y finalmente producir pigmentos ficobilínicos como ficocianina y ficoeritrina, utilizados con múltiples fines en el área médica y farmacéutica. Estos beneficios han sido muy poco estudiados en el país, a pesar de la alta diversidad de cianobacterias presente en diversos hábitats disponibles.

6.9.3.- Hongos superiores

Dado el hecho que la mayoría de las especies de hongos comestibles detectadas en ambas reservas fueron escasas durante las campañas de terreno, el estudio del potencial productivo de setas silvestres se limitó a las dos especies modelo *Cortinarius austroturmalis* y *Cyttaria hariatii* que fueron seleccionadas debido a su amplia presencia y alta abundancia en ambas reservas forestales. Como *C. austroturmalis* representa un hongo de fructificación otoñal-invernal (Moser & Horak 1975, Horak 1980) y *C. hariatii* una especie primaveral (Espinosa 1926, Gamundi 1971), los valores obtenidos permiten una estimación representativa de productividad de hongos durante la temporada completa (mayo hasta diciembre aprox.).

La productividad fue calculada en kg de peso fresco y seco, respectivamente, por hectárea. Los resultados (tabla 6) muestran un promedio de productividad (biomasa fresca) de *Cortinarius austroturmalis* por temporada entre aprox. 5kg/ha (Altos de Lircay) y 7kg/ha aprox. (Los Ruiles). Aunque esta especie micorrícica crece asociada a todas las especies de *Nothofagus* presentes, se notan diferencias marcadas entre ellas: la mayor productividad fue determinada en predios dominados por *N. dombeyi* (siempreverde) y *N. alessandrii* (caducifolio). Las diferencias se interpretan por un lado como efecto "siempreverde" de *Nothofagus dombeyi* que se manifiesta en un suministro más extenso de compuestos de carbono (azúcares) del árbol hospedero a su hongo micorrícico durante la temporada de reproducción del último, particularmente durante otoño-invierno cuando las especies caducifolias ya no fotosintetizan, y de la mayor protección del sotobosque y suelo bajo el dosel permanentemente cerrado contra sequía y temperaturas extremas en contraste a las especies caducifolias. Por el otro lado, el microclima del predio debe jugar un rol relevante en la selección de la especie de *Nothofagus*, ya que *N. dombeyi* y *N. alessandrii* crecen en



zonas más sombrías y húmedas que *N. obliqua* y *N. glauca*, condiciones que también favorecen la formación de setas por los hongos asociados.

En el caso de *C. hariatii*, se nota una diferencia grande entre ambas áreas, con una productividad diez veces mayor en Altos de Lircay que en Los Ruiles. Se consideran dos factores que determinan esta diferencia marcada: primero, el clima más adverso en la precordillera (heladas frecuentes en invierno, periodos secos extendidos en verano) que en Altos de Lircay afecta a *Nothofagus dombeyi*, especie arbórea hospedera principal de *C. hariatii* y lo hace más susceptible a infección por el parásito que en el clima costero más favorable que rige en Los Ruiles; por el otro lado la poca abundancia de *N. dombeyi* en la Reserva Los Ruiles donde está limitado a parches en la parte baja de la reserva, mientras domina en grandes extensiones del bosque en Altos de Lircay.

Tabla 14. Modelo de productividad de setas terrestres (*Cortinarius austroturmalis*) y digüeños (*Cyttaria hariatii*) comestibles en dos tipos de bosque Maulino.

	Altos de Lircay (temporada 2013)		Los Ruiles (temporada 2014)	
	kg/ha (peso fresco)	Kg/ha (peso seco)	kg/ha (peso fresco)	Kg/ha (peso seco)
<i>Cortinarius austroturmalis</i>	4,9	0,4	7,0	0,6
<i>Cyttaria hariatii</i> (sobre <i>Nothofagus dombeyi</i>)	55,2	40,8	5,4	3,9

6.10.- Determinación de los lugares o sitios donde están localizadas las especies con potencial uso sustentable que representan los productos forestales no madereros

6.10.1.- Lugares de mayor productividad de setas comestibles

Para determinar los lugares preferenciales de las setas más productivas, se consideraron solo las dos especies seleccionadas *Cortinarius austroturmalis* y *Cyttaria hariatii*, ya que los registros de las otras especies comestibles fueron demasiado escasos para ser válidamente evaluadas. Como se mencionó en la sección del objetivo 9 (ver arriba), *C. hariatii* se encuentra exclusivamente en bosque dominado por *Nothofagus dombeyi* donde alcanza una productividad sobre 55kg por hectárea y temporada en la Reserva Nacional Altos de Lircay.



Cortinarius austroturmalis, siendo un hongo de distribución amplia y menos específico en su asociación al hospedero *Nothofagus* (Moser & Horak 1975), fue sujeto a una comparación de productividad entre predios dominados por las diferentes especies de *Nothofagus* presentes en ambas reservas.

Para Altos de Lircay (tabla 8), se encontró una diferencia marcada de productividad entre predios con dominancia de *Nothofagus dombeyi*, especie siempreverde, y *N. obliqua*, especie caducifolia (proporción 36 : 1).

En la Reserva Los Ruiles (tabla 9) también se observaron diferencias claras, aunque no tan marcadas como en Altos de Lircay, entre los distintos tipos de bosque: los predios de mayor productividad de setas de *C. austroturmalis* fueron aquellas dominadas por *Nothofagus alessandrii*, seguidas por predios dominados por *N. dombeyi*; la menor productividad se encontró en las parcelas de *N. glauca*.

Se interpreta los resultados como efectos de la mayor retención de humedad y protección del suelo contra radiación solar excesiva en bosque siempreverde (Altos de Lircay) y de la preferencia de *N. alessandrii* (Los Ruiles) de crecer en laderas de exposición sur que también se caracterizan por un microclima más húmedo y más protegido contra el sol en verano. Además se debe considerar que el suministro de compuestos de carbono (azúcares) del árbol hospedero a sus hongos micorrícicos es mayor y mas continuo durante el año en la especie siempreverde, favoreciendo mayor inversión en biomasa de setas por *C. austroturmalis* durante la temporada reproductiva.

Tabla 15: Diferencia de productividad por temporada de *Cortinarius austroturmalis* (peso seco y fresco de cuerpos fructíferos) en rodales de *Nothofagus* siempreverde y caducifolio en la reserva nacional Altos de Lircay.

especie hospedera	peso seco	peso fresco	Proporción
<i>Nothofagus dombeyi</i>	800g/ha	9.480g/ha	97%
<i>Nothofagus obliqua</i>	24g/ha	284g/ha	3%
suma:	824g/ha	9.764g/ha	100%
promedio reserva:	412g/ha	4.882g/ha	

Tabla 16: Diferencia de productividad por temporada de *Cortinarius austroturmalis* (peso seco y fresco de cuerpos fructíferos) en rodales de *Nothofagus* siempreverde y caducifolio en la reserva nacional Los Ruiles.

especie hospedera	peso seco	peso fresco	Proporción
<i>Nothofagus alessandrii</i>	966g/ha	11.447g/ha	55%
<i>Nothofagus dombeyi</i>	484g/ha	5.735g/ha	27%
<i>Nothofagus glauca</i>	315g/ha	3.733g/ha	18%
suma:	1765g/ha	20.915g/ha	100%
promedio reserva:	588,3g/ha	6.972g/ha	

6.10.2 Lugares interesantes de proteger en ambas reservas, con el fin de conservar líquenes de potencial uso.

En Altos de Lircay en zonas protegidas (dentro) de la reserva, es interesante proteger las parcelas 8, 9, 11, 13 y 14 dada la alta frecuencia y abundancia de los siguientes Clorolíquenes como *Usnea* sp, *Protousnea poeppigii*, *Parmotrema perlatum* y para *Flavoparmelia rutidota*, las parcelas 1, 4, 6, 7, 9, 13 y 14 y para Cianolíquenes como *Collema crispum* en las parcelas 1, 2, 3 y 4; para *Collema flaccidum* parcela 8 y para *Collema subflaccidum* parcela 5 y para *Pannaria* sp. parcela 12.

En Los Ruiles, en zonas protegidas (dentro) de la reserva, aparecen como especies frecuentes y abundantes entre los Clorolíquenes, *Pertusaria dehiscens* (= *P. leioplaca*), *P. velata*, *Lepraria loboformans*, *Lecanora albella* y *Lecanora expallens* en todas las parcelas, excepto, 11 y 13, en cambio, como especies raras y escasas aparecen *Bunodophoron melanocarpum* en parcelas 1, 4 y 7, *Everniastrum cirrhatum* en P7 y *Thelotrema lepadinum* en la parcelas 1 y 12. Para cianolíquenes como *Collema nigrescens* en parcelas 1, 2 y 3, *Pseudocyphellaria gilva* en parcela 13 y *P. nudata* en la parcela 12.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

7. Discusión de resultados

Continuidad ecológica

A través de este estudio se demuestra que no siempre la mayor riqueza de especies de líquenes epífitos está asociada con la edad de los forófitos de una misma especie arbórea. Tampoco está relacionada con la condición foliar de la especie en cuestión en sitios protegidos. Estas evidencias están en contra de lo sostenido por algunos autores como Rose 1976, Ardisson et al 1988 que señalan que los bosques añosos, no perturbados sostienen que la mayor riqueza de líquenes. Esta falta de correlación observada en este estudio, podría explicarse a que los bosques analizados dentro de las reservas estudiadas corresponden a bosques secundarios. Estos bosques han sufrido el efecto de tala, privilegiando los ejemplares de mayor edad, los cuales de acuerdo a la literatura especializada, son los que presentan mayor diversidad de microhábitats para mantener especies indicadoras de continuidad del bosque. Estas observaciones son sostenidas por diferentes autores tales como Rose 1974, 1976, 1992; Ardisson et al 1988; Nilsson et al. 1995; Goward, 1994.

La capacidad de dispersión de las especies que se reproducen por esporas parece estar relacionada con una alta producción de esporas y un tamaño pequeño de éstas, características que facilitan su dispersión por el viento o por otros agentes como el agua, insectos, ácaros y arañas que forman parte de los ecosistemas boscosos y que a su vez están condicionadas por factores ambientales tanto locales como regionales. En relación a esto, podemos argumentar que algunas de las especies que han sido mencionadas como indicadoras de continuidad en los bosques analizados en este estudio, son muy escasos o raros como es el caso de *Thelotrema lepadinum* y *Graphis scripta*, en ambas reservas estudiadas. Sin embargo, en los bosques lluviosos tropicales estos grupos Thelotrematales y Graphidales están muy bien representados, donde su baja capacidad de dispersión se ve compensada por la dependencia de la larga persistencia del hábitat. En los bosques templados de la zona central de Chile, las características de las esporas de estos líquenes podrían estar representando una barrera en la dispersión, ya que ambas poseen esporas de gran tamaño y número más reducido de éstas por asco. Si se compara con especies de los géneros *Usnea*, *Protousnea*, *Ramalina*, *Parmotrema* y *Lecanora*, éstas producen, en general esporas pequeñas y presentan ascos octosporadas y además algunas de éstas poseen modalidades de dispersión asexual como soredios, isidios o simplemente fragmentación del talo, lo que las pone en ventaja frente a las dos especies mencionadas anteriormente como *Thelotrema lepadinum* y *Graphis scripta*. También es importante destacar que el régimen pluviométrico y grado de humedad de los bosques tropicales distan mucho de aquellos que presentan los bosques templados de la zona central de Chile. Estos factores también estarían jugando un rol relevante, no solo en la dispersión de las esporas, sino que también en la tasa de crecimiento



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

de los líquenes y finalmente con la ventaja que esos ecosistemas han sido menos perturbados manteniendo durante años numerosos microhábitats que hacen posible la alta riqueza de especies de líquenes, ya que los bosques, en general, no han sido intervenidos durante mucho tiempo. Los argumentos planteados podrían ser corroborados por medio del desarrollo de una tesis de pregrado o postgrado, donde se pueda constatar la hipótesis planteada ya que la literatura en relación a este punto es muy escasa.

La riqueza de especies de líquenes, algas y hongos superiores declaradas en este proyecto podría aumentar en el futuro tanto dentro como fuera de ambas reservas, ya que en este trabajo el foco estuvo concentrado en conocer la diversidad de líquenes y algas epítitas de 2 especies arbóreas en Altos de Lircay como fueron *N. dombeyi* y *N. obliqua* y en Los Ruiles en *N. alessandrii* y *N. glauca*. Para el caso del estudio de los hongos, este estuvo focalizado solo a aquellos hongos asociados a bosque de *N.dombeyi* y *N. obliqua* en Altos de Lircay y *N. dombeyi*, *N. alessandrii* y *N. glauca* en la reserva Los Ruiles. Una proyección más exhaustiva podría arrojar un número más elevado de especies en cada reserva de cada uno de estos grupos. Líquenes y algas no solo pueden ser epífitos, sino que pueden colonizar otros sustratos del sotobosque como el suelo, madera en descomposición, sistemas rocosos, entre otros.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

8. Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

8.1.1- Líquenes

- En líquenes la riqueza alcanza a 64 especies distribuidas 48 en la precordillera andina y 16 en el área costera. Las unidades protegidas muestran 39 especies respecto a 26 del entorno considerando ambas reservas.
- El número de microlíquenes dentro de las reservas es levemente superior o igual al de los marolíquenes, mientras que fuera de ambas reservas los macrolíquenes superan en número a los microlíquenes
- El comportamiento de la abundancia de microlíquenes y macrolíquenes en ambas reservas tanto dentro como fuera de éstas, no muestra un patrón definido según la condición foliar de las especies arbóreas.
- En general, la riqueza y abundancia de macrolíquenes es baja en las unidades protegidas, y en particular en ejemplares de mayor diámetro, contrario a lo que se observa en los bosques lluviosos del sur de Chile.
- El número de microlíquenes dentro de las reservas es levemente superior o igual al de los marolíquenes, mientras que fuera de ambas reservas los macrolíquenes superan en número a los microlíquenes.
- La riqueza y frecuencia de cianolíquenes en ambas reservas es baja, si se compara ésta con la observada en los bosques lluviosos del sur de Chile.
- Los forófitos adultos tienden a tener menor pH, que los forófitos juveniles. En cuanto a la relación DAP y contenido de fosfatos y potasio, se aprecia la tendencia que los forófitos de menor diámetro posee mayor contenido de fosfatos y potasio que los ejemplares adultos.
- La abundancia de macrolíquenes también varía de acuerdo a la condición foliar y la textura de las cortezas. En general, la riqueza y abundancia de macrolíquenes es baja en las unidades protegidas, en particular en ejemplares de menor diámetro, contrario a lo que se observa en los bosques lluviosos del sur de Chile.
- Las relaciones entre del DAP de los forófitos y el pH de éstos y, el contenido de fosfatos con el DAP, no son estadísticamente significativas; esto es válido para ambas reservas. Sin embargo, la relación entre el DAP y contenido de potasio, es estadísticamente significativa, en la reserva Altos de Lircay, pero no en Los Ruiles.
- El patrón de distribución de los líquenes aquí encontrados es muy distinto al patrón de distribución observado en sistemas boscosos del Hemisferio norte, en el cual se señala que la mayor diversidad, frecuencia y abundancia



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

de líquenes, se encuentra asociada a bosques antiguos. Sin embargo, hay que considerar que los bosques estudiados en ambas reservas responden más bien a bosques secundarios. Este patrón de distribución de las especies de líquenes observadas en estas dos reservas, parece ser distinto a lo observado en los bosques lluviosos del sur de Chile donde aún persisten bosques primarios o más añosos que estas latitudes..

8.1.2.- En cuanto a las algas y cianobacterias.

- En los Ruiles tanto dentro como fuera de ésta, las cianobacterias son más frecuentes en *N. alessandrii* que en *N. glauca*. Esta diferencia podría atribuirse más bien al tipo de textura de sus cortezas, siendo en estado adulto, agrietada e hidrófila en *N. alessandrii* e hidrófoba en *N. glauca*, en cambio, en Altos de Lircay éstas son más frecuentes en *Nothofagus obliqua* (caducifolia) que en *N. dombeyi* (siempreverde).

- Las Chlorophyta en cambio son abundantes tanto en cortezas de *N. alessandrii* como en *N. glauca* y esto es válido tanto dentro como fuera de la reserva Los Ruiles.

- Entre las algas corticícolas que forman parte del bosque nativo en Altos de Lircay y Los Ruiles aparece ***Trentepohlia monilia*** De Wildeman, la cual puede acumular gran cantidad de alfa y b-caroteno. Estos pigmentos son bien cotizados en el mercado por sus propiedades antioxidantes y como suplemento alimenticio. Hay que recordar que no son muchos los vegetales de origen vegetal que aportan estos pigmentos a la dieta, entre los cuales se pueden mencionar la zanahoria, pimiento, algunas algas como las especies de ***Trentepohlia***, que constituyen un componente del bosque relativamente frecuente especialmente en zonas no perturbadas y en cortezas especialmente de condición siempreverde dentro de la Reserva Altos de Lircay y Los Ruiles.

- Las cianobacterias que estarían representando un interés para ser conservadas son las del orden Nostocales como: ***Nostoc endophyllum*** Bornet & Flahault, ***N. commune*** Vauch. y ***Tolypothrix tenuis*** Kützing ex Bornet & Flahault, las cuales son especies fijadoras de nitrógeno atmosférico, que aportan cuotas importantes de nitrógeno al suelo ayudando a mantener fértiles las comunidades epífitas (musgos, hepáticas y helechos) que sostienen las cortezas que conforman los bosques templados nativos en la zona central de Chile.

8.1.3.- Hongos superiores

- Hay diferencias marcadas de productividad de *Cortinarius austroturmalis* tanto a nivel de ubicación geográfica/topográfica de los ecosistemas boscosos respectivos (Altos de Lircay vs. Los Ruiles) como entre predios dominados por diferentes especies de *Nothofagus* en cada área boscosa.

- La productividad mayor de *Cortinarius austroturmalis* en la Reserva Nacional Los Ruiles, comparada a aquella en la Reserva Nacional Altos de



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

Lircay se interpreta como efecto de las condiciones climáticas diferentes (mayor efecto limitante de temperaturas bajas en la precordillera durante la temporada que en la zona costera).

- Las diferencias en productividad de *Cortinarius austroturmalis* entre predios dominados por distintas especies de *Nothofagus* dentro de la misma reserva se interpretan como combinación del efecto "siempreverde" (mayor suministro de carbono al hongo y mayor protección del sotobosque contra sequía y temperaturas extremas por *Nothofagus dombeyi* que por especies caducifolias) y del efecto del microclima (*N. dombeyi* y *N. alessandrii* crecen en zonas más sombrías y húmedas que *N. obliqua* y *N. glauca*).
- La productividad de *Cortinarius austroturmalis* (aprox. 4-7kg/ha/temporada) compara favorablemente con otras especies de setas comestibles, por lo cual se recomienda promover el uso sustentable de esta especie como producto forestal no maderero.
- La especie primaveral *Cyttaria hariotii* (digüeñe del coigüe, Llao-Llao), presente en ambas reservas forestales estudiadas, alcanza altos valores de productividad (hasta 55kg/ha/temporada en Altos de Lircay), pero su presencia está dependiente de la presencia de su hospedero principal *Nothofagus dombeyi*.
- El valor de *Cyttaria hariotii* como hongo comestible se considera limitado por sus características organolépticas menos favorables que aquellas del digüeñe típico (*C. espinosae*) y su tendencia a fermentarse rápidamente. Se recomiendan estudios de su valor nutracéutico o farmacéutico para aprovechar su potencial de ser transformado en productos más elaborados y de valor agregado.

RECOMENDACIONES

8.2.1 Recomendaciones de carácter metodológico

- Establecimiento de parcelas

Se recomienda establecer parcelas que abarquen una superficie representativa de un 5 % respecto a la superficie total de la unidad en cuestión del área en estudio.

- Selección de los forófitos

Dentro de cada parcela, se debería considerar un mayor espectro de especies arbóreas y en las especies caducifolias muestrear a mayor altura, ya que algunas especies de hongos, líquenes y algas, se desarrollan en forma más abundante por sobre los 2 metros de altura, que fue el límite superior considerado en este estudio.

- Para futuros estudios



Se recomienda para futuros estudios, tener mayor cantidad de datos sobre el pH con el fin de correlacionar la diversidad de líquenes y algas que crecen en sus cortezas. La escasez de datos recogidos para determinación de pH no nos permitió hacer este tipo de análisis, sin embargo, éstos han permitido establecer otras correlaciones tales como DAP versus pH, DAP versus contenido de fosfatos y DAP versus contenido de potasio. La idea inicial era obtener cortezas de todos los forófitos, pero se consideró no recoger cortezas de todos los forófitos por parcela, dado el deterioro que esto podría causar a los árboles.

- Briófitos

Es importante señalar que los briófitos también deberían ser incluidos en futuros estudio del bosque nativo.

8.2.2 Recomendaciones de carácter logístico para prácticas de manejo.

- Establecimiento de lugares importantes a proteger.

Se propondrán circuitos dentro de cada reserva que permitirán definir lugares donde haya alguna criptógama interesante a proteger, los cuales esperamos difundir el día del seminario. Algunos de estos antecedentes ya han sido entregados en este informe, pero sin precisar las parcelas, donde se encuentran, sino solo indicando los sectores dentro de cada reserva.

8.2.3 Recomendaciones de orden educacional y formativa

Se recomienda que dentro de la malla curricular de ingenieros forestales, se pueda programar un curso electivo o básico acerca de Criptógamas como una estrategia para facilitar el conocimiento de estos organismos, los cuales tendrán un valor importantísimo para realizar estudios de líneas de bases, estudios de impacto ambiental y definir bases y prácticas de manejo del bosque nativo, en base al estudio de estos organismos en otras latitudes del país. Esta iniciativa debería ser tomada en cuenta, puesto que basado en el estudio de las criptógamas en los ecosistemas nativos boscosos del hemisferio norte, se han podido establecer interesantes prácticas de manejo para mantener y proteger algunas especies que pudieran estar en peligro de extinción y evaluar el estado de salubridad del bosque mediante el análisis de este grupo de organismos, una realidad, aún muy distinta de nuestra realidad. También, se recomienda capacitar a los guardaparques acerca del conocimiento de la diversidad vegetal del bosque y de las criptógamas presentes, especialmente en áreas protegidas, con el fin de poner especial cuidado en el estado de conservación de los recursos madereros y no madereros de estos ecosistemas.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

BIBLIOGRAFÍA

- APTROOT A & CM VAN HERK (2007). Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. *Environmental Pollution* 146: 293-298.
- ARAGON G, MARTINEZ I, IZQUIERDO P., BELINCHON & R. ESCUDERO (2010) Effects of forest management on epiphytic lichen diversity in Mediterranean forests. *Applied Veg. Sci.* 13: 183-194.
- AZUL AM, SOUSA JP, AGERER R., MARTIN, MP, FREITAS H (2010). Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. *Mycorrhiza* 20: 73-88.
- BRUNDRETT M (1991). Mycorrhizas in natural ecosystems. In: Begon M, Fitter AH & Macfadyen A (eds.): *Advances in ecological research* 21: 171-313, Academic Press.
- CLAUZADE G & C ROUX (1985). Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita determinlibro. *Bulletin Société Botanique du Centre-Ouest. Nov. Sér. Nm, spéc. 7: 1-893 pp*
- DESIKACHARY TV (1959). Cyanophyta. *Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 685 pp.*
- DIAZ IA, SIEING KE, PEÑA-FOXON ME, LARRAIN J & JJ ARMESTO (2010). Epiphyte diversity and biomass loads of canopy emergent trees in Chilean temperate rain forests: A neglected functional component. *Forest Ecology and Management* 259: 1450-1501.
- ESPINOSA M (1926), Los hongos chilenos del género *Cyttaria*. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 30: 206-256.
- FURCI G (2013). *Hongos de Chile, Guía de campo.* Fundación Fungi. Andros Impresores, ISBN 978-956-9284-00-7.
- FRYAR SC, KIRBY GC, HYDE KD (1999). Species abundance patterns of Wood decay basidiomycete communities. *Fungal Diversity* 3: 39-56.
- GALLOWAY DJ (1985). *Flora New Zealand Lichens.* P.S. Hasselberg. New Zealand Government Printer, Wellington. Ixxiii + 662 pp.
- GALLOWAY DJ (1992a). Studies in *Pseudocyphellaria* (lichens) III The South American species. *Bibliotheca Lichenologica* 46: 1-275. J Cramer, Berlin.
- GALLOWAY DJ & PM JORGENSEN (1995). The lichen genus *Leptogium* (Collemales) in southern Chile. South America. In: Flechten Follmann. Contributions to lichenology in honour of Gerhard Follmann. Geobotanical and Phytotaxonomical Study Group (eds.)



- Daniels FJA, Schulz & J Peine), pp 227-247. Botanical Institute, University of Cologne, Cologne.
- GAMUNDÍ IJ (1971), Las *Cyttariales* sudamericanas (*Fungi - Ascomycetes*). Darwiniana 16(3-4): 461- 510.
- GARRIDO N (1988) Agaricales s.l. und ihre Mykorrhizen in den *Nothofagus*-Wäldern Mittelchiles (Agaricales s.l. y sus micorrizas en los bosques de *Nothofagus* en Chile central). Bibliotheca Mycologica 120, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, ISBN 3-443-59021-7.
- GEITLER L 1925. *Die Süßwasser-Flora*. 12 Cyanophyceae, Verlag Von Gustav Fischer, Jena 481 pp.
- GOWARD T (1994) Notes on old-growth-dependent epiphytic macrolichens in inland British Columbia, Canada. Acta Botanica Fennica 150: 31-38
- HORAK E (1977) New and rare boletes from Chile. Bol. Soc. Arg. Bot. 18(1-2): 97-109.
- HORAK E (1980) Agaricales y gasteromicetes secotioides. En: Flora Criptogámica de Tierra del Fuego, tomo XI, fascículo 6: Fungi, Basidiomycetes, FECYC, Buenos Aires.
- KASHWADANI H (1990). Some chilean species of the genus *Ramalina* (Lichens). Bulletin of the National Museum of Natural Science. Tokyo. Sér.B 16(1):1-12.
- KOMÁREK J, ANAGNOSTIDIS K (2005). Cyanoprokariota, II Tel. Oscillatoriales, Band 19/2, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Elsevier GmbH, Munchen 759 pp.
- LAZO W (2001) Hongos de Chile, Atlas micológico. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, ISBN956-19-0337-7.
- MAASS W & D YETMAN (2002) COSEWIC status report on the Boreal Felt Lichen (*Erioderma pedicellatum*) Atlantic population in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa.
- MESSUTI MI (2005). The genus *Pertusaria* (Pertusariales: Pertusariaceae) in the Juan Fernández Archipelago (Chile). The Lichenologist 37(2): 111-122.
- MOSER M, HORAK E (1975) *Cortinarius* Fr. und nah verwandte Gattungen in Südamerika (*Cortinarius* Fr. y géneros afines en Sudamérica). Beihefte Nova Hedwigia 52, J. Cramer, Vaduz.
- NASCIMBENE, C & L MARTINI (2010). Oak forest exploitation and black-locust invasion caused severe shifts in epiphytic lichen communities in Northern Italy. Science of the Total Environment 408: 5506-5512.



- NEUSTUPA J, SKALLOUD SP (2008). Diversity of subaerial algae and cyanobacteria on tree bark in tropical mountain habitats. *Biología*, 63: 806-812.
- NEUSTUPA J & P SKALLOUD (2010). Diversity of subaerial algae and cyanobacteria growing on bark and wood in the lowland tropical forests of Singapore. *Plant Ecology and Evolution* 143 (1): 51-62.
- NILSSON S.G, ARUP U, BARANOWSKI R, EKMAN S (1995) Tree-dependent lichens and beetles as indicators in conservation forests. *Conservation Biology* 9: 1208-1215.
- RICHARDSON DHS & RP CAMERON (2004) Cyanolichens: their response to pollution and possible management strategies for their conservation in northeastern North America. *Northeastern Naturalist* 11: 1-22.
- ROSE F (1972). The epiphytes on oak. In: Morris MG and Perring FH (eds.) *The British Oak. Its History and Natural History*, pp 250-273. EW Classey. Faringdon.
- ROSE F (1976). Lichenological indicators of age and ecological continuity in Woodlands. In: Brown DH, Hawksworth DL & BAILEY RH (eds.) *Lichenology: Progress and Problems*, pp 279-307. Academic Press. London.
- ROSE F (1992). Temperate forest management: its effects on bryophyte and lichen floras and habitats. In: Bates JW & Framer AM (eds.) *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment*, pp 211-233. Oxford Scientific Publications, Oxford.
- SANTESSON R (1945), *Cyttaria*, a genus of inoperculate Discomycetes. *Svensk Bot. Tidskr.* 39(4): 319-345.



Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

ANEXOS

ANEXO 1: Datos dendrométricos

ANEXO 2: Georeferenciación de las parcelas

ANEXO 3.1: Datos pH, Dentro R.N. Los Ruiles

ANEXO 3.3: Datos pH, Fuera R.N. Los Ruiles

ANEXO 3.3: Datos pH, Dentro R.N. Altos Los Ruiles

ANEXO 3.1: Datos pH, Fuera R.N. Altos Los Ruiles

ANEXO 4: Catálogo Hongos comestibles