

**Patrones biogeográficos de los ensambles de hongos
Agaricales *s.l.* en bosques dominados por *Nothofagus
obliqua* (Mirb) Oerst. y *Nothofagus macrocarpa* (A.Dc.)
Vasq. & Rodr. en un gradiente latitudinal.**

Tesis

Entregada a la

Universidad de Chile

En cumplimiento Parcial De Los Requisitos

Para optar al Grado de

Magíster en Ciencias Biológicas

Facultad De Ciencias

Por

María José Dibán Karmy

5 de junio, 2019

Director de Tesis Dr. Luis Felipe Hinojosa Opazo

Co-Director de Tesis Dr. Götz Palfner

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE
INFORME DE APROBACION
TESIS DE MAGÍSTER**

Se informa a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias que la Tesis de Magíster presentada por la candidata

María José Dibán Karmy

Ha sido aprobada por la comisión de Evaluación de la tesis como requisito para optar al grado de Magíster en Ciencias Biológicas, en el examen de Defensa Privada de Tesis rendido el día 8 de abril de 2019.

Director de Tesis:

Dr. Luis Felipe Hinojosa Opazo

Co-Director de Tesis

Dr. Götz Palfner

Comisión de Evaluación de la Tesis

Dra. Julieta Orlando

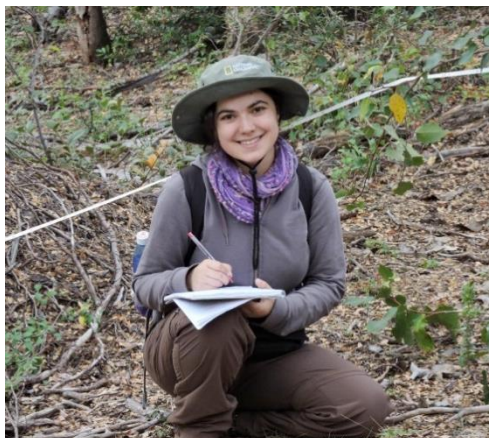
Dra. Alejandra González

Recuperar la caricia del sol, la voz del agua, el temblor de la flor, la noche en calma.

Madre Tierra.

Autor desconocido

RESUMEN BIOGRÁFICO



Desde pequeña que he sido muy cercana a la naturaleza, principalmente a las plantas, aves y hongos, lo que me llevó a seguir la carrera de Biología Ambiental, buscando siempre la conservación de los ecosistemas nativos, y hacer llegar el conocimiento a todas las personas.

El 2011 entré al laboratorio de Paleoecología, donde aprendí mucho sobre las plantas nativas realizando herbarios, y sobre biogeografía de plantas. Durante la carrera, tomé además el curso de ornitología, pero siempre tuve el vacío del conocimiento de los hongos. Así que decidí aprender haciendo, por lo que ingresé al programa de Magíster en Ciencias Biológicas, donde aprendí mucho sobre taxonomía de macrohongos de Chile, gracias a la ayuda de muchas personas. Actualmente, formo parte de la ONG Micófilos, donde realizamos investigación, difusión, educación ambiental y conservación del bosque nativo, por medio del estudio de los hongos.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no la hice sola, sino que fue una colaboración entre muchas personas:

Quiero agradecer a mi Tutor, Felipe Hinojosa, por recibirme en su laboratorio desde el año 2011, donde aprendí el reconocimiento de plantas, herborización, morfología foliar, biogeografía de plantas, modelación de nicho y modelos de evolución. Le agradezco mucho por abrir las puertas para que amplíe mi investigación hacia la biogeografía de hongos en su laboratorio, y financiar todas las salidas a terreno y análisis de suelo a través de su Proyecto Fondecyt 1150690. Así como también por todas las críticas constructivas hacia mi tesis y todo el trabajo que he realizado en el laboratorio en estos años.

Al profesor Götz Palfner por su paciencia y dedicación en enseñarme a recolectar, conservar y realizar la microscopía de hongos, tanto a la distancia por mis frecuentes llamadas telefónicas, y presencialmente en su laboratorio de Micología y Micorrizas de la Universidad de Concepción.

A mis revisoras, Julieta Orlando y Alejandra González, por su buena disposición para enseñar, y realizar las correcciones de la tesis.

A Juan Pablo Pino por su amor, su enorme paciencia en los altos y bajos, contención en todo momento, especialmente aquellos de mucho estrés. Así como también su apoyo en terreno, disposición para discutir ideas, y sus consejos.

A todas las personas que me acompañaron a terreno, y me ayudaron a recolectar hongos, medir la vegetación y recolectar muestras de suelo: Liliana Londoño, Jeannette Muñoz, Stephany Díaz, Viviana Salazar, Josefina Cabezas, Juan Pablo Pino, Daniela Salazar, Ximena Romero, Franco Villalobos, Felipe Karelovic, Vania Osses, Consuelo Sáez, Rocío Estragués. Pero me gustaría hacer una mención especial a Liliana Londoño, quién fue a casi todos los terrenos, y muchas veces se llevó la tarea más pesada de tomar las muestras de suelo cuando estábamos con el tiempo en contra y yo debía terminar de recolectar los hongos.

A la Reserva Altos de Cantillana por conceder los permisos de investigación con toma de muestras en las roblerías, especialmente a Ximena Romero, quien coordinó todas las salidas a terreno.

Finalmente, me gustaría agradecer a la ONG Micófilos por toda su ayuda en la facilitación de literatura, y ayudarme a toda hora con las dudas que tenía, principalmente a Viviana Salazar y Sebastián Ponce, quienes estuvieron de principio a fin ayudándome.

ÍNDICE DE MATERIAS

Resumen	1
Abstract	3
1. Introducción	5
1.1. Hipótesis	10
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo general	10
1.2.2. Objetivos específicos	10
2. Materiales y métodos	12
2.1. Localidades y sitios de estudio	12
2.2. Obtención de muestras	18
2.3. Variables edáficas, vegetacionales y climáticas	20
2.3.1. Variables edáficas	20
2.3.2. Variables vegetacionales	22
2.3.3. Variables climáticas	25
2.4. Análisis de datos	26
2.4.1. Regresión:	26
2.4.2. Índices de diversidad:	27
2.4.3. Análisis multivariado:	30
3. Resultados	32
3.1. Variables ambientales: suelo, clima y vegetación	32
3.1.1. Variables edáficas	32
3.1.2. Composición de la vegetación	33
3.1.3. Caracterización climática	36
3.2. Riqueza y composición de hongos	37
3.3. Análisis multivariado	51
Discusión	58
Conclusión	68
Referencias	70
Anexos	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localidad de estudio, coordenadas geográficas, altitud, junto a los pisos vegetacionales y bioclima de Luebert & Pliscoff (2018).....	13
Tabla 2. Variables edáficas estimadas, con su respectiva nomenclatura utilizada y sus métodos de extracción.....	22
Tabla 3. Variables vegetacionales estimadas con su respectiva nomenclatura.....	25
Tabla 4. Abreviatura y significado de las 19 variables bioclimáticas.....	26
Tabla 5. Valores de fósforo Olsen (ppm) y aluminio (ppm) para cada sitio de estudio. En negrita se resaltan los valores más altos para cada variable.....	33
Tabla 6. Valores de recambio de especies de plantas dentro de los sitios y las localidades, así como también dentro de cada localidad, por medio de los índices β Sorensen y β Jaccard.....	35
Tabla 7. Listado de Órdenes y Familias encontradas con la riqueza de géneros y especies.	39
Tabla 8. Riqueza taxonómica y de grupos tróficos en cada localidad: hongos ectomicorrícicos (ECM), saprobiontes (Sapr.), sin información (S.I.), y la relación entre saprobiontes y ectomicorrizas (Sapr:ECM). En negrita se resaltan los valores más altos de riqueza.	41
Tabla 9. Riqueza taxonómica y de grupos tróficos en cada sitio. ECM: ectomicorrizas, Sapr.: saprobiontes, S.I.: sin información, Sapr:ECM: relación entre saprobiontes y ectomicorrizas.	45
Tabla 10. Porcentaje de especies exclusivas de cada localidad y sitio de estudio.	49
Tabla 11. Recambio de especies y anidamiento a través del índice β Sorensen y β Jaccard entre sitios, entre localidades, y dentro de los sitios de cada localidad.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de las localidades estudiadas.	12
Figura 2. Fotografías de los sitios estudiados del Cerro El Roble. A) Vista del parche de <i>N. macrocarpa</i> en el Cerro, en tonalidades pardas. B) Sitio ubicado en la zona alta (CRo_alt), con una marcada exposición a la luz, y C) de la zona baja (CRo_baj), donde se observan robles de mayor altura.	14
Figura 3. Fotografías de los sitios estudiados la Reserva Altos de Cantillana. A) Vista del parche de <i>N. macrocarpa</i> en el cerro, en tonalidades pardas, indicando la zonificación de los sitios. B) Sitio ubicado en las roblerías (Can_rob), donde se observa la pendiente y los robles con fustes menores y de baja altura, C) y D) del bosque mixto (Can_mix), donde se observan robles más altos (C) y la vegetación cercana al curso de agua (D).	15
Figura 4. Fotografías de los bosques muestreados en Vilches Altos, donde A) se muestra el bosque dominado por <i>N. obliqua</i> , correspondiente a un renoval, y B) un bosque dominado por <i>N. dombeyi</i> , con ejemplares de mayor tamaño.	16
Figura 5. Fotografías de los bosques muestreados en Concepción. A) Bosque mixto dominado por <i>N. obliqua</i> y <i>A. punctatum</i> y B) bosque con dominancia de <i>A. punctatum</i>	17
Figura 6. Fotografías de los sitios muestreados en Caburgua: A) zona alta (Cab_alt), con una alta diversidad de plantas y un sotobosque muy denso, cercano a un curso de agua; B) zona baja (Cab_baj) caracterizada por árboles de gran tamaño, menor densidad del sotobosque, y terreno plano; y C) el bosque mixto (Cab_mix) con menor dominancia de <i>N. obliqua</i> , y con poca exposición a la luz.....	18
Figura 7. Protocolo de colecta de suelo utilizado para cada uno de los 11 sitios de muestreo.	21
Figura 8. Valores y tendencias de las variables edáficas para cada sitio de estudio. A) pH; B) porcentaje de carbono orgánico; C) porcentaje de nitrógeno total; D) relación entre el carbono y nitrógeno; E) sodio; F) magnesio; G) calcio; H) potasio; I) capacidad de intercambio catiónico; J) nitrato; y K) amonio. Las líneas punteadas indican la tendencia de los datos. (*) $p < 0,05$	32
Figura 9. Composición de la vegetación para cada sitio de estudio..	34
Figura 10. Análisis de cluster (UPGMA) de la vegetación a través del índice de similitud de Jaccard (A), y de Sorensen (B). Los números bajo los nodos indican el valor de Bootstrap.	36
Figura 11. Descripción de las 19 Bios para cada localidad..	37
Figura 12. Proporción total encontrada entre saprobiontes (naranja), ectomicorrizas (verde) y parásitos (amarillo).	38
Figura 13. Porcentaje de especies de cada Familia encontradas en los bosques estudiados.	40
Figura 14. Curva de rarefacción para cada localidad de muestreo. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%.	42

Figura 15. Patrón de riqueza de especies de hongos en el gradiente latitudinal. Se indica el valor de significancia (p) y el coeficiente de correlación de Pearson (r).	43
Figura 16. Riqueza de grupos tróficos por localidad, ordenados de norte a sur. En amarillo se muestra el Cerro El Roble; naranja: Altos de Cantillana; morado: Vilches Altos; celeste: Concepción; y verde: Caburgua.	44
Figura 17. Riqueza encontrada en cada cuadrante de los sitios de estudios.	46
Figura 18. Índices de diversidad para las localidades y sitios siendo respectivamente: A y E) Margalef (I), B y F) Shannon-Weaver (H'), C y G) $1 - D_{(Si)}$, D y H) equitatividad de Pielou (J).....	47
Figura 19. Análisis de cluster (UPGMA) de los hongos a través del índice de similitud de Jaccard (A), y de Sorensen (B). Los números bajo los nodos indican el valor de Bootstrap.	48
Figura 20. Relación entre la distancia geográfica y el índice de similitud de Sorensen. Se indica el valor de p y el coeficiente de correlación de la prueba de Mantel, con 9999 permutaciones de Montecarlo.	50
Figura 21. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies totales (Riqueza) y por grupo trófico: ectomicorrizas (ECM), saprobiontes totales (Sap), saprobiontes de madera (S_mad), y saprobiontes de suelo (S_suelo). Los dos primeros ejes representan el 99,6% de la varianza total.....	52
Figura 22. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies por familia de ECM: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 98% de la varianza total.	53
Figura 23. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies por familia de saprobiontes totales: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 86,6% de la varianza total.	54
Figura 24. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies dentro de las familias de saprobiontes de suelo: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 88,3% de la varianza total.	55
Figura 25. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies dentro de las familias de saprobiontes de madera: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 90,3% de la varianza total.....	56
Figura 26. Análisis de partición de varianza para la riqueza total de especies y por grupo trófico (Riqueza), y para la riqueza total de especies pertenecientes a cada familia según su grupo trófico, en relación a cada grupo de variable por si sola (suelo, vegetación y clima), y la combinación de ellas, donde S: suelo, V: vegetación y C: clima.	57

ANEXOS

Anexo 1. Variables edáficas para cada sitio de estudio: Porcentaje de Carbono orgánico (%CO), porcentaje de Nitrógeno (%N), relación Carbono y Nitrógeno (C:N), Fósforo Olsen (P Olsen), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrato (NO ₃ ⁻), amonio (NH ₄ ⁺), pH y aluminio (Al).	82
Anexo 2. Correlación de las variables edáficas con la latitud.	82
Anexo 3. Listado de especies de plantas y sus respectivos hábitos para cada sitio de muestreo. Los números indican la frecuencia absoluta según el método de intercepto de puntos.	83
Anexo 4. Listado taxonómico de especies con su respectivo grupo trófico, localidad y fecha de recolección. En verde se resaltan las especies endémicas de Chile, y en naranja los nuevos registros para el país. EcM: ectomicorriza, Sapr.: saprobionte, Par.: parásito, S.I.: sin información, MO: Materia orgánica, CRo: Cerro El Roble, Can: Altos de Cantillana, Vil: Vilches, Con: Concepción, Cab: Caburgua.	85
Anexo 5. Abundancia máxima alcanzada por cada especie en cada sitio de muestreo. En verde se resaltan las especies endémicas de Chile, y en naranja los nuevos registros para el país.	94
Anexo 6. Fotografía de los dos nuevos registros para Chile. A) y B) <i>Ripartites tricholoma</i> ; C) y D) <i>Rimbachia arachnoidea</i> var. <i>bispora</i>	102
Anexo 7. Varianza acumulada en los ejes RDA 1 y RDA 2 para cada componente de la riqueza.	103
Anexo 8. Correlación de las variables ambientales con los ejes RDA 1 y RDA 2 para la riqueza total de especies, riqueza de especies por familia de ECM, saprobiontes totales, saprobiontes de madera y saprobiontes de suelo. En negrita se resaltan los valores que obtuvieron un valor de $p < 0,05$ en el análisis de Forward Selection.	105
Anexo 9. Distribución de cada género según las zonas climáticas de Köppen (1948). La distribución “amplia” indica que posee especies en todas las zonas climáticas.	107

Resumen

A nivel global se ha documentado patrones de riqueza de hongos asociado a las condiciones edáficas y al clima actual, la cual varía según el grupo trófico. De los 18 Órdenes pertenecientes a la Clase Agaricomycetes; Agaricales, Russulales y Boletales se agrupan en Agaricales *sensu lato*, el cual presenta un gradiente de riqueza de especies con un leve aumento hacia el ecuador, relacionado con valores intermedios a altos de precipitaciones. Los bosques del sur de Sudamérica se encuentran dominados por el género *Nothofagus*. En Chile, éste se encuentra ampliamente distribuido, con 10 especies. Entre éstas, *N. macrocarpa* y *N. obliqua* abarcan la distribución más al norte. Poco se sabe sobre los factores que estarían incidiendo sobre los patrones de riqueza y composición de Agaricales *s.l.*, donde carecen estudios de este tipo para *N. macrocarpa*, mientras que para *N. obliqua* se ha descrito que la riqueza y abundancia de especies micorrízicas disminuye a mayores concentraciones de nitratos. Este estudio pretende responder si existe un gradiente de riqueza y composición de especies fúngicas del grupo de Agaricales *s.l.* en función al conjunto de variables bióticas y abióticas en el gradiente latitudinal en los bosques dominados por dichas especies de *Nothofagus*, y de ser así, cuáles son los factores que más influyen sobre el patrón.

Se realizó un muestreo a 5 localidades entre los -32,9 y -39,1 grados de latitud sur durante dos años, una vez al mes y unos días posterior a las lluvias. Se recolectó cuerpos fructíferos, muestras de suelo para la estimación de variables edáficas, y se midió la

riqueza y composición de la vegetación. Las variables climáticas se descargaron a partir de WorldClim.

En este estudio se reportan 30 Familias, 76 géneros y 265 especies. Los resultados muestran que existe un patrón creciente de riqueza de especies de hongos Agaricales *s.l.* de norte a sur, asociado al aumento en los montos de precipitación anual, en la riqueza de plantas, Na, N total, disminución del pH y de la estacionalidad en las precipitaciones. El aumento en la riqueza de especies hacia el sur se mantiene al evaluarlo por cada grupo trófico por separado, sin embargo, el grupo de las principales variables explicativas cambian entre ellos.

En cada localidad estudiada hay un alto porcentaje de exclusividad de especies, así como también un alto recambio de especies dentro y entre localidades, donde a mayor distancia geográfica hay menor similitud en la composición de las especies presentes.

Abstract

Global scale richness patterns of fungi are associated to edaphic variables and current climate, but each trophic group respond differentially. Agaricomycetes Class have 18 Orders, where Agaricales, Russulales and Boletales are agrupated in Agaricales *sensu lato* group, which have a global richness patterns with a high diversity on the tropics, asociated to medium to high levels of precipitation. Southern forest on south of South America are dominated by *Nothofagus* genus, which have a wide distribution in Chile with 10 species, where *N. macrocarpa* and *N. obliqua* are the northernmost species. Studies about which factors are influencing on richness and composition patterns of Agaricales *s.l.* are scarce, especially for *N. macrocarpa*. Studies on *N. obliqua* forest show that mycorrhiza richness and abundance decay on high nitrate concentration. The aim of this study is analyzing if exist a latitudinal richness and composition Agaricales *s.l.* patterns associated to a group of biotic and abiotic ambiental variables on *N. macrocarpa* and *N. obliqua* dominated forests, and to understand which ambiental variable is the most influence over the patterns.

Five localities between -32,9 and -39,1 southern latitude were sampled over two years, once a month after rains. Fruiting bodies and soil were collected, to taxonomic determination and edaphic estimation respectively. Richness and composition of vegetation were sampled. Climatic variables were obtained from WorldClim database.

In this study we report 30 Families, 76 genera and 265 species. Our results show an increasing richness patterns of Agaricales *s.l.* fungi from north to south, associated to the increment of precipitation, plant richness, Na, total N, decrease of pH and seasonality of

precipitation. Trophic groups follow the same increasing pattern of richness from north to south, but explanatory variables change between them.

There are a high percentage of species exclusivity and replacement within and between the localities, where at greater geographical distance there is less similarity in the composition of species between sites and localities.

1. Introducción

Los hongos son un grupo muy diverso, con 80.000 a 120.000 especies distribuidos en todos los ecosistemas terrestres (Hawksworth y col., 2001; Kirk y col., 2001), los cuales conforman tres grupos tróficos: (1) saprobiontes, los cuales descomponen la materia orgánica y ciclan los nutrientes; (2) organismos simbiotes mutualistas, como es el caso de los hongos micorrícicos, las cuales se asocian con raíces de especies vegetales, distinguiéndose dos grupos de micorrizas: endomicorrizas, donde el micelio del hongo penetra en las células de las raíces de las plantas, mientras que en las ectomicorrizas el micelio forma un manto que cubre la raíz y una interfase extracelular de intercambio de nutrientes (red de Hartig); (3) parásitos, donde obtienen nutrientes de plantas y animales vivos, dañando al hospedero (Valenzuela, 1998).

La diversidad de grupos tróficos se ve influenciada por la calidad y cantidad de materia orgánica disponible, debido a que es un aporte importante de carbono orgánico, sin embargo, la disponibilidad de este compuesto en el suelo se ve regulado por el clima, el cual afecta a la composición vegetal, y, por lo tanto, a la materia orgánica que ingresa al suelo (Ganuza & Almendro, 2003)

Se han descrito patrones de riqueza a nivel global diferenciado para cada grupo trófico, donde la riqueza de especies saprófitas y parásitas aumenta hacia el ecuador y disminuye hacia los polos, mientras que en ectomicorrícicas presentan un “peak” de riqueza en latitudes medias del hemisferio norte, asociadas a bosques templados y mediterráneos (Tedersoo y col., 2014). Este patrón ha sido explicado tanto por variables edáficas, como la biodisponibilidad de nutrientes y pH; y variables climáticas, como la

temperatura media anual y precipitación anual: para ectomicorrizas se observa una correlación positiva entre la disponibilidad de carbono orgánico, la diversidad y la riqueza de plantas hospederas, como también con valores de pH levemente ácidos a neutros, pero disminuye a mayores valores de nitrógeno (Erland & Taylor, 2002). Por su parte, la riqueza de especies saprófitas aumenta con la disponibilidad de carbono orgánico, valores de pH moderados a altamente ácidos, y mayor precipitación media anual. Finalmente, las especies parásitas se correlacionan negativamente con la latitud, pero positivamente con la disponibilidad de nitrógeno (Tedersoo y col., 2014).

Dentro del Reino Fungi, las Divisiones con más riqueza de especies corresponden a Ascomycota (~64.000 especies; Kirk y col., 2008) y Basidiomycota (~30.000 especies; Webster & Weber, 2007). De este último, la Clase Agaricomycetes es la más abundante, con 17 Órdenes, y alrededor de 21.000 especies. Los principales Órdenes son Agaricales (~10.000 especies), Russulales (~1.800 especies) y Boletales (~1.300 especies), los cuales se agrupan en Agaricales *sensu lato* (Kirk y col., 2008), cuyas fructificaciones son macroscópicas y están dentro del grupo artificial denominado “macromicetos”, los cuales corresponden a aquellos cuyo cuerpo fructífero es igual o superior a los 2 mm (Lodge y col., 2004; Senn-Irlet y col., 2007). Este grupo presenta un gradiente de riqueza de especies con un leve aumento hacia el ecuador, relacionado con valores intermedios a altos de precipitaciones (Lodge y col., 1995).

A lo largo de Chile se puede encontrar heterogeneidad biogeográfica, caracterizada por diversos tipos de clima, con gradientes de precipitaciones crecientes y temperaturas con una leve disminución hacia latitudes altas (Uribe y col., 2012). Esto moldea la

composición vegetal a lo largo del país, encontrándose zonas desérticas, bosques mediterráneos, bosques templados y tundras (Lubert & Pliscoff, 2018). Los bosques chilenos poseen alto grado de endemismo de la vegetación, con un marcado gradiente de ésta, encontrándose un máximo de diversidad entre los 38° y 42°S (Villagrán & Hinojosa, 1997; Hinojosa & Villagrán, 1997), el cual es explicado por una combinación de factores climáticos e históricos, como son los gradientes de temperatura y precipitación; el aislamiento biogeográfico debido al surgimiento de la Diagonal Árida y factores asociados a los ciclos glacial-interglacial, destacando el último máximo glacial del Pleistoceno (Hollin & Schilling, 1981; Villagrán & Hinojosa, 1997; Hinojosa & Villagrán, 1997, Segovia y col., 2013). Los bosques templados del Sur de Sudamérica se encuentran dominados por el género *Nothofagus* Blume (Nothofagaceae) (Manos, 1997; Heads, 2006). En Chile, *Nothofagus* se encuentra ampliamente distribuido desde aproximadamente los 32° a 54°S, con 10 especies, dentro de las cuales 3 son siempreverdes (*N. dombeyi*, *N. nítida* y *N. betuloides*), y 7 deciduas (*N. obliqua*, *N. macrocarpa*, *N. glauca*, *N. alpina*, *N. alessandri*, *N. antarctica*, y *N. pumilio*). De éstas, *Nothofagus macrocarpa* (A.DC.) Vasq. & Rodr., anteriormente considerada como subespecie de *N. obliqua*, es una especie endémica de Chile (Gajardo, 2001), con distribución entre los 32° y 35° S (V a VII Región), siendo la más septentrional de Sudamérica, conformando el límite norte de los bosques caducifolios (Ormazábal & Benoit, 1987) y siendo la especie dominante de éstos, mientras que *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst. es nativo, encontrándose entre los 33° y 41° S (VI a X Región), a través de la Cordillera de la Costa, el valle longitudinal y la Cordillera de Los Andes (Azpilicueta y col., 2009), atravesando un gradiente de precipitación media anual que aumenta hacia

el sur, desde 400 mm a 1.700 mm aproximadamente, y con temperaturas que siguen una leve tendencia de disminución (Donoso, 1979; Uribe y col., 2012), siendo en algunos bosques la especie dominante.

En los bosques templados de Chile, se han documentado 503 especies de Agaricales *s.l.* (Garrido, 1988), donde el género *Nothofagus* posee asociaciones ectomicorrízicas obligadas (Garrido, 1988; Palfner, 2001), con participación del 38% de las especies de Agaricales *s.l.* documentadas en Chile que forman ectomicorriza con el género (Garrido, 1988), y gracias a las cuales poseen mayor plasticidad a condiciones ambientales adversas que cualquier otra especie arbórea sin micorriza, y por ende, actuar como especies pioneras y poder mantenerse en áreas deterioradas (Singer & Morello, 1960). Son escasos los estudios en bosques de *N. macrocarpa*, los cuales se encuentran restringidos al Cerro el Roble, en la Región Metropolitana (Garrido, 1988; Singer, 1969), donde se encontraron 25 especies, correspondientes a 10 simbiontes ectomicorrícicos y 15 saprobiontes. Por su parte, Valenzuela y col (2013) documentaron 52 especies en las cercanías de Paillaco para un bosque dominado por *N. obliqua*, en el litoral de la XIV Región, de los cuales 15 corresponden a formadores de micorrizas, y 38 a saprobiontes. Se ha documentado que el principal género micorrícico para las especies del género *Nothofagus*, corresponde a *Cortinarius* (Moser & Horak, 1975; Garrido 1988; Valenzuela, 1993), el cual presenta más de 200 especies en Chile (Garrido, 1988; Moser & Horak, 1975), de las cuales 7 están asociadas a *N. macrocarpa* (Garrido, 1988; Singer, 1969), y 62 a *N. obliqua* (Garrido, 1988). El principal taxón de Agaricales *s.l.* saprófitos en los bosques del género *Nothofagus* corresponde al género *Mycena*, encontrándose en

porcentajes que varían entre 21% a 36% en bosques de la Depresión Intermedia de la X Región (Valenzuela y col., 1998), y un 31% en las cercanías de Paillaco (Valenzuela y col., 2013).

Son escasos los estudios micológicos en Chile asociados a la distribución individual de las especies y de consorcios fúngicos, por lo que poco se sabe sobre los factores que estarían incidiendo en la distribución en el gradiente latitudinal de Agaricales *s.l.* Para bosques de *N. obliqua* en las cercanías de Paillaco se encontró una disminución en la riqueza y abundancia de especies micorrícicas a mayores concentraciones de nitratos (Valenzuela y col., 2013). Sin embargo, estos estudios carecen de análisis que incluyan la variación de la riqueza y composición fúngica en función del conjunto de variables tanto bióticas como la composición de los bosques; y abióticas, como el clima (temperaturas y precipitaciones) y las variables edáficas (pH, materia orgánica, y nutrientes) en el gradiente latitudinal de Chile, donde hay un marcado gradiente de precipitaciones, diversidad de plantas y recambio florístico. De este modo, surgen las siguientes preguntas: (1) ¿Existe un gradiente de riqueza, composición y recambio de especies en los ensambles de ectomicorrizas, saprófitos y parásitos de Agaricales *s.l.* en un gradiente climático y vegetacional en los bosques dominados por *N. obliqua* y *N. macrocarpa*?, de ser así, (2) de las variables climáticas (temperaturas y precipitaciones), edáficas (pH, materia orgánica y nutrientes), y la composición vegetacional de los bosques, ¿cuáles son los factores que más influyen sobre la riqueza y composición fúngica?, y (3) ¿existe mayor riqueza de especies de hongos asociados a mayor riqueza de especies de plantas en los bosques?

1.1. Hipótesis

Dado que existe un gradiente creciente de precipitaciones y de riqueza en las especies de angiospermas en el rango de distribución de *Nothofagus macrocarpa* y *Nothofagus obliqua*, entre los 32° y 41° S, se espera que la riqueza de especies de hongos pertenecientes a Agaricales *s.l.*, representada en riqueza de cuerpos fructíferos, siga el mismo patrón creciente. Sin embargo, debido a que la diversidad de simbiontes ectomicorrícicos, saprófitos y parásitos varía según variables edáficas y climáticas, se espera que la riqueza de estos grupos tróficos siga un patrón diferenciado.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Caracterizar la riqueza y composición funcional / trófica de ensamblajes de macromicetos pertenecientes a Agaricales *s.l.* en un gradiente latitudinal en Chile.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Comparar la riqueza de especies, y la composición de los grupos funcionales/tróficos, como simbiontes ectomicorrícicos, saprobiontes y parásitos de Agaricales *s.l.* en bosques dominados por *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus macrocarpa* en 5 localidades que abarcan el rango de distribución de estos bosques.

- Analizar las variables edáficas, como el pH, materia orgánica y nutrientes, y variables climáticas, como temperatura media anual, precipitación anual, temperaturas y precipitaciones de verano e invierno.
- Caracterizar la composición y abundancia de la vegetación en cada localidad muestreada y estudiar el posible efecto de ésta sobre la riqueza y composición de hongos.

2. Materiales y métodos

2.1. Localidades y sitios de estudio

Se estudiaron 5 localidades (Figura 1, Tabla 1) que abarcan el rango de distribución de *N. macrocarpa* en los cordones montañosos de la zona norte y sur de la Región Metropolitana, y, casi la totalidad de la distribución para *N. obliqua* entre la Región del Maule y la Región de la Araucanía.

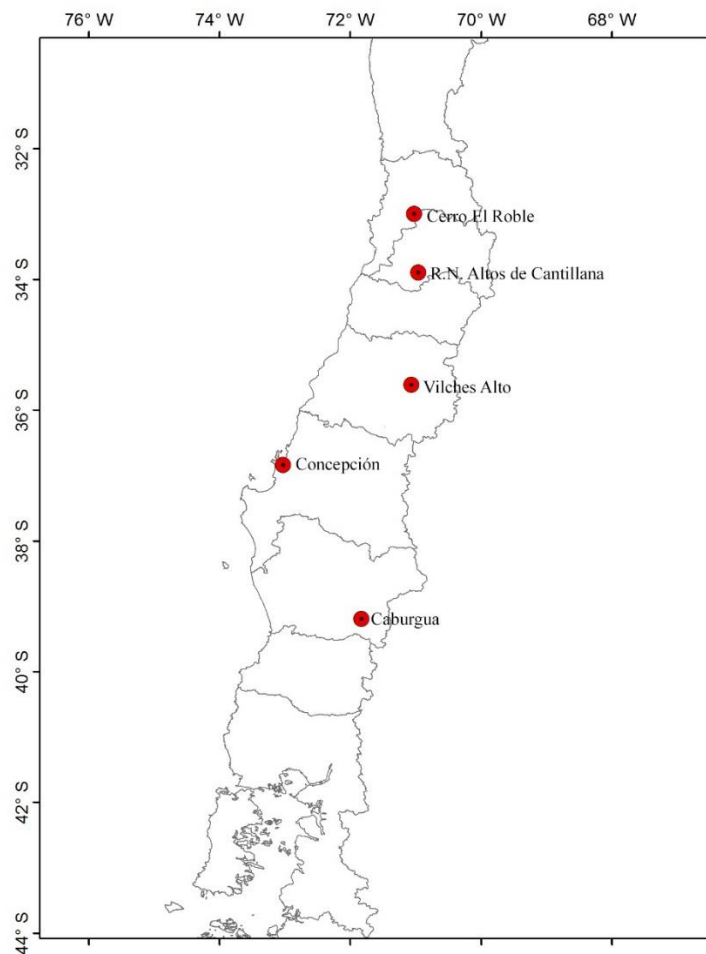


Figura 1. Mapa de distribución de las localidades estudiadas.

Tabla 1. Localidad de estudio, coordenadas geográficas, altitud, junto a los pisos vegetacionales y bioclima de Luebert & Pliscoff (2018)

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Piso vegetacional	Bioclima
Cerro El Roble	-32,99	-71,02	1566	Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus macrocarpa</i> y <i>Ribes punctatum</i>	Mediterráneo Pluviestacional-Oceánico
Altos de Cantillana	-33,88	-71,00	1195	Bosque caducifolio mediterráneo costero de <i>Nothofagus macrocarpa</i> y <i>Ribes punctatum</i>	Mediterráneo Pluviestacional-Oceánico
Vilches Altos	-35,60	-71,06	1298	Bosque caducifolio mediterráneo andino de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Austrocedrus chilensis</i>	Mediterráneo Pluviestacional-Oceánico
Concepción	-36,83	-73,02	124	Bosque caducifolio mediterráneo-templado costero de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Gomortega keule</i>	Mediterráneo Pluviestacional-Oceánico
Caburgua	-39,19	-71,82	767	Bosque caducifolio templado de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Laurelia sempervirens</i>	Templado Hiperoceánico

Además, cada localidad se subdividió en 2 sitios según la heterogeneidad del paisaje, a excepción de Caburgua, la cual se dividió en 3 sitios, debido a la marcada diferencia topográfica y vegetacional.

1. **Cerro El Roble (CRo):** ubicado en la Cordillera de la Costa, cerca del Parque Nacional La Campana, y en el límite entre la Región de Valparaíso y la Región Metropolitana. Se encuentra dominado por roblerías casi puras de *Nothofagus macrocarpa* (Figura 2).
 - a. **Cerro El Roble alto (CRo_alt):** corresponde a un bosque con alta dominancia de *N. macrocarpa*, con baja cantidad de hojarasca, alta exposición a la radiación, y vegetación característica de zonas de ladera exposición norte del bosque esclerófilo.
 - b. **Cerro El Roble bajo (CRo_baj):** bosque que se adentra en la quebrada, siendo de dominación casi pura de *N. macrocarpa*, cuyos individuos son de mayor

tamaño que en la zona alta. El suelo posee gran cantidad de hojarasca, y se distingue una notoria disminución de la temperatura y aumento en la humedad ambiental con respecto a la zona alta en terreno.



Figura 2. Fotografías de los sitios estudiados del Cerro El Roble. A) Vista del parche de *N. macrocarpa* en el Cerro, en tonalidades pardas. B) Sitio ubicado en la zona alta (CRO_alt), con una marcada exposición a la luz, y C) de la zona baja (CRO_baj), donde se observan robles de mayor altura.

2. **Reserva Natural Altos de Cantillana (Can):** se ubica en la Cordillera de la Costa, en el valle de Aculeo, Región Metropolitana. Vegetacionalmente, está dominado por *N. macrocarpa* (Figura 3).

- a. **Cantillana Roblerías (Can_rob):** corresponde a un bosque con dominación casi pura de *N. macrocarpa*, en pendiente, con alta cantidad de hojarasca.
- b. **Cantillana mixto (Can_mix):** se ubica cercano a una fuente de agua, correspondiente a un bosque mixto de *N. macrocarpa* con especies esclerófilas. El terreno es plano, y con robles altos.



Figura 3. Fotografías de los sitios estudiados la Reserva Altos de Cantillana. A) Vista del parche de *N. macrocarpa* en el cerro, en tonalidades pardas, indicando la zonificación de los sitios. B) Sitio ubicado en las roblerías (Can_rob), donde se observa la pendiente y los robles con fustes menores y de baja altura, C) y D) del bosque mixto (Can_mix), donde se observan robles más altos (C) y la vegetación cercana al curso de agua (D).

3. **Vilches Alto (Vil):** ubicado cerca de la Reserva Nacional Altos de Lircay, en la Cordillera de Los Andes de la Región del Maule. Se encuentra dominado por *N. obliqua* (Roble) y *N. dombeyi* (Coigüe) (Figura 4).

- a. **Vilches Robles (Vil_rob):** bosque mixto de Roble-Coigüe con mayor proporción de renovales de *N. obliqua*, con un sotobosque escaso, y hojarasca prudente.
- b. **Vilches Coigües (Vil_coi):** bosque mixto de Roble-Coigüe con mayor proporción de *N. dombeyi*, siendo estos adultos, con un sotobosque de *Gaultheria mucronata*, y baja cantidad de hojarasca.



Figura 4. Fotografías de los bosques muestreados en Vilches Altos, donde A) se muestra el bosque dominado por *N. obliqua*, correspondiente a un renoval, y B) un bosque dominado por *N. dombeyi*, con ejemplares de mayor tamaño.

4. **Concepción (Con):** Fundo La Cantera y el Guindo, el cual corresponde a un predio de la Universidad de Concepción, en la Región del Bío Bío, dominado por *N. obliqua* (Roble) y *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) (Figura 5).
 - a. **Concepción mixto (Con_mix):** corresponde a un bosque mixto dominado por Roble-Olivillo, y especies del bosque esclerófilo. Es un bosque oscuro, cuyo dosel es muy denso y penetra poca luz. Presenta baja cantidad de hojarasca y sotobosque.
 - b. **Concepción Olivillos (Con_oli):** bosque mixto Roble-Olivillo, pero con una predominancia notoria en *Aextoxicon punctatum*. El dosel es denso, por lo que penetra poca luz. Presenta baja cantidad de hojarasca y sotobosque.

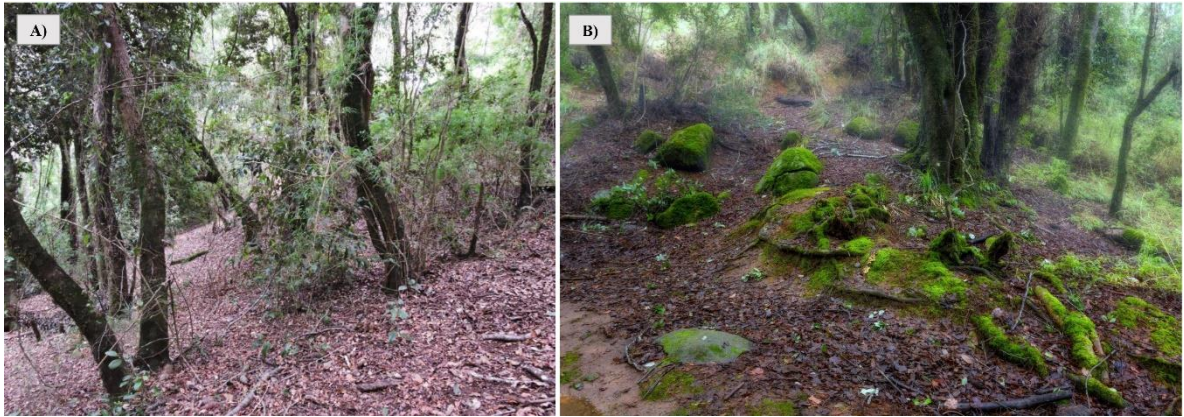


Figura 5. Fotografías de los bosques muestreados en Concepción. A) Bosque mixto dominado por *N. obliqua* y *A. punctatum* y B) bosque con dominancia de *A. punctatum*.

5. **Caburgua (Cab):** ubicado en la Región de la Araucanía, conformado por un bosque mixto maduro, con presencia de *N. obliqua* (Figura 6).

- a. **Caburgua alto (Cab_alt):** se ubica en una ladera con pendiente poco pronunciada, en la parte baja de un canal de agua. Consiste en un bosque denso, muy diverso, dominado por *N. obliqua*, *A. punctatum*, *P. lingue*, entre otros. El suelo posee hojarasca, y alta cantidad de materia orgánica y humus.
- b. **Caburgua bajo (Cab_baj):** se ubica en una planicie, en la zona baja de la ladera. Corresponde a un bosque con árboles adultos de *N. obliqua* y *N. dombeyi*. Posee baja cantidad de hojarasca, pero con variedad de restos de ramas y troncos caídos.
- c. **Caburgua mixto (Cab_mix):** se ubica en una ladera por sobre un canal de agua, con una pendiente pronunciada. Corresponde a un bosque con un dosel muy denso que impide el paso de la luz. El suelo posee alta cantidad de materia orgánica y humus, y un sotobosque pobre, con poca hojarasca.



Figura 6. Fotografías de los sitios muestreados en Caburgua: A) zona alta (Cab_alt), con una alta diversidad de plantas y un sotobosque muy denso, cercano a un curso de agua; B) zona baja (Cab_baj) caracterizada por árboles de gran tamaño, menor densidad del sotobosque, y terreno plano; y C) el bosque mixto (Cab_mix) con menor dominancia de *N. obliqua*, y con poca exposición a la luz.

2.2. Obtención de muestras

Se realizaron salidas a terreno desde abril de 2016 hasta mayo de 2018, debido a que son los meses óptimos en la fructificación de Agaricales (Valenzuela y col., 2013), y posterior a las lluvias y al deshielo, debido a la dependencia de los cuerpos fructíferos a la humedad (Salerni y col., 2002), por lo que en los meses secos no se realizaron campañas de terreno. Se delimitaron 10 parcelas dirigidas por localidad de 30 x 12 m cada una, distribuida entre los 11 sitios estudiados dependiendo de la dificultad del terreno, para cubrir un área total de 3.600 m² en cada localidad. Se georreferenció cada punto de muestreo, y se recolectó entre 1 y 5 basidiocarpos de cada morfotipo (dependiendo de la abundancia presente) perteneciente al grupo de Agaricales *s.l.* que se encuentren dentro de bosques dominados por *N. obliqua* y *N. macrocarpa*.

Posteriormente, se fotografió cada ejemplar y se deshidrató para su conservación y posterior determinación taxonómica por medio de microscopía, la cual se realizó en el Laboratorio de Paleoecología de la Universidad de Chile, y Laboratorio de Micología y

Micorrizas de la Universidad de Concepción. Las muestras se almacenaron en la colección biológica del Laboratorio de Paleoecología, Universidad de Chile, sin embargo, se enviarán réplicas a los fungarios del Museo Nacional de Historia Natural (SGO) y de la ONG Micófilos (MICOCL). Se utilizó literatura pertinente para la identificación macro y microscópica: Singer (1969), Horak (1980), Garrido (1988), Wright & Albertó (2002; 2006), Niveiro y col. (2014), Lazo (2016); además de literatura europea para géneros y especies de amplia distribución: Knudsen & Vesterholt, (2012), Breitenbach & Kraenzlin (1995), entre otros.

Para la determinación taxonómica, se utilizaron las siguientes características y reactivos:

1. **Características macroscópicas:** colores de la seta, aroma, forma del píleo y estípite, tipo de himenio, presencia/ausencia de anillo, volva y escamas. Así como también, las características ecológicas de cada morfotipo recolectado, como el tipo de sustrato (suelo, hojarasca, madera viva, madera muerta, entre otros).
2. **Microscopía:** forma, tamaño, color y ornamentaciones de las esporas, características de los basidios, presencia/ausencia y forma de cistidios en el himenio, píleo y estípite. También se observó las hifas, si presentaban o no fíbulas, el tipo de cutis que forma en el píleo y estípite.
3. **Reactivos y características químicas en microscopía:**
 - a. **Reacción amiloide o dextrinoide:** se utilizó el reactivo de Melzer (solución de yodo/ yoduro de potasio). Si las esporas presentan reacción amiloide, éstas se tiñen de azul al reaccionar con el yodo. De lo contrario, se tiñen de color café anaranjado al ser una reacción dextrinoide. Puede también no presentar reacción.

- b. **KOH al 5%:** Se utilizó para rehidratar la muestra. Hay especies cuyas estructuras se tornan levemente pardas con este reactivo, y otras especies que resalta estructuras en los cistidios, como cristales que presentan en el interior (crisocistidios).
 - c. **Rojo congo:** Es una tinción que se utiliza para resaltar las paredes de las hifas.
4. **Determinación de grupos tróficos:** una vez determinadas taxonómicamente las especies, se buscó en literatura el grupo trófico correspondiente, ya sea simbiote ectomicorrícico, saprobionte o parásito.

2.3. Variables edáficas, vegetacionales y climáticas

Se seleccionaron tres grupos de variables ambientales de acuerdo con lo descrito por literatura como factores que influyen los patrones de distribución en hongos (Erland & Taylor, 2002; Tedersoo y col., 2014): 1) las variables edáficas dan cuenta de los nutrientes y condiciones del suelo, 2) la vegetación aporta fuentes de carbono y sustratos, 3) y las variables climáticas dan cuenta de las temperaturas y el agua que ingresa al ecosistema.

2.3.1. Variables edáficas

Para analizar las variables edáficas, se siguió las indicaciones del protocolo propuesto por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Para cada sitio se realizó un muestreo al azar, donde en primer lugar, se removió la cobertura vegetal superficial.

Luego, con una pala plana se cavó un hoyo en forma de "V" de 20 cm, y se extrajo una lámina de suelo, eliminando los bordes y dejando solo el centro, para evitar contaminación. Se recolectó un total de 10 muestras de suelo abarcando toda el área, con la finalidad de tener una caracterización representativa de cada sitio. Luego se homogeneizó todo el material colectado, y finalmente, de la mezcla se extrajo 1 Kg de tierra por sitio. Ésta, a su vez, se dividió en 2 bolsas ziploc, una de ellas recibió un tratamiento de secado al aire, molido y tamizado de 2 mm, y la otra se mantuvo intacta y refrigerada (Figura 7).

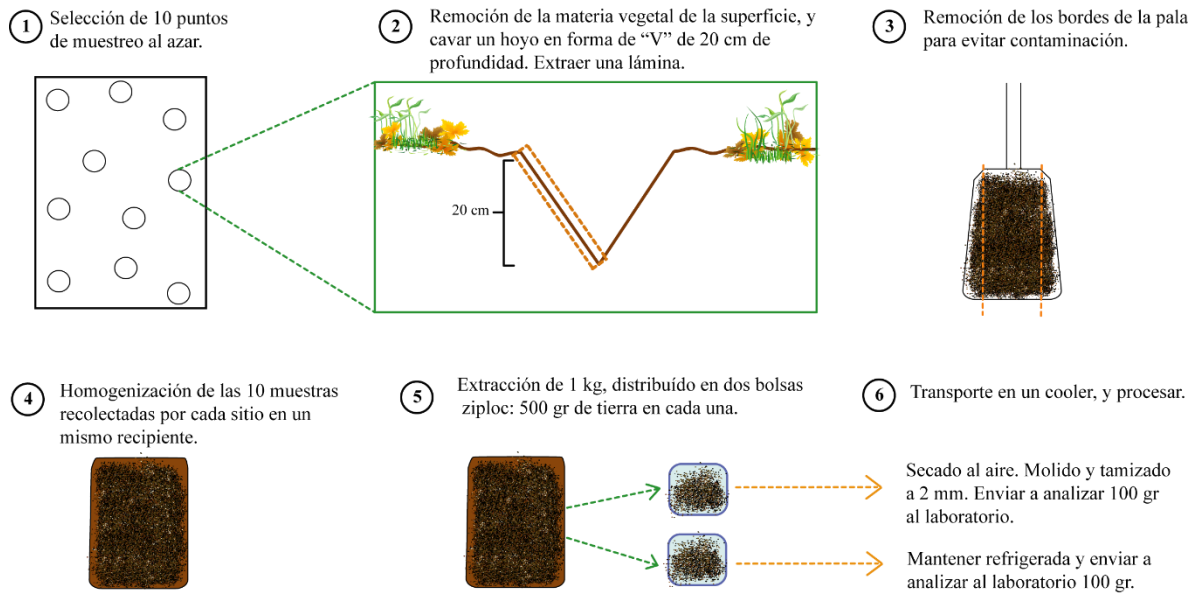


Figura 7. Protocolo de colecta de suelo utilizado para cada uno de los 11 sitios de muestreo.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación en Suelos, Aguas y Bosques, de la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad de Concepción, obteniéndose las variables indicadas en la (Tabla 2).

Tabla 2. Variables edáficas estimadas, con su respectiva nomenclatura utilizada y sus métodos de extracción.

Variable	Nomenclatura	Método extracción
pH	pH	Agua (1:2,5)
Porcentaje de carbono orgánico (%)	C_org	Combustión seca
Porcentaje de nitrógeno total (%)	N	Combustión seca
Relación carbono y nitrógeno (C:N)	C:N	Cálculo de la relación
Fósforo disponible (ppm)	P	Olsen
Potasio (ppm)	K	Acetato de Amonio pH 7,0
Calcio (ppm)	Ca	Acetato de Amonio pH 7,0
Magnesio (ppm)	Mg	Acetato de Amonio pH 7,0
Sodio (ppm)	Na	Acetato de Amonio pH 7,0
Capacidad de intercambio catiónico	CIC	Suma de iones intercambiables
Nitrato (ppm)	NO ₃ ⁻ , NO3	KCl 2M
Amonio (ppm)	NH ₄ ⁺ , NH4	KCl 2M
Aluminio (ppm)	Al	KCl 1M

2.3.2. Variables vegetacionales

Para estimar la composición del bosque, se realizó en total 3 transectos de 50 m de largo, para cada sitio, con los cuales se obtuvo riqueza y frecuencia de especies en el dosel y sotobosque, por medio del método intercepto de puntos (Goodall, 1953). Mediante este método se obtuvo la cobertura relativa de cada especie (% CR_i) tanto en el dosel y sotobosque, utilizando la frecuencia de una determinada especie (n_i) en relación con el total de puntos muestreados (N_T):

$$\% CR_i = \frac{n_i}{N_T}$$

Además, por medio de los mismos transectos, se realizó el método de los cuartos (Mitchell, 2007), con el cual se obtuvo diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada especie arbórea, y valor de importancia, el cual indica la dominancia de cada especie en

cuanto a su densidad, frecuencia y cobertura. Para estimar el valor de importancia, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

1. **Densidad total de cada especie (DT_i):** corresponde al número de individuos de una especie determinada por unidad de área. Se utiliza la distancia entre el punto de muestreo y el árbol (d_i), y el número total de cuadrantes, el cual es equivalente al número total de árboles muestrados (Q).

$$DT_i = \frac{1}{(d_i/Q)^2}$$

2. **Densidad relativa de cada especie (DR_i):** corresponde al número de individuos de una especie (n_i) en relación con el total.

$$DR_i = \frac{n_i}{Q}$$

3. **Densidad absoluta de cada especie (D_i):** corresponde al número de individuos de una especie determinada por unidad de área, donde se pondera la densidad total y la densidad relativa.

$$D_i = \frac{RD_i}{TD_i}$$

4. **Frecuencia de cada especie (F_i):** corresponde a la presencia relativa de una determinada especie. Se estima con los números de puntos con la especie "i" (j_i), en relación con el total de puntos muestreados (k).

$$F_i = \frac{j_i}{k}$$

5. **Frecuencia relativa de cada especie (FR_i):** es la presencia relativa una determinada especie en relación con el total (F).

$$FR_i = \frac{F_i}{\sum F}$$

6. **Cobertura de cada especie (C_i):** Corresponde a la cobertura total del tronco de cada especie. Se estima a partir del área total cubierta por los troncos de una determinada especie (A_i), calculada a partir del DAP, junto con la densidad absoluta (D_i) y el número total de individuos de dicha especie (n_i).

$$C_i = \frac{A_i \times D_i}{n_i}$$

7. **Cobertura relativa de cada especie (CR_i):** es la cobertura de una determinada especie en relación con el total de las especies arbóreas.

$$CR_i = \frac{C_i}{\sum C}$$

8. **Valor de importancia de cada especie (VI_i):** corresponde a la suma de la densidad relativa, frecuencia relativa y cobertura relativa de una determinada especie.

$$VI_i = DR_i + FR_i + CR_i$$

Finalmente, para obtener el VI de las especies deciduas, se sumó el VI obtenido para cada una, del mismo modo para obtener el VI de las especies siempreverdes.

Los datos vegetacionales estimados dan cuenta de las condiciones microclimáticas, y se pueden agrupar en indicadores de diversidad, cobertura vegetal, dominancia y edad del bosque (Tabla 3).

Tabla 3. Variables vegetacionales estimadas con su respectiva nomenclatura.

Indicador	Parámetro vegetacional	Nomenclatura
Indicador de diversidad florística y composición vegetacional	Riqueza total de plantas	N_plantas
	Riqueza de helechos	Helecho
	Riqueza de herbáceas	Herbácea
	Riqueza de leñosas	Leñosa
	Riqueza de arbóreas	Arbórea
	Riqueza de arbustivas	Arbustiva
	Riqueza de leñosas siempreverdes	Leñosas_SV
	Índice de diversidad leñosas (Margalef)	ID_leñ
	Índice de diversidad herbáceas (Margalef)	ID_herb
	Índice de diversidad plantas (Margalef)	ID_plantas
Indicadores de cobertura e incidencia de luz en el suelo	Valor de importancia especies siempreverde	VI_SV
	Valor de importancia especies deciduas	VI_D
	% Cielo cubierto por especie decidua	Cielo_SV
	% Cielo cubierto por especie decidua	Cielo_deci
	% Cielo descubierto	Cielo
	% Cielo descubierto en otoño-invierno	Cielo_OI
	% Cobertura sotobosque	Sotobosque
Indicadores de edad del bosque y dominancia de <i>Nothofagus</i>	DAP <i>Nothofagus</i>	DAP_Notho
	DAP total	DAP
	Abundancia <i>Nothofagus</i>	Ab_Notho

2.3.3. Variables climáticas

Para la obtención de variables climáticas de temperaturas y precipitaciones anuales y estacionales se utilizó la base de datos de las 19 BIOS (Tabla 4) obtenidas a partir de WordClim, con una resolución de aproximadamente 1 km² (Hijmans y col., 2005). Posteriormente, se extrajo las variables climáticas para cada localidad con el paquete “raster” (Hijmans y van Etter, 2012) en R Studio.

Tabla 4. Abreviatura y significado de las 19 variables bioclimáticas.

Variable	Significado
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango medio diario (Promedio T° mensual (T° max - T° min))
Bio3	Isotermalidad (Bio2/Bio7) * 100
Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar *100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango anual de temperatura (Bio5-Bio6)
Bio8	Temperatura promedio de la estación más húmeda
Bio9	Temperatura promedio de la estación más seca
Bio10	Temperatura promedio de la estación más cálida
Bio11	Temperatura promedio de la estación más fría
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación de la estación más húmeda
Bio17	Precipitación de la estación más seca
Bio18	Precipitación de la estación más cálida
Bio19	Precipitación de la estación más fría

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Regresión:

Para evaluar la relación entre gradiente latitudinal y riqueza de especies de hongos totales y por cada grupo trófico, se realizaron correlaciones de Pearson después de la verificación de normalidad y homocedasticidad. El análisis se realizó con la función `cor.test` en R Studio.

Además, se realizaron curvas de rarefacción para comparar la riqueza de especies entre las localidades según el esfuerzo de muestreo, por medio del program Past (Hammer y col., 2001).

2.4.2. Índices de diversidad:

Existen tres niveles de la diversidad (Whittaker 1960): 1) diversidad *alfa* (α), la cual da cuenta de la riqueza de especies en un sitio o comunidad; 2) la diversidad *beta* (β), indica el cambio en la composición de especies entre distintas comunidades; y 3) la diversidad *gamma* (γ) corresponde a la riqueza y composición de especies en una región determinada, por lo que integra tanto la diversidad α y β . En este estudio se consideró solamente la diversidad α y β , debido a la falta de réplicas de bosques con características similares para poder estimar la diversidad γ .

Para los cálculos que incluyen la abundancia, se consideró como la máxima cantidad de fructificaciones encontrada por especie entre los muestreos por sitio y localidad, para evitar pseudoréplicas correspondiente al conteo del mismo basidiocarpo en otro estadio, o fructificación del mismo micelio en otras temporadas.

Se estimó cuatro índices de diversidad *alfa* para cada sitio y localidad:

1. **Margalef** (Margalef, 1958): índice de riqueza específica, mientras mayor sea el valor, mayor diversidad de especies. Este considera la riqueza (S) y abundancia de especies (N) en la siguiente fórmula:

$$I = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

2. **Shannon – Weaver** (Shannon y Weaver, 1949): utiliza la relación (p_i) entre la abundancia de individuos de cada especie (n_i) y la abundancia total total (N_T) de cada sitio de estudio, mientras mayor sea el valor, más diverso es el sitio:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{n_T}$$

3. **Simpson** (Simpson 1949): toma en cuenta la relación (p_i) entre la abundancia de individuos de cada especie y la abundancia total total de cada sitio de estudio. El índice varía entre 0 y 1, siendo los valores más cercanos a 0 los más diversos. Para los análisis se utilizará $1 - D_{(si)}$, de este modo, los resultados se interpretan igual que el índice H' .

$$D_{(si)} = \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

4. **Equitatividad de Pielou** (Pielou, 1966): indica la equitatividad de la diversidad, el cual varía entre 0 y 1, siendo 1 el valor que indica la máxima equitatividad, donde todas las especies son igualmente abundantes. Se utiliza el índice de Shannon – Weiner (H') y la riqueza de especies (S):

$$J = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

La diversidad *beta* se estimó por medio de dos índices de similitud:

1. **Índice de similitud de Sorensen** (Sørensen 1984): compara entre dos comunidades, considerando la matriz presencia y ausencia de especies, la riqueza total de cada comunidad (A y B de la fórmula), y la cantidad de especies compartidas entre ambas comunidades (C). El índice varía entre 0 y 1, donde 0 indica que no hay especies compartidas, mientras que 1 indica que las dos comunidades son iguales en composición:

$$I_s = \frac{2C}{A + B}$$

2. **Índice de similitud de Jaccard** (Jaccard 1908): al igual que el índice de Sorensen utiliza presencia y ausencia de especies entre dos comunidades, sin embargo, se diferencia en que toma en consideración el número de especies exclusivas de cada comunidad (a y b en la ecuación) junto con las especies compartidas (C). El índice varía entre 0 y 1, donde 0 indica que no hay especies compartidas, mientras que 1 indica que las dos comunidades son iguales en composición:

$$I_j = \frac{C}{a + b - C}$$

Mediante estos dos índices se realizó un análisis de cluster para la composición de la vegetación y la composición fúngica, entre sitios y localidades, utilizando un bootstrap de 100 aleatorizaciones, por medio del programa Past (Hammer y col., 2001).

Además, se estimó el recambio de especies y anidamiento entre los sitios y localidades por medio de la función `beta.multi` del paquete `Betapart` (Baselga 2010) en R Studio, por medio de los índices de Sorensen y Jaccard. El recambio de especies varía

entre 0 y 1, donde 0 indica que se comparten todas las especies entre las comunidades, mientras que 1 indicaría que hay un recambio total. Por su parte, el anidamiento también varía entre 0 y 1, siendo 0 la ausencia de anidamiento, y por lo tanto el recambio total de especies, mientras que un valor de 1 señala que las comunidades con menor riqueza de especies es un “subset” de los más diversos (Wright y Reeves, 1992; Ulrich y Gotelli, 2007) producto de una segregación paulatina de los ensambles, mediante procesos de pérdida no aleatoria de especies (Gaston y Blackburn, 2000).

Finalmente, para analizar si la diversidad β de los Agaricales está correlacionada con la distancia geográfica entre los sitios de muestreo, se realizó una prueba de Mantel (Mantel, 1967), utilizando la función “mantel.rtest” del paquete “ade4” (Thioulouse y col., 1997) en R Studio, con un test de permutación de Monte Carlo de 9999 simulaciones. La matriz de distancia se elaboró a partir de las estimaciones de distancias geográficas lineales entre los sitios utilizando Google Earth Pro.

2.4.3. *Análisis multivariado:*

Para evaluar cuáles de los factores de estudio son los que más influyen sobre los patrones de riqueza, distribución y composición de las especies de hongos encontradas en cada localidad, como variables edáficas, climáticas, y composición vegetal, se realizó un análisis de redundancia (RDA) con “forward selection” o de “selección directa” en el programa CANOCO 5, el cual consiste en agregar una variable a la vez al modelo multivariado, obteniendo un porcentaje de explicación y un valor de significancia. Este análisis se utilizó para seleccionar las variables ambientales más explicativas para 5 casos

de estudio: 1) riqueza total de especies y grupos tróficos, 2) riqueza total de especies de ectomicorrizas por Familia, 3) riqueza total de especies saprobiontes por Familia, 4) riqueza total de especies saprobiontes de suelo por Familia, y 5) riqueza total de especies saprobiontes de madera por Familia. Posteriormente, se realizó un análisis de partición de varianza en el programa CANOCO 5 para cada caso con las variables seleccionadas, agrupándolas en tres grupos: suelo, vegetación y clima.

3. Resultados

3.1. Variables ambientales: suelo, clima y vegetación

3.1.1. Variables edáficas

Los resultados de las variables edáficas muestran variación dentro de cada localidad, sin embargo, se observan tendencias de aumento en el porcentaje de carbono orgánico, nitrógeno total, relación C:N y Na hacia el sur, y de disminución en el pH, Mg, Ca y capacidad de intercambio catiónico en el gradiente, siendo significativa para el C ($r = 0,72$, $p = 0,01$), N ($r = 0,78$, $p = 0,004$) y pH ($r = -0,73$, $p = 0,01$). Por su parte, el K, y nitrógeno biodisponible (nitrato y amonio) no presentan tendencia (Figura 8, Anexo 1, Anexo 2).

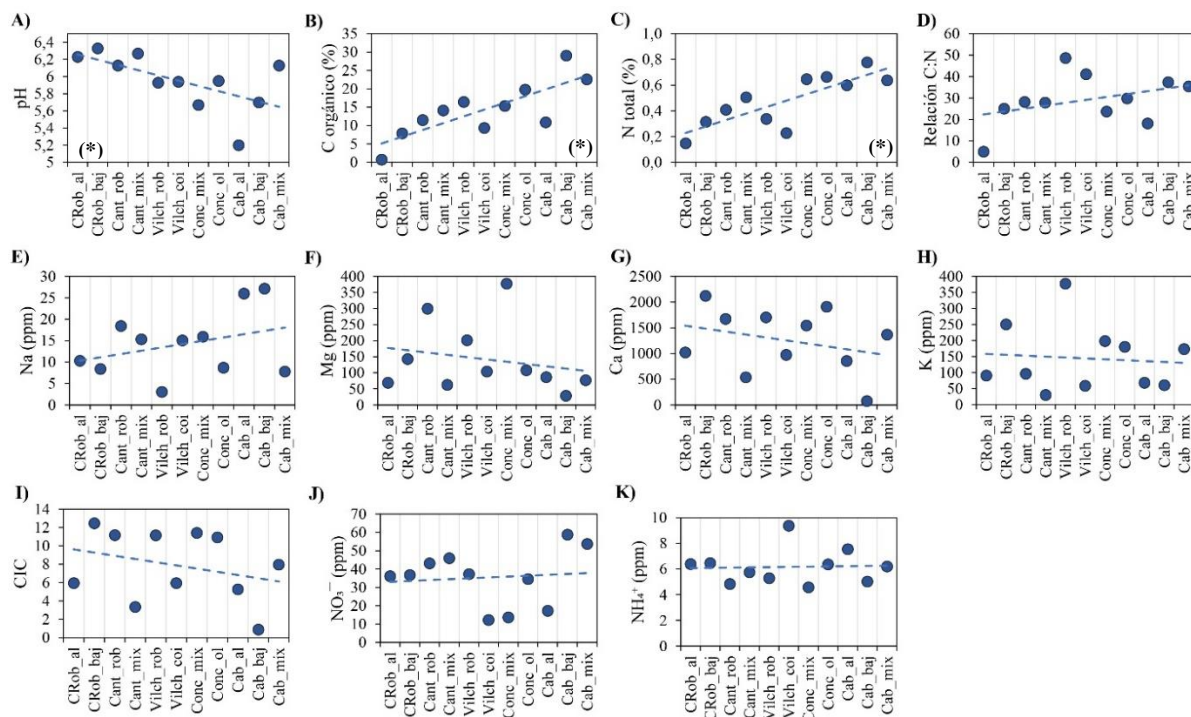


Figura 8. Valores y tendencias de las variables edáficas para cada sitio de estudio. A) pH; B) porcentaje de carbono orgánico; C) porcentaje de nitrógeno total; D) relación entre el carbono y nitrógeno; E) sodio; F) magnesio; G) calcio; H) potasio; I) capacidad de intercambio catiónico; J) nitrato; y K) amonio. Las líneas punteadas indican la tendencia de los datos. (*) $p < 0,05$.

Además, se observa que las concentraciones de fósforo y aluminio presentaron un muy amplio rango de valores (Tabla 5), siendo los bosques dominados por *N. macrocarpa* los que poseen rangos de P más altos, desde 36 a 345 ppm, mientras que los bosques ubicados en la Cordillera de Los Andes, como Vilches y Caburgua, poseen las concentraciones más altas en aluminio, desde 0,017 a 3,43 ppm.

Tabla 5. Valores de fósforo Olsen (ppm) y aluminio (ppm) para cada sitio de estudio. En negrita se resaltan los valores más altos para cada variable.

Sitio	P Olsen (ppm)	Al (ppm)
CRo_alt	110,53	<0,001
CRo_baj	345,47	<0,001
Can_rob	36,38	<0,001
Can_mix	107,2	<0,001
Vil_rob	11,39	0,015
Vil_coi	6,39	0,053
Con_mix	< 0,1	<0,001
Coc_oli	< 0,1	<0,001
Cab_alt	0,55	3,43
Cab_baj	5,55	0,035
Cab_mix	< 0,1	0,017

3.1.2. Composición de la vegetación

La riqueza de especies de plantas entre los sitios es variable (Figura 9), siendo Cab_al el que posee mayor riqueza, donde predominan las especies leñosas y helechos, seguido por Cant_mix, Vilch_rob y Cab_mix (Figura 9A). Además, existe un recambio en la dominancia de especies siempreverde y deciduas en el gradiente, tanto para el valor de importancia (Figura 9B) y la cobertura (Figura 9C), donde el Cerro El Roble y Altos de Cantillana domina *N. macrocarpa*, y por lo tanto las especies deciduas, a excepción de Cantillana mixto (Cant_mix), el cual al estar cercano a curso de agua y a menor altitud,

dominan las especies siempreverdes, propias del bosque esclerófilo. Además, en los sitios de Concepción y Caburgua no se observa cielo desprovisto de cobertura vegetal, así como también, es menor el porcentaje de cielo descubierto en otoño e invierno en relación a las otras localidades (Figura 9C). Al analizar los diámetros promedio de los troncos (DAP) de *Nothofagus* se observa que CRob_baj y Conc_ol poseen los ejemplares de mayor tamaño, seguido por Vilch_coi y los 3 sitios de Caburgua, sin embargo, la mayor abundancia por cuadrante se encuentra en Vilch_rob, pero con ejemplares jóvenes, contrario a lo que ocurre en Cab_mix, el cual posee la menor abundancia de *Nothofagus*, pero dominan especies arbóreas siempreverdes (Figura 9D).

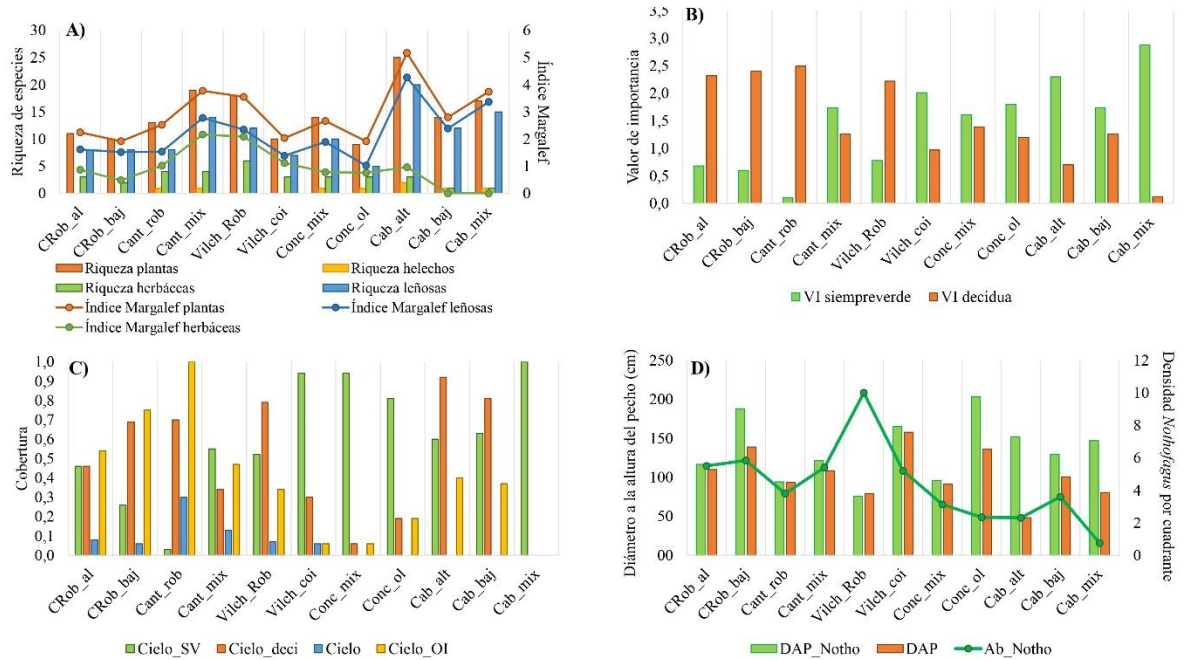


Figura 9. Composición de la vegetación para cada sitio de estudio. A) Riqueza de especies de plantas total, leñosas, herbáceas, helechos, y sus respectivos índices de diversidad de Margalef. B) Valor de importancia de las especies arbóreas siempreverdes (VI siempreverde) y deciduas (VI decidua). C) Porcentaje de cobertura vegetal, tanto para especies siempreverdes (Cielo_SV), deciduas (Cielo_deci), cielo descubierto (Cielo), y cielo descubierto en otoño e invierno (Cielo_OI). D) Diámetro a la altura del pecho de las especies de *Nothofagus* (DAP_Notho), de las arbóreas totales (DAP) y abundancia de *Nothofagus* (Ab_Notho).

Se puede observar que la composición de la vegetación es variable entre los sitios (Tabla 6), conformando unidades florísticas distintas al comparar entre todas las localidades y sitios. Sin embargo, al comparar entre los sitios de cada localidad, se obtiene que los más distintos entre sí corresponden al Cerro El Roble, mostrando un recambio de especies entre la zona alta y baja (0,5 y 0,67 según β Sorensen y β Jaccard respectivamente), seguido por las roblerías y bosque mixto de Altos de Cantillana (0,46 y 0,63 según β Sorensen y β Jaccard respectivamente). Por otra parte, las localidades dominadas por *N. obliqua* presentan composición florística más similar dentro de las localidades, siendo Concepción la que posee menor recambio de especies de plantas (0,11 y 0,22 según β Sorensen y β Jaccard respectivamente).

Tabla 6. Valores de recambio de especies de plantas dentro de los sitios y las localidades, así como también dentro de cada localidad, por medio de los índices β Sorensen y β Jaccard.

Unidad de comparación	β Sorensen	β Jaccard
Sitios	0,85	0,92
Localidades	0,80	0,89
El Roble	0,50	0,67
Cantillana	0,46	0,63
Vilches	0,20	0,33
Concepción	0,11	0,20
Caburgua	0,21	0,34

Al agrupar los sitios en cuanto a su índice de similitud de Jaccard (Figura 10A) y Sorensen (Figura 10B) por medio de un UPGMA, se observa que se forman principalmente 2 clusters, donde se agrupan los sitios dominados por *N. macrocarpa* entre sí, siendo las zonas altas más similares en cuanto a vegetación (Cant_rob y CRob_al), y

las bajas entre sí (CRob_baj y Cant_mix). Por otro lado, se agrupan los sitios correspondientes a cada localidad entre sí en el cluster de *N. obliqua*.

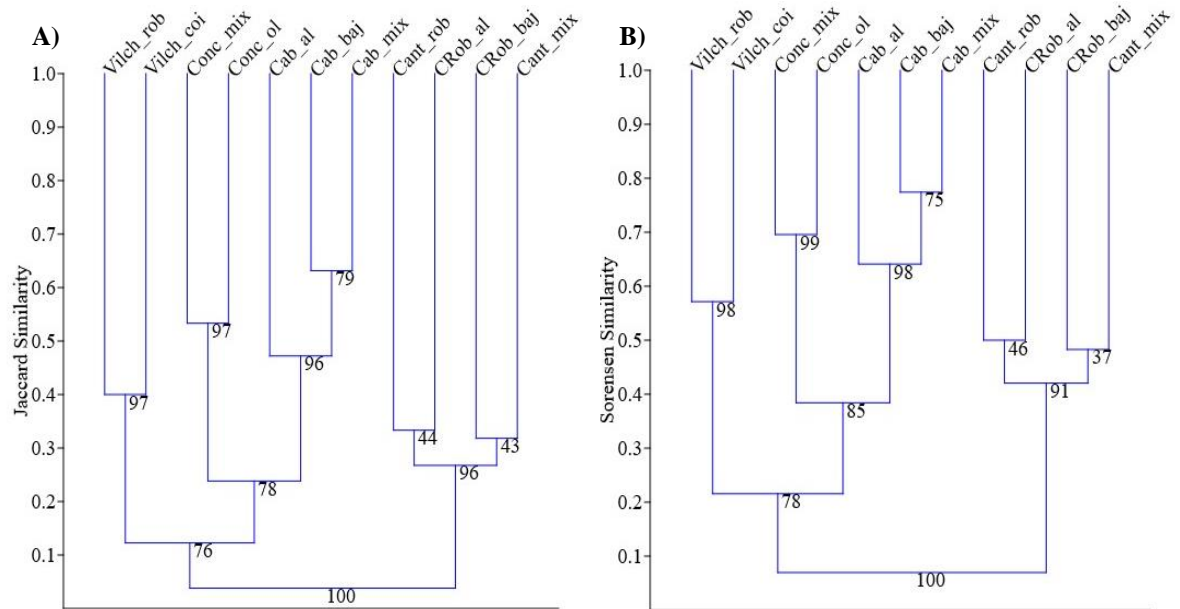


Figura 10. Análisis de cluster (UPGMA) de la vegetación a través del índice de similitud de Jaccard (A), y de Sorensen (B). Los números bajo los nodos indican el valor de Bootstrap.

3.1.3. Caracterización climática

Al analizar las variables climáticas específicas para cada localidad (Figura 11) se observa un gradiente creciente de precipitaciones de norte a sur, tanto para la precipitación anual (Figura 11A), precipitaciones de verano (Figura 11B) y de invierno (Figura 11C), mientras que las temperaturas son menos variables entre las localidades. Los coeficientes de variación (Figura 11D) muestra que la estacionalidad en las precipitaciones disminuye hacia el sur.

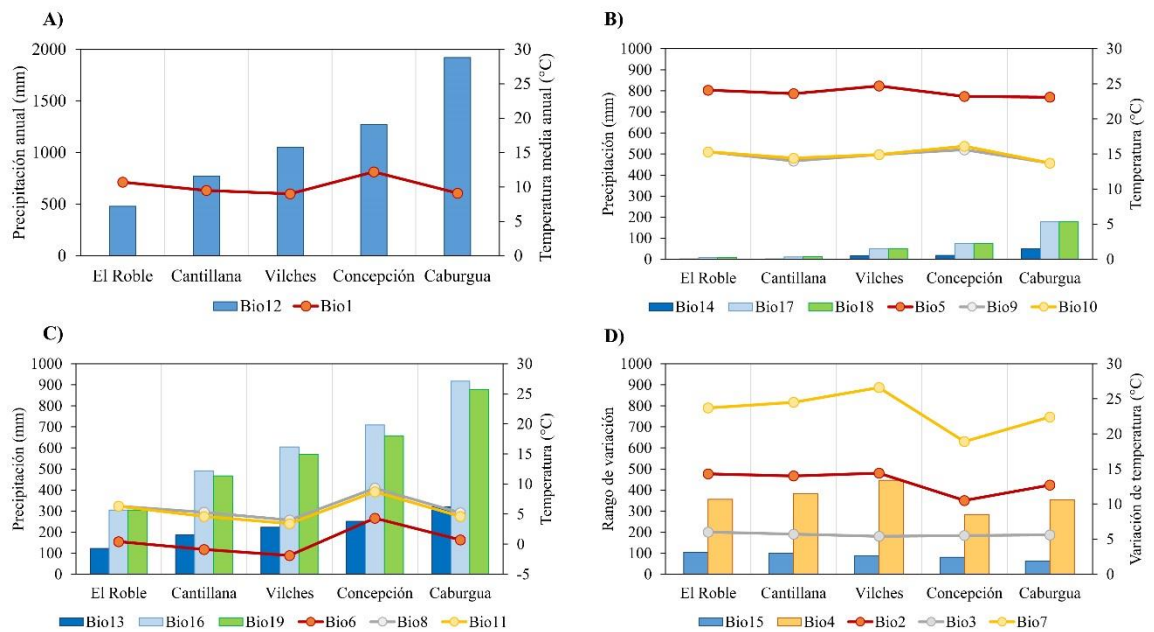


Figura 11. Descripción de las 19 Bios para cada localidad. A) Temperatura media anual (Bio1) y precipitación anual (Bio12). B) Temperaturas y precipitaciones de verano. C) Temperaturas y precipitaciones de invierno. D) Coeficientes de variación: variación promedio diaria de temperatura (Bio2), isothermalidad (Bio3), temperatura estacional (Bio4), variación anual de temperatura x 100 (Bio7) y precipitación estacional (Bio15).

3.2. Riqueza y composición de hongos

Se estudió la riqueza taxonómica y de grupos tróficos en el total de los bosques muestreados, donde se obtuvo representantes de los 3 Órdenes, 30 Familias, 74 géneros y 265 especies. De ellos, 164 corresponden a saprobiontes, 99 ectomicorrizas y una especie parásita de *Nothofagus dombeyi*, encontrada en Vilches: *Fistulina antarctica* (Figura 12). La mayor diversidad de especies fue encontrada en el mes de mayo en Vilches, Concepción y Caburgia, siendo abril el comienzo del “peak” de riqueza en Caburgia. Por otro lado, en el Cerro el Roble y Altos de Cantillana los meses mas diversos corresponden a junio y julio, previo y entre las nevadas (Anexo 4). El 77% de los géneros son de amplia

distribución en el mundo, 11% tropical y subtropical, 7% subtropical y templado, y un 5% templado según las zonas climáticas de Köppen (1948) (Anexo 9).

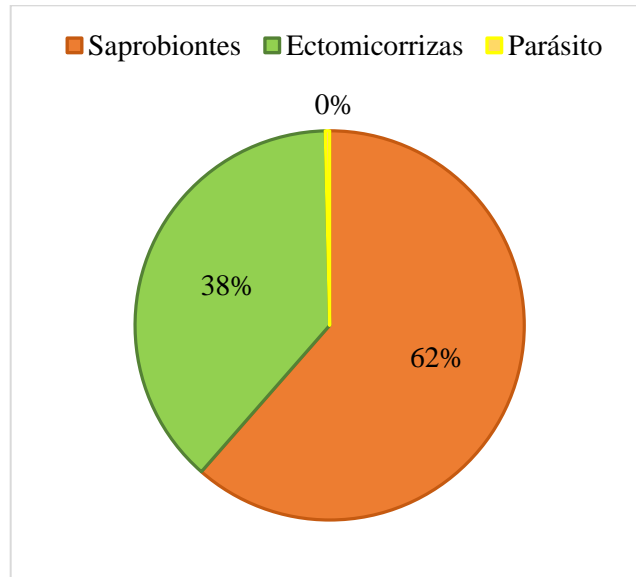


Figura 12. Proporción total encontrada entre saprobiontes (naranja), ectomicorrizas (verde) y parásitos (amarillo).

El Orden más representado fue Agaricales, con 23 Familias, 68 géneros y 256 especies, luego Russulales con 3 Familias, 4 géneros y 6 especies, finalmente, Boletales con 2 Familias, 2 géneros y 2 especies (Tabla 7). El 41% de las Familias posee solo una especie como representante de cada género.

Tabla 7. Listado de Órdenes y Familias encontradas con la riqueza de géneros y especies.

Orden	Familia	N° Géneros	N° Especies
Agaricales	Agaricaceae	8	19
Agaricales	Amanitaceae	1	2
Agaricales	Bolbitiaceae	2	3
Agaricales	Clavariaceae	2	2
Agaricales	Cortinariaceae	3	66
Agaricales	Cyphellaceae	1	1
Agaricales	Entolomataceae	1	6
Agaricales	Fistulinaceae	1	1
Agaricales	Gomphaceae	1	5
Agaricales	Hydnangiaceae	1	3
Agaricales	Hygrophoraceae	1	5
Agaricales	Hymenogastraceae	5	10
Agaricales	Inocybaceae	4	25
Agaricales	Lyophyllaceae	1	1
Agaricales	Marasmiaceae	6	8
Agaricales	Mycenaceae	2	33
Agaricales	Omphalotaceae	4	6
Agaricales	Physalacriaceae	1	1
Agaricales	Pleurotaceae	2	2
Agaricales	Pluteaceae	1	7
Agaricales	Psathyrellaceae	2	10
Agaricales	Repetobasidiaceae	1	1
Agaricales	Strophariaceae	4	10
Agaricales	Tricholomataceae	11	28
Agaricales	Tubariaceae	1	2
Agaricales	Incertae sedis	1	1
Boletales	Boletaceae	1	1
Boletales	Paxillaceae	1	1
Russulales	Auriscalpiaceae	1	1
Russulales	Russulaceae	2	3
Russulales	Stereaceae	1	2

Las Familias dominantes corresponden a Cortinariaceae (25%), Mycenaceae (12%) y Tricholomataceae (10%) (Tabla 7, Figura 13), las cuales concentran cerca del 50% del total de las especies. De éstas, la primera corresponde únicamente a especies

ectomicorrícicas, siendo 60 del género *Cortinarius*; Mycenaceae comprende especies saprobiontes, la mayoría lignícolas pertenecientes al género *Mycena*; y, Tricholomataceae posee especies de ambos grupos tróficos, donde los géneros dominantes son *Collybia* y *Clitocybe*, con 8 y 6 especies respectivamente, ambos saprobiontes (Anexo 4).

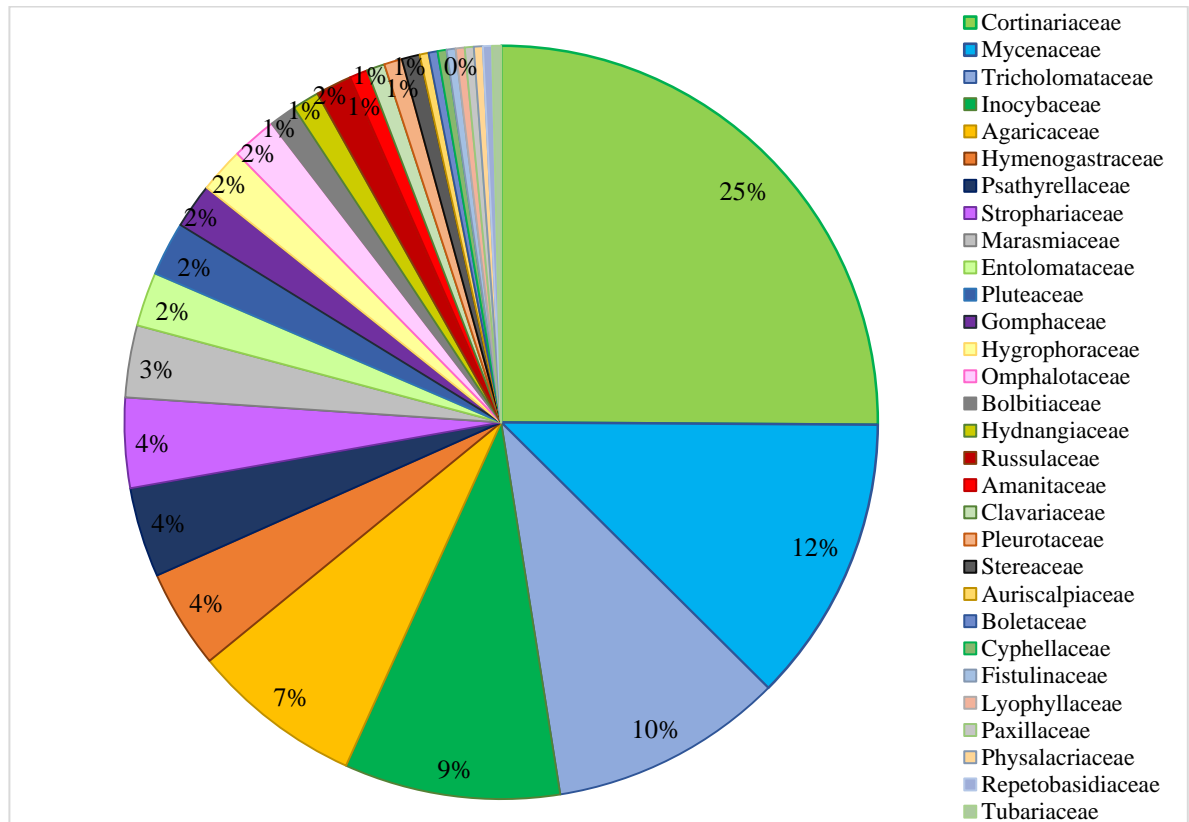


Figura 13. Porcentaje de especies de cada Familia encontradas en los bosques estudiados.

Al analizar por cada localidad de estudio se observa que la diversidad de especies se distribuye heterogéneamente, donde se observa un aumento de la riqueza taxonómica hacia el sur, tanto en Familias, géneros y especies (Tabla 8, Figura 14), pero disminuyendo la proporción entre saprobiontes y ectomicorrizas. La mayor riqueza de ectomicorrizas se encuentra en Caburgua con 57 especies, mientras que en Concepción dominan los

saprobiontes con 60 especies. Es importante destacar que se desconoce el estatus trófico de algunas especies, como *Ramaria flaccida var. chilensis* ya que no hay información sobre si forma asociaciones ectomicorrícicas o es una especie saprobionte (Valenzuela y col., 1997).

Tabla 8. Riqueza taxonómica y de grupos tróficos en cada localidad: hongos ectomicorrícicos (ECM), saprobiontes (Sapr.), sin información (S.I.), y la relación entre saprobiontes y ectomicorrizas (Sapr:ECM). En negrita se resaltan los valores más altos de riqueza.

Localidad	Riqueza taxonómica			Riqueza de grupos tróficos				
	Familia	Género	Especie	ECM	Sapr.	Parásitos	S.I.	Sapr:ECM
El Roble	11	19	32	7	25	0	0	3,4
Cantillana	16	24	43	13	30	0	0	2,2
Vilches	15	24	49	13	35	1	0	2,6
Concepción	23	42	90	29	60	0	1	2,1
Caburgua	25	38	113	58	53	0	2	0,9

Se observa un lento aumento en la riqueza de especies al comparar de norte a sur entre el Cerro El roble, Altos de Cantillana y Vilches, sin embargo, entre Vilches y Concepción ocurre un incremento más abrupto en la riqueza (Figura 14).

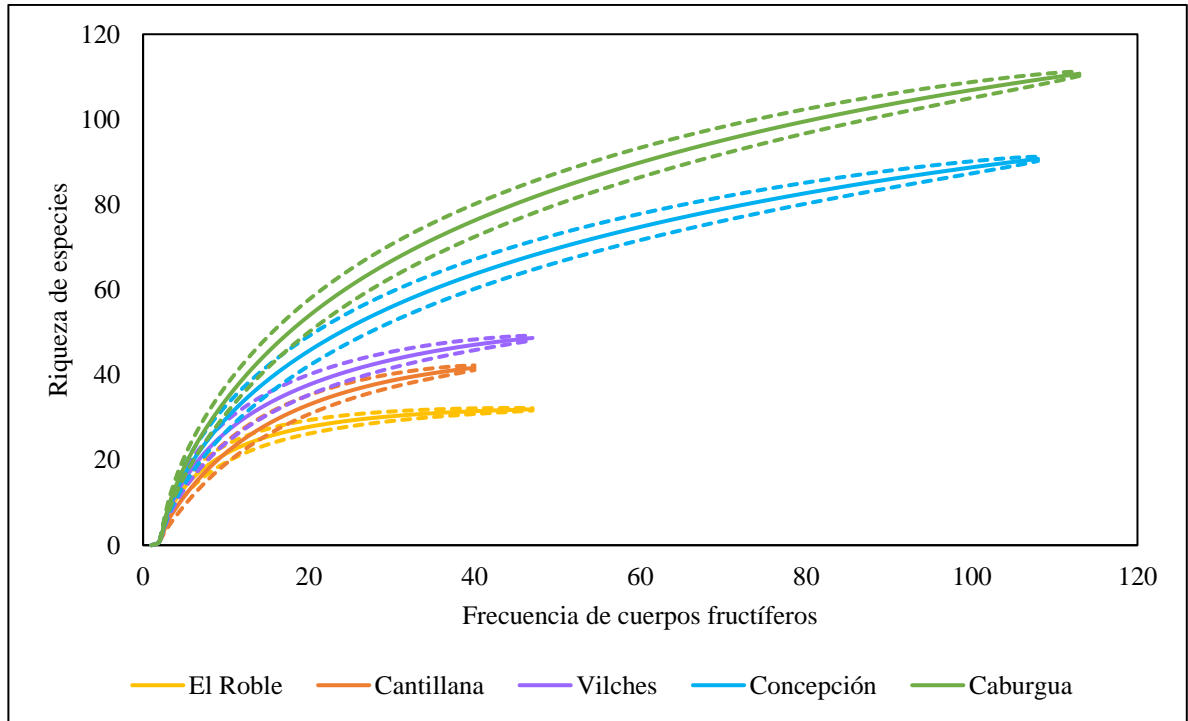


Figura 14. Curva de rarefacción para cada localidad de muestreo. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de confianza del 95%.

Al realizar una correlación entre la riqueza total de especies por localidad en el gradiente latitudinal (Figura 15), también se observa un aumento significativo de norte a sur (coeficiente de correlación de Pearson, $r = 0.97$, $p = 0.007$).

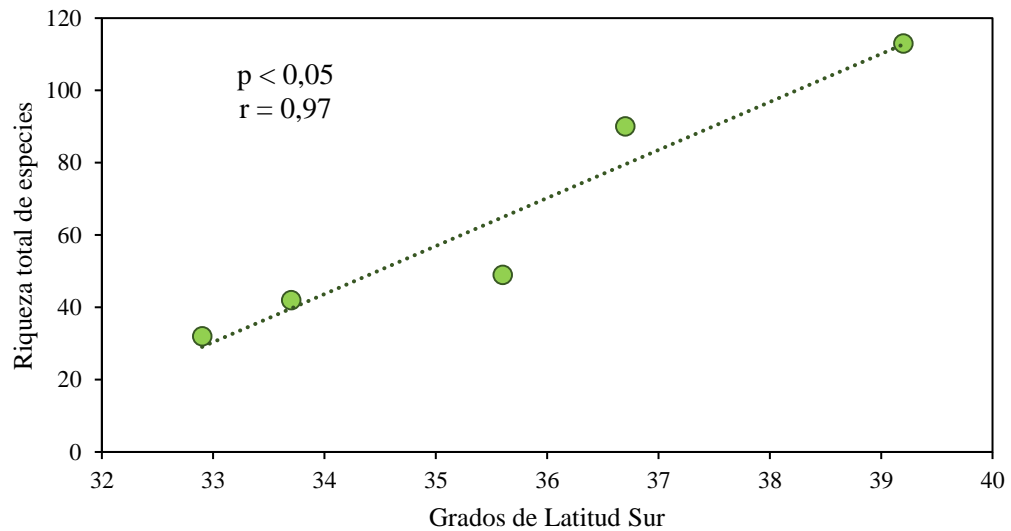


Figura 15. Patrón de riqueza de especies de hongos en el gradiente latitudinal. Se indica el valor de significancia (p) y el coeficiente de correlación de Pearson (r).

Este patrón se mantiene al analizar entre grupos tróficos (Figura 16), siendo significativo para las ectomicorrizas ($r = 0,94$, $p = 0,01$) y saprobiontes que fructifican en el suelo ($r = 0,92$, $p = 0,02$), mientras que hay una tendencia no significativa para los saprobiontes totales ($r = 0,86$, $p = 0,06$), y en menor medida para los saprobiontes que fructifican en la madera ($r = 0,78$, $p = 0,1$).

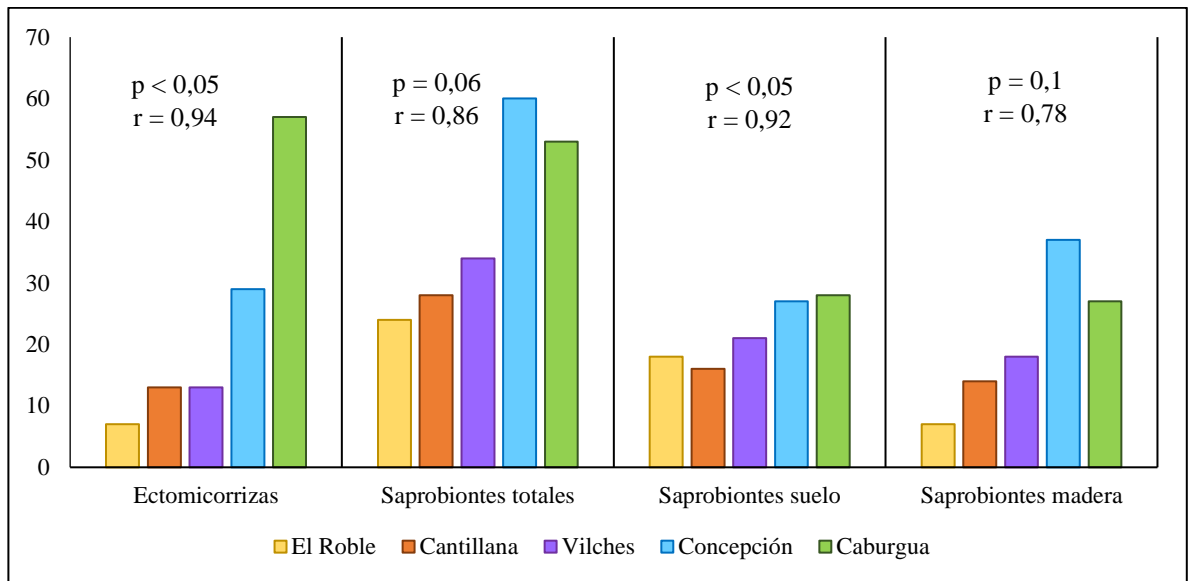


Figura 16. Riqueza de grupos tróficos por localidad, ordenados de norte a sur. En amarillo se muestra el Cerro El Roble; naranja: Altos de Cantillana; morado: Vilches Altos; celeste: Concepción; y verde: Caburgia.

Al observar la riqueza de especies de hongos entre los 11 sitios de estudio (Tabla 9), se observa que Concepción mixto (Conc_mix) posee la mayor riqueza taxonómica, con 21 Familias, 39 géneros y 78 especies, siendo 49 de ellas saprobiontes, mientras que Caburgia bajo (Cab_baj) alberga la riqueza más alta de especies ectomicorrícicas (41). Por su parte, Vilches Robles (Vil_rob) predominan los saprobiontes en relación a ectomicorrizas (Sapr: Mic = 12), contrario a lo encontrado en Caburgia bajo, donde predominan las ectomicorrizas (Sapr: Mic = 0,6). Además, existe una tendencia en disminuir la relación entre saprobiontes y micorrizas con la latitud ($r = -0,58$, $p = 0,059$), volviéndose más equitativas las proporciones.

Tabla 9. Riqueza taxonómica y de grupos tróficos en cada sitio. ECM: ectomicorrizas, Sapr.: saprobiontes, S.I.: sin información, Sapr:ECM: relación entre saprobiontes y ectomicorrizas.

Sitio	Riqueza taxonómica			Riqueza de grupos tróficos			
	Familias	Géneros	Especies	ECM	Sapr.	Parásitos	Sapr:ECM
CRO_alt	10	11	15	2	13	0	6,5
CRO_baj	10	15	23	5	18	0	3,4
Can_rob	11	18	25	5	20	0	4,0
Can_mix	11	13	19	9	10	0	1,1
Vil_rob	13	16	26	2	24	0	12,0
Vil_coi	11	16	32	12	19	1	1,6
Con_mix	21	39	78	28	49	0	1,7
Con_oli	12	15	26	7	19	0	2,7
Cab_alt	15	16	36	17	19	0	1,1
Cab_baj	20	26	67	41	26	0	0,6
Cab_mix	11	16	27	10	17	0	1,7

Al analizar la riqueza por cuadrantes realizados en cada sitio (Figura 17), se obtiene que la riqueza más alta se encuentra en Caburgua alto (Cab_alt), seguido por Caburgua bajo (Cab_baj), mientras que los bosques de *Nothofagus macrocarpa* y Vilches Robles (Vil_rob) poseen la menor riqueza de especies. Por otro lado, Vilches Coigües (Vil_coi), Concepción mixto (Conc_mix), Concepción olivillos (Conc_oli) y Cabugua mixto (Cab_mix) poseen similar riqueza entre sí, la cual no se diferencia significativamente de los otros cuadrantes, con excepción de Cab_alt.

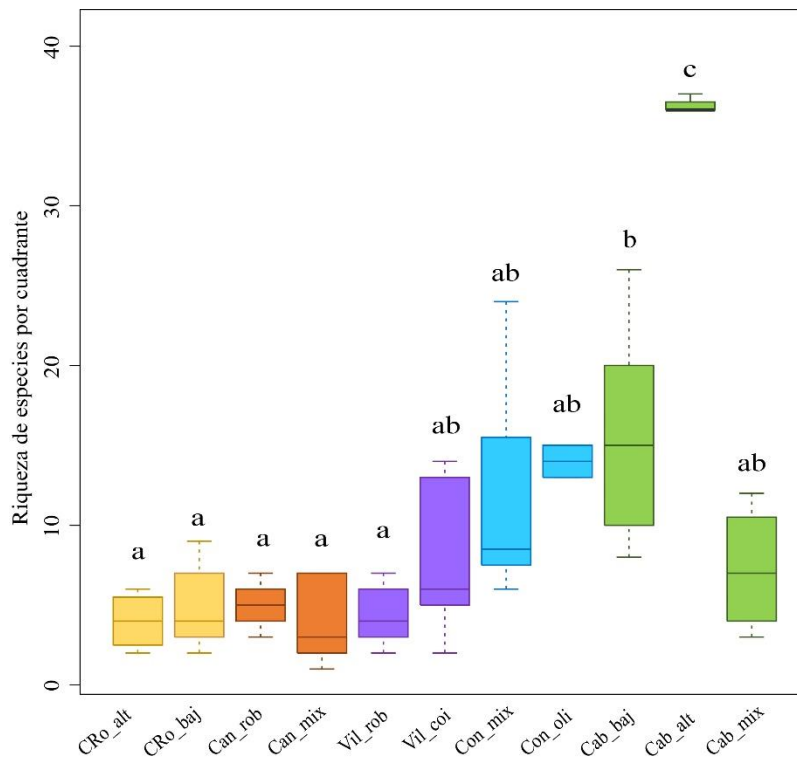


Figura 17. Riqueza encontrada en cada cuadrante de los sitios de estudios. Las letras sobre las barras indican la similitud o diferencia estadística entre ambos. Los límites de las líneas punteadas indican los cuartiles 1 y 4. La línea divisoria de las barras indica el promedio.

Según los índices de diversidad estimados (Figura 18), se mantiene el patrón creciente de riqueza de especies según el índice de Margalef, el cuál pondera la riqueza y abundancia total de cada localidad o sitio (Figuras 18A y 18E respectivamente). Sin embargo, al comparar el índice de Shannon-Weaver (H') la tendencia se vuelve menos conspicua en las localidades (Figura 18B), y variable entre los sitios, donde los valores mayores están en Cab_baj, Con_mix y CRo_baj (Figura 18F). Por su parte, el índice de Simpson ($D_{(si)}$) y Pielou (J) muestra mayor similitud entre las localidades y los sitios (Figuras 18C, 18D, 18G y 18H), dando cuenta de similitudes en los tamaños poblacionales de las especies, o un alto porcentaje de especies exclusivas (Tabla 10).

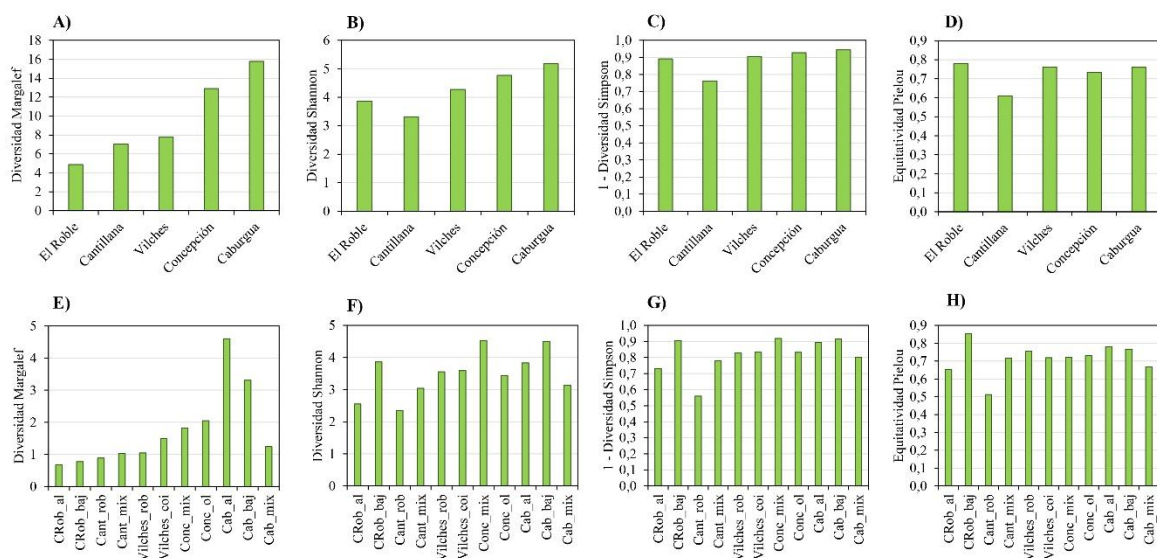


Figura 18. Índices de diversidad para las localidades y sitios siendo respectivamente: A y E) Margalef (I), B y F) Shannon-Weaver (H'), C y G) $1 - D_{(Si)}$, D y H) equitatividad de Pielou (J).

Los análisis de cluster (Figura 19) muestran dos principales divisiones: los bosques de *Nothofagus macrocarpa* de la Región Metropolitana se agrupan en un cluster, mientras que los bosques dominados por *N. obliqua*, correspondiente a las localidades de Vilches hacia el sur forman otro cluster, donde los sitios de cada localidad se agrupan entre sí en cuanto a la composición de Agaricales *s.l.*, mostrando la misma topología para los índices de Sorensen y Jaccard. Sin embargo, ambos índices de similitud arrojan valores bajos.

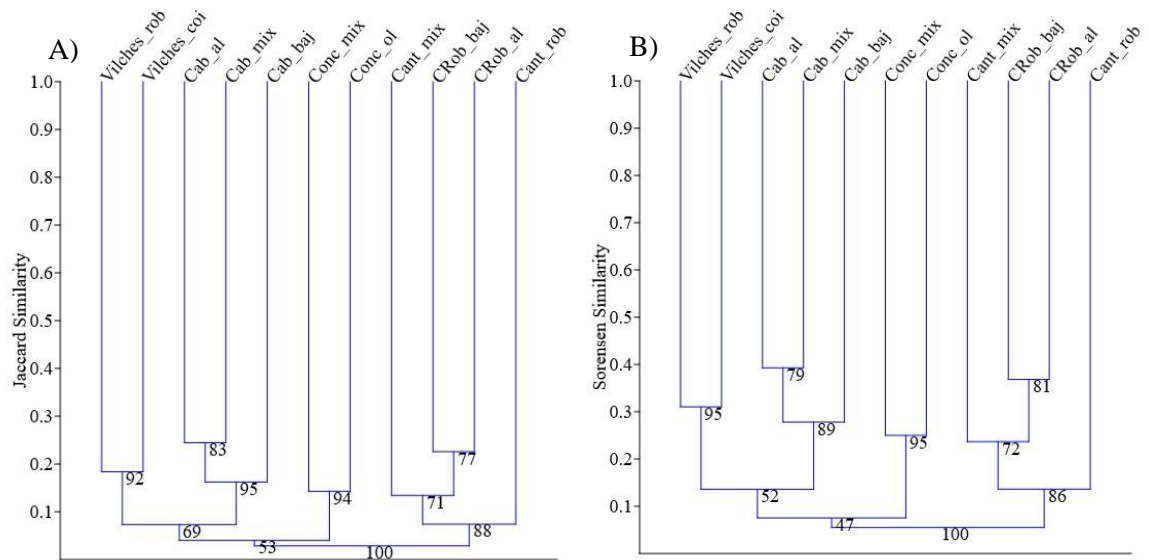


Figura 19. Análisis de cluster (UPGMA) de los hongos a través del índice de similitud de Jaccard (A), y de Sorensen (B). Los números bajo los nodos indican el valor de Bootstrap.

Se puede observar un alto porcentaje de especies exclusivas (Tabla 10) en cada localidad, siendo Concepción la que posee valores más altos (90%), y el Cerro El Roble los más bajos (82%). Un patrón similar se obtiene al comparar entre los sitios, donde Conc_mix, Cant_mix y Cant_rob poseen los porcentajes más altos de especies únicas (68%, 67% y 63% respectivamente), mientras que Cab_al posee el porcentaje más bajo (42%).

Tabla 10. Porcentaje de especies exclusivas de cada localidad y sitio de estudio.

Localidad	Exclusivas	Sitio	Exclusivas
El Roble	81%	CRob_al	47%
Cantillana	76%	CRob_baj	48%
Vilches	86%	Cant_rob	63%
Concepción	90%	Cant_mix	67%
Caburgua	82%	Viches_rob	54%
		Vilches_coi	53%
		Conc_mix	68%
		Conc_ol	54%
		Cab_al	42%
		Cab_baj	48%
		Cab_mix	46%

Al analizar el recambio de especies y el anidamiento (Tabla 11), se obtiene un alto recambio y bajo anidamiento al comparar entre todos los sitios, así como también entre todas las localidades, obteniéndose valores similares entre los índices de Sorensen y Jaccard. Estos valores disminuyen al comparar entre los bosques dentro de cada localidad, siendo Altos de Cantillana la que presenta mayor recambio de especie entre los dos sitios estudiados (roblerías y bosque mixto), y Concepción el que comparte más especies entre sus dos sitios (bosque mixto y de olivillos), así como también con mayor anidamiento.

Tabla 11. Recambio de especies y anidamiento a través del índice β Sorensen y β Jaccard entre sitios, entre localidades, y dentro de los sitios de cada localidad.

Unidad de comparación	β Sorensen		β Jaccard	
	Recambio	Anidamiento	Recambio	Anidamiento
Entre sitios	0,91	0,03	0,95	0,01
Entre localidades	0,89	0,04	0,94	0,02
Cerro El Roble	0,60	0,08	0,75	0,06
Altos de Cantillana	0,89	0,02	0,94	0,01
Vilches	0,65	0,04	0,79	0,03
Concepción	0,50	0,25	0,67	0,19
Caburgua	0,62	0,12	0,77	0,09

Finalmente, al analizar si las diferencias en la composición de hongos Agaricales *s.l.* se correlaciona con la distancia geográfica entre los sitios por medio de una prueba de Mantel (Figura 20), se obtiene que a mayor distancia geográfica, menor es el índice de similitud ($p < 0.05$, $cor = 0.75$).

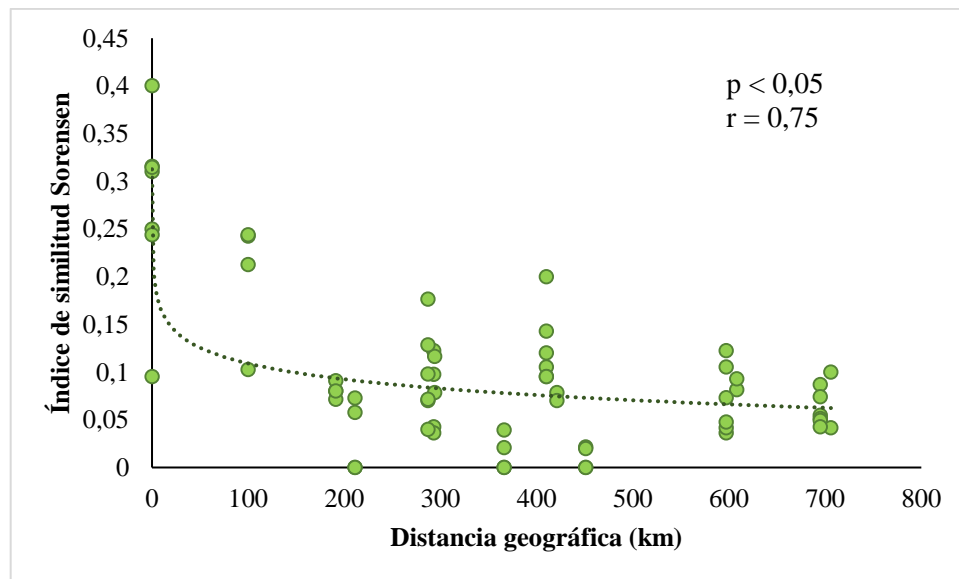


Figura 20. Relación entre la distancia geográfica y el índice de similitud de Sorensen. Se indica el valor de p y el coeficiente de correlación de la prueba de Mantel, con 9999 permutaciones de Montecarlo.

3.3. Análisis multivariado

Al analizar las variables explicativas sobre la riqueza de especies totales y por grupo trófico mediante un análisis de redundancia (RDA), se obtiene que el RDA 1 explica el 97,1% de la varianza, y el RDA 2 el 2,5%, y en su conjunto explican un 99,6% de la varianza total (Figura 21). En general se observa un aumento en la riqueza total de especies, y de cada grupo trófico por separado al aumentar la Bio12, Na, N, Al, y riqueza general de plantas, y al disminuir la Bio15, Bio5, el pH, P, porcentaje de cielo descubierto, y el DAP. Sin embargo, al analizarlo por cada componente de la riqueza fúngica, la riqueza total de especies aumenta con la diversidad de plantas, precipitación anual, Na y N, y disminuye con el aumento del pH, P, cielo descubierto y DAP. La riqueza total de ECM sigue el mismo patrón, pero además aumenta en menor medida junto con el carbono orgánico del suelo, y disminuye con aumentos en la Bio15, Bio5, abundancia de *Nothofagus* y el valor de importancia de las especies deciduas (VI_D). Por su parte, la riqueza de especies de saprobiontes totales y saprobiontes de madera se comportan similar entre sí, aumentando con la diversidad de helechos, sotobosque, Al, y disminuyen con el aumento en el DAP del bosque, el pH, P y NO_3^- . Finalmente, los saprobiontes de suelo aumentan junto con la riqueza de helechos, diversidad del sotobosque, Al, y en menor medida con la capacidad de intercambio catiónico (CIC), y la temperatura promedio del verano. Además, disminuye al aumentar el NO_3^- . Finalmente, se observa que el sitio de Cab_alto y Cab_bajo son los más distintos a los demás en cuanto a las variables ambientales, siendo el primero caracterizado por elevados niveles de Al, y alta diversidad

de helechos, cobertura de sotobosque, y muy bajo pH, mientras que Cab_bajo se diferencia por su elevado contenido de carbono orgánico y baja capacidad de intercambio catiónico.

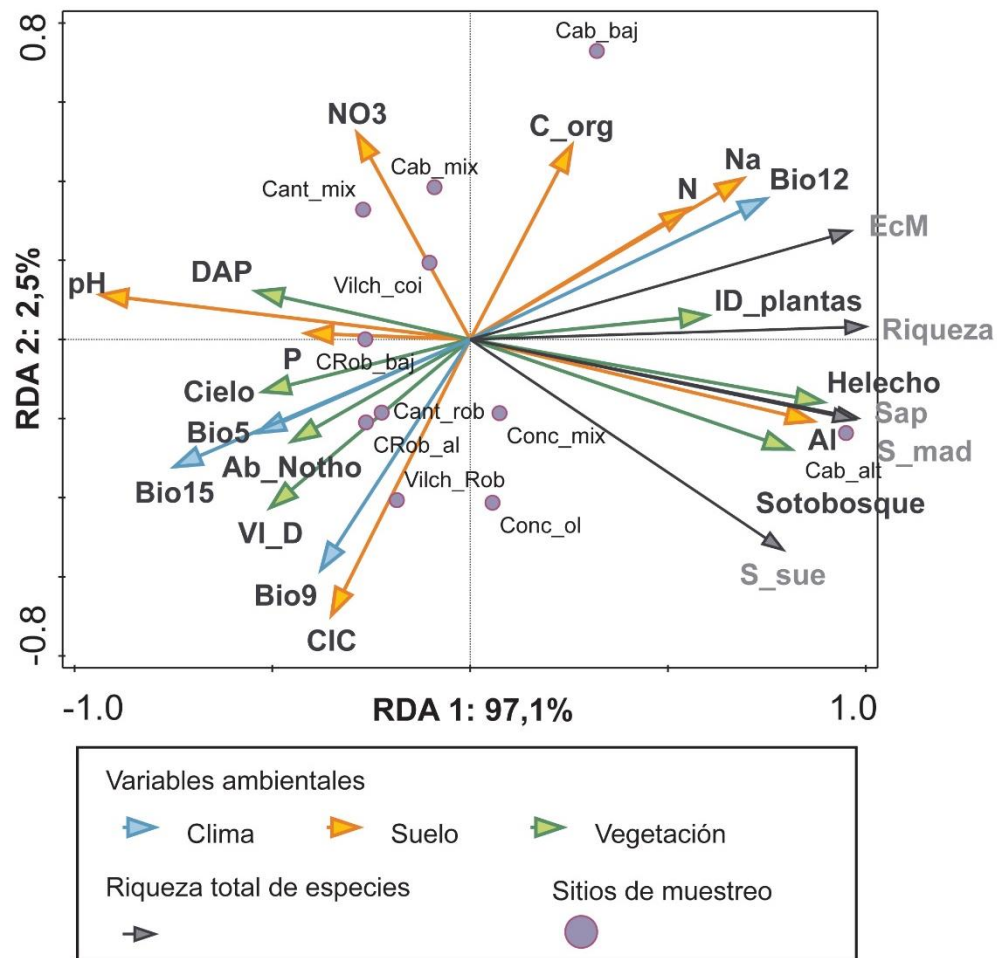


Figura 21. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies totales (Riqueza) y por grupo trófico: ectomicorrizas (ECM), saprobiontes totales (Sap), saprobiontes de madera (S_mad), y saprobiontes de suelo (S_suelo). Los dos primeros ejes representan el 99,6% de la varianza total.

Al analizar las variables explicativas sobre la riqueza de especies por familia para cada grupo trófico, se observa que el análisis explica un 98% de la varianza total (RDA 1: 94,8% y RDA 2: 3,2%). En particular, las familias Inocybaceae, Bolbitiaceae, Paxillaceae y Tricholomataceae se asocian a mayor riqueza de plantas, altas concentraciones de

aluminio, pH más ácido, menor DAP y menor porcentaje de cielo descubierto. Cortinariaceae, la familia con mayor diversidad de especies se asocia a mayor Bio12, Na, N, y menor pH, cielo descubierto, VI_D, Bio15 y Bio10. Por su parte, Gomphaceae se correlaciona con mayor contenido de carbono orgánico, mayor relación C:N, y menor CIC. Hymenogastraceae sigue el patrón opuesto a esta última, además de asociarse a zonas con veranos más cálidos y con mayor estacionalidad en las precipitaciones (Figura 22). Sin embargo, el modelo es poco explicativo para las familias Amanitaceae, Russulaceae y Boletaceae.

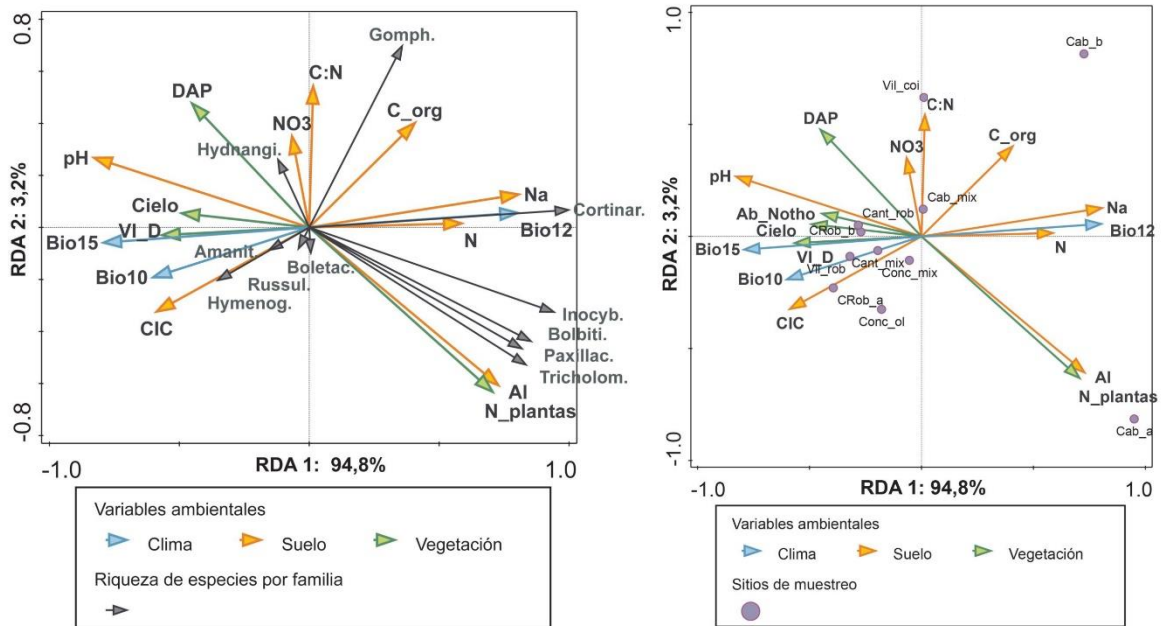


Figura 22. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies por familia de ECM: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 98% de la varianza total.

El análisis multivariado para los saprobiontes totales explica un 86,6% de la varianza total (RDA 1: 80,4%, RDA 2: 6,2%), donde la mayoría de las familias poseen

mayor riqueza de especies a mayores precipitaciones, riqueza de plantas, sodio, aluminio del suelo, pH más ácidos, menor estacionalidad en las precipitaciones y mayor cobertura vegetal, siendo las familias Mycenaceae, Clavariaceae y Physalacriaceae las que presentan un patrón más marcado. Sin embargo, las familias Strophariaceae, Agaricaceae, y Tricholomataceae siguen un patrón opuesto, donde la riqueza aumenta en zonas más secas, con mayor porcentaje de cielo descubierto, y mayor valor de importancia de especies deciduas. Por su parte, las familias Hygrophoraceae, Marasmiaceae e Hymenogastraceae se asocian a mayor porcentaje de N total, carbono orgánico, CIC y a veranos menos cálidos. Mientras que Cyphellaceae y Omphalotaceae siguen el patrón opuesto (Figura 23).

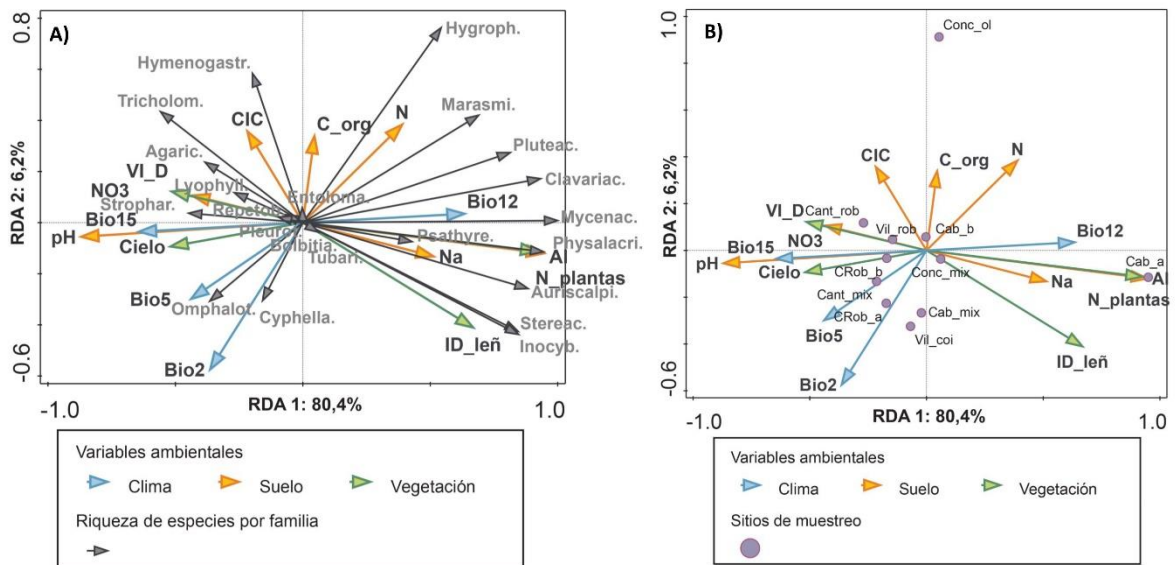


Figura 23. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies por familia de saprobiontes totales: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 86,6% de la varianza total.

Al analizar las variables explicativas según el tipo de sustrato en las especies saprobiontes, se observa que el modelo explica el 88,3% de la varianza total (RDA 1:

82,1%, RDA 2: 6,2%) para los saprobiontes de suelo. Se observa mayor riqueza de especies en la mayoría de las familias hacia condiciones más cálidas y secas (valores más altos de Bio 2, Bio5, Bio15 y Bio15, y menores de Bio12), a pH menos ácidos, mayores contenidos de NO_3^- y CIC, junto a menores concentraciones de Al, Na y NH_4^+ , además de menor cobertura vegetal (Cielo), menor diversidad de plantas. Por su parte, las familias Hygrophoraceae, Clavariaceae y Mycenaceae siguen el patrón opuesto (Figura 24).

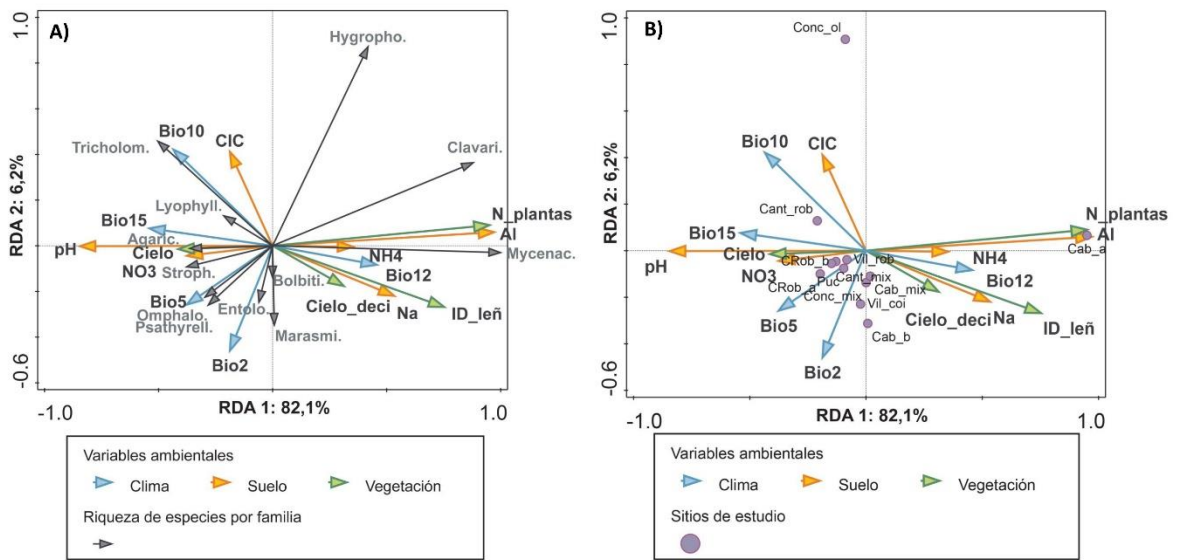


Figura 24. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies dentro de las familias de saprobiontes de suelo: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 88,3% de la varianza total.

Por otro lado, para los hongos descomponedores de madera, el RDA explica un 90,3% (RDA 1: 72,8% y RDA2: 11,5%), y se observa que a mayores precipitaciones anuales, riqueza de plantas, pH más ácidos, menor diámetro promedio del bosque, menor porcentaje de cielo descubierto en otoño e invierno (VI_D y Cielo_OI), junto con veranos menos cálidos, hay mayor riqueza de especies para las familias Stereaceae,

Auriscalpiaceae, Physalacriaceae, Mycenaceae, y en menor medida para Inocybaceae, Marasmiaceae y Pluteaceae. La familia Agaricaceae sigue el patrón opuesto, mientras que Tricholomataceae, Gomphaceae, Pleurotaceae, Strophariaceae, Hymenogastraceae, Psathyrellaceae, Repetobasidiaceae, Omphalotaceae y Tubariaceae aumentan a mayor C orgánico, cielo descubierto en otoño e invierno, NO_3^- y menor NH_4^+ , contrario a la familia Cyphellaceae (Figura 25).

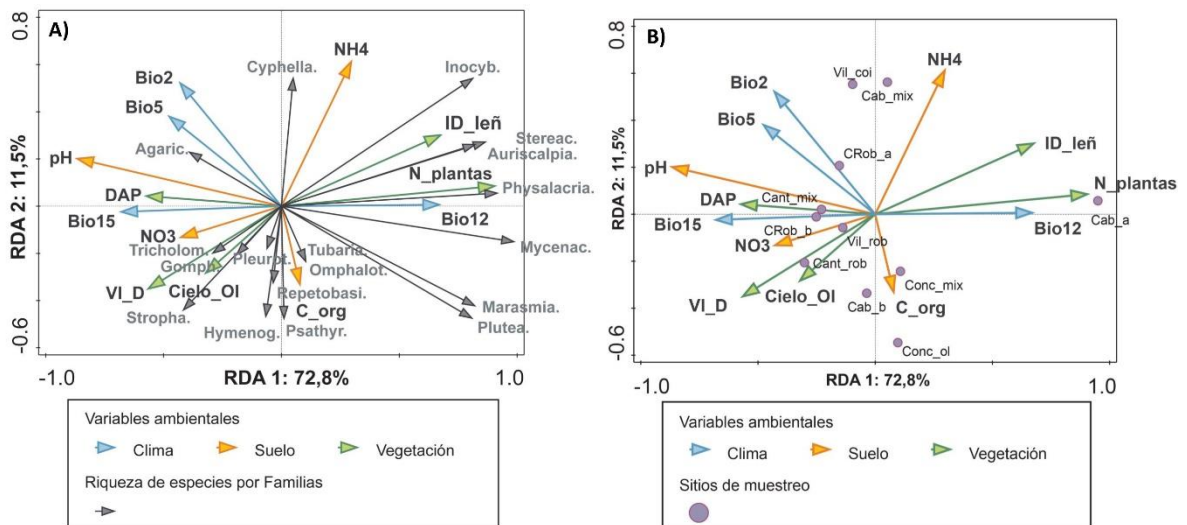


Figura 25. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies dentro de las familias de saprobiontes de madera: A) entre las familias y las variables ambientales, y B) entre los sitios y las variables ambientales. Los dos primeros ejes representan el 90,3% de la varianza total.

Finalmente, se estudió el porcentaje de explicación de cada grupo de variable, ya sea suelo, vegetación o clima, y la combinación de éstos sobre los patrones de distribución encontrados para el total de la riqueza, y por cada grupo trófico por separado, a través de un análisis de partición de la varianza (Figura 26). Los resultados muestran que la contribución de cada componente es diferencial según el grupo trófico, siendo la combinación de suelo y vegetación el de mayor importancia para la riqueza total de especies (36,7%), familias de saprobiontes de suelo (49,1%) y de degradadores de madera

(37,1%), mientras que para las familias de ECM la combinación de todas las variables explica el 39,4%, y en segundo lugar por el suelo por sí solo (19,3%). Por otro lado, la riqueza de especies por familia de saprobiontes totales se ve explicado en porcentajes similares entre el suelo por sí solo (17,6%), la combinación de suelo y vegetación (22,5%) y el conjunto de todas las variables (20,7%). Para la mayoría de los casos el porcentaje de varianza no explicada es bajo, siendo para los saprobiontes totales (11,8%) y los saprobiontes de suelo (10,5%) los porcentajes más altos.

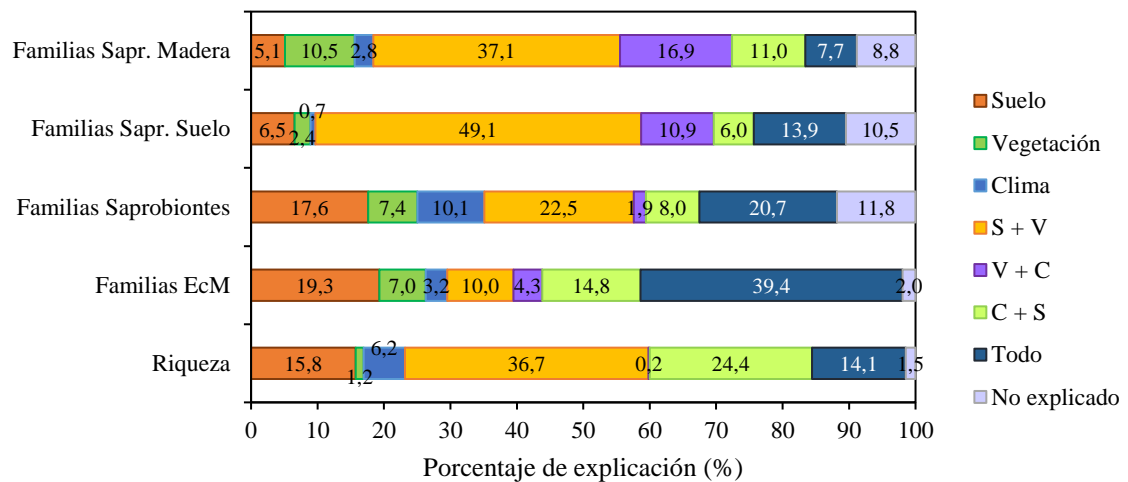


Figura 26. Análisis de partición de varianza para la riqueza total de especies y por grupo trófico (Riqueza), y para la riqueza total de especies pertenecientes a cada familia según su grupo trófico, en relación a cada grupo de variable por si sola (suelo, vegetación y clima), y la combinación de ellas, donde S: suelo, V: vegetación y C: clima.

Discusión

Se realizó muestreo por dos años en 5 localidades, dos dominadas por *N. macrocarpa*, y tres por *N. obliqua*, encontrándose un total de 265 especies de Agaricales *s.l.* (Anexo 4), encontrándose la máxima diversidad de especies entre los meses de abril y junio según su zona geográfica (Anexo 4), mostrando una marcada estacionalidad como ha sido documentada por (Valenzuela y col., 2013). Las familias dominantes corresponden a Cortinariaceae (25%) con predominando el género *Cortinarius* con 60 especies (23,5%), seguido por Mycenaceae (12%) con 31 especies (12%) del género *Mycena*, luego, la riqueza de especies por género y familia disminuye considerablemente a 13 especies para el género *Inocybe* (5%). La dominancia del género *Cortinarius* en bosques de *Nothofagus* fue documentada por Moser & Horak (1975), Garrido (1988) y Valenzuela (1993), sin embargo, es importante destacar que son 7 las especies de *Cortinarius* documentadas para *N. macrocarpa* (Garrido, 1988; Singer, 1969), mientras que en este estudio se encontraron 10 especies que, si bien la resolución taxonómica para la mayoría fue a nivel de género, no concuerdan con las descripciones de las 7 especies documentadas (Anexo 4). Por otro lado, *Mycena* es el principal género saprobionte de los bosques dominados por *Nothofagus* con porcentajes entre 21 y 36% en la X Región (Valenzuela y col., 1998; Valenzuela y col., 2013), por lo que es relativamente baja la diversidad de *Mycena* encontrada en todas las localidades de estudio en relación a la esperada, lo cual puede deberse a la diferencia en los esfuerzos de muestreo, ya que este estudio se colectó mensualmente posterior a las lluvias por dos años, mientras que Valenzuela y col. (1998) colectó por cinco años, y Valenzuela y col. (2013) semanal y quincenalmente por un año. Además, la diversidad de

especies de *Mycena* se correlaciona con mayores montos de precipitación anual (Figura 23, Figura 24, y Figura 25), la cual aumenta entre la localidad de más al sur de este estudio (IX Región) y la X Región. Sin embargo, se mantiene la dominancia como género saprobionte.

Dentro de las familias, géneros y especies menos representativas es importante destacar nuevos registros para Chile (Anexo 6), como *Ripartites tricholoma*, el cual ha sido documentado en Patagonia Argentina (Horak, 1980), pero ni el género ni la especie habían sido reportados para Chile. *Rimbachia arachnoidea* var. *bispora* es otro nuevo registro para Chile, la cual ha sido descrita para Norteamérica (Redhead, 1984). Se reporta además nuevos registros de especies ectomicorrícicas para *N. macrocarpa*, como *Amanita merxmulleri*, la cual ha sido documentada para *N. dombeyi*, *N. glauca*, *N. obliqua* y *N. pumilio* (Moser & Horak, 1975; Garrido, 1988), siendo en la Reserva Los Ruiles la zona más al norte en que se ha encontrado hasta la fecha (Garrido, 1988). Además, de *Laccaria laccata*, *L. tetraspora*, *Austropaxillus statuum*, *Inocybe* sp. 7, y *Hebeloma crustuliniforme*, siendo esta última no documentada previamente como ECM de *Nothofagus*, sino que asociado con los géneros *Betula*, *Picea* y *Pinus* (Abuzinadah & Read, 1986).

Es importante destacar que el 77% del total de los géneros posee especies con una amplia distribución en el mundo (Anexo 9), incluyendo el género *Cortinarius*, sin embargo, se ha documentado que más del 70% de las especies de dicho género son endémicas de los bosques de *Nothofagus* del sur de Sudamérica (Moser & Horak, 1975; Horak 1980; Garrido 1988). Sin embargo, debido a la alta cantidad de especies en las que solo se llegó a nivel de género impide hacer un análisis que de cuenta de un modo más

representativo la distribución y el origen de las especies de hongos en los bosques nativos de Chile.

Los resultados obtenidos muestran que, en términos generales, hay un patrón de riqueza total de hongos Agaricales *s.l.* que incrementa hacia el sur en bosques dominados por *N. macrocarpa* y *N. obliqua* entre los -32.90 y -39.19 grados de latitud sur. Sin embargo, a pesar de que este patrón se replique en cada grupo trófico por separado, siendo una relación no significativa para los saprobiontes totales y descomponedores de madera, se observa un recambio en las proporciones entre saprobiontes y ectomicorrizas, disminuyendo hacia el sur ($r = -0,57$, $p = 0,06$), por ende, siendo más similares las riquezas de cada grupo trófico proporcionalmente. Valenzuela y col. (2013) encontraron en Paillaco (-40,06 latitud sur) un total de 41 especies de Agaricales *s.l.* en un área de 450 m², correspondiente a 1,25 parcela de este estudio, de este modo, al estandarizar la riqueza de especies por parcela y correlacionarla con la latitud se mantiene el patrón encontrado en este estudio, con una correlación mayor ($p \ll 0,05$, corr: 0,98).

El gradiente de riqueza de especies se encuentra correlacionado principalmente con los aumentos en 1) las precipitaciones, tanto anual como estacional, cuyos veranos son más lluviosos y menos cálidos (Anexo 7 y Anexo 8), tal y como ha sido documentado a escala global (Tedersoo y col., 2014), debido a que los hongos dependen de la humedad para la germinación de las esporas y posteriormente producir cuerpos fructíferos (Salerni y col., 2002). Las precipitaciones aumentan de norte a sur entre las localidades estudiadas, mientras que las temperaturas no presentan tendencias marcadas, por lo que no es un factor determinante en los patrones de riqueza de especies de hongos. 2) La diversidad y

cobertura de plantas, la cual, forma el ambiente microclimático tanto en la luz que incide en el suelo, y el aporte de la materia orgánica (Ganuza & Almendro, 2003). 3) El sodio, cuyo exceso genera problemas de salinidad sódica, afectando negativamente sobre la estructura del suelo (Bernier & Bortolameolli, 2000) siendo todos los sitios, a excepción de CRo_alt, Vil_rob, Con_oli y Cab_mix, los que presentan exceso de sodio. 4) Nitrógeno total, el cual es fundamental para el crecimiento y producción de metabolitos secundarios que le permiten a los hongos colonizar y sobrevivir en zonas limitantes de nutrientes (Tudzynski, 2014), 5) A pH más ácidos aumenta la diversidad de hongos, lo que ha sido documentado a nivel global para ectomicorrizas (Erland & Taylor, 2002) y para la colonización de éstas en las raíces de las plantas (Soudzilovskaia y col., 2015), así como también para saprobiontes (Tedersoo y col., 2014). 6) En menor medida aumentos en el porcentaje de carbono orgánico total, el cual es ampliamente documentado como un factor que influye positivamente sobre la riqueza de especies de hongos total, ECM y saprobiontes (Erland & Taylor, 2002; Ganuza & Almendro, 2003; Tedersoo y col., 2014), el cual indica la cantidad de materia orgánica, la cual favorece la retención de agua, disponibilidad de nutrientes y formación de micorrizas (Bergemann & Largent, 2000), encontrándose gran cantidad de raíces micorrizadas en la madera caída (Harvey y col., 1996). Por otro lado, en este estudio se encontró que es importante incluir la cobertura vegetal de especies siempreverdes y deciduas como un indicador de la luz que incide dentro del bosque, la cual influye negativamente sobre los patrones generales de riqueza de Agaricales *s.l.*, así como lo reportan Gamundí & Horak (1993), Santos-Silva y col. (2011) y Toledo y col. (2014), quienes encontraron una fuerte asociación entre la cobertura vegetal y la riqueza de especies de ECM y saprobiontes de suelo. Pero

algunas familias de saprobiontes crecen con baja cobertura vegetal, o con dominancia de especies deciduas, por lo que en los meses de otoño e invierno aumentará considerablemente el suelo expuesto a rayos solares, viento y cambios de temperatura. Contrariamente, la cobertura del sotobosque indicaría cuán protegido quedan los microambientes frente a condiciones ambientales cambiantes, mientras que la presencia de helechos indica cuánta humedad hay en el bosque. Ambas variables vegetacionales se correlacionan positivamente con la riqueza de especies de hongos (Figura 21. Biplot del análisis de redundancia (RDA) para la riqueza de especies totales (Riqueza) y por grupo trófico: ectomicorrizas (ECM), saprobiontes totales (Sap), saprobiontes de madera (S_mad), y saprobiontes de suelo (S_suelo). Los dos primeros ejes representan el 99,6% de la varianza total., Anexo 7 y Anexo 8). Es importante destacar que existe una relación entre el aumento de aluminio en el suelo con el aumento en la riqueza de especies de hongos, para los bosques de la Cordillera de Los Andes, como Vilches y Caburgia son suelos andisoles, donde Cab_alt es el que tiene considerablemente mayor concentración de aluminio (3,43 ppm), el cual a su vez tiene la mayor diversidad de plantas y hongos, por lo que gran parte de la varianza para el Al lo explica este sitio, pudiendo así generar un sesgo en los análisis multivariados por la falta de réplicas de sitios con concentraciones tan elevadas de aluminio. Este sitio posee niveles tóxicos de Al (Kloster y col., 2007), sin embargo, algunas familias toleran estas condiciones como Tricholomataceae, Paxillaceae, Bolbitiaceae, Inocybaceae, Mycenaceae y Clavariaceae (Figura 22). Estudios muestran las especies ECM presentan mayor tolerancia al aluminio que las saprobiontes en el hemisferio norte, donde el micelio de *Suillus variegatus* es capaz de crecer frente a concentraciones tóxicas de aluminio, mientras que *Laccaria laccata* (Familia

Hydnangiaceae) disminuye el crecimiento de su micelio a medida que aumenta el aluminio del suelo (Jones & Muehlchen, 1994). Esto último concuerda con lo reportado en este estudio, donde hay menor riqueza de especies de la Familia Hydnangiaceae a mayores concentraciones de Al (Figura 22). Además, se ha documentado que el alto contenido de Al afecta en la biodisponibilidad de P, ya que lo adsorbe en su superficie inmovilizándolo (Sohrt y col., 2017), por lo tanto, la baja concentración de Al en bosques de *N. macrocarpa*, como los del Cerro El Roble y Altos de Cantillana (Tabla 5), podría estar relacionada con el alto contenido de P en el suelo.

Las variables explicativas varían al analizarlo a escala de familias y grupos tróficos, encontrándose incluso patrones opuestos dentro de algunas familias, como Tricholomataceae, ya que su riqueza de especies ECM aumenta a mayores precipitaciones anuales, Na, N, Al, riqueza de plantas, pH más ácidos, y mayor cobertura vegetal (Figura 22), mientras que para especies saprobiontes de la misma familia siguen el patrón contrario, encontrándose más riqueza en zonas más secas con veranos más cálidos, con pH levemente ácidos a neutros, menor diversidad de plantas y concentraciones de Al (Figura 23, Anexo 7 y Anexo 8). Sin embargo, para las familias Gomphaceae e Inocybacea los patrones son similares para cada grupo trófico dentro de la misma familia. Garrido (1988) describe que las especies de ECM de la Familia Tricholomataceae se distribuyen desde la Región del Maule hacia el sur de Chile, sin embargo, en este estudio únicamente se encontró especies de ECM en Concepción y Caburgua, mientras que de saprobiontes se encontró mayor riqueza de especies en la zona norte, a pesar de que se distribuyen hasta

Patagonia. Esto representa un sesgo en el muestreo el cual podría estar dando cuenta de la diferencia en los patrones encontrados para la Familia Tricholomataceae.

El análisis de partición de varianza muestra que para la mayoría de los casos es la combinación entre las variables edáficas y vegetacionales las que estarían incidiendo en mayor medida sobre los patrones de riqueza y composición de especies de hongos Agaricales *s.l.* Estudios indican que los microorganismos y las variables edáficas se distribuyen parchosamente en los ecosistemas (Ettema & Wardle, 2002; Talbot y col., 2014), lo cual puede explicar el alto recambio de especies entre los sitios y localidades. Al analizar el patrón de la vegetación a menor escala, y con una localidad aproximada por Región, se observa un importante valor de recambio en la composición de la vegetación, así como también su riqueza de especies (Figura 9). Por lo tanto, los hongos estarían respondiendo al mosaico que se da entre las variables edáficas, junto al recambio florístico. Esto último se puede observar en la similitud obtenida entre los análisis de cluster de la composición de plantas (Figura 10) y de hongos (Figura 19). Además, se observa que entre los sitios del Cerro El Roble, Cantillana, Vilches y en Caburgua mixto (Cab_mix) poseen estadísticamente la misma riqueza de especies por cuadrante (Figura 17), sin embargo, las especies que conforman la comunidad fúngica son distintas entre sí (Figura 19) con elevados índices de recambio de especies (Tabla 11).

Es importante destacar que el alto porcentaje de exclusividad encontrado de especies por sitio y localidad no necesariamente indica que las especies se distribuyen en un rango geográfico restringido, sino más bien bajo condiciones microclimáticas particulares, ya que algunas especies que en este estudio solo se encontraron en una localidad y/o sitio,

son de amplia distribución en Chile, por ejemplo, *Marasmiellus alliiodorus* se encontró únicamente en Concepción, pero se distribuye en bosques nativos desde Fray Jorge hasta la X Región (Lazo, 2016), así como también, *Amanita diemii* y *Cortinarius lebre* se distribuyen desde la Región del Maule hasta la X y VIII Región respectivamente (Singer 1969, Garrido y col., 1985; Garrido 1988, Valenzuela y col., 2013), pero en este estudio solo se observaron en la localidad de Concepción. Por otro lado, algunas especies ectomicorrícicas encontradas se asocian también a otras especies de *Nothofagus*, por lo que se vieron bajamente representadas en este estudio, por ejemplo, *Cortinarius lazulinus* forma asociaciones con *N. antarctica*, *N. betuloides*, *N. dombeyi*, *N. pumilio* y *N. nitida* (Garrido, 1988; Moser & Horak, 1975). Lo mismo ocurre para la única especie parásita encontrada, *Fistulina antarctica*, la cual infecta a *N. dombeyi*, *N. pumilio*, *N. antarctica*, y *N. betuloides* (Rajchenberg, 2006), y es frecuente de encontrar en distintos sitios dentro de Patagonia Argentina (Toledo y col., 2014). De este modo, al aumentar el número de localidades muestreadas, o ampliar el estudio a bosques con dominancia de otras especies, disminuiría el porcentaje de exclusividad geográfica de las especies encontradas, sin embargo, se espera que continúe siendo alto, debido a que incluso dentro de una misma localidad hay un alto recambio de especies de hongos, dado por el cambio vegetacional y edáfico.

El test de Mantel indica que hay una disminución significativa en la similitud de la composición de especies de hongos Agaricales *s.l.* a medida que aumenta la distancia geográfica entre las localidades estudiadas. Este patrón ha sido documentado en ecología, asociado principalmente a la amplitud de nicho de cada especie, limitaciones a la

dispersión y disminución en la similitud de las variables ambientales, como los gradientes climáticos (Morlon y col., 2008; Nekola & White, 1999). Debido a esta última razón, no se incluyó la distancia geográfica entre los sitios de estudio como una de las variables explicativas, a pesar de que hay estudios sobre microorganismos (Almasia y col., 2016) y hongos (Tedersoo y col., 2014) que la incorporan. Dentro de las limitaciones para la dispersión de los hongos Agaricales *s.l.* se encuentra la distancia a la que alcanzan las esporas al momento de liberarse, donde las esporas más pequeñas alcanzan distancias más largas a través del viento (Norros y col., 2014), por lo que a mayor distancia desde el basidioma disminuye la probabilidad de encuentro de dos esporas de la misma especie para producir un micelio dicariótico, de este modo, disminuye la colonización de la especie en áreas más remotas (Peay y col., 2012). En el caso de las especies ECM, necesitan además la presencia de su hospedero, y se cree que solo en condiciones dicarióticas forman asociaciones micorrícicas más vigorosas (Horton, 2017). Además, algunas especies dependen de animales para la dispersión de sus esporas y germinación de estas, luego de pasar por el tracto digestivo de mamíferos o babosas (Sussman & Halyrson, 1966), sin embargo, el 95% de las esporas alcanzan hasta un metro del cuerpo fructífero (Galante y col., 2011). La mayoría de los Agaricales lignícolas y de suelo son los menos exigentes en cuanto a los requerimientos ambientales (Fries, 1966), siendo para alguno de ellos necesarios períodos de enfriamiento o condiciones lumínicas específicas para germinar (Fries, 1984).

En este estudio se trabajó únicamente con los cuerpos fructíferos durante dos años de muestreo, lo cual representa un sesgo en la riqueza y composición de especies presente

en cada localidad, ya que las fructificaciones son fuertemente estacionales, algunas efímeras, y no fructifican las mismas especies todos los años (Kauserud y col., 2008; Valenzuela y col., 2003). Sin embargo, se observa que el estudio es representativo y respalda patrones globales o de escalas muy pequeña en las localidades muestreadas. Una de las proyecciones es complementar con la biodiversidad bajo suelo, en conjunto con la cual se puede obtener una mejor aproximación, ya que, si bien algunas especies se pueden encontrar tanto sobre y bajo suelo en los muestreos, hay algunas que solamente se registra con la recolección del cuerpo fructífero, como aquellas menos frecuentes, o que fructifican sobre madera, mientras que otras con la colecta de suelo y posterior secuenciación, como las especies hipógeas (Dokmai y col., 2015; Tóth & Barta, 2010).

Conclusión

Según la hipótesis planteada en este estudio se esperaba encontrar un patrón de riqueza total de especies de hongos que aumente hacia el sur asociado al mismo patrón creciente en la diversidad de plantas y montos de precipitación encontrados en Chile, debido a que son factores descritos que influyen sobre los patrones de riqueza de hongos Agaricales *s.l.* a nivel global. Esta correlación se cumple, así como también se repite a una menor escala, como la de este estudio. Se encontró también que el pH, N total, Na, Al, estacionalidad de las precipitaciones y cobertura vegetal son variables explicativas importantes.

Se esperaba que este patrón de riqueza variara diferencialmente sobre cada grupo trófico, tal y como ha sido descrito en los patrones globales. Esto se cumplió parcialmente, ya que todos los grupos tróficos poseen un patrón de riqueza creciente de norte a sur, pero con distinta intensidad en la relación. Sin embargo, el grupo de variables explicativas para cada uno varía. Este gradiente va acompañado por un alto recambio de especies, tanto dentro y entre las localidades estudiadas, dado por la variación a pequeña escala de la vegetación y condiciones edáficas.

La diversidad de Agaricales *s.l.* en el gradiente estudiado fue 3 Órdenes, 30 Familias, 74 géneros y 265 especies, donde dos de ellas son nuevos registros para Chile: *Rimbachia aracnoidea* var. *bispora* y *Ripartites tricholoma*.

Una de las proyecciones de este estudio es complementar la biodiversidad de hongos encontrada sobre suelo, basada en los basidiomas, junto con el estudio bajo suelo

por medio de técnicas moleculares. Además, es importante contribuir en la secuenciación de los cuerpos fructíferos, para así ampliar la base de datos genética y llegar a una mejor resolución de especies al coleccionar muestras de suelo.

Este estudio da a conocer las variables que afectan la distribución de hongos en el gradiente latitudinal en Chile, lo que puede servir para evaluar el efecto del cambio climático futuro. Se estima que las especies de plantas con nichos amplios se verán menos afectadas a lo largo de gradientes ambientales, pero además se espera que migren a latitudes y altitudes mayores (Alarcón & Cavieres, 2015), por lo cual, es importante estudiar de qué modo estas predicciones podrían afectar la distribución y composición de los hongos frente a futuros cambios climáticos y vegetacionales.

Referencias

- Abuzinadah, R. A., y Read, D. J. 1986. The role of proteins in the nitrogen nutrition of ectomycorrhizal plants: III. Protein utilization by *Betula*, *Picea* and *Pinus* in mycorrhizal association with *Hebeloma crustuliniforme*. *New Phytologist*, 103(3), 507-514.
- Alarcón, D., y Cavieres, L. A. 2015. In the right place at the right time: habitat representation in protected areas of South American *Nothofagus*-dominated plants after a dispersal constrained climate change scenario. *PloS one*, 10(3), e0119952.
- Almasia, R., Carú, M., Handford, M., y Orlando, J. 2016. Environmental conditions shape soil bacterial community structure in a fragmented landscape. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 39-45.
- Azpilicueta, M. M., Marchelli, P., & Gallo, L. A. 2009. The effects of Quaternary glaciations in Patagonia as evidenced by chloroplast DNA phylogeography of Southern beech *Nothofagus obliqua*. *Tree genetics & genomes*, 5: 561-571.
- Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134-143
- Bergemann, S. E. y D. L. Largent. 2000. The site specific variables that correlate with the distribution of the Pacific Golden Chanterelle, *Cantharellus formosus*. *Forest Ecology and Management* 130:99-107.

- Bernier, R., y Bortolameolli, G. 2000. Seminario Taller para productores: Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del Suelo, Fertilización de Praderas, Cultivos y Mejoramiento de Praderas. 71 p. Serie Actas, (04).
- Breitenbach, J., y Kraenzlin, F. 1995. Fungi of Switzerland. 4: Agarics, part 2: Entolomataceae, Pluteaceae, Amanitaceae, Agaricaceae, Coprinaceae, Bolbitiaceae, Strophariaceae. Edition Mycologia Lucerne. 370 pp.
- Dokmai, P., Phosri, C., Khangrang, R., y Suwannasai, N. 2015. Above-and below-ground ectomycorrhizal diversity in a pine-oak forest in northeastern Thailand. Chiang Mai J Sci, 42, 79-87.
- Donoso, C. 1979. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. Bosque, 3: 1-14.
- Erland, S., y Taylor, A. F. 2002. Diversity of ecto-mycorrhizal fungal communities in relation to the abiotic environment. In Mycorrhizal ecology (pp. 163-200). Springer Berlin Heidelberg.
- Ettema, C. H., y Wardle, D. A. 2002. Spatial soil ecology. Trends in ecology & evolution, 17(4), 177-183.
- Fries, N. 1966. Chemical factors in the germination of spores of Basidiomycetes. In: Madelin M. The fungus spore. Butterworths, London, 189–199.
- Fries, N. 1984. Spore germination in the higher Basidiomycetes. Proceedings: Plant Sciences 93(3), 205–222

- Gajardo, R. 2001. Antecedentes sobre el “roble de Santiago” o “roble blanco” (*Nothofagus macrocarpa*) y sus problemas de conservación. *Bosque Nativo*, 28: 3-7.
- Galante, T.E., Horton, T.R., y Swaney, D.P. 2011. 95% of basidiospores fall within 1 m of the cap: a field–and modeling–based study. *Mycologia* 103(6), 1175–1183.
- Gamundí, I. J. y E. Horak. 1993. Hongos de los bosques andinopatagónicos. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires. 141 p.
- Ganuja, A., y Almendros, G. 2003. Organic carbon storage in soils of the Basque Country (Spain): the effect of climate, vegetation type and edaphic variables. *Biology and Fertility of Soils*, 37: 154-162.
- Garrido, N. 1988. Agaricales *s.l.* und ihre Mykorrhizen in den *Nothofagus*-Waldern Mittelchiles. *Bibliotheca Mycologica* tomo 120, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, Alemania, 528 pp.
- Garrido, N., Bresinsky, A., y Marticorena, C. 1985. Index Agaricalium Chilensium. *Bibliotheca Mycologica* 99, 339 pp.
- Gaston, K. J. & Blackburn, T. M. 2000. Pattern and process in macroecology. Blackwell Science, Oxford.
- Goodall, D. W. 1953. Point Quadrat methods for the analysis of vegetation - the treatment of data for tussock grasses. *Australian Journal of Botany*, 1(3), 457-461.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., y Ryan, P. D. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.

- Harvey, A. E., D. S. Page-Dumroese, M. F. Jurgensen, R. T. Graham y J. R. Tonn. 1996. Site preparation alters biomass, root and ectomycorrhizal development of out planted western white pine and Douglas-fir. *New Forest* 11:255-270.
- Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological research*, 105: 1422-1432.
- Heads, M. 2006. Panbiogeography of *Nothofagus* (Nothofagaceae): analysis of the main species massings. *Journal of Biogeography*, 33: 1066-1075.
- Hijmans, R. J., y van Etten, J. 2012. raster: Geographic analysis and modeling with raster data. R package version 2.0–12.
- Hinojosa, L. F., y Villagrán, C. 1997. Historia de los bosques del sur de Sudamérica, I: antecedentes paleobotánicos, geológicos y climáticos del Terciario del cono sur de América. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70: 225-240.
- Hollin, J. T., y Schilling, D. H. 1981. Late Wisconsin-Weichselian mountain glaciers and small ice caps. *The last great ice sheets* (GH Denton and TJ Hughes, eds.). John Wiley & Sons, Inc., New York, 179-206.
- Horak, E. 1980. Agaricales y gasteromicetes secotioides. En: *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego*, tomo XI, fascículo 6: Fungi, Basidiomycetes, FECYC, Buenos Aires.
- Horton, T. R. 2017. Spore dispersal in ectomycorrhizal fungi at fine and regional scales. *Ecol. Stud.* 230: 61-78.

- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat., 44, 223-270.
- Jones, D., y Muehlchen, A. 1994. Effects of the potentially toxic metals, aluminium, zinc and copper on ectomycorrhizal fungi. Journal of Environmental Science & Health Part A, 29(5), 949-966.
- Kauserud, H., Stige, L. C., Vik, J. O., Økland, R. H., Høiland, K., y Stenseth, N. C. 2008. Mushroom fruiting and climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(10), 3811-3814.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C. y Stalpers, J. A. 2001. Dictionary of the Fungi. Novena edición. Wallingford, UK: CABI Publishing. 655pp.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., y Stalpers, J. A. 2008. Dictionary of the Fungi. 10^o Edición, Wallingford, Inglaterra. 771 pp.
- Kloster N. S., M. P. Azcarate, F. J. Babinec y Bono A. 2007. Comparación de técnicas de medición del pH del suelo: pH en pasta de saturación y en relación suelo: agua 1:2,5. Enviado al Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo. San Luis.
- Knudsen, H., y Vesterholt, J. 2012. Funga Nordica: Agaricoid, Boletoid, Clavarioid, Cyphelloid and Gastroid Genera. Nordsvamp. 1083 pp.
- Köppen, W. 1948. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México. 494 pp.

- Ferriol Molina, M., Farinós, M., y Basilio, H. 2012. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Universidad Politécnica de Valencia
- Lazo, W. 2016. Hongos de Chile. Atlas micológico. 2da edición. Santiago, Chile.
- Lodge, D. J., Chapela, I., Samuels, G., Uecker, F. A., Desjardin, D., Horak, E., Miller, O. K., Hennebert G. L., Decock C. A., Ammirati J., Burdsall H. H., Kirk P. M., Minter D. W., Hailing R., Laessøe T., Mueller G., Huhndorf S., Oberwinkler F., Pegler D. N., Spooner B., Petersen R. H., Rogers J. D., Ryvardeen, L., Watling R. L., Turnbull E., y Whalley A. J. S. 1995. A survey of patterns of diversity in non-lichenized fungi. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 70: 157-173.
- Lodge, D.J., J.F. Ammirati, T.E. O'Dell, G.M. Mueller, S.M. Huhndorf, C.-J. Wang, J.N. Stokland, J.P. Schmit, L. Ryvardeen, P.R. Leacock, M. Mata, L. Umaña, Q. WU y D.L. Czederpiltz. 2004. Terrestrial and lignicolous macrofungi. En: Mueller, G.M., Bills, G.F. y M.S. Foster (eds): *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, San Diego. pp 127-172.
- Luebert, F., y Plisocoff, P. 2018. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Primera Edición. Santiago de Chile. 316 pp.
- Manos, P. 1997. Systematics of *Nothofagus* (Nothofagaceae) based on rDNA spacer sequences (ITS): taxonomic congruence with morphology and plastid sequences. *American Journal of Botany*, 84: 1137-1137.

- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer research*, 27: 209-220.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3:36-71.
- Mitchell, K. 2007. Quantitative analysis by the point-centered quarter method. Hobart and William Smith Colleges. Geneva, NY, USA. 56 p.
- Morlon, H., Chuyong, G., Condit, R., Hubbell, S., Kenfack, D., Thomas, D., Valencia, R., y Green, J. L. 2008. A general framework for the distance-decay of similarity in ecological communities. *Ecology Letters* 11: 904–917.
- Moser, M. y Horak, E. 1975. *Cortinarius* Fr. und nahe verwandte Gattungen in Südamerika. J. Cramer.
- Nekola, J. C., y White, P. S. 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 26(4), 867-878.
- Niveiro, N., Zuliani, P., Ramirez, N. A., Popoff, O. F., y Alberto, E. O. 2014. Hongos agaricoides de las Yungas argentinas. Clave de géneros.
- Norros, V., Rannik, Ü., Hussein, T., Petäjä, T., Vesala, T., y Ovaskainen, O. 2014. Do small spores disperse further than large spores? *Ecology* 95(6), 1612–1621.
- Ormazábal, C. y Benoit, I. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. *Bosque*, 8: 109-120.
- Palfner, G. 2001. Taxonomische Studien an Ektomykorrhizen aus den *Nothofagus*-Waldern Mittelsüdchiles. *Bibliotheca Mycologica*, tomo 190, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 243 pp.

- Peay, K. G., Schubert, M. G., Nguyen, N. H., y Burns, T. D. 2012. Measuring ectomycorrhizal fungal dispersal: macroecological patterns driven by microscopic propagules. *Molecular Ecology*, 21(16), 4122-4136.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, 13, 131-144.
- Rajchenberg, M. 2006. Los Políporos (Basidiomycetes) de los Bosques Andino Patagónicos de Argentina. Polypores (Basidiomycetes) from the Patagonian Andes Forests of Argentina. Version bilingüe. *Bibliot. Mycol. Band 201*, J. Cramer Verlag, Stuttgart 300 pp.
- Redhead, S.A. 1984. *Arrhenia* and *Rimbachia*, expanded generic concepts, and a reevaluation of *Leptoglossum* with emphasis on muscicolous North American taxa. *Canadian Journal of Botany*. 62(5):865-892
- Salerni, E., Laganà, A., Perini, C., Loppi, S., y Dominics, V. D. 2002. Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel journal of plant sciences*, 50: 189-198.
- Santos-Silva, C., A. Goncalves y R. Louro. 2011. Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocarp production in Montado ecosystems. *Agroforest Systems* 82:149-159.
- Segovia, R. A., Hinojosa, L. F., Pérez, M. F., y Hawkins, B. A. 2013. Biogeographic anomalies in the species richness of Chilean forests: Incorporating evolution into a climatic–historic scenario. *Austral Ecology*, 38: 905-914.

- Senn-Irlet, B., Heilmann, J., Genney, D. y D. Anders. 2007. Guidance for Conservation of Macrofungi in Europe, European Council for Conservation of Fungi (ECCF) within the European Mycological Association (EMA) 39 pp.
- Servicio Agrícola Ganadero (SAG). Protocolo de toma de muestra de suelos. URL: <http://www.sag.cl/sites/default/files/Protocolo%20toma%20muestras%20suelo.pdf>, (accedido en 7 de marzo, 2016).
- Shannon, C. E., y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Champaign, IL. Urbana: University of Illinois Press.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*, 163: 688.
- Singer, R. 1969. Mycoflora australis. *Beih Nova Hedwigia*, 29: 1-405.
- Singer, R., y Morello, J. H. 1960. Ectotrophic forest tree mycorrhizae and forest communities. *Ecology*, 41: 549-551.
- Sohrt, J., Lang, F., y Weiler, M. 2017. Quantifying components of the phosphorus cycle in temperate forests. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(6), e1243.
- Sørensen, T. A. 1984. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analysis of the vegetation in Danish commons. *Biologiske Skrifter*, 5: 1-14.
- Soudzilovskaia, N. A., Douma, J. C., Akhmetzhanova, A. A., van Bodegom, P. M., Cornwell, W. K., Moens, E. J., Treseder, K. K., Tibbett, M., Wang, Y. P., y Cornelissen, J. H. 2015. Global patterns of plant root colonization intensity by

mycorrhizal fungi explained by climate and soil chemistry. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3), 371-382.

Sussman, A.S., y Halvorson, H.O. 1966. Spores, their dormancy and germination. Harper & Row, New York.

Talbot, J.M., Bruns, T.D., Taylor, J.W., Smith, D.P., Branco, S., Glassman, S.I., Erlandson, S., Vilgalys, R., Liao, H.L., Smith, M.E., y Peay, K. P. 2014. Endemism and functional convergence across the North American soil mycobiome. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 111: 6341–6346.

Tedersoo, L., Bahram, M., Põlme, S., Kõljalg, U., Yorou, N. S., Wijesundera, Ruiz L. V., Vasco-Palacios, A. M., Thu, P. Q., Suija, A., Smith, M. E., Sharp, C., Saluveer, E., Saitta, A., Rosas, M., Riit, T., Ratkowsky, D., Pritsch, K., Põldmaa, K., Piepenbring, M., Phosri, C., Peterson, M., Parts, K., Pärtel, K., Otsing, E., Nouhra, E., Njouonkou, A. L., Nilsson, R. H., Morgado, L. N., Mayor, J., May, T. W., Majuakim, L., Lodge, D. J., Lee, S. S., Larsson, K-H., Kohout, P., Hosaka, K., Hiiesalu, I., Henkel, T. W., Harend, H., Guo, L., Greslebin, A., Grelet, G., Geml, J., Gates, G., Dunstan, W., Dunk, C., Drenkhan, R., Dearnaley, J., De Kesel, A., Dang, T., Chen, X., Buegger, F., Brearley, F., Bonito, G., Anslan, S., Abell, S., y Abarenkov, K. 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*, 346: 1256688.

Thioulouse J, Chessel D, Dol'edec S, Olivier J (1997). "ADE-4: A Multivariate Analysis and Graphical Display Software." *Statistics and Computing*, 7, 75–83.

- Toledo, C. V., Barroetaveña, C., y Rajchenberg, M. 2014. Fenología y variables ambientales asociadas a la fructificación de hongos silvestres comestibles de los bosques andino-patagónicos en Argentina. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1093-1103.
- Tóth, B. B., y Barta, Z. 2010. Ecological studies of ectomycorrhizal fungi: an analysis of survey methods. *Fungal Diversity*, 45(1), 3-19.
- Tudzynski, B. 2014. Nitrogen regulation of fungal secondary metabolism in fungi. *Frontiers in microbiology*, 5, 656.
- Ulrich, W. y Gotelli, N. J. 2007. Null model analysis of species nestedness patterns. *Ecology*, 88, 1824–1831.
- Uribe, J. M., Cabrera, R., de la Fuente, A., y Paneque, M. 2012. Atlas bioclimático de Chile. Universidad de Chile, Santiago, pp 34 - 41.
- Valenzuela, E. 1993. Estudio sistemático, corológico y ecológico de los Agaricales sensu lato de los bosques autóctonos de la región de los lagos en Chile. Tesis doctoral, Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares.
- Valenzuela, E., Barría, D., Martínez, O., Godoy, R., y Oyarzún, C. 2013. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la abundancia y diversidad de basidiocarpos Agaricales *s.l.* en un bosque templado de *Nothofagus obliqua*. *Bosque (Valdivia)*, 34: 63-70.

- Valenzuela, E., Moreno, G., Garnica, S., y Ramirez, C. 1998. Micosociología en bosques nativos de *Nothofagus* y plantaciones de *Pinus radiata* en la X Región de Chile: diversidad y rol ecológico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 71: 133-146.
- Valenzuela, E., Peredo, H., y Vives, L. 1997. Determinaciones micológicas comentadas, en cuatro sectores del Parque Nacional Conguillío, IX Región, Chile. *Bosque*, 18, 115-118.
- Villagrán, C., e Hinojosa, L. F. 1997. Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 70: 1-267.
- Webster, J., y Weber, R. 2007. *Introduction to fungi*. Cambridge University Press.
- Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological monographs*, 30(3), 279-338.
- Wright, J. E., y Albertó, E. 2002. *Hongos. Guía de la región Pampeana. I. Hongos con laminillas*. LOLA, Buenos Aires.
- Wright, J. E., y Albertó, E. 2006. *Hongos de la región Pampeana, II: Hongos sin laminillas*. LOLA, Buenos Aires.
- Wright, D. H. y Reeves, J. H. 1992. On the meaning and measurement of nestedness of species assemblages. *Oecologia*, 92, 416–428.

Anexos

Anexo 1. Variables edáficas para cada sitio de estudio: Porcentaje de Carbono orgánico (%CO), porcentaje de Nitrógeno (%N), relación Carbono y Nitrógeno (C:N), Fósforo Olsen (P Olsen), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrato (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺), pH y aluminio (Al).

Localidad	Sitio	C_org (%)	N (%)	C:N	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	CIC	NO ₃ ⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	pH	Al (ppm)
Cerro El Roble	Al	0.73	0.15	4.96	110.53	90.97	1022.56	69.39	10.30	5.96	36.16	6.39	6.23	<0.001
	Baj	7.87	0.31	25.02	345.47	250.64	2123.50	142.81	8.42	12.47	36.81	6.46	6.33	<0.001
Altos de Cantillana	Mix	14.11	0.51	27.90	107.20	30.67	538.66	62.45	15.32	3.35	45.95	5.75	6.27	<0.001
	Rob	11.49	0.41	28.16	36.38	96.50	1675.03	299.67	18.46	11.17	43.21	4.84	6.13	<0.001
Vilches Alto	Rob	16.44	0.34	48.72	11.39	377.69	1704.05	201.53	3.06	11.16	37.34	5.29	5.93	0.015
	Coi	9.37	0.23	41.14	6.39	59.00	975.98	103.88	15.06	5.95	12.27	9.38	5.94	0.053
Concepción	Mix	15.35	0.65	23.72	<0.1	198.79	1545.93	377.79	15.92	11.42	13.71	4.58	5.67	<0.001
	OI	19.81	0.66	29.81	<0.1	180.68	1909.65	108.30	8.73	10.94	34.60	6.36	5.95	<0.001
Caburgua	Al	10.9	0.6	18.17	0.55	68.57	857.01	86.54	26	5.28	17.32	7.55	5.2	3.43
	Baj	29.06	0.78	37.36	5.55	61.32	75.30	28.96	27.14	0.89	58.88	5.02	5.7	0.035
	Mix	22.61	0.64	35.42	<0.1	173.87	1367.94	77.36	7.82	7.96	53.79	6.20	6.13	0.017

Anexo 2. Correlación de las variables edáficas con la latitud.

Variable	r	p-value
C	0,72	0.01
N	0,78	0.004
C:N	0,29	0.37
pH	-0,73	0.01
Na	0,41	0.20
Ca	-0,34	0.29
CIC	-0,32	0.32
K	-0,08	0.80
NO3	0,05	0.87
NH4	0,02	0.93
Mg	-0,18	0.58
Al	0,65	0.028
P	-0,87	0.0004

Anexo 3. Listado de especies de plantas y sus respectivos hábitos para cada sitio de muestreo. Los números indican la frecuencia absoluta según el método de intercepto de puntos.

Especie	Hábito	CRo alt	CRo baj	Can rob	Can mix	Vil rob	Vil coi	Con mix	Con oli	Cab alt	Cab baj	Cab mix
<i>Adiantum chilense</i>	Helecho	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blechnum chilensis</i>	Helecho	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Blechnum hastatum</i>	Helecho	0	0	0	0	0	0	1	1	5	1	7
<i>Equisetum bogotense</i>	Helecho	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acaena ovalifolia</i>	Herbácea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Acaena</i> sp.	Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Acaena splendens</i>	Herbácea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alstroemeria</i> sp.	Herbácea	6	6	0	0	4	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	Herbácea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calceolaria</i> sp.	Herbácea	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chusquea quila</i>	Herbácea	0	0	0	1	1	4	10	10	1	0	0
Cyperaceae	Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dioscorea brachybotrya</i>	Herbácea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dioscorea</i> sp.	Herbácea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ephedra chilensis</i>	Herbácea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Galium hypocarpium</i>	Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geranium</i> sp.	Herbácea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lapageria rosea</i>	Herbácea	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
<i>Luzuriaga</i> sp.	Herbácea	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Mutisia decurrens</i>	Herbácea	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mutisia ilicifolia</i>	Herbácea	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nertera grandensis</i>	Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Oxalis</i> sp.	Herbácea	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0
<i>Perezia poeppigii</i>	Herbácea	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	Herbácea	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	38	21	1	0	1
<i>Aristotelia chilensis</i>	Leñosa	0	5	0	15	7	1	0	0	5	8	6
<i>Azara lanceolata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Azara petiolaris</i>	Leñosa	15	23	7	12	0	0	0	0	0	0	0
<i>Azara serrata</i>	Leñosa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Berberis buxifolia</i>	Leñosa	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Berberis chilensis</i>	Leñosa	0	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Berberis rotundifolia</i>	Leñosa	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Berberis</i> sp.	Leñosa	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Boquila trifoliata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	2

Espece	Hábito	CRo alt	CRo baj	Can rob	Can mix	Vil rob	Vil coi	Con mix	Con oli	Cab alt	Cab baj	Cab mix
<i>Caldcluvia paniculata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cissus striata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	1
<i>Colliguaja integerrima</i>	Leñosa	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptocarya alba</i>	Leñosa	0	0	0	8	0	0	20	1	0	0	0
<i>Drimys winteri</i>	Leñosa	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Elytropus chilensis</i>	Leñosa	0	0	0	0	9	5	0	0	0	0	0
<i>Eucryphia cordifolia</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	3
<i>Fuchsia magellanica</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Gaultheria mucronata</i>	Leñosa	0	0	0	0	1	12	0	0	1	2	0
<i>Gevuina avellana</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	3	0	1	25	1
<i>Gochnatia foliolosa</i>	Leñosa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guindilia trinervis</i>	Leñosa	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haploppapus foliosus</i>	Leñosa	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Herreria stellata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Hydrangea serratifolia</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
<i>Kageneckia angustifolia</i>	Leñosa	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lardizabala biternata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Laureliopsis philippiana</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
<i>Lithraea caustica</i>	Leñosa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lomatia dentata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	13
<i>Lomatia hirsuta</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Luma apiculata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	1
<i>Luma chequen</i>	Leñosa	0	2	0	11	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrceugenia chrysoarpa</i>	Leñosa	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Myrceugenia ovata</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Leñosa	0	0	0	0	26	43	0	0	0	20	5
<i>Nothofagus macrocarpa</i>	Leñosa	24	50	70	34	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nothofagus obliqua</i>	Leñosa	0	0	0	0	50	12	40	23	24	21	4
<i>Persea lingue</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	18
<i>Quillaja saponaria</i>	Leñosa	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	1	1	7	1	2
<i>Ribes magellanicus</i>	Leñosa	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ribes punctatum</i>	Leñosa	4	7	0	2	4	0	0	0	0	0	0
<i>Rosa rubiginosa</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rubus ulmifolius</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2
<i>Schinus montanus</i>	Leñosa	9	8	9	6	5	0	0	0	0	0	0
<i>Tristerix corymbosus</i>	Leñosa	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Weinmannia trichosperma</i>	Leñosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4

Anexo 4. Listado taxonómico de especies con su respectivo grupo trófico, localidad y fecha de recolección. En verde se resaltan las especies endémicas de Chile, y en naranja los nuevos registros para el país. ECM: ectomicorriza, Sapr.: saprobionte, Par.: parásito, S.I.: sin información, MO: Materia orgánica, CRo: Cerro El Roble, Can: Altos de Cantillana, Vil: Vilches, Con: Concepción, Cab: Caburgua.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Amanitaceae	<i>Amanita diemii</i> Singer	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Amanitaceae	<i>Amanita merxmulleri</i> Bresinsky & Garrido	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Bolbitiaceae	<i>Descolea antarctica</i> Singer	ECM	Cab., 20.05.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Bolbitiaceae	<i>Descolea pallida</i> Horak	ECM	Con., 10.08.2016
Boletales	Boletaceae	<i>Butyriboletus loyo</i> (Phillippi) Mikšík	ECM	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	Cortinariaceae	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> aff. <i>austroduracinus</i> Moser	ECM	Con., 25.05.2017. Vil., 27.05.2017. Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> aff. <i>lividus</i> (Moser) Carteret & Reumaux	ECM	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> aff. sp. 32	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> aff. sp. 7	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius austrolimonius</i> Moser & Horak	ECM	Con., 14.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius austroturmalis</i> Moser & Horak	ECM	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017 - 29.04.2018. Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius austroturmalis</i> var <i>macrosporus</i> Moser	ECM	CRo., 10.06.2016 - 23.05.2017 - 11.07.2017. Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius chlorophanus</i> Moser	ECM	Con., 14.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius effundens</i> Moser & Horak	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius lazulinus</i> Horak & Moser	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius lebre</i> Garrido	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius magellanicus</i> Spegazzini	ECM	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Con., 14.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius pseudotriumphans</i> Moser & Horak	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius roblemaulicola</i> (Garrido & E. Horak)	ECM	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 3	ECM	Con., 10.08.2016
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 4	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 5	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 6	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 7	ECM	Can., 01.07.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 8	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 9	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 10	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 13	ECM	Can., 01.07.2017. CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 14	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 15	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 16	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 17	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 18	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 19	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 20	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 22	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 23	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 24	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 25	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 26	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 27	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 28	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 29	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 30	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 31	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 32	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 33	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 34	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 35	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 36	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 37	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 38	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 39	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 40	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 41	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 42	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 43	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 44	ECM	Cab., 20.05.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 45	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 46	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 47	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 48	ECM	Cab., 29.04.2018.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 49	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i> sp. 50	ECM	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Cortinarius viscovenetus</i> Horak	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Thaxterogaster</i> aff. <i>albocanus</i> Horak & Moser	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Thaxterogaster</i> sp. 1	ECM	Vil., 28.04.2016 - 22.04.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Thaxterogaster</i> sp. 2	ECM	Vil., 22.04.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Thaxterogaster</i> sp. 3	ECM	Vil., 22.04.2017.
Agaricales	Cortinariaceae	<i>Thaxterogaster</i> sp. 4	ECM	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Gomphaceae	<i>Ramaria botrytis</i> (Fr) Rick	ECM	Vil., 22.04.2017. Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Gomphaceae	<i>Ramaria flava</i> (Schaeff.) Quél.	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Hydnangiaceae	<i>Laccaria galerinoides</i> Singer	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Hydnangiaceae	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke	ECM	CRo., 11.07.2017. Can., 01.09.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Bull.,Fr.) Quélet.	ECM	CRo., 10.06.2016. Can., 01.07.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Hymenogaster</i> sp.	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> aff. <i>neuquenensis</i> Singer	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe fuscata</i> Singer	ECM	Con., 10.08.2016. Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe fuscocinnamomea</i> Singer	ECM	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Can., 01.07.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe geophylloforma</i> Singer	ECM	Con., 10.08.2016
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 1	ECM	Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 2	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 3	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 5	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 4	ECM	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 6	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 7	ECM	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe</i> sp. 8	ECM	Cab., 20.05.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Inocybe subfibrosoide</i> (Sing.) Horak	ECM	Con., 10.08.2016 - 25.05.2017.
Boletales	Paxillaceae	<i>Austropaxillus statuum</i> (Speg.) Horak	ECM	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Can., 01.07.2017.
Russulales	Russulaceae	<i>Cystangium</i> sp. 1	ECM	Con., 04.04.2017.
Russulales	Russulaceae	<i>Cystangium</i> sp. 2	ECM	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Tricholoma cortinatellum</i> Singer	ECM	Cab., 14.04.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Tricholoma fusipes</i> Singer	ECM	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	Agaricaceae	Sapr.	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus purpurellus</i> (Möller) Möller	Sapr.	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i> sp. 1	Sapr.	Cab., 29.04.2018. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i> sp. 2	Sapr.	Cab., 29.04.2018. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Bovista colorata</i> (Peck) Kreisel	Sapr.	Can., 01.07.2017. CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Bovista</i> sp. 1	Sapr.	CRo., 04.05.2016 - 23.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Cyathus olla</i> (Batsch) Pers	Sapr., MO, madera, heces	Can., 08.05.2017. Vil., 22.04.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Cystolepiota</i> aff. <i>hetieri</i> (Boud.) Singer	Sapr., MO	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lepiota cristata</i> (A & S ex Fr.) Kum	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lepiota</i> sp. 2	Sapr., MO	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lepiota</i> sp. 3	Sapr., MO	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lepiota</i> sp. 4	Sapr.	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lepiota</i> sp. 5	Sapr.	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	Sapr.	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	Sapr.	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i> sp. 2	Sapr.	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i> sp. 3	Sapr., MO	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Agaricaceae	<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017.
Russulales	Auriscalpiaceae	<i>Artomyces turgidus</i> (Lév.) Jülich	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017.
Agaricales	Bolbitiaceae	<i>Pholiotina</i> aff. <i>austrofilaris</i> Singer	Sapr., madera	Con., 27.10.2016.
Agaricales	Clavariaceae	<i>Clavaria zollingeri</i> Lév	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Clavariaceae	<i>Clavulinopsis amoena</i> (Zoll. & Moritzi) Corner	Sapr.	Cab., 14.04.2017. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Cyphellaceae	<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar	Sapr., madera	Cab., 21.10.2017.
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma</i> aff. <i>cucurbita</i> Horak	Sapr.	Con., 10.08.2016
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma</i> aff. <i>strictius</i> (Peck) Sacc.	Sapr.	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma haastii</i> G. Stev.	Sapr.	Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma nubigenus</i> (Singer) Garrido	Sapr.	Con., 10.08.2016

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma pseudonothofagi</i> Horak & Garrido	Sapr.	Con., 10.08.2016
Agaricales	Entolomataceae	<i>Entoloma</i> sp.	Sapr.	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Gomphaceae	<i>Ramaria moelleriana</i> (Bres. & Roum.) Corner	Sapr., madera	Can., 01.09.2017.
Agaricales	Hydnangiaceae	<i>Laccaria tetraspora</i> Singer	Sapr., MO	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe coccinea</i> s.l. (Schaeff.) P. Kumm	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe conica</i> (Schaeff.) P. Kumm.	Sapr.	Cab., 23.03.2017 - 14.04.2017.
Agaricales	Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe</i> sp. 1	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe</i> sp. 2	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe</i> sp. 3	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Deconica</i> sp.	Sapr., MO	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Galerina</i> aff. sp. 2	Sapr., MO	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Galerina patagonica</i> Singer	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Galerina</i> sp. 1	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Galerina</i> sp. 2	Sapr.	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	Hymenogastraceae	Sapr., heces	Can., 08.05.2017.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Hypholoma frowardii</i> Garrido	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017. Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Hymenogastraceae	<i>Hypholoma</i> sp. 3	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Inocybaceae	aff. <i>Simocybe</i> sp.	Sapr., madera entre musgo	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> aff. <i>applanatus</i> (Pers.) P. Kumm	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> aff. <i>cesatii</i> (Rabenh.) Sacc.	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus epibryus</i> (Fr.) Quéf.	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017 - 29.04.2018. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus mollis</i> (Bull ex Fr) Kum.	Sapr., madera	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> sp. 1	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> sp. 3	Sapr., madera	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> sp. 4	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Crepidotus</i> sp. 5	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Phaeomarasmius</i> aff. <i>limulatellus</i> Singer	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Phaeomarasmius</i> sp. 1	Sapr., madera	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Inocybaceae	<i>Phaeomarasmius</i> sp. 2	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Isertae sedis	<i>Panaeolus</i> aff. <i>acuminatus</i> Quéf.	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Lyophyllaceae	<i>Lyophyllum</i> sp.	Sapr.	Can., 01.07.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Calyptella</i> aff. <i>gibbosa</i> (Lév.) Quél.	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Clitocybula dusenii</i> (Bres.) Singer	Sapr., madera	Con., 10.08.2016
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Gerronema</i> sp. 1	Sapr., MO	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Gerronema</i> sp. 2	Sapr., MO	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Gerronema</i> sp. 3	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Hydropus lipocystis</i> Singer	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Marasmius nothomyrciae</i> Singer	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Marasmiaceae	<i>Tetrapyrgos alba</i> (Berk. & M.A. Curtis) Horak	Sapr., madera	Con., 10.08.2016. Cab., 29.04.2018
Agaricales	Mycenaceae	<i>Hemimycena</i> sp. 1	Sapr., MO	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena atroincrustedata</i> Singer	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> aff. <i>hiemalis</i> (Osbeck) Quél.	Sapr., MO	Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena chusqueophila</i> Singer	Sapr., madera	Con., 10.08.2016 - 25.05.2017
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena cyanocephala</i> Singer	Sapr., MO, hojarasca	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena epypterigia</i> (Scop.) Gray	Sapr., hojarasca	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena filopes</i> (Bull.) P. Kumm.	Sapr., MO, madera	Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017 - 29.04.2018. Con., 27.10.2016 - 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena galericulata</i> (Scop ex Fr) S.F.Gray	Sapr., MO, hojarasca	Vil., 28.04.2016 - 24.05.2016 - 22.04.2017 - 27.05.2017. Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017 - 29.04.2018. Con., 04.04.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena haematopus</i> (Pers.) P. Kumm.	Sapr., MO, madera	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017. Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017. Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena leptcephala</i> (Pers.) Gillet	Sapr., MO	CRo., 10.06.2016 - 11.07.2017. Cab., 14.04.2017 - 20.05.2017 - 29.04.2018.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena pura</i> (Pers.) P. Kumm.	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> aff. <i>patagonica</i> Singer	Sapr., MO	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena subulifera</i> Singer	Sapr., MO, madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena tenerrima</i> (Berk.) Quél	Sapr.	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena valdiviana</i> Singer	Sapr., MO	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 2	Sapr., madera	Cab., 23.03.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 4	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 6	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 8	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 10	Sapr., madera	Can., 01.07.2017. CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 11	Sapr., madera	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 13	Sapr., MO	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 15	Sapr., MO, madera	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 17	Sapr., MO	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 18	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 19	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 20	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 21	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 22	Sapr., madera, MO	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 23	Sapr., MO, madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 24	Sapr., MO, madera	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Mycenaceae	<i>Mycena</i> sp. 25	Sapr., MO	Cab., 29.04.2018.
Agaricales	Mycenaceae	Mycenaceae	Sapr., MO, madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Omphalotaceae	<i>Anthracophyllum discolor</i> (Mont.) Singer	Sapr., madera	Con., 27.10.2016 - 25.05.2017.
Agaricales	Omphalotaceae	<i>Gymnopus erythropus</i> (Pers.) Jülich	Sapr., MO, hojarasca	CRo., 10.06.2016. Can., 01.07.2017.
Agaricales	Omphalotaceae	<i>Gymnopus</i> sp.	Sapr., MO	Vil., 27.05.2017
Agaricales	Omphalotaceae	<i>Marasmiellus alliiodorus</i> (Bert. ex Mont.) Singer	Sapr., MO	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Omphalotaceae	Omphalotaceae	Sapr., heces	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Omphalotaceae	<i>Rhodocollybia</i> sp.	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Physalacriaceae	<i>Armillariella mellea</i> (Vahl) P. Karst	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Pleurotaceae	<i>Hohenbuehelia</i> aff. <i>phalligera</i> (Mont.) Sing.	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Pleurotaceae	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus</i> aff. sp. 1	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus jaffuelii</i> (Speg.) Singer	Sapr., madera	Cab., 14.04.2017. Can., 08.05.2017. Con., 25.05.2017.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus salicinus</i> (Pers.) P. Kumm.	Sapr., madera	Cab., 23.03.2017.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus</i> sp. 1	Sapr., madera	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus</i> sp. 2	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus</i> sp. 3	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Pluteaceae	<i>Pluteus</i> sp. 4	Sapr., madera	Cab., 23.05.2018
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Coprinellus</i> aff. <i>disseminatus</i> (Pers.) J.E. Lange	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Coprinellus</i> sp. 1	Sapr., MO	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Coprinellus</i> sp. 2	Sapr., MO	Cab., 21.10.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella falklandica</i> Cotton	Sapr., MO	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017. Cab., 14.04.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella subandina</i> Singer	Sapr., MO	CRo., 10.06.2016 - 11.07.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i> sp. 1	Sapr.	CRo., 04.05.2016 - 11.07.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i> sp. 2	Sapr.	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i> sp. 3	Sapr., madera	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i> sp. 4	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i> sp. 5	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Repetobasidiaceae	<i>Rickenella fibula</i> (Bull.) Raitheh	Sapr., Musgos	Cab., 20.05.2017.
Russulales	Russulaceae	<i>Russula fuegiana</i> Singer	Sapr., madera	Cab., 20.05.2017. Con., 25.05.2017.
Russulales	Stereaceae	<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	Sapr., madera	Vil., 28.04.2016 - 22.04.2017. Cab., 20.05.2017 - 03.08.2017. CRo., 04.05.2016 - 10.06.2016. Can., 08.05.2017 - 01.07.2017. Con., 27.10.2016.
Russulales	Stereaceae	<i>Stereum rameale</i> (Schwein.) Burt	Sapr.	Con., 10.08.2016
Agaricales	Strophariaceae	<i>Agrocybe</i> aff. <i>praecox</i> (Pers.) Fayod	Sapr., madera	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Cyclocybe cylindracea</i> (DC.) Vizzini & Angelini	Sapr., madera	Can., 01.07.2017. Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> aff. sp. 3	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> aff. <i>spumosa</i> (Fr.) Singer	Sapr., madera	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> sp. 3	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> sp. 4	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> sp. 5	Sapr., MO	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota</i> sp. 6	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Pholiota spumosa</i> var. <i>crassitunica</i> Singer	Sapr.	Cab., 20.05.2017. Can., 01.07.2017.
Agaricales	Strophariaceae	<i>Stropharia flocculosipes</i> Singer	Sapr., madera	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> Aff. <i>pleurotus</i> Singer	Sapr.	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> sp. 1	Sapr.	Can., 01.07.2017. CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> sp. 2	Sapr., madera	Con., 25.05.2017.

Orden	Familia	Especie	Grupo trófico	Localidad y fecha
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> sp. 3	Sapr., MO, madera	Vil., 24.05.2016 - 27.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> sp. 4	Sapr., MO	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i> sp. 5	Sapr., MO	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 2	Sapr., MO	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 3	Sapr., MO, madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 4	Sapr., MO	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 5	Sapr., madera muerta	CRo., 23.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 6	Sapr., MO	CRo., 11.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 7	Sapr., MO	Cab., 20.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 8	Sapr.	Con., 25.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Collybia</i> sp. 9	Sapr., madera	Vil., 24.05.2016.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke, Handb. Brit.	Sapr.	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Melanoleuca friesii</i> (Bres.) Bon	Sapr.	CRo., 04.05.2016 - 10.06.2016 - 11.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Melanomphalia</i> sp.	Sapr., madera	CRo., 10.06.2016.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Mycenella</i> sp. 1	Sapr., MO	Con., 04.04.2017 - 25.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Omphalina</i> aff. <i>baeospora</i>	Sapr., MO, hojarasca	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Omphalina</i> sp. 1	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Porpoloma sejunctum</i> Singer	Sapr., MO, madera	Con., 10.08.2016 - 25.05.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Rimbachia arachnoidea</i> var. <i>bispora</i> (Singer) Blanco-Dios	Sapr., MO	Con., 10.08.2016
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Ripartites tricholoma</i> (Alb. & Schwein.) P. Karst.	Sapr., MO	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	<i>Tricholoma</i> sp.	Sapr., MO	Cab., 29.04.2018
Agaricales	Tricholomataceae	Tricholomataceae sp. 1	Sapr., madera	Can., 01.07.2017.
Agaricales	Tricholomataceae	Tricholomataceae sp. 2	Sapr., MO	Vil., 27.05.2016.
Agaricales	Tubariaceae	aff. <i>Tubaria</i> sp. 1	Sapr., madera	Con., 04.04.2017.
Agaricales	Tubariaceae	aff. <i>Tubaria</i> sp. 2	Sapr., madera	Vil., 27.05.2017.
Agaricales	Fistulinaceae	<i>Fistulina antarctica</i> Speg.	Par.	Vil., 28.04.2016 - 22.04.2017.
Agaricales	Gomphaceae	<i>Ramaria flaccida</i> var. <i>chilensis</i> Lazo	S.I.	Con., 14.07.2017.
Agaricales	Gomphaceae	<i>Ramaria</i> sp. 2	S.I.	Con., 25.05.2017.

Anexo 5. Abundancia máxima alcanzada por cada especie en cada sitio de muestreo. En verde se resaltan las especies endémicas de Chile, y en naranja los nuevos registros para el país.

Espece	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
aff. <i>Simocybe</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
aff. <i>Tubaria</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
aff. <i>Tubaria</i> sp. 2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Agaricaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Agaricus purpurellus</i> (Möller) Möller	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0
<i>Agaricus</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
<i>Agaricus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Agrocybe</i> aff. <i>praecox</i> (Pers.) Fayod	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Amanita diemii</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Amanita merxmuelleri</i> Bresinsky & Garrido	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anthracophyllum discolor</i> (Mont.) Singer	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0
<i>Armillariella mellea</i> (Vahl) P. Karst	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
<i>Artomyces turgidus</i> (Lév.) Jülich	0	0	0	0	5	6	0	0	2	13	82
<i>Austropaxillus statuum</i> (Speg.) Horak	0	0	0	2	0	0	0	0	1	4	0
<i>Bovista colorata</i> (Peck) Kreisel	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bovista</i> sp. 1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Butyriboletus loyo</i> (Phillippi) Mikšík	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Calyprella</i> aff. <i>gibbosa</i> (Lév.) Quél.	0	0	0	0	0	0	0	0	63	112	0
<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	8
<i>Clavaria zollingeri</i> Lév	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Clavulinopsis amoena</i> (Zoll. & Moritzi) Corner	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	2
<i>Clitocybe</i> aff. <i>pleurotus</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Clitocybe</i> sp. 1	0	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clitocybe</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Clitocybe</i> sp. 3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
<i>Clitocybe</i> sp. 4	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
<i>Clitocybe</i> sp. 5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Clitocybula dusenii</i> (Bres.) Singer	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	103	60	0	0	0

Espezie	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Collybia</i> sp. 5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Collybia</i> sp. 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Collybia</i> sp. 9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Coprinellus</i> aff. <i>disseminatus</i> (Pers.) J.E. Lange	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0
<i>Coprinellus</i> sp. 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coprinellus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cortinariaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Cortinarius</i> aff. <i>austroduracinus</i> Moser	0	0	0	0	0	2	5	0	0	3	0
<i>Cortinarius</i> aff. <i>lividus</i> (Moser) Carteret & Reumaux	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> aff. sp. 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cortinarius</i> aff. sp. 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Cortinarius austrolimonius</i> Moser & Horak	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cortinarius austroturmalis</i> Moser & Horak	0	0	0	0	0	6	0	0	0	74	3
<i>Cortinarius austroturmalis</i> var <i>macrosporus</i> Moser	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius chlorophanus</i> Moser	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Cortinarius effundens</i> Moser & Horak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Cortinarius lazulinus</i> Horak & Moser	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius lebre</i> Garrido	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Cortinarius magellanicus</i> Spegazzini	0	0	0	0	0	0	1	0	25	30	0
<i>Cortinarius pseudotriumphans</i> Moser & Horak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Cortinarius roblemaulicola</i> (Garrido & E. Horak)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius viscovenetus</i> Horak	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0
<i>Cortinarius</i> sp. 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Espece	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Cortinarius</i> sp. 13	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 14	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	1
<i>Cortinarius</i> sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
<i>Cortinarius</i> sp. 16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
<i>Cortinarius</i> sp. 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cortinarius</i> sp. 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Cortinarius</i> sp. 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Cortinarius</i> sp. 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cortinarius</i> sp. 23	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 24	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 25	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 28	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 29	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 30	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 31	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 33	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Cortinarius</i> sp. 35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cortinarius</i> sp. 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Cortinarius</i> sp. 37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Cortinarius</i> sp. 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Cortinarius</i> sp. 39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cortinarius</i> sp. 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cortinarius</i> sp. 41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Cortinarius</i> sp. 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
<i>Cortinarius</i> sp. 43	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cortinarius</i> sp. 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cortinarius</i> sp. 46	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>Cortinarius</i> sp. 47	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Cortinarius</i> sp. 49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Cortinarius</i> sp. 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Crepidotus</i> aff. <i>applanatus</i> (Pers.) P. Kumm	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0

Especie	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Crepidotus</i> aff. <i>cesatii</i> (Rabenh.) Sacc.	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	6
<i>Crepidotus epibryus</i> (Fr.) Quél.	0	0	0	0	0	0	72	0	10	15	43
<i>Crepidotus mollis</i> (Bull ex Fr) Kum.	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Crepidotus</i> sp. 1	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0
<i>Crepidotus</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
<i>Crepidotus</i> sp. 4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Crepidotus</i> sp. 5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Cyathus olla</i> (Batsch) Pers	0	0	15	58	0	2	0	0	0	0	0
<i>Cyclocybe cylindracea</i> (DC.) Vizzini & Angelini	0	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Cystangium</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Cystangium</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
<i>Cystolepiota</i> aff. <i>hetieri</i> (Boud.) Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Deconica</i> sp.	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Descolea antarctica</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	1
<i>Descolea pallida</i> Horak	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Entoloma</i> aff. <i>cucurbita</i> Horak	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Entoloma</i> aff. <i>strictius</i> (Peck) Sacc.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Entoloma haastii</i> G. Stev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Entoloma nubigenus</i> (Singer) Garrido	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Entoloma pseudonothofagi</i> Horak & Garrido	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Entoloma</i> sp.	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Fistulina antarctica</i> Speg.	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Galerina</i> aff. sp. 2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
<i>Galerina patagonica</i> Singer	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0
<i>Galerina</i> sp. 1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Galerina</i> sp. 2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Gerronema</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
<i>Gerronema</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Gerronema</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gymnopus erythropus</i> (Pers.) Jülich	12	16	0	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnopus</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Bull.,Fr.) Quélet.	100	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemimycena</i> sp. 1	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0

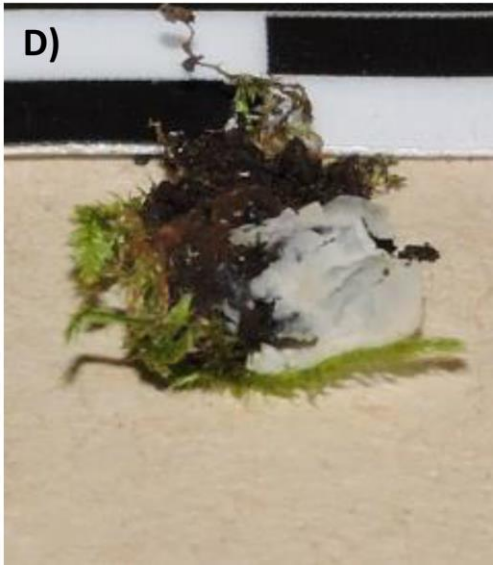
Especie	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Hohenbuehelia</i> aff. <i>phalligera</i> (Mont.) Sing.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hydropus lipocystis</i> Singer	0	0	0	0	0	0	23	2	0	0	0
<i>Hygrocybe coccinea</i> s.l. (Scchaeff.) P. Kumm	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Hygrocybe conica</i> (Schaeff.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
<i>Hygrocybe</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hygrocybe</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hygrocybe</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Hymenogaster</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hymenogastraceae	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypholoma frowardii</i> Garrido	0	0	0	0	87	0	0	0	0	12	0
<i>Hypholoma</i> sp. 3	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0
<i>Inocybe</i> aff. <i>neuquenensis</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Inocybe fuscata</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0
<i>Inocybe fuscocinnamomea</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Inocybe geophylloforma</i> Singer	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Inocybe</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Inocybe</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Inocybe</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Inocybe</i> sp. 4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Inocybe</i> sp. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Inocybe</i> sp. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Inocybe</i> sp. 7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
<i>Inocybe</i> sp. 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Inocybe subfibrosoide</i> (Sing.) Horak	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
<i>Laccaria galerinoides</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccaria tetraspora</i> Singer	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepiota cristata</i> (A & S ex Fr.) Kum	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Lepiota</i> sp. 2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepiota</i> sp. 3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepiota</i> sp. 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepiota</i> sp. 5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke, Handb. Brit.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0

Espece	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Lycoperdon</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Lycoperdon</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Lyophyllum</i> sp.	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Marasmiellus alliiodorus</i> (Bert. ex Mont.) Singer	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0
<i>Marasmius nothomyrciae</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Melanoleuca friesii</i> (Bres.) Bon	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melanomphalia</i> sp.	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> aff. <i>hiemalis</i> (Osbeck) Quél.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Mycena</i> aff. <i>patagonica</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Mycena atroincrustedata</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Mycena chusqueophila</i> Singer	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Mycena cyanocephala</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0
<i>Mycena epypterigia</i> (Scop.) Gray	0	0	0	0	0	15	0	0	0	16	0
<i>Mycena filopes</i> (Bull.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	0	45	6	12	16	2
<i>Mycena galericulata</i> (Scop ex Fr) S.F.Gray	0	0	0	0	10	30	6	0	49	5	1
<i>Mycena haematopus</i> (Pers.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	1	5	0	0	4	0
<i>Mycena leptcephala</i> (Pers.) Gillet	4	2	0	3	0	0	0	0	2	41	0
<i>Mycena pura</i> (Pers.) P. Kumm.	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	4
<i>Mycena subulifera</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0
<i>Mycena tenerrima</i> (Berk.) Quél	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0
<i>Mycena valdiviana</i> Singer	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Mycena</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Mycena</i> sp. 6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 8	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 10	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 11	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 13	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
<i>Mycena</i> sp. 17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 20	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 21	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0

Especie	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Mycena</i> sp. 22	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 23	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 24	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Mycena</i> sp. 25	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Mycenaceae	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
<i>Mycenella</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Omphalina</i> aff. <i>baeospora</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Omphalina</i> sp. 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Omphalotaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
<i>Panaeolus</i> aff. <i>acuminatus</i> Quél.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Phaeomarasmius</i> aff. <i>limulatellus</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Phaeomarasmius</i> sp. 1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phaeomarasmius</i> sp. 2	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> aff. sp. 3	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> aff. <i>spumosa</i> (Fr.) Singer	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> sp. 3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> sp. 4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> sp. 5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pholiota</i> sp. 6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholiota spumosa</i> var. <i>crassitunica</i> Singer	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pholiotina</i> aff. <i>austrofilaris</i> Singer	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
<i>Pluteus</i> aff. sp. 1	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
<i>Pluteus jaffuelii</i> (Speg.) Singer	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0
<i>Pluteus salicinus</i> (Pers.) P. Kumm.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pluteus</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pluteus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pluteus</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Pluteus</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Porpoloma sejunctum</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Psathyrella falklandica</i> Cotton	0	0	0	0	5	2	0	0	0	11	0
<i>Psathyrella</i> sp. 1	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psathyrella</i> sp. 2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psathyrella</i> sp. 3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psathyrella</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Psathyrella</i> sp. 5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Psathyrella subandina</i> Singer	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Espece	Rob Alt	Rob Baj	Can Rob	Can Mix	Vilc Rob	Vilc Coi	Con Mix	Con Oli	Cab Alt	Cab Baj	Cab Mix
<i>Ramaria botrytis</i> (Fr) Rick	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
<i>Ramaria flaccida</i> var. <i>chilensis</i> Lazo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ramaria flava</i> (Schaeff.) Quél.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ramaria moelleriana</i> (Bres. & Roum.) Corner	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ramaria</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Rhodocollybia</i> sp.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Rickenella fibula</i> (Bull.) Raithelh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Rimbachia arachnoidea</i> var <i>bispora</i> (Singer) Blanco-Dios	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
<i>Ripartites tricholoma</i> (Alb. & Schwein.) P. Karst.	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Russula fuegiana</i> Singer	0	0	0	0	0	0	7	2	0	1	0
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	68	23	163	15	12	86	58	0	43	21	35
<i>Stereum rameale</i> (Schwein.) Burt	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
<i>Stropharia flocculosipes</i> Singer	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tetrapyrgos alba</i> (Berk. & M.A. Curtis) Horak	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Thaxterogaster</i> aff. <i>albocanus</i> Horak & Moser	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Thaxterogaster</i> sp. 1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>Thaxterogaster</i> sp. 2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Thaxterogaster</i> sp. 3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Thaxterogaster</i> sp. 4	0	0	0	0	8	3	0	0	0	0	0
<i>Tricholoma cortinatellum</i> Singer	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Tricholoma fusipes</i> Singer	0	0	0	0	0	0	2	7	10	12	0
<i>Tricholoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Tricholomataceae sp. 1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricholomataceae sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
Total de basidiomas	237	232	248	136	230	239	896	176	316	556	227

Anexo 6. Fotografía de los dos nuevos registros para Chile. A) y B) *Ripartites tricholoma*; C) y D) *Rimbachia arachnoidea* var. *bispora*.



Anexo 7. Varianza acumulada en los ejes RDA 1 y RDA 2 para cada componente de la riqueza.

	Varianza RDA 1	Varianza RDA 2
Riqueza especies		
Riqueza	1,00	1,00
EcM	0,92	1,00
Sap	0,96	1,00
S_mad	0,94	0,98
S_sue	0,62	0,91
Familia ECM		
Amanitaceae	0,02	0,03
Paxillaceae	0,67	0,89
Cortinariaceae	1,00	1,00
Gomphaceae	0,13	0,61
Bolbitiaceae	0,73	0,92
Hydnangiaceae	0,01	0,08
Hymenogastraceae	0,12	0,16
Inocybaceae	0,89	0,99
Russulaceae	0,00	0,01
Tricholomataceae	0,69	0,97
Boletaceae	0,00	0,01
Familia Sapr. Totales		
Lyophyllaceae	0,07	0,09
Agaricaceae	0,15	0,20
Auriscalpiaceae	0,78	0,85
Bolbitiaceae	0,00	0,01
Clavariaceae	0,87	0,90
Cyphellaceae	0,02	0,12
Entolomataceae	0,00	0,01
Hygrophoraceae	0,29	0,88
Hymenogastraceae	0,04	0,38
Inocybaceae	0,71	0,89
Marasmiaceae	0,48	0,65
Mycenaceae	1,00	1,00
Omphalotaceae	0,13	0,23
Physalacriaceae	0,89	0,91
Pleurotaceae	0,01	0,01
Pluteaceae	0,66	0,74
Psathyrellaceae	0,18	0,19
Repetobasidiaceae	0,00	0,00
Stereaceae	0,72	0,91
Strophariaceae	0,20	0,20
Tricholomataceae	0,31	0,50
Tubariaceae	0,00	0,01
Familia Sapr. Madera		
Agaricaceae	0,15	0,20
Auriscalpiaceae	0,75	0,82

	Varianza RDA 1	Varianza RDA 2
Cyphellaceae	0,00	0,30
Gomphaceae	0,08	0,12
Hymenogastraceae	0,00	0,22
Inocybaceae	0,66	0,95
Marasmiaceae	0,67	0,85
Mycenaceae	0,97	0,99
Omphalotaceae	0,01	0,07
Physalacriaceae	0,84	0,84
Pleurotaceae	0,00	0,04
Pluteaceae	0,65	0,88
Psathyrellaceae	0,00	0,23
Repetobasidiaceae	0,00	0,11
Stereaceae	0,67	0,74
Strophariaceae	0,17	0,37
Tricholomataceae	0,04	0,08
Tubariaceae	0,01	0,07
Familia Sapr, Suelo		
Agaricaceae	0,13	0,13
Bolbitiaceae	0,00	0,02
Clavariaceae	0,77	0,91
Entolomataceae	0,00	0,06
Hygrophoraceae	0,18	0,93
Lyophyllaceae	0,05	0,06
Marasmiaceae	0,00	0,12
Mycenaceae	1,00	1,00
Omphalotaceae	0,09	0,14
Psathyrellaceae	0,08	0,15
Strophariaceae	0,14	0,15
Tricholomataceae	0,25	0,46

Anexo 8. Correlación de las variables ambientales con los ejes RDA 1 y RDA 2 para la riqueza total de especies, riqueza de especies por familia de ECM, saprobiontes totales, saprobiontes de madera y saprobiontes de suelo. En negrita se resaltan los valores que obtuvieron un valor de $p < 0,05$ en el análisis de Foward Selection.

Variables ambientales	Riqueza total		Familias ECM		Familias Sapr. Totales		Familias Sapr. Madera		Familias Sapr. Suelo	
	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2
C_org	0,26	0,49	0,41	0,40	0,05	0,34	0,08	-0,33	0,05	0,08
N	0,55	0,33	0,59	0,02	0,39	0,38	0,42	-0,46	0,34	0,21
C_N	-0,13	0,25	0,02	0,54	-0,23	0,09	-0,23	0,05	-0,18	-0,10
P	-0,42	0,02	-0,37	-0,04	-0,32	-0,14	-0,39	0,04	-0,27	-0,09
K	-0,27	-0,49	-0,41	-0,16	-0,19	0,24	-0,17	-0,16	-0,18	0,17
Ca	-0,37	-0,68	-0,60	-0,35	-0,21	0,39	-0,19	-0,15	-0,18	0,48
Mg	-0,18	-0,49	-0,34	-0,14	-0,16	0,11	-0,14	-0,30	-0,14	0,06
Na	0,69	0,41	0,81	0,13	0,51	-0,13	0,46	-0,20	0,53	-0,22
CIC	-0,35	-0,70	-0,59	-0,32	-0,22	0,36	-0,20	-0,21	-0,19	0,41
NO3	-0,29	0,52	-0,07	0,35	-0,43	0,11	-0,43	-0,13	-0,38	-0,04
NH4	0,19	0,02	0,19	0,01	0,33	-0,27	0,30	0,61	0,35	0,00
pH	-0,93	0,11	-0,83	0,27	-0,87	-0,06	-0,87	0,20	-0,84	0,00
Al	0,87	-0,21	0,73	-0,61	0,95	-0,12	0,92	0,06	0,97	0,06
N_plantas	0,84	-0,18	0,71	-0,63	0,92	-0,11	0,90	0,09	0,95	0,09
Helecho	0,89	-0,16	0,75	-0,61	0,94	0,04	0,93	-0,06	0,95	0,21
Herbácea	0,62	-0,55	0,38	-0,75	0,74	0,12	0,72	-0,08	0,74	0,34
Leñosa	0,85	-0,13	0,73	-0,60	0,93	-0,16	0,91	0,12	0,96	0,04
Arbórea	0,89	-0,04	0,79	-0,54	0,95	-0,13	0,94	0,13	0,97	0,05
Arbustiva	0,64	-0,25	0,51	-0,65	0,73	-0,23	0,70	0,10	0,79	-0,02
Leñosas_SV	0,87	-0,13	0,76	-0,56	0,93	-0,11	0,92	0,09	0,96	0,06
VI_SV	0,50	0,42	0,56	0,02	0,52	-0,13	0,57	0,35	0,50	0,00
Cielo_SV	0,24	0,22	0,24	0,14	0,26	-0,06	0,33	0,29	0,21	0,00
Cielo	-0,52	-0,13	-0,49	0,05	-0,52	-0,09	-0,56	-0,01	-0,41	-0,01
Cielo_deci	0,35	-0,08	0,38	-0,08	0,27	-0,03	0,18	-0,24	0,31	-0,18
Cielo_OI	-0,22	-0,16	-0,21	-0,13	-0,24	0,05	-0,32	-0,28	-0,20	0,00
VI_D	-0,50	-0,42	-0,57	-0,03	-0,51	0,12	-0,56	-0,35	-0,50	-0,02
DAP_Nocho	0,17	0,08	0,16	-0,04	0,24	0,34	0,21	0,04	0,19	0,43
DAP	-0,54	0,12	-0,45	0,48	-0,54	0,18	-0,57	0,04	-0,49	0,17
Ab_Nocho	-0,45	-0,26	-0,44	0,10	-0,42	-0,14	-0,46	0,00	-0,36	-0,25
ID_leñ	0,63	0,24	0,65	-0,34	0,67	-0,41	0,68	0,30	0,75	-0,27
ID_herb	-0,26	-0,38	-0,36	-0,29	-0,15	-0,04	-0,16	-0,02	-0,05	0,09
ID_plantas	0,60	0,06	0,57	-0,45	0,66	-0,31	0,67	0,20	0,73	-0,15
Sotobosque	0,81	-0,28	0,65	-0,65	0,90	-0,10	0,87	0,08	0,92	0,11
Bio1	-0,13	-0,46	-0,36	-0,32	-0,09	0,56	-0,05	-0,53	-0,27	0,50
Bio2	-0,42	0,15	-0,26	0,23	-0,36	-0,57	-0,43	0,52	-0,19	-0,46
Bio3	-0,29	0,04	-0,25	-0,16	-0,22	-0,20	-0,27	0,06	-0,20	-0,11
Bio4	-0,26	0,14	-0,11	0,34	-0,24	-0,50	-0,29	0,53	-0,07	-0,44

Variables ambientales	Riqueza total		Familias ECM		Familias Sapr. Totales		Familias Sapr. Madera		Familias Sapr. Suelo	
	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2	Cor RDA 1	Cor RDA 2
Bio5	-0,54	-0,24	-0,52	0,22	-0,44	-0,30	-0,48	0,38	-0,38	-0,26
Bio6	0,28	-0,23	0,10	-0,31	0,26	0,57	0,32	-0,54	0,07	0,46
Bio7	-0,36	0,13	-0,21	0,31	-0,32	-0,54	-0,38	0,53	-0,15	-0,45
Bio8	0,04	-0,37	-0,17	-0,33	0,05	0,60	0,10	-0,58	-0,14	0,53
Bio9	-0,38	-0,58	-0,58	-0,15	-0,28	0,34	-0,26	-0,24	-0,40	0,32
Bio10	-0,38	-0,60	-0,60	-0,19	-0,29	0,45	-0,27	-0,37	-0,43	0,42
Bio11	0,00	-0,38	-0,21	-0,34	0,02	0,56	0,07	-0,55	-0,16	0,50
Bio12	0,75	0,36	0,80	0,06	0,63	0,03	0,67	0,01	0,46	-0,08
Bio13	0,72	0,32	0,76	0,07	0,60	0,08	0,64	-0,03	0,42	-0,05
Bio14	0,75	0,40	0,83	0,07	0,65	-0,08	0,67	0,11	0,49	-0,17
Bio15	-0,75	-0,32	-0,79	-0,06	-0,64	-0,04	-0,68	-0,02	-0,54	0,08
Bio16	0,72	0,31	0,76	0,06	0,61	0,09	0,65	-0,04	0,43	-0,04
Bio17	0,76	0,39	0,83	0,05	0,65	-0,04	0,68	0,07	0,48	-0,14
Bio18	0,76	0,39	0,83	0,05	0,65	-0,04	0,68	0,07	0,47	-0,14
Bio19	0,73	0,33	0,78	0,06	0,62	0,07	0,65	-0,02	0,44	-0,06

Anexo 9. Distribución de cada género según las zonas climáticas de Köppen (1948). La distribución “amplia” indica que posee especies en todas las zonas climáticas.

Género	Distribución	Género	Distribución
aff. <i>Simocybe</i>	Amplia	<i>Stropharia</i>	Amplia
aff. <i>Tubaria</i>	Amplia	<i>Tetrapyrgos</i>	Amplia
<i>Artomyces</i>	Amplia	<i>Tricholoma</i>	Amplia
<i>Calyptella</i>	Amplia	<i>Agaricus</i>	Amplia
<i>Chondrostereum</i>	Amplia	<i>Agrocybe</i>	Amplia
<i>Clavaria</i>	Amplia	<i>Amanita</i>	Amplia
<i>Clavulinopsis</i>	Amplia	<i>Bovista</i>	Amplia
<i>Clitocybe</i>	Amplia	<i>Collybia</i>	Amplia
<i>Clitocybula</i>	Amplia	<i>Cortinarius</i>	Amplia
<i>Coprinellus</i>	Amplia	<i>Cyathus</i>	Amplia
<i>Crepidotus</i>	Amplia	<i>Entoloma</i>	Amplia
<i>Cyclocybe</i>	Amplia	<i>Gymnopus</i>	Amplia
<i>Cystolepiota</i>	Amplia	<i>Hebeloma</i>	Amplia
<i>Deconica</i>	Amplia	<i>Hohenbuehelia</i>	Amplia
<i>Fistulina</i>	Amplia	<i>Hygrocybe</i>	Amplia
<i>Galerina</i>	Amplia	<i>Hypholoma</i>	Amplia
<i>Hemimycena</i>	Amplia	<i>Inocybe</i>	Amplia
<i>Laccaria</i>	Amplia	<i>Mycena</i>	Amplia
<i>Lepiota</i>	Amplia	<i>Stereum</i>	Amplia
<i>Lepista</i>	Amplia	<i>Anthracoxyllum</i>	Tropical y subtropical
<i>Leucoagaricus</i>	Amplia	<i>Armillariella</i>	Tropical y subtropical
<i>Lycoperdon</i>	Amplia	<i>Butyriboletus</i>	Tropical y subtropical
<i>Lyophyllum</i>	Amplia	<i>Gerronema</i>	Tropical y subtropical
<i>Macrolepiota</i>	Amplia	<i>Hydropus</i>	Tropical y subtropical
<i>Marasmiellus</i>	Amplia	<i>Cystangium</i>	Subtropical y templada
<i>Melanomphalia</i>	Amplia	<i>Descolea</i>	Subtropical y templada
<i>Omphalina</i>	Amplia	<i>Marasmius</i>	Subtropical y templada
<i>Panaeolus</i>	Amplia	<i>Melanoleuca</i>	Subtropical y templada
<i>Phaeomarasmius</i>	Amplia	<i>Mycenella</i>	Subtropical y templada
<i>Pholiota</i>	Amplia	<i>Porpoloma</i>	Subtropical y templada
<i>Pleurotus</i>	Amplia	<i>Ramaria</i>	Subtropical y templada
<i>Pluteus</i>	Amplia	<i>Rickenella</i>	Subtropical y templada
<i>Psathyrella</i>	Amplia	<i>Austropaxillus</i>	Templada (Godwánico)
<i>Rhodocollybia</i>	Amplia	<i>Hymenogaster</i>	Templada
<i>Rimbachia</i>	Amplia	<i>Pholiotina</i>	Templada
<i>Ripartites</i>	Amplia	<i>Thaxterogaster</i>	Templada
<i>Russula</i>	Amplia		