



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL DE LAS ESPECIES DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES (*BUTYRIBOLETUS LOYO*, *RAMARIA SP.*, *CYTTARIA ESPINOSAE* Y *GRIFOLIA GARGAL*) EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS, CON ÉNFASIS EN LA COMUNA DE PANGUIPULLI.

Memoria de Título para optar al título de geógrafa

ROCÍO GONZÁLEZ CORREA

Profesor Guía: Pablo Sarricolea Espinoza

Profesor Co Guía: Alberto J. Alaníz

Santiago-Chile

2020

Agradecimientos

Al igual que chagles, gargales, loyos y diweñes crecí bajo el cobijo y protección de hermosos seres, los hongos bajo bosques de robles, raulfes, lengas o coigues, yo en el alero de mi familia, a quienes honro y agradezco. Crecí en mundito lleno de amor, aventuras e inspiraciones, el cual fue construido desde mi lela Yolanda con su sueño, mi madre y padre que lo llevaron a la realidad, mis primes que son y serán mis compas de aventuras, mis tías y tíos que me acogieron como si fueran mis padres, mis tatitas y abuelis que me brindaron tantos saberes y nanais, les animalites, plantas y honguitos que nos acompañaron y acompañan. Sin duda, fue este mundito que me lleno de amor y curiosidad por los bosques, cerros y los seres que habitan en ellos, inspirándome y dando sentido a mi existir.

El paso por la vida me ha llenado de otros seres a quienes amo, mis amigos. Le agradezco, en especial, a mis compas de la vida fauniana, las ñañitas, con quienes tuve la fortuna de compartir tantos desvelos, decepciones, alegrías, sueños y aventuras. Y al Lalito, por ser tan buen compañero de vida y de cerritos.

Agradezco a los integrantes del proyecto, especialmente a la Juani, Vivi e Igor, por toda su dedicación y amor por lo que hacen; a los recolectores de hongos por compartir sus conocimientos y llevarnos a donde habitan estos mágicos seres ocultos. También agradezco a mi profesor guía, Pablo Sarricolea y co-guía Alberto Alaníz, quienes me acompañaron y guiaron en esta última etapa universitaria.

Por último, agradezco a las organizaciones, laboratorios e investigadores que desde la ciencia buscan proteger y conservar la funga. En especial a el Micofilos Chile, el Fungario de Concepción, al profesor Götz Palfner e Ignacio Montenegro quienes facilitaron los datos para que esta investigación pudiera realizarse.



Recolectores de hongos
Fotos de proyecto INFOR (2019)

Resumen

Los hongos tienen una importancia esencial en los ecosistemas, al intervenir en la descomposición de la materia orgánica, y colaborar de manera simbiótica con otros organismos (Cabarroí et al., 2013). Además, los Hongos Silvestres Comestibles (HSC) tienen una importancia alimenticia para las comunidades, en especial para las indígenas, tales como las mapuches (Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016). Pese a su importancia, la presencia de hongos ha disminuido producto de las presiones antrópicas, especialmente la pérdida y fragmentación de hábitat, esto se debe a que los hongos son específicos de sus sustratos y condiciones del sitio (INFOR , 2017). De esta forma la generación de nuevos análisis que permitan ampliar el conocimiento sobre los factores ecológicos que influyen en estos hongos se hace vital para su conservación.

Esta investigación pretende ser un aporte en el conocimiento del hábitat y la distribución de cuatro HSC (*Butyriboletus loyo*, *Cyttaria espinosae*, *Grifolia gargal* y *Ramaria* sp.) presentes en región de Los Ríos y en la comuna de Panguipulli. Para lo cual, se utilizó la metodología de Modelación de Distribución de Especies, contrastando los resultados con el uso y cobertura de suelo y la composición vegetal, permitiendo identificar los hábitats idóneos para cada especie y el ensamble de especies.

Pese a que en las modelaciones se incluyeron variables de hábitat y bioclimáticas, los resultados demostraron que las condiciones bioclimáticas tuvieron la mayor contribución en la modelación, en particular, la importancia de la precipitación, especialmente en la época estival. Además, las coberturas de bosque nativo fueron las más idóneas para las especies, dado que poseen condiciones de sitio propicias y albergan el mayor porcentaje de árboles hospedantes. Por lo tanto, los escenarios de cambio climático, los cambios de uso y cobertura, y degradación de los bosques, ponen en amenaza a estas especies, siendo esencial buscar opciones para la conservación de los bosques y planes de adaptación al cambio climático.

Palabras Clave: *hongos silvestres comestibles, modelación distribución de especies, uso y cobertura de suelo.*

Índice de contenido

Capítulo n°1: Presentación	8
1.1 Introducción.....	8
1.2 Planteamiento del problema.....	9
1.3 Área de estudio	11
1.4 Objetivos	16
Capítulo 2: Marco teórico.....	17
2.1 Biogeografía de la conservación y PFTM.....	17
2.2 Modelación de la Distribución de Especies.....	18
2.2.1 Nicho ecológico	19
2.2.2 Diagrama BAM	20
2.2.3 Tipos de nichos.....	21
2.3 Modelación Espacial de Hongos	23
2.3.1 Desafíos de modelar macro-hongos	24
2.3.2 Variables predictoras importantes en la modelación de hongos.....	24
2.4 Descripción de los hongos silvestres comestibles estudiados	26
Capítulo n°3: Marco metodológico	30
3.1. Estimación de la distribución potencial de cuatro especies de Hongos Silvestres Comestibles de forma individual, así como la distribución de la riqueza de hongos.	30
3.2. Identificación y caracterización de las características principales del hábitat de cada hongo.	35
3.3. Identificación de diferencias en la idoneidad de diferentes tipos de hábitat para las especies de hongos y el ensamble de especies.....	35
Capítulo n°4: Resultados	36
4.1. Estimación de la distribución potencial de cuatro los Hongos Silvestres Comestibles	36
4.3 Distribución espacial potencial	42
4.4 Distribución potencial del hábitat	45
4.4.1 Análisis de varianza del uso y cobertura de suelo.....	45
4.4.2 Análisis de varianza de la composición vegetacional	46
Capítulo n° 5: Discusiones	49
Capítulo n°6: Conclusiones.....	52
Bibliografía.....	53
Anexos	60

Índice de Tablas

Tabla n°1. Superficie de los usos y coberturas de suelo en áreas con presencias de <i>Nothofagus</i>	15
Tabla n°2. Resumen características de los hongos estudiados	30
Tabla n°3. Presencias totales y filtradas	32
Tabla n°4. Configuraciones MaxEnt.....	35

Índice de Figuras

Figura n°1. Usos y coberturas del suelo Región de los Ríos y comuna de Panguipulli	12
Figura n°2. Áreas de conservación suelo Región de los Ríos y comuna de Panguipulli ..	13
Figura n°3. Composición vegetacional, presencia de <i>Nothofagus</i> , región de Los Ríos y comuna de Panguipulli	14
Figura n°4. Diagrama BAM, fuente: Soberón y Peterson, 2005	20
Figura n°5. Nueva representación del Diagrama BAM	22
Figura n°6. Fructificación de la especie <i>Cyttaria espinosae</i>	26
Figura n°7. Especies comestibles del género de <i>Ramaria</i> encontradas en el área de estudio.....	27
Figura n°8. Fructificación del <i>Butyriboletus loyo</i>	28
Figura n°9. Fructificación de <i>Grifola gargal</i> y fenómeno de pudrición blanca	28
Figura n°10. Marco metodológico utilizado en el presente estudio. Se detalla cada uno de los pasos metodológicos de forma ordenada.....	30
Figura n°11 Áreas de distribución total de las especies (mínimo polígono convexo) y zona seleccionada para la modelación.....	31
Figura n°12. Modelo de Idoneidad de hábitat de <i>Cyttaria espinosae</i>	37
Figura n°13. Modelo de Idoneidad de hábitat de <i>Ramaria</i> sp.....	38
Figura n°14. Modelo de Idoneidad de hábitat de <i>Grifola gargal</i>	39
Figura n°15. Modelo de Idoneidad de hábitat de <i>Butyriboletus loyo</i>	40
Figura n°16. Modelo de Idoneidad de hábitat de Riqueza.....	41
Figura n°17. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de <i>Cyttaria espinosae</i>	42

Figura nº18. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de Ramaria sp.	43
Figura nº19. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de Grifola gargal	44
Figura nº20. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de Butyriboletus loyo	47
Figura 21. Comparación de las diferentes usos y coberturas de suelo con relación a la idoneidad de hábitat para las especies	46
Figura nº22. Distribución HSC por especies arbóreas hospedantes.	47
Figura nº23. Comparación de las diferentes especies del género Nothofagus con relación a la idoneidad de hábitat para las especies	48

Capítulo nº1: Presentación

Introducción

Esta investigación es parte de un proyecto dirigido por el Instituto Forestal (INFOR) en colaboración con Fundación Fungí, el cual pretende explorar manejo de los bosques desde la micosilvicultura, utilizando métodos silvícolas, no silvícolas y de recolección sustentable de cuatro hongos silvestres comestibles del bosque templado de la comuna de Panguipulli". Las cuatro especies corresponden a *Butyriboletus loyo* (Loyo), *Ramaria* sp. (Changle), *Grifola gargal* (Gargal) y *Cyttaria espinosae* (Digüeñe). Este proyecto que pretende avanzar en el conocimiento de la ecología de hongos, técnicas para su conteo y manejo que permitan aumentar la aparición natural de los carpóforos de estas especies (INFOR, 2017). Trabajando de manera directa con recolectores de hongos que poseen un gran conocimiento de estas especies en el ámbito de la recolección, uso y localización, permitiendo hacer un trabajo de colaboración entre los investigadores y los recolectores. Es importante destacar que el estudio se realiza principalmente en remanentes de bosque nativos rodeado por otros usos de suelo, como plantaciones, praderas, cultivos y uso residencial.

La presente memoria de título procura, a través de la biogeografía de la conservación y la modelación de distribución de especies (MDE), ser un insumo para el proyecto y apoyar las prácticas de conservación proporcionando conocimientos de la distribución y hábitats idóneos para los hongos estudiados.

1.2 Planteamiento del problema

El reino fungi tiene una importancia esencial en los ciclos naturales de los ecosistemas, al intervenir en la descomposición de la materia orgánica y colaborar de manera simbiótica con otros organismos (Cabarroí et al., 2013). Pese a su importancia, la presencia de hongos ha disminuido producto de las amenazas antrópicas, especialmente la pérdida y fragmentación de hábitat, pues los hongos son específicos de sus substratos y condiciones del sitio, siendo el hábitat ideal el bosque nativo (Rodríguez et al., 2020; Vergara y Simonetti, 2004). La reducción y aislamiento de las poblaciones afectan negativamente a la reproducción, la estabilidad durante el desarrollo, el comportamiento, entre otros aspectos los organismos (Santos y Tellería, 2006). La pérdida y degradación de hábitat son dos fenómenos importantes en los cuales se altera la conectividad y tamaño de los parches de vegetación (Fahrig, 2003). Además, de la creación de nuevos bordes, en los cuales se generan cambios importantes en las condiciones ambientales, especialmente en las microclimáticas (Barahona et al., 2019). Este proceso puede afectar negativamente a una serie de organismos, siendo los hongos un grupo particularmente afectado (Jasso-Arriaga et al., 2016).

La sustitución de bosque nativo por plantaciones exóticas no tan solo implica un descenso en la biodiversidad, también un cambio en las condiciones ambientales del sitio (Uribe et al., 2020). Algunos autores han planteado que bajo condiciones de manejo como la mantención del sotobosque pueden beneficiar la ocurrencia de algunas especies, pero esto no sucede con las especies que requieren a sus especies hospedantes como es el caso de algunos hongos (Simonetti et al., 2013).

Por otro lado, procesos como la degradación de los bosques pueden ser significativamente importantes en la reducción de la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como provisión de agua, control de caudal de los ríos y provisión de alimentos (Balvanera, 2012; Zamora-Martínez et al., 2014; Lara et al., 2009; Little et al., 2009.; Uribe et al., 2020). Siendo este último el caso de los hongos silvestres comestibles, estos son usualmente reconocidos por su importancia alimentaria para la sociedad y en especial para las comunidades indígenas tales como las mapuches. Son estos pueblos los que han usado tradicionalmente estas especies como parte de su alimentación, resguardando el hábitat y múltiples conocimientos sobre el uso y recolección (Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016). Proteger estas especies no es solo fundamental para los ciclos ecológicos de los bosques, sino, es también para resguardar las tradiciones y prácticas culturales tradicionales que se han perdido en conjunto a los ecosistemas. En particular, al ser los HSC un tipo de recurso que proveen los ecosistemas (servicio de abastecimiento), su existencia permite abrir una oportunidad para conservar los bosques pues le otorgan una alternativa económica, especialmente a pequeños propietarios. De esta forma se reduce la probabilidad de que dichas comunidades se precaricen y se generen problemas tales como la venta de tierras, deforestación, conversión a la agricultura o sustitución de bosque naturales degradados por monocultivos exóticos (Tacón y Palma, 2006).

Pese que los hongos comestibles han sido más estudiados que otras especies fúngicas, este conocimiento sigue siendo limitado, acumulándose la mayor parte de la información en especies cultivadas y no en las silvestres (INFOR , 2017). Para la conservación de estos organismos es necesario ampliar el conocimiento sobre los factores ecológicos que determinan su ocurrencia y abundancia potencial. De esta forma estudiar sus características y distribución espacial es fundamental para el aseguramiento de su sobrevivencia a futuro (Chávez-Mejía, Martínez-Campos, Gheno-Heredia, y Jasso-Arriaga, 2016). Entre las metodologías más recientemente utilizadas, la modelación de distribución de especies (MDE) es una herramienta que permite estimar los requerimientos del nicho ecológico de las especies, proyectando su distribución espacial en base a estos (Elith et al., 2011). Esta metodología se basa en que las especies poseen un nicho ecológico el cual es reconocido como un espacio n-dimensional de variables en donde la adecuación biológica de las especies o *fitness* es positiva (Soberon y Nakamura, 2009). Luego, dichos requerimientos pueden ser proyectados en el espacio geográfico identificando las áreas donde las características ambientales son mas idóneas para la ocurrencia del organismo modelado (Soberon, 2007).

La modelación de especies es un buen insumo a la hora de diseñar programas de manejo sustentable de hongos y para delimitar las zonas aptas para su conservación o recolecta (Zamora-Martínez et al., 2014). Inclusive en países como España se ha modelado el hábitat potencial de hongos comestibles para el cultivo en áreas naturales o *in situ* (Serrano-Notivoli et al., 2015). Por otro lado, esta metodología puede ser combinada con análisis vinculados al cambio de uso y cobertura de suelo permitiendo entender como las dinámicas espaciales del paisaje afectan a las especies (Carvajal et al., 2018; Alaniz et al. 2019).

En este sentido la presente investigación pretende analizar la distribución de las cuatro especies de HSC; (*Butyriboletus loyo*), changle (*Ramaria* spp.), digüeña (*Cyttaria espinosae*) y gargal (*Grifola gargal*), en la región de Los Ríos con énfasis en la comuna de Panguipulli. Estos hongos se encuentran muy vinculados a arboles del género *Nothofagus*, los cuales son característicos del bosque nativo templado del sur de Sudamérica. En la comuna de Panguipulli, la pérdida del bosque nativo comenzó con la explotación del raulí, árbol nativo de madera altamente cotizada en la época (Guzmán, 2017). Proceso que generó una progresiva desvalorización del bosque nativo, considerado en muchos casos como un estorbo productivo, dando paso a la sustitución forestal por especies exóticas o a otro uso y cobertura de suelo (Tacón y Palma, 2006). De esta forma la estimación de la distribución y características del hábitat de estas especies podría ser un insumo importante con miras en la evaluación de sitios potenciales para el manejo sustentable del recurso y su cultivo, siendo un aporte al inicio de la micosilvicultura en el país y revalorizando los ecosistemas nativos.

1.3 Área de estudio

La región de Los Ríos se localiza en la zona sur del país, su capital es Valdivia, se caracteriza por presentar una gran cantidad de ríos a lo que debe su nombre y tiene una extensión de 18.429 km². La comuna que tienen mayor superficie en la región es Panguipulli, con una superficie aproximada de 3.292 km², está ubicada en el sector nororiente de la Región de Los Ríos en la Provincia de Valdivia, es también conocida como la comuna de los siete lagos debido a la cantidad de cuerpos lacustres que alberga (Biblioteca del Congreso Nacional - BCN)¹

En cuanto a las características climáticas la región, incluyendo la comuna de Panguipulli, presenta un clima templado lluvioso, con temperaturas promedio alrededor de los 11°C. En la región las lluvias se presentan todo el año, la zona costera presenta mayores precipitaciones superando los 2.000 mm. En el caso de la comuna precipita en promedio 1.500 mm anuales, si bien las precipitaciones se presentan todo el año estas se concentra en los meses invernales, entre mayo y agosto, meses que poseen precipitaciones entre 567 y 623 mm. (PLADECO, 2014).

La Cordillera de los Andes en la región presenta una baja altura y alta actividad, siendo la cumbre más alta el volcán Choshuenco con 2.415msnm, el cual se ubica al sur de la comuna de Panguipulli. Mientras, la cordillera de la Costa se caracteriza por su relieve ondulado, descendiendo en altura al sur y siendo interrumpida por completo por el río Valdivia. Entre cordilleras se presenta un gran valle longitudinal, cambiando su distribución hacia la zona de Valdivia mutando a valles transversales. Los valles albergan numerosos lagos y lagunas de origen glacial, como lo es el lago Calafquen y Panguipulli. Mientras, las planicies litorales se caracterizan por ser angostas, debido a la presencia de la cordillera costera (BCN). Cabe destacar que en la comuna de Panguipulli solo podemos encontrar las formaciones de la Cordillera de los Andes y valles, dado que esta no limita con zonas costeras (PLADECO, 2014).

Los habitantes en la región ascienden a los 384.837 habitantes y en la comuna 34.539, siendo menos del 10% del total regional, según los datos recopilados por el censo 2017 (INE, 2018). Otro dato de suma relevancia en la región es el porcentaje de población perteneciente al pueblo mapuche, el cual rodea el 25% del total regional. Mientras en la comuna de Panguipulli el porcentaje es aún mayor, siendo el 42% de la población total (INE, 2018). El pueblo mapuche preserva muchos elementos de su identidad y cultura, como el idioma, los saberes agrícolas y botánicos, la cosmovisión y el conocimiento del entorno natural, entre otros (Pino y Cardyn, 2014). Subsistiendo principalmente en base de actividad agrícola y ganadera para el autoconsumo y que representan más de la mitad de las explotaciones agropecuarias existentes en la comuna (PLADECO, 2014, pág. 27).

¹ <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region14>

El uso y cobertura de suelo dominante en la región de Los Ríos es bosque nativo, abarcando el 49,8% de la superficie. Es seguido por las praderas, las plantaciones exóticas, la red y masas de agua y los matorrales, ocupando el 23,9%, 12,4%, 6,5% y el 3,2% respectivamente. Los usos y coberturas de suelo con menor extensión son las áreas sin vegetación, los terrenos agrícolas y las áreas urbanas e industriales. El uso y cobertura de suelo predominante en la comuna también es el bosque nativo, siendo un porcentaje mayor que el de la región, abarcando 64,69% de su superficie. Esta cobertura es seguida por las praderas y la red y masas de agua, con una superficie 16,12% y 11,13% respectivamente. Le siguen el matorral y las plantaciones exóticas, con un 2,8% y un 2,4% de superficie. Los usos y coberturas de suelo con menor extensión son las áreas sin vegetación, los terrenos agrícolas y las áreas urbanas e industriales, que representa un 1,99%, 0,53% y 0,23% de la extensión comunal total.

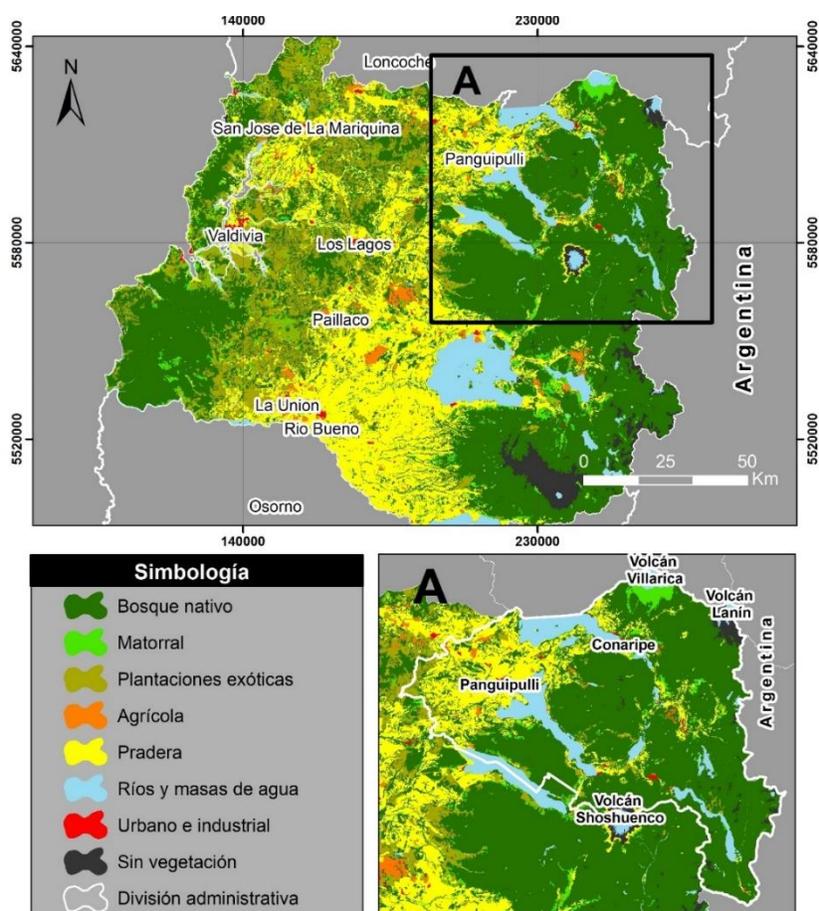


Figura n°1. Usos y Coberturas del suelo Región de los Ríos y comuna de Panguipulli

Fuente: Elaboración propia en base a catastro de bosque nativo, CONAF (2014)

En la región el bosque nativo se distribuye en la Cordillera de los Andes y las zonas costeras, las praderas están principalmente en el valle central, mientras las plantaciones exóticas se ubican entre la Cordillera de la Costa y el valle mayoritariamente. Las zonas de uso agrícola y matorral y urbano e industrial se distribuyen en toda la región, pero en

pequeños parches de suelo aislados entre sí. La cobertura de ríos y masas de aguas presenta mayor extensión en el área lacustre ubicado en la zona de la Cordillera de los Andes. Por último, las zonas sin vegetación están ubicadas en las altas cumbres. En la comuna de Panguipulli los bosques nativos se concentran en la Cordillera de los Andes, las praderas se encuentran en los valles, las plantaciones exóticas en sector oeste del valle central. Los otros usos y coberturas tienen un comportamiento similar al de nivel regional (ver figura n°1).

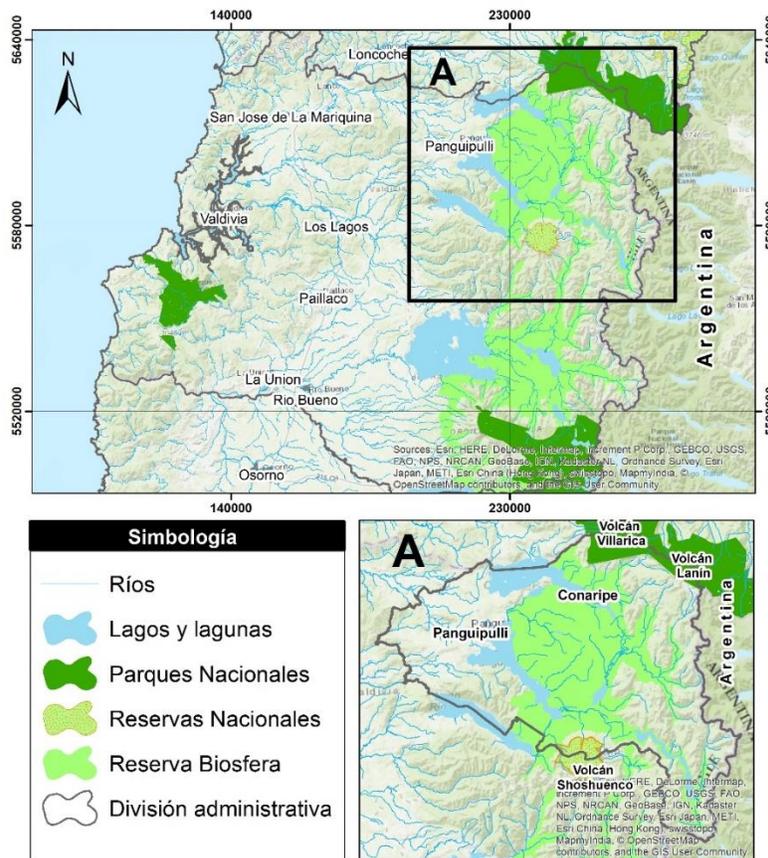


Figura n° 2. Áreas de conservación suelo Región de los Ríos y comuna de Panguipulli

Fuente: Elaboración propia en base a BCN

En el año 2007 se crea la Reserva de la Biosfera de los Bosques Templados por la UNESCO, Reserva de la Biosfera de los Bosques Templados por la UNESCO, la cual abarca gran parte de la Cordillera de los Andes de la región y de la comuna de Panguipulli. Es una de las 200 zonas claves en la conservación internacional y como una de las 25 ecorregiones más valiosas y amenazadas del planeta, representando un 0,9% de los bosques húmedos templados del mundo (Pino y Cardyn, 2014). Otra característica que permitió convertir a parte de esta comuna en reserva de biosfera es la fuerte relación de las comunidades mapuches con los bosques, lagos y ríos, pues en el territorio desarrollan sus actividades de sanación, se sustenta su comida, tradiciones e historia (Pino y Cardyn, 2014).

En la región existen tres Parques Nacionales y una reserva nacional, albergándose la reserva Mocho-Choshuenco y el Parque Nacional Villarrica en la comuna de Panguipulli. Solo la parte más al sur del Parque nacional Villarrica se presenta en la comuna, este alberga los bosques de araucarias más australes en país (figura n°2). Otro de los parques es el Alerce Costero, el cual se encuentra en la zona costera al sur de Valdivia y como menciona su nombre este resguarda bosques de alerce. Mientras que en la zona sur cordillerana se presenta parte del Parque Nacional Puyehue el cual alberga bosque húmedo siempre verdes (CONAF, 2008).

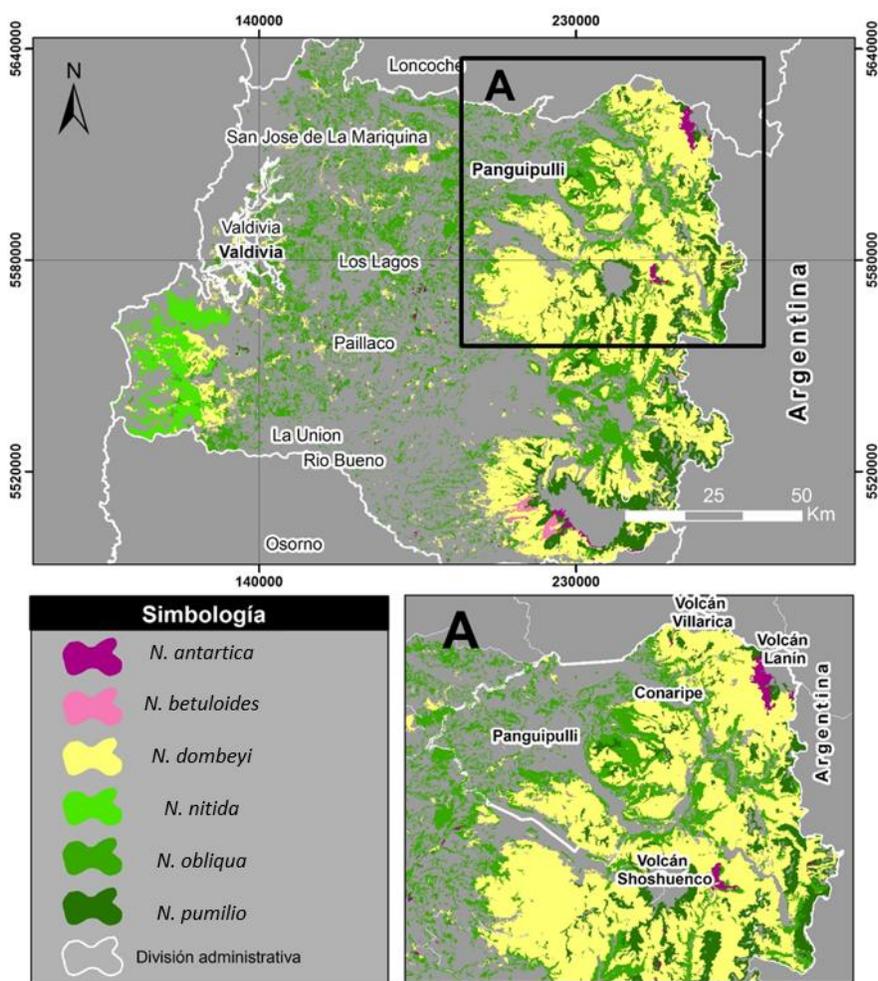


Figura n°1. Composición vegetal, presencia de *Nothofagus*, región de Los Ríos y comuna de Panguipulli

Fuente: Elaboración propia en base a catastro de bosque nativo, CONAF (2014)

Si bien existen algunos bosques dominados por la araucaria y los alerces, la gran parte de bosque nativos en la región los árboles dominantes son del género *Nothofagus*, ocupando el 45% de la superficie de la región de Los Ríos. Se distribuyen entre los usos y coberturas

de suelo de bosque nativo, plantaciones exóticas, matorrales y praderas. Siendo, el bosque nativo el uso y cobertura que abarca una mayor extensión del género en la región, con un 93,8% de la distribución total. Mientras, que el conjunto de los otros usos y coberturas tan solo contienen el 6,2% del total. En el caso de Panguipulli, las zonas con presencias del *Nothofagus* abarcan el 66.7% de la superficie comunal, distribuyéndose principalmente en el bosque nativo y con superficies inferiores en el matorral, pradera y plantaciones exóticas (ver tabla n° 1).

Tabla n° 1. Superficie de los usos y coberturas de suelo en áreas con presencias de *Nothofagus*

Uso de suelo	Región	Comuna
Bosque nativo	93.76%	95.78%
Plantaciones exóticas	1.93%	0.74%
Matorral	2.9%	2.66%
Pradera	1.4%	0.81%

En la región están presentes las especies el *N. alpina*, *N. dombeyi*, *N. nítida*, *N. obliqua* y *N. pumilio*. Las especies que tienen mayor extensión son *N. dombeyi* y *N. obliqua*, con un 20,7% y 16,6 % de la superficie regional, seguidas por *N. pumilio* y *N. nítida* con un 5,09% y 2,35% respectivamente. Las especies que presentan una menor extensión con *N. antártica* y *N. betuloides* con 0,38% y 0,238%. En la figura n°3 puede observar como la especie *N. dombeyi* se distribuye principalmente en la Cordillera de los Andes y en zonas de mayor altitud. Mientras, el *N. obliqua* se distribuye en los valles y zonas de menor altitud, presentándose de manera fragmentada en el territorio. La especie *N. nítida* se distribuyen la zona costera al sur de Valdivia, alternada con *N. dombeyi* en las zonas de mayor altitud. Por otro lado, el *N. pumilio* se distribuye en las zonas de altas cumbres de la Cordillera de los Andes. Las especies *N. antártica* y *N. betuloides*, se presentan en sectores puntuales en la Cordillera de los Andes.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Estimar la distribución potencial de cuatro Hongos Silvestres Comestibles (*Butyriboletus loyo*, *Cyttaria espinosae*, *Grifolia gargal* y *Ramaria* sp.) identificando las características del hábitat idóneas para ellos en la región de Los Ríos con énfasis en la comuna de Panguipulli, para el año 2019.

Objetivos Específicos

1. Estimar la distribución potencial de cuatro especies de Hongos Silvestres Comestibles de forma individual, así como la distribución de la riqueza de hongos.
2. Identificar y describir las características principales del hábitat de cada hongo.
3. Identificar diferencias en la idoneidad de diferentes tipos de hábitat para las especies de hongos y el ensamble de especies.

Capítulo 2: Marco teórico

Este trabajo se enmarca en la biogeografía, un campo de investigación que tiene sus inicios a mediados del siglo XVIII en los viajes que desarrollaron los primeros naturalistas como Humboldt, Bonpland, entre otros, quienes estudiaron la relación entre la distribución de las especies vegetales y el clima (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011; Murara, 2016). La biogeografía como una disciplina que tiene por objetivo identificar patrones espaciales y temporales de la distribución de los seres vivos (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011), en otras palabras, se dedica a estudiar la distribución de organismos (Hanson, Fuhrman, Horner-Devine y Martiny, 2012). Camargo (2000, pág. 34) la definió desde la geografía como el estudio de la distribución, adaptación y explicación de los seres vivos en el espacio geográfico; esta definición presenta una visión más amplia y compleja de la disciplina, en la cual se pueden abordar las relaciones y correlaciones de los aspectos de la naturaleza con el hombre y/o del medioambiente con la sociedad (Murara, 2016).

La biogeografía abarca conocimientos y metodologías de múltiples disciplinas, algunas de estas son la geografía, biología, ecología, paleontología, geología, entre otros. La multidisciplinariedad de la biogeografía da paso a variadas perspectivas de investigación, lo que genera que no haya un consenso claro en el objeto a investigar, por lo que se han desarrollado distintos campos de análisis dentro de la misma disciplina (Murara, 2016, pág. 2). Además, constantemente se abren nuevos horizontes y líneas de investigación, uno de los cambios hace referencia que tradicionalmente ha investigado plantas y animales; pero que en la actualidad se han abierto nuevas líneas de investigación que incluyen microorganismos, bacterias, virus, hongos y entre otros organismos (Hanson et al., 2012).

2.1 Biogeografía de la conservación y PFSM

La conservación es una respuesta sustentable ante la explotación que han sido sometido tanto la biodiversidad y los ecosistemas, llegando a un equilibrio entre el entorno, el desarrollo de actividades productivas y la sociedad, que se traduce en un desarrollo sustentable que garantiza la conservación de la diversidad biológica (Mutia, 2009). La conservación de especies requiere un conocimiento detallado de historia natural y biología, pero también información acerca de la disponibilidad de hábitats adecuados donde estas especies puedan sobrevivir (Gaubert, Papes y Peterson, 2006)

Existen distintas corrientes sobre el sentido y definición de lo que implica la conservación, una de estas afirma que se debería considerar la protección de la naturaleza por su sola existencia y que no debería centrarse en el beneficio hacia las personas; mientras la otra corriente manifiesta que es fundamental el uso sostenible de los recursos naturales dentro de la conservación, considerando que la conservación debe ser transversal a todas las áreas silvestres y no solo ser focalizada en la protección de solo algunas de estas áreas (Sandbrook, 2015). Ampliar la definición de la conservación e incluir áreas silvestres no protegidas permite resguardar más allá de la biodiversidad y los ecosistemas, incluyendo la diversidad cultural, económica y social. Es por lo cual, desde los años 90' se está trabajando con el concepto de los Productos Forestales no Madereros (PFSM), estos son

los productos que abarcan todos los materiales biológicos diferentes a la madera, que se extraen de los bosques para uso humano, estos buscan dar un valor productivo al bosque sin que este sea talado y poner en valor tradiciones y conocimientos de las personas que conviven con estos ecosistemas (López R. , 2008).

Se reconoce que los PFNM son importantes para el bienestar de muchas comunidades rurales y contribuyen a los procesos de conservación de los bosques tropicales. El interés por PFNM gira en torno a la búsqueda de opciones para la reducción de la pobreza y la conservación de la biodiversidad natural y cultural. Generando por medio de estos productos estrategias de diversificación de las distintas actividades productivas que mejoren los ingresos de las comunidades locales, provean seguridad alimentaria y ayuden a la conservación (López R. , 2008). Pero es importante que los PFNM no sean sobre utilizados o sobreexplotados, para ello se requieren criterios de aprovechamiento y manejo mediante el estudio interdisciplinar, siendo la biogeografía una de las disciplinas que pueden aportar a su conservación.

La biogeografía de la conservación es un campo de investigación donde se aplican los principios, teorías y metodologías provenientes de la biogeografía a los problemas de la conservación de la biodiversidad (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011). Este campo pretende el apoyar las prácticas de conservación proporcionando conocimientos, tanto teóricos y como metodológicos, para sus múltiples objetivos, como: diseñar redes de reserva, planificar e implementar restauración ecológica, manejar especies invasoras, reintroducir especies, áreas prioritarias para conservar, entre otros (Richardson y Whittaker, 2010).

Los Modelación de Distribución de Especies (MDE) se han transformado en una de las áreas de investigación con mayor desarrollo en el campo de la biogeografía de la conservación. Pero para dar respuesta a las crecientes necesidades de la conservación han tenido que incorporar procesos más dinámicos y complejos, desarrollando muchos tipos diferentes de modelos para describir tanto el nicho de especies como la idoneidad de un hábitat para soportar una especie. Para lo cual se han incorporado parámetros como la demografía, las interacciones del paisaje, las interacciones de las especies, la consideración de la historia evolutiva y uso de suelo (Richardson y Whittaker, 2010). Más allá de saber dónde se encuentran las especies, los modelos permiten identificar porqué las especies se encuentran allí. El conocer qué factores y de qué forma están afectando la distribución, ya sea positiva o negativamente permite fomentar acciones que las beneficien a la conservación, prevenir aquellas que van en detrimento de las poblaciones o estimar las consecuencias que puede conllevar una acción determinada.

2.2 Modelación de la Distribución de Especies

En las últimas décadas se ha despertado un gran interés por estudiar la distribución de especies, esto gracias al desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) y técnicas estadísticas aplicadas, además, de la mayor disposición de bases de datos ha incrementado de manera significativa la cantidad de investigaciones en el área. Avances que han permitido, a través de nuevos métodos y estrategias para la interpretación de

resultados, modelar la distribución espacial de las especies y ecosistemas, mediante datos de presencia/ausencia de una especie (Becerra-López et al., 2016; Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011)

Los modelos son representaciones parciales de la realidad, pues tan solo pueden reflejar una parte simplificada de la complejidad. Por tanto, los modelos solo representan algunas de las propiedades o características del objeto de estudio, esto debido a la necesidad de reducir la complejidad para que este sea entendido y representando, como al desconocimiento de la totalidad de sus características e interacciones (Mateo, Felicísimo y Muñoz, 2012). Al hablar de distribución de especies se resalta el carácter espacial de la modelación, en este contexto podemos señalar que son representaciones cartográficas que representan el espacio idóneo para la presencia de una especie. El espacio idóneo es establecido mediante relaciones estadísticas entre las presencias conocidas de la especie y variables ambientales, de movilidad y biológicas que son usados como indicadores (Cuervo-Robayo et al., 2017).

2.2.1 Nicho ecológico

La modelación de especies es un área de investigación que ha surgido gracias a la conceptualización de “nicho ecológico”, cual plantea que son necesarias un conjunto de condiciones bióticas y abióticas para la existencia y por ende la distribución de una especie (Soberón y Miller, 2009). Dentro de la ecología el concepto de “nicho ecológico” es ampliamente utilizado sin tener una única definición, convirtiéndolo en un concepto complejo de abordar. Este posee diferentes definiciones, las que en su mayoría pretenden identificar los entornos o factores ambientales que permiten que la población sobreviva (Soberón y Nakamura, 2009). El concepto acuñado en el siglo XX ha sido abordado desde dos corrientes teóricas que llevan el nombre de los investigadores precursores en estas áreas, distinguiéndose el “Nicho Grinelliano” y el “Nicho Eltoniano” (Soberón y Nakamura, 2009). Ambas corrientes hacen referencia a que la especie necesita situaciones especiales para habitar un ecosistema, sin embargo, apuntan a diferentes variables ambientales, escalas, dinámicas ambientales y por ende varía el tipo y finalidad de la modelación.

Para entender la diferencia entre Nicho Grinelliano y Eltoniano, es importante abordar la definición trabajada por Hutchinson de las variables, distingue entre la bióticas y las scenopoéticas. Las variables scenopoéticas son necesarias para que exista la especie estudiada, se caracterizan porque la existencia de estas variables no es afectada por la presencia, ausencia o cambio de la población de una especie determinada (Soberón y Nakamura, 2009). Ósea, estas variables son necesarias para la existencia de la especie, pero la especie no influye en la presencia de las variables, hacen referencia a factores abióticos como las características edafológicas, climáticas, topográficas, entre otras. Mientras las variables bióticas, tal como lo dice su nombre, hacen referencia a los factores bióticos que son necesarios para que una especie habite un área determinada. Estas variables son afectadas por la presencia, ausencia o fluctuación de la población de la especie estudiada, siendo denominadas variables interactivas (Anderson, 2013)

Para modelar espacialmente una especie mediante MDE se trabaja con el nicho Grinelliano, este nicho trabaja esencialmente con las variables que no se ven afectadas por la especie o scenopoéticas, permitiendo modelar la distribución de manera estática y en resoluciones gruesas. Mientras, el nicho eltoniano se dedica a estudiar las interacciones que tienen las distintas especies, preocupándose de las variables bióticas, las cuales son muy difícil de representar como valores estáticos e implican una escala de mayor detalle. El nicho eltoniano se logra estudiar por medio de los modelos dinámicos que hacen referencia a las dinámicas e interacciones interespecies, las variables utilizadas, además, de ser altamente cambiantes en el tiempo, también requieren una alta resolución espacial (Anderson, 2013, pág. 9).

La modelación grinelliana, basada en variables ambientales, ha permitido definir la distribución espacial de especies e identificar los valores ambientales relevantes (Cuervo-Robayo et al., 2017), a diferencia de los nichos eltonianos que permiten entender la relaciones interespecie. Desde la corriente de Grinell el nicho ecológico se define como subconjunto de condiciones ambientales bajo las cuales las poblaciones de una especie tienen tasas de crecimiento positivas (Anderson, 2013, pág. 8), siendo esta la corriente la que ha permitido desarrollar teórica y metodológicamente la modelación de especies y es la que se abordara de manera extensa en el presente marco teórico.

2.2.2 Diagrama BAM

A partir de lo planteado por Hutchinson en 1957 de las variables scenopoéticas, se generó un gráfico simple donde identificaba y relacionaba los diversos factores que son parte del nicho ecológico, gráfico que fue posteriormente desarrollado de manera sistemática por Soberón y Peterson (2005), siendo denominado por los autores “diagrama BAM” (ver figura n° 4). Este diagrama es una representación abstracta del espacio geográfico, el cual permite agrupar en tres factores las diversas variables que influyen en la distribución de una especie, siendo estos, los factores bióticos, abióticos y movilidad (Cuervo-Robayo et al., 2017; Soberón y Nakamura, 2009).

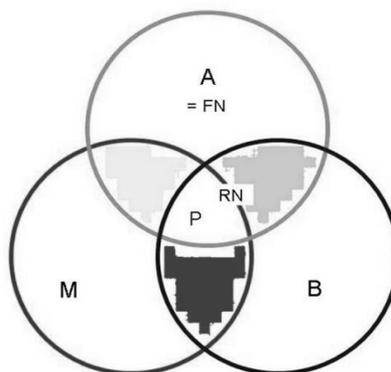


Figura n° 2. Diagrama BAM.

Fuente: Soberón y Peterson, 2005

Las variables ambientales son agrupadas en el factor “A”, en el cual se representan la región donde estas condiciones son propicias para la existencia de la especie (hacen referencia a

las condiciones edafológicas, climáticas, topográficas, entre otras), estas variables son asimiladas a las scenopoéticas, haciendo referencia a relaciones no interactivas. Con el subconjunto de factores “B” se representa la región donde las condiciones bióticas son adecuadas para la especie. Estas variables son interactivas o dinámicas, hacen referencia a las relaciones interespecie, pudiendo tener una relación mutualista, competidora, simbiótica, entre otras. Mientras, el subconjunto “M” representa las regiones que la especie ha tenido acceso producto a su capacidad de dispersarse o moverse en el espacio (Soberón y Peterson, 2005; Soberón y Nakamura, 2009; Cuervo-Robayo et al., 2017).

Los tres factores tienen que ser cuantificados para ser representados espacialmente, teniendo diferentes tipos de disponibilidad de información. El factor abiótico es el que posee más información disponible en distintas resoluciones espaciales y temporales. En cambio, el factor “b” es el más difícil de representar, pues es el que posee menor volumen de información y la que está disponible, presenta límites difusos y es generada en resoluciones finas (Soberón, 2007). El factor “M” debe calcularse por la capacidad de dispersión de la especie y se puede obtener mediante la presencia de la especie y límites geográficos (Cuervo-Robayo et al., 2017).

2.2.3 Tipos de nichos

Se han definido tres tipos de nichos según las ideas planteadas por Hutchison (1956) y que han sido refutados por el diagrama conceptual BAM, siendo estos: fundamental, existente y realizado. Los diferentes tipos de nichos ecológicos dependen de la interacción entre los factores que componen el diagrama BAM (Soberón y Nakamura, 2009). El nicho fundamental logra cumplir los requerimientos fisiológicos de una especie, siendo el conjunto de variables ambientales que necesita una especie para sobrevivir representado por medio de este nicho el factor “A” o variables scenopoéticas (Cuervo-Robayo et al., 2017; Soberón y Miller, 2009).

Cuando hablamos de nicho existente se hace referencia al factor “M” de movilidad y el factor “A” de variables ambientales, este nicho representa el área en que una especie logra cumplir sus requerimientos fisiológicos y en la cual se ha podido expandir producto a su capacidad de movilizarse (Soberón y Nakamura, 2009). El incorporar el factor de movilidad de un nicho permite reducir, en la mayoría de los casos, de manera significativa el área a modelar, producto que en el mundo se pueden replicar en distintos sectores las variables ambientales, pero no en todas la especie se ha logrado expandir (Soberón y Peterson, 2005). El modelar incorporando estos dos factores permite generar escenarios futuros, identificando las áreas potencialmente invadidas, en las cuales se modela la capacidad de dispersión de una especie bajo escenarios de cambio climático (Cuervo-Robayo et al., 2017).

Al juntar los tres factores del diagrama de BAM estamos hablando de “nicho realizado”, siendo el área donde se cumplen los requerimientos fisiológicos, de movilidad y las interacciones interespecíficas permiten la subsistencia de la especie. Este es el nicho que permite ahondar en un mayor detalle espacial, pero también implica mayor complejidad especialmente por la incorporación de variables bióticas que son altamente dinámicas.

Dado variables bióticas pueden ser difusas, difíciles de delimitar y se manifiestan a resoluciones espaciales finas (Peterson y Soberón, 2012), las modelaciones espaciales de distribución de las especies se suelen operar con los factores abióticos y de movilidad, excluyendo los factores bióticos (Cuervo-Robayo et al., 2017). La dificultad de representar el factor “B” en la distribución de especies llevo a Soberón y Peterson (2012) a plantear una nueva forma de esquematizar el diagrama BAM, en la cual lleva a las variables bióticas a un papel de menor relevancia.

El diagrama BAM representa a la conceptualización de los Modelos de Nicho Ecológico (MNE), mientras, que la nueva interpretación del diagrama es la abstracción de los Modelos de Distribución de Especies (MDE). Los MDE pretenden evitar la sobre interpretación de del significado ecológico de los modelos, plantean que las escalas gruesas están relativamente desvinculadas a los procesos poblaciones de las especies (Peterson y Soberón, 2012).

Esta nueva representación mantiene los tres factores del diagrama BAM, pero cambia la configuración y la forma en que se relacionan los factores (ver figura n°5). El nicho realizado (G_0) pasa a estar representado por la intersección entre los factores Bióticos y de Movilidad. La superficie que representa los factores ambientales y que no es potencialmente invadidas por la especie, denominada como G_1 en el diagrama, es el área potencialmente invadida. Pese que los factores “a” y “M” son los protagonistas en este esquema siempre se considera los factores Bióticos en el Espacio Geográfico (G)

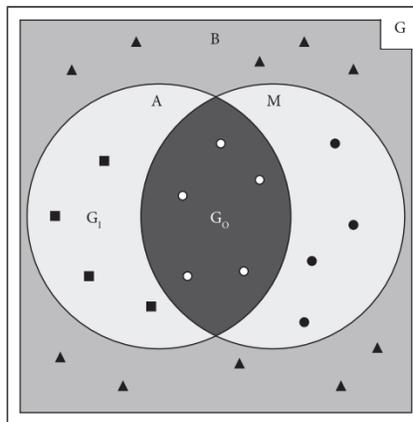


Figura n° 3. Nueva representación del Diagrama BAM.

Fuente: Peterson y Soberón, 2012

La exclusión del factor “B” en la modelación es uno de los principales problemas para lograr generar una modelación de mayor precisión y a escalas de mayor detalle. Incorporar estas variables es fundamental a escalas locales, pero a nivel continental puede ser uno de los factores más importantes para determinar la distribución, en el caso de las especies que se vean afectadas por competidores efectivos o depredadores fuertes, ausencia de presas importantes o especies que son en esencia mutualistas (Gutiérrez, Boria, y Anderson R., 2014).

2.3 Modelación Espacial de Hongos

La Modelación de Distribución de Hongos es una rama reciente de los MDE, los cuales se han basado su investigación de manera más extensa en los reinos de flora y fauna. La falta de estudios biogeográficos del reino fungí, especialmente de las especies macrofungicas, se deben según Wollan et al. (2008) a las dificultades de registrar la presencia de estas especies producto a sus ciclos de vida. Pues sus cuerpos fructíferos son normalmente efímeros, y por lo tanto, difíciles de detectar, recolectar e identificar. Sin embargo, lo propuesto por Wollan et al. (2008) solo es válido para los hongos que se reproducen por carpóforos o callampas el reino fungí es mucho más complejo y diverso. Los escasos estudios en este tema se pueden deber a que tradicionalmente la diversidad y distribución de animales y plantas han sido estudiadas con mayor énfasis, muy diferente es la situación del reino Fungí (Marín, Torres, Furci, Godoy y Palfner, 2018).

En el siguiente apartado se explicará de manera breve que es un hongo, sus principales características y funciones, para así poder entender las características y dificultades que implican modelar a las especies de este reino.

- **Ecología de los hongos**

Los hongos reúnen algunos atributos de plantas, bacterias y animales, pero forman su propio reino, el reino fungí. (Marín et al., 2018). Estos organismos se forman a través de una red de filamentos, son heterótrofos esto quiere decir que obtienen su alimento degradando materia orgánica careciendo de clorofila y se reproducen a través de esporas que se dispersan por aire, suelo, agua y animales (Ruiz, 2008). Este reino posee organismos muy diversos desde hongos microscópicos como los mohos y las levaduras, pero también los macro-hongos o macro-micetos que se destacan por producir cuerpos fructíferos o setas. El reino Fungí es uno de los más diversos, se calcula que podrían existir entre 2,2 a 3,8 millones de especies, pero tan solo se han descrito en el mundo unas ciento veinte mil especies de hongos siendo el 3,16 % de la totalidad posible, lo que da cuenta de lo mucho que queda por estudiar. (Ruiz, 2008; Marín et al., 2018)

En cuanto a sus funciones ecológicas, se pueden clasificar en tres categorías: descomposición, simbiosis mutualista y parasitismo. Los hongos saprofitos son aquellos que degradan o descomponen la materia orgánica, esta es una función esencial en los ecosistemas pues pone a disposición de las plantas la materia orgánica en forma de humus, aportando a la mineralización del suelo (Ruiz, 2008; Marín et al., 2018). Los hongos parásitos son aquellos que obtienen energía desde organismos vivos, cuyas lesiones en algunos casos pueden ser mortales para el hospedador y en otros, sólo los debilitan (Salazar, 2016). Por último, está la función simbiótica mutualista, como los son los líquenes que se generan por el mutuo apoyo entre algas y hongos, las micorrizas mediante las cuales los hongos se asocian con las plantas. Estas últimas, las micorrizas, han permitido la colonización de las comunidades vegetales es la gran mayoría de ambientes terrestres,

incluso en zonas áridas o de temperaturas extremas. La planta traspa energía en forma de azúcares al hongo, mientras que este da a la planta, además de agua, nutrientes del suelo, aumentando de forma exponencial el acceso de la planta a minerales tan esenciales como fósforo y nitrógeno, confiriendo una mayor resistencia a sequía, salinidad, toxicidad, patógenos y herbívoros (Marín et al., 2018).

2.3.1 Desafíos de modelar macro-hongos

Como se mencionó en el apartado anterior el reino fungí es sumamente diverso, sin embargo, en esta investigación se focalizará macro-hongos que se reproducen a través de carpóforos o callampas. Estos son los hongos más estudiados y conocidos por su notoriedad de su cuerpo fructífero, pero debido a carácter efímero y variable de los carpóforos es difícil de obtener datos de presencias representativos a la distribución real de los hongos. Los muestreos que no dependen de la presencia de carpóforos implican trabajo adicional y una especialización considerable, sin embargo, este tipo de muestra es un indicador más fidedigno de la presencia de las especies estudiadas (Wollan et al., 2008).

La vida oculta de los hongos bajo el suelo dificulta la toma de información de presencias, pero aún más la información de ausencias, dado que el avistamiento de carpóforos asegura la presencia del hongo, pero la inexistencia de éste no implica su ausencia (Wollan et al., 2008). Es importante tener en cuenta que los hongos, especialmente en la fructificación, las variables del micrositio y las pequeñas alteraciones de este son sumamente relevantes, es por lo que pueden haber años o periodos en que el hongo no fructifique en un sector pese que haya presencia de este. Estas dificultades para modelar, debe ser entendido como una de las limitantes a la hora de modelar hongos, dado que dificulta la recolección de datos cuando se identifica por la presencia del carpóforo (Toledo, Barroetaveña y Rajchenberg, 2014).

Otro desafío relevante a la hora de modelar hongos es la falta de información sobre las especies fúngicas, esto ha generado que la mayoría de las investigaciones biogeográficas sean de carácter exploratorio, dado que no se tiene información sobre la ecología y fisiología de las especies (Yuan y Wang, 2015). Es por eso por lo que se han trabajado alternativas para poder abordar las distintas variables que pueden ser relevantes en la modelación de las especies. En el caso de Wollan et al. (2008) analiza un amplio set de variables predictoras, para posteriormente acotarlas a aquellas que más explican la distribución de las especies mediante Modelos Lineales Generalizados. Otra situación es la que tienen los hongos ampliamente estudiados, como la trufa, en estos casos se han podido hacer modelaciones más detalladas pues se conocen los requerimientos de estas especies para habitar el ambiente (Serrano-Notivoli et al., 2015).

2.3.2 Variables predictoras importantes en la modelación de hongos

En la modelación espacial de macro-hongos las publicaciones existentes coinciden en la importancia de las variables climáticas, topográficas y edáficas para su distribución (Serrano-Notivoli et al., 2015). Pero también en la importancia de las características del micrositio para la existencia de los hongos y su fructificación. Pese a que se haga una modelación a una escala detallada y con variables de impacto local, la distribución de los

hongos varía por leves alteraciones en el micrositio, siendo imposible predecir por medio MDE estas alteraciones (Toledo et al., 2014)

Las variables climáticas son las más utilizadas para modelar especies, especialmente cuando se trabaja a escala mundial o continental. En el caso del reino fungí la variable precipitación es una de las más influyentes, pues estos organismos necesitan humedad para existir, fructificar y crecer (Yuan y Wang, 2015). Se ha comprobado que la temperatura tiene gran importancia la etapa de crecimiento temprano, cuando los micelios se establecen y extienden su área, además, variación de estas temperaturas pueden ser limitantes para la colonización (Wollan et al., 2008; Yuan y Wang, 2015). Mientras, la radiación tiene una vital importancia en el periodo de su fructificación, por la alta radiación (Wollan et al., 2008). Cuando trabajamos con variables climáticas es importante tener en cuenta que la importancia y rangos de estas variables dependen de las características de cada especie, en un estudio realizado por Toledo et al. (2014) se comprobó que las precipitaciones tenían mayor influencia en las especies que crecían sobre el sustrato versus la que crecían en materiales en descomposición como ramas. Se constató que el cambio climático ha afectado a las especies fúngicas, cambiando de comportamiento producto principalmente al descenso de las precipitaciones (Kalin et al., 2019). Esta dinámica ha generado importantes cambios en los patrones de distribución de especies, y en la alteración de procesos fisiológicos de organismos dependientes de humedad y temperatura (Rezende et al. 2020). Este es un panorama preocupante, dado que además del descenso de las precipitaciones se presenta la tendencia a la concentración de las precipitaciones en los meses más fríos, disminuyendo las precipitaciones en meses estivales (Rojas et al., 2019; Sarricolea et al., 2019).

Las variables topográficas utilizadas de manera transversal en las modelaciones son la altura sobre el nivel del mar y la exposición de ladera, ambas variables implican cambios en la temperatura y humedad de los ecosistemas, estado muy relacionada con las variables climáticas a escala local (Zamora-Martínez et al., 2014; Yuan y Wang, 2015). En el caso del factor suelo, la calidad y la cantidad de mantillo en el suelo es un factor importante para la formación de micorrizas en el bosque, aunque algunos hongos micorrícicos no son capaces de fructificar donde hay grandes cantidades debido a una inadecuada aireación del suelo (Toledo et al., 2014)

Pese a que la mayoría de MDE no tienen en cuenta los efectos de las interacciones bióticas, a pesar de la abundante evidencia sobre su influencia en la distribución a diversas escalas espaciales (Yuan y Wang, 2015). Existen algunas modelaciones que incorporan especies vegetacionales que tienen una estrecha relación con los hongos estudiados, las plantas son hospedantes de determinadas especies de hongos relacionándose mediante simbiosis o parasitismo. En algunas especies, la relación hongo-planta puede ser tan estrecha que el hábitat de los hongos se reduce solamente a la distribución de la o las especies de plantas en cuestión. Por ende, incluir esta variable permite precisar y acotar el área de distribución de las especies (Cabarroí et al., 2013).

2.4 Descripción de los hongos silvestres comestibles estudiados

En el siguiente apartado se caracteriza las especies de HSC estudiadas poniendo un especial énfasis en su función ecológica, especies asociadas y descripciones del hábitat hechas por otros autores. Ver tabla n°2 donde se resumen las principales características.

***Cyttaria espinosae* (diweñe):** Este es un hongo parasito que habita en el centro-sur de Chile y Argentina, en Chile se presenta desde la Región de Valparaíso hasta la zona austral (Furci, 2008). Fructifica en toda la época primaveral especialmente en días de alta radiación solar y después de lluvias. La fructificación es globosa de color blanco nieve, mide de 2 a 6 cm de diámetro (ver figura n°6). Al ir que madurando la capa blanca se pierde y se hacen visibles sus ascas de color naranja intenso (Furci, 2007).

No es un parasito agresivo con sus hospedantes, pues solo produce agallas y un daño leve sobre las ramas, estas son parasitadas cuando empiezan su crecimiento (Furci, 2008). Hospeda exclusivamente a arboles del género en *Nothofagus*, específicamente al *N. oblicua*, *N. macrocarpa*, *N. glauca* y *N. alpina* (Ipinza, Perez y Kappes, 1998; Furci, 2008). Se encuentran en los bosques de robles o en individuos creciendo solos en la pradera, inclusive en áreas urbanas (Furci, 2008)



Figura n°4. Fructificación de la especie *Cyttaria espinosae*
Fuente: Proyecto INFOR (2019)

***Ramaria* sp. (Changle):** Se considerarán varios tipos de *Ramarias* comestibles por la dificultad de distinguir entre las diferentes especies del género, incluyendo en la categoría de Changle las especies *Ramarias* comestible como *R. flava*, *R. bortrytis* y *R. aurantiaca*. En el género *Ramaria* existen cerca de 319 especies repartidas alrededor del mundo (Roskov et al., 2014). Y en los bosques templados lluviosos de Sudamérica, específicamente en Chile y Argentina, se han descrito alrededor de 15 especies de este género (Leal, 2015). Se distribuyen desde la zona central hasta la zona sur austral en Chile y en zonas cercanas a la Cordillera de Los Andes en la provincia de Neuquén, Argentina (Toledo et al., 2014).

Las especies de este género son poseen relaciones simbióticas con árboles a través de micorrizas y la fructificación de estos hongos se presenta en el suelo, se caracterizan por su morfología similar a la de los corales marinos ramificándose varias veces hacia arriba

(Furci, 2007). En Sudamérica las especies de *Ramarias* se relacionan simbióticamente con los árboles del género *Nothofagus*, especialmente *N. dombeyi* (coigüe) y *N. obliqua* (roble). Habitan en sectores húmedos con bastante materia orgánica y comúnmente en bosques adultos (Leal, 2015).

Este género se distingue por la forma de su fruto que es varias veces ramificado hacia las puntas en ramas cilíndricas cortas, terminando en doble punta con una bifurcación en forma de U o V (ver figura n°7). Su fructificación se presenta en otoño-invierno, ocasionalmente en los primeros meses de primavera (Montenegro, 2016).



Figura n°5. Especies comestibles del género de *Ramaria* encontradas en el área de estudio

Fuente: Proyecto INFOR (2019)

***Grifola gargal* (gargal):** Es un hongo saprofito o descomponedor de pudrición blanca, habita bosque andino-patagónico de Argentina y Chile, distribuyéndose desde Chillán hasta Aysén. Fructifica a finales de otoño, principalmente entre los meses de mayo y junio. Su fruto es de color blanquecino (ver figura n°8), posee un olor característico a almendras, tiene usos comestibles y medicinales (Montenegro, 2016).

Crece sobre troncos caídos y en forma restringida sobre ramas o fustes de árboles en pie o caídos, solamente de las especies asociadas del género *Nothofagus*, específicamente en *N. obliqua* y en ocasiones en *N. pumilio* (Harada, Morizono, Sumiya y Meguro, 2015). Esta especie requiere un hábitat con alta cobertura arbórea, sobre un 80% (Toledo et al., 2014).



Figura n°6. Fructificación de *Grifola gargar* y fenómeno de pudrición blanca.
Fuente: Proyecto INFOR (2019).

***Butyriboletus loyo* (Loyo):** Se desarrolla en el suelo, se relaciona con las especies arbóreas por medio de simbiosis micorrícicas (ectomicorrizas). Asociado a las raíces de *Nothofagus* especialmente individuos jóvenes o hualles de *N. obliqua* y *N. dombeyi*, pero también registran observaciones bajo *N. alpina* y bajo *N. glauca*. Habita de la región del Maule a la región de Los Lagos al interior del bosque templado en zonas húmedas y oscuras, desde el nivel del mar hasta los 1.300 m aproximadamente (Furci, 2008; Riquelme, Dibán y Salazar-Vidal, 2019)

Periodo de fructificación entre marzo y mayo, su fruto es de gran tamaño, ver figura n°9, el cual puede superar los 30 cm, posee forma de sombrero y color rojo-burdeo, las callampas crecen de manera solitaria o en pequeños grupos en el suelo (Montenegro, 2016). Es muy apetecida, ampliamente recolectada para consumo y para la venta en ferias locales, debido a su exquisito sabor y consistencia (Riquelme et al., 2019). Es una de las pocas especies fúngicas que está clasificada En Peligro (EN) según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE). Debido principalmente a la gran pérdida de hábitat causada por la reducción y fragmentación de los bosques de *Nothofagus*, y por su explotación para consumo humano (Ministerio Medio Ambiente, 2014).



Figura n°7 Fructificación del *Butyriboletus loyo*.
Fuente: Proyecto INFOR (2019)

Tabla n°2. Resumen características de los hongos estudiados

Especie	Función ecológica	Vegetación asociada	Hábitat
Diweñe	Parasito	<i>N. oblicua</i> , <i>N. macrocarpa</i> , <i>N. glauca</i> y <i>N. alpina</i>	En ramas de los árboles parasitados. Estos hongos por ende se pueden encontrar en bosque de robles o en individuos que crecen solos en praderas
Gargal	Saprofita	<i>Nothofagus oblicua</i> y <i>pumilio</i>	Sobre troncos caídos muy degradados, apariciones de apareció en forma restringida sobre ramas y fustes de árboles en pie o caídos. Asociada a alta cobertura arbórea
Loyo	Simbiosis Micorrícica	<i>Nothofagus</i> especialmente de especies jóvenes o hualles	Se desarrolla en el suelo al interior del bosque templado en zonas húmedas.
Changle	Simbiosis Micorrícica	<i>Nothofagus oblicua</i> y <i>pumilio</i>	Se desarrolla en el suelo al interior del bosque templado en zonas húmedas y oscuras. Asociado a bosques adultos

Capítulo n°3: Marco metodológico

En el presente estudio se utilizó como enfoque principal la modelación de distribución de especies, la cual fue posteriormente con mapas de tipo de vegetación y cobertura de suelo. Posteriormente se generaron análisis de varianza para identificar diferencias entre tipos de coberturas y tipos de vegetación en relación con la idoneidad de hábitat predicha por el modelo de nicho ecológico (Figura n°10).

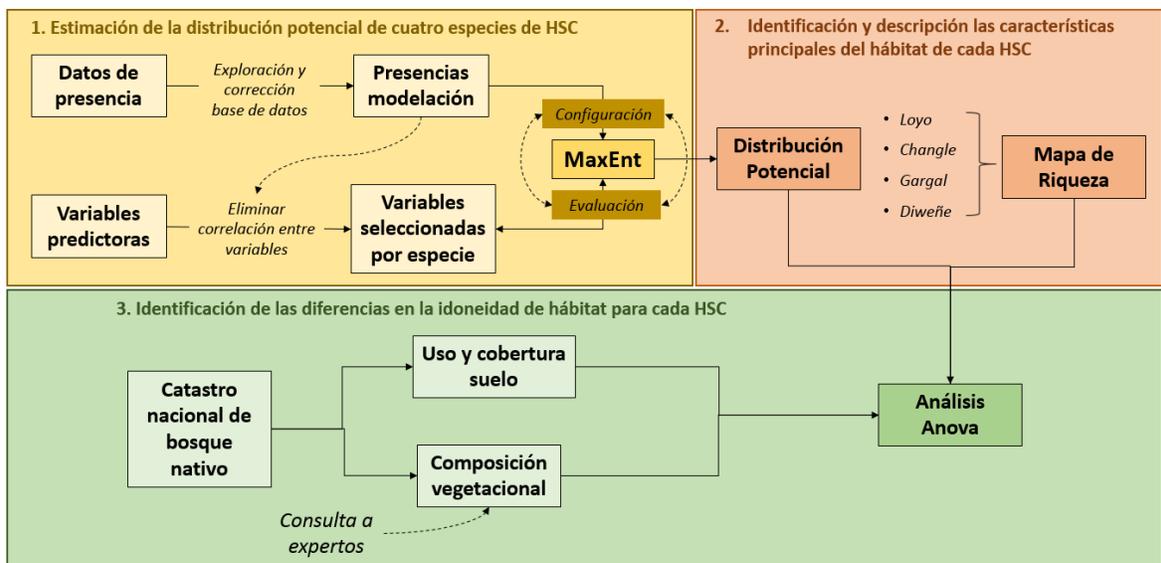


Figura n°8. Marco metodológico utilizado en el presente estudio. Se detalla cada uno de los pasos metodológicos de forma ordenada.

Fuente: Elaboración propia

3.1. Estimación de la distribución potencial de cuatro especies de Hongos Silvestres Comestibles de forma individual, así como la distribución de la riqueza de hongos.

3.1.1 Ocurrencias:

Para generar la base de datos de presencias se utilizaron datos levantados por el proyecto ejecutado por la INFOR, estas se complementaron con datos recopilados de herbarios, plataformas e investigaciones científicas, con la finalidad de hacer más robusto el modelo. Se incorporaron registros del Fungario de Concepción, el Fungario de Micofilos Chile, de la plataforma Global Biodiversity Information Facility o GBIF y Montenegro (2016). En la tabla n° 3 se detalla el número de muestras por cada fuente (ver anexo n°1).

Posteriormente a la generación de la base de datos inicial se utilizaron una serie de criterios para filtrar las presencias con la finalidad de evitar el sub-muestreo o el sobre-muestreo de zonas, lo cual podría generar sesgos importantes en el resultado del modelo.

Tabla n°3. Presencias totales y filtradas

Hongos Silvestres Comestibles	Presencias totales	Presencias filtradas
<i>Cyttaria espinosae</i>	22	19
<i>Ramaria sp.</i>	33	21
<i>Grifola gargal</i>	19	18
<i>Butyriboletus loyo</i>	50	18

El primer filtrado tiene la finalidad de reducir el sesgo en la modelación producto del sub-muestreo, evitando grandes distanciamentos entre registros. Mediante este proceso se limitó el área de modelación a zonas donde se distribuyan de manera homogénea la presencia de las especies (Figura n°11), descartando sectores con presencias aisladas que se pueden deber a una falta de registro y no a una ausencia de la especie (Morales, Fernández y Baca-González, 2017). El segundo filtrado de los datos se realizó para evitar la sobre-muestreo, mediante la aplicación de una función de rarefacción espacial la cual mantiene los puntos a más de 1 km entre cada presencia. De este filtrado se excluyó el diweñe (*Cyttaria espinosae*), debido a las pocas presencias que se poseen de la especie.

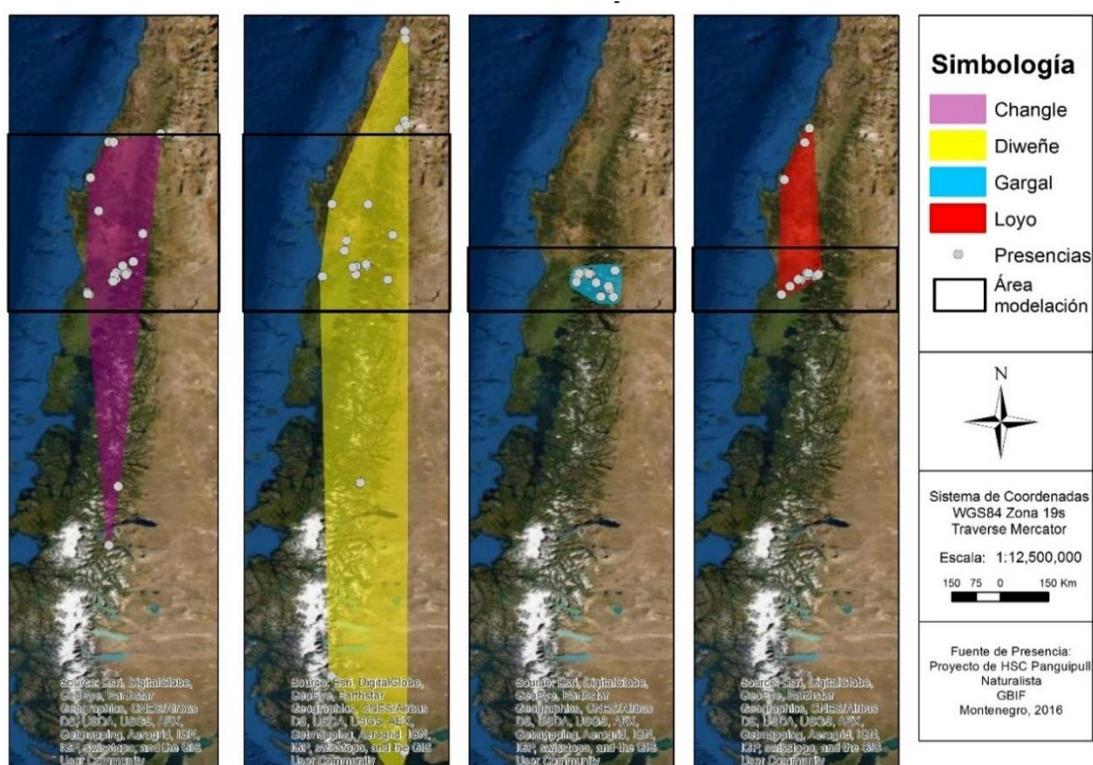


Figura n°9 Áreas de distribución total de las especies (mínimo polígono convexo) y zona seleccionada para la modelación.

Fuente: Elaboración propia en base a las presencias recopiladas

3.1.2 Variables ambientales

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar variables ambientales importantes en la modelación de hongos, en base a la descripción las principales características ecológicas de cada uno de los hongos estudiados. Esta información se sistematizó en dos tablas, la primera especificó la función ecológica, vegetación asociada y descripción de hábitat de cada una de las especies (ver tabla n°2); la segunda señala las variables ambientales escogidas, una breve descripción y la fuente de las capas, lo cual se expone a continuación.

Se incluyeron variables de dos tipos: climáticas y de hábitat. Las variables climáticas estuvieron compuestas por las 19 variables bioclimáticas del proyecto WorldClim (Fick y Hijmans, 2017) más la velocidad anual promedio del viento. Las variables de hábitat fueron procesadas en la plataforma basada en la nube *Google Earth Engine* (Gorelick et al., 2017). Las variables corresponden a:

1. Índice mejorado de vegetación (EVI), en base a la mediana de todas las imágenes MODIS MOD13Q1.006 entre el año 2015 y el 2019 (88 imágenes). Esta variable se refiere al contenido de clorofila en las coberturas vegetales.
2. Cierre del dosel (VCF), en base a la mediana de todas las imágenes MODIS MOD44B.006 entre el año 2015 y 2019 (5 imágenes). Esta variable representa el porcentaje de cobertura de dosel por pixel.
3. Productividad primaria neta anual (NPP), considerando la mediana de todas las imágenes MODIS MOD17A3H.006 entre el año 2010 y 2015 (5 imágenes). Muestra el crecimiento de la vegetación en un año medido en kilogramos de carbono por metro cuadrado por año (kg / C/ año).
4. Índice de diferencia de agua (NDWI), en base a la mediana de todas las imágenes MODIS Combined 16-Day NDWI (92 imágenes). Es proporcional al contenido de agua o humedad en el dosel de la vegetación.
5. Índice de senescencia de plantas (PSRI), en base al promedio de todas las imágenes Sentinel-2 con menos de un 20% de nubes entre el año 2018 y 2019 (1945 imágenes). Este índice es equivalente a la proporción de árboles senescentes (decaimiento) por pixel.
6. Índice de diversidad topográfica, en base al estudio de Theobald et al. (2015). Este refleja la variabilidad topo climática por pixel, y ha sido considerada importante en la caracterización del microclima.
7. Biomasa aérea y subterránea en base al estudio de Soto-Navarro et al. (2020). Se presenta la biomasa medida en toneladas de carbono por hectárea (Ton / C / ha).
8. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo entre 0 y 60 cm de profundidad en base a Hengl et al. (2017) y Padarian et al. (2017).
9. Elevación en base al producto ALOS DSM: Global 30m.

Las capas tuvieron una resolución de 500 m² cada pixel, en el caso de las variables de WorldClim se aplicó un *Downscaling* utilizando una convolución de kernel, integrando la elevación en el proceso utilizando *Google Earth Engine*.

3.1.3 Procedimiento de modelación

Para la selección de las variables se utilizó la metodología propuesta por Alaniz et al. (2017; 2018; 2019; 2020), eliminando la autocorrelación entre las variables y dejando las que poseen mayor relevancia en la modelación, las variables seleccionadas se muestran en el anexo n°2. Para lo cual se realizaron dos procesos de manera simultánea. Se generaron modelos de preliminares por cada especie, incluyendo todas las variables ambientales, seleccionando las variables con mayor contribución porcentual (PC) e importancia de permutación (PI), siendo la contribución porcentual el primer filtro. También se hizo un análisis de correlación entre las variables mediante el programa estadístico “R”, con una matriz de correlación o correlogramas, determinando a las variables con una correlación $> |0,75|$. Finalmente se hizo una selección cruzada, dejando las variables con mayor relevancia en los modelos preliminares y que posean un bajo coeficiente de correlación $< |0,75|$.

Se utilizó la técnica de modelación de máxima entropía MaxEnt, en su versión 3.4.1. Este es uno de los algoritmos con mayor popularidad, dado que posee tres ventajas notorias frente a los otros programas. La primera, solo necesita datos de presencias, mientras la mayoría de los algoritmos necesita también datos de ausencia para modelar; la segunda razón, ha demostrado ser altamente predictivo, especialmente cuando se cuenta un número pequeño de muestras; por último, posee un interfaz gráfico sencillo y su disponibilidad es gratuita (Merrow, Smith y Silander, 2013; Elith et al., 2006; Proosdij, Sosef, Wieringa y Raes, 2016). MaxEnt utiliza los principios de la Máxima Entropía, el que parte de la base de la uniformidad geográfica, esto quiere decir, que todas las celdas tienen igual posibilidad de albergar la especie. Sin embargo, este principio se ve limitado por las condiciones ambientales, que restringen a algunas celdas la “idoneidad de hábitat” (Phillips, Anderson, Dudík, Schapire y Blair, 2017). Otra de las características fundamentales del programa es el *background* o datos de fondo, en algunas ocasiones confundidos con pseudoausencias, estos tienen la finalidad de caracterizar el área de estudio, mientras que las presencias establecen las condiciones bajo la cual la especie es idónea (Merrow et al., 2013).

Se utilizó la configuración por defecto de MaxEnt, esto para adaptar la modelación a un bajo número de presencias, teniendo la posibilidad de analizar y evaluar los resultados. De hecho Shcheglovitova y Anderson (2013) plantean la importancia de los *features* o entidades de entrada en representar niveles óptimos de complejidad. De esta forma la elección de las entidades está directamente relacionada con la cantidad de presencias disponibles, en esta investigación se seleccionaron las entidades: *linear* (L), *quadratic* (Q) y *hinge* (H), que son las recomendadas para tamaños de muestra que varían de 15 a 79 unidades (Phillips y Dudík, 2008).

En tabla n°4 se mencionan las configuraciones más relevantes para la modelación:

Tabla n°4. Configuraciones MaxEnt

Parámetros básicos	Configuración	Características
Create Response Curves	Si	Esta opción no viene marcada por defecto, es útil para una visualización rápida de las respuestas de cada variable a la distribución potencial de las especies.
Make pictures of Predictions	Si	Viene marcada por defecto. Provee imágenes de la proyección geográfica de los resultados del modelo.
Output Format	Clogog	Clogog (Phillips et al., 2017)
Output file type	Asc	La opción de salida escogida es "asc", que puede ser importada por el software ArcGis.
Do jackknife to measure variable importance	Si	No viene marcada por defecto, mide el peso de x variable respecto de la totalidad de variables
Configuración básica		Características
Max number of background points	1000	Corresponde a la cantidad de máximas pseudo-ausencias que se utilizarán para la calibración del modelo. Fijados en 10000, número por defecto
Random test percentage	30%	Porcentaje que se extrae de las presencias para evaluar
Replicated run type	5 replicas	Se escogió el método Bootstrap
Configuración avanzada		Características
Maximum iterations	100	Define la cantidad máxima de relaciones que se darán en el modelo, 100

Se utilizó la técnica de validación Bootstrap la cual permite trabajar con set de datos acotados ya que divide los datos en un 70% para entrenamiento y otro 30% para evaluación, generando un remuestreo. El resultado de esta repetición es promediado, lo que permite incluir todos los datos en la modelación, siendo un método conveniente en caso de contar con pocas muestras. Se utilizó el método umbral-independiente del área bajo la curva o AUC (*Area under the curve*), para evaluar los modelos de MaxEnt. Este método genera una estimación de la probabilidad estimada de falsos positivos en el modelo, identificando la distancia del modelo con relación a un modelo nulo (azar). Debido que las modelaciones generadas por el programa tienen una baja cantidad de presencias, el background de modelación fue determinado para cada especie dependiendo de la prevalencia de estas en la zona a modelar (porcentaje del área con puntos) (Proosdij, Sosef, Wieringa y Raes, 2016). Adicionalmente para evaluar el error en la predicción de la idoneidad del modelo se calculó el error estándar de la predicción de la idoneidad por pixel en base a las réplicas generadas.

Finalmente, para estimar la riqueza de hongos se siguió la metodología propuesta por Alaniz et al. (2020), la cual consiste en sumar los mapas de idoneidad de los modelos. Este proceso se hace basado en que la idoneidad predicha por el modelo es directamente proporcional a la abundancia relativa del organismo.

1. Identificar y describir las características principales del hábitat de cada hongo.
2. Identificar diferencias en la idoneidad de diferentes tipos de hábitat para las especies de hongos y el ensamble de especies.

3.2. Identificación y caracterización de las características principales del hábitat de cada hongo.

Para describir las características principales del hábitat de cada hongo se utilizaron dos medidas. En primer lugar, se aplicó una metodología de tipo *Jackknife* para estimar la importancia de las variables para cada especie, este proceso fue desarrollado durante la modelación en MaxEnt. Posteriormente se graficaron los resultados en Excel mostrando el porcentaje de contribución de cada variable y la importancia de permutación. En términos simples, el porcentaje de contribución se refiere a la contribución en la varianza explicada de cada variable en la idoneidad predicha de la especie, mientras que la permutación está relacionada en el cambio en el AUC al sacar o incluir la variable correspondiente. Esta última se considera una medida de aumento o disminución del error con relación a la presencia y/o ausencia de cada variable. Por otro lado, se generaron curvas de respuesta de las variables en MaxEnt, considerando para cada hongo solo las variables incluidas en el modelo final calibrado. Estas curvas de respuesta permiten evaluar cómo cambia la idoneidad del hábitat en relación con los valores de cada variable.

3.3. Identificación de diferencias en la idoneidad de diferentes tipos de hábitat para las especies de hongos y el ensamble de especies.

Para este objetivo se busca comparar diferentes usos y coberturas de suelo y tipos de vegetación en relación con la idoneidad para cada especie de hongo y la riqueza. Para caracterizar esas unidades se utilizó el catastro de bosque nativo de la región de Los Ríos de CONAF (2014). Las unidades evaluadas se muestran en el anexo n°3. Cabe desatacar que se analizó el catastro de Los Ríos, para tener un contexto general, pero haciendo un énfasis especial en la comuna de Panguipulli. Además, no se involucraron otras regiones porque la metodología del catastro varía región por región, por lo cual, se encontraron diferencias significativas en las clasificaciones por uso y cobertura de suelo de cada capa. Descartándose trabajar con la región de La Araucanía la cual limita al norte con la comuna de Panguipulli.

Con la finalidad de identificar las especies arbóreas hospedantes por especie, se realizó consulta a siete expertos, siendo recibida dos respuestas. Uno de los expertos es Götz Palfner académico de la Universidad de Concepción y jefe del Laboratorio de Micología de la misma universidad. El otro experto es Ignacio Montenegro Ingeniero de Recursos Naturales Renovables e investigador del proyecto INFOR y se ha especializado en hongos silvestres comestibles. Se les pidió a los expertos evaluar si los ecosistemas, dependiendo de su uso y cobertura de suelo y la composición florística, podían albergar las especies

estudiadas. Resultados sistematizados en una tabla, en la cual se clasifica en los ecosistemas como óptimos o no óptimos para albergar los HSC (ver anexo n°4). Los resultados fueron contrastados con la información obtenida en la descripción de las especies expuesta en el marco teórico.

Para analizar cómo se comporta la idoneidad de hábitat según el uso y cobertura del suelo y composición vegetacional, estos fueron clasificados en 8 grupos, de los cuales, solamente 4 fueron utilizados para el análisis, los otros fueron descartados debido a que poseían poca superficie en la región, como los terrenos agrícolas y las áreas urbanas e industriales. También fueron descartando las áreas sin vegetación y la red y masas de agua debido a la imposibilidad de albergar especies fúngicas. En cuanto a la composición vegetacional se analizó por los parches de las 5 especies de *Nothofagus* presentes en la región.

Se extrajo el valor promedio de idoneidad y los valores de las dos capas, la composición vegetacional y uso y cobertura de suelo. Posteriormente, se escalaron los valores de idoneidad con el fin de ajustar una distribución gaussiana a los datos. Se generaron dos análisis de varianza (ANOVA) comparando la idoneidad promedio por parche en cada uso y cobertura de suelo y por composición vegetacional, especialmente por las especies del género *Nothofagus* presentes en la región. Posteriormente se utilizó como método de validación *post hoc* el test de Tukey, evaluando los valores de significancia estadística en base al p-valor de las diferencias entre pares de unidades (tipos de vegetación y cobertura de suelo). Se generaron una serie de gráficos de caja para presentar los valores.

Capítulo n°4: Resultados

4.1. Estimación de la distribución potencial de cuatro los Hongos Silvestres Comestibles

En la figura n°12 se presenta la distribución potencial de la *Cyttaria espinosae*, para el modelo obtuvieron registros desde la región Metropolitana hasta la región de Aysén, sin embargo, se consideraron desde la región de O'Higgins hasta la región de Los Ríos. El modelo presenta un AUC 0,992 y una desviación estándar de 0,028. Se encuentra una alta idoneidad de hábitat en el valle central al sur de Temuco, partes bajas de la Cordillera de los Andes y en zonas costeras como Valdivia. Al norte de Temuco se disminuye la idoneidad de hábitat, siendo el valle central el sector con menor aptitud, desplazándose las zonas idóneas a los sectores cordilleranos, especialmente a Cordillera de Nahuelbuta en la zona costera. En cuanto a la comuna de Panguipulli, los sectores que poseen mayor idoneidad se encuentran en las partes bajas de la comuna, coincidiendo con los valles. Mientras, en los sectores cordilleranos se presentan idoneidades moderadas y bajas, disminuyendo en los sectores de mayor altitud.

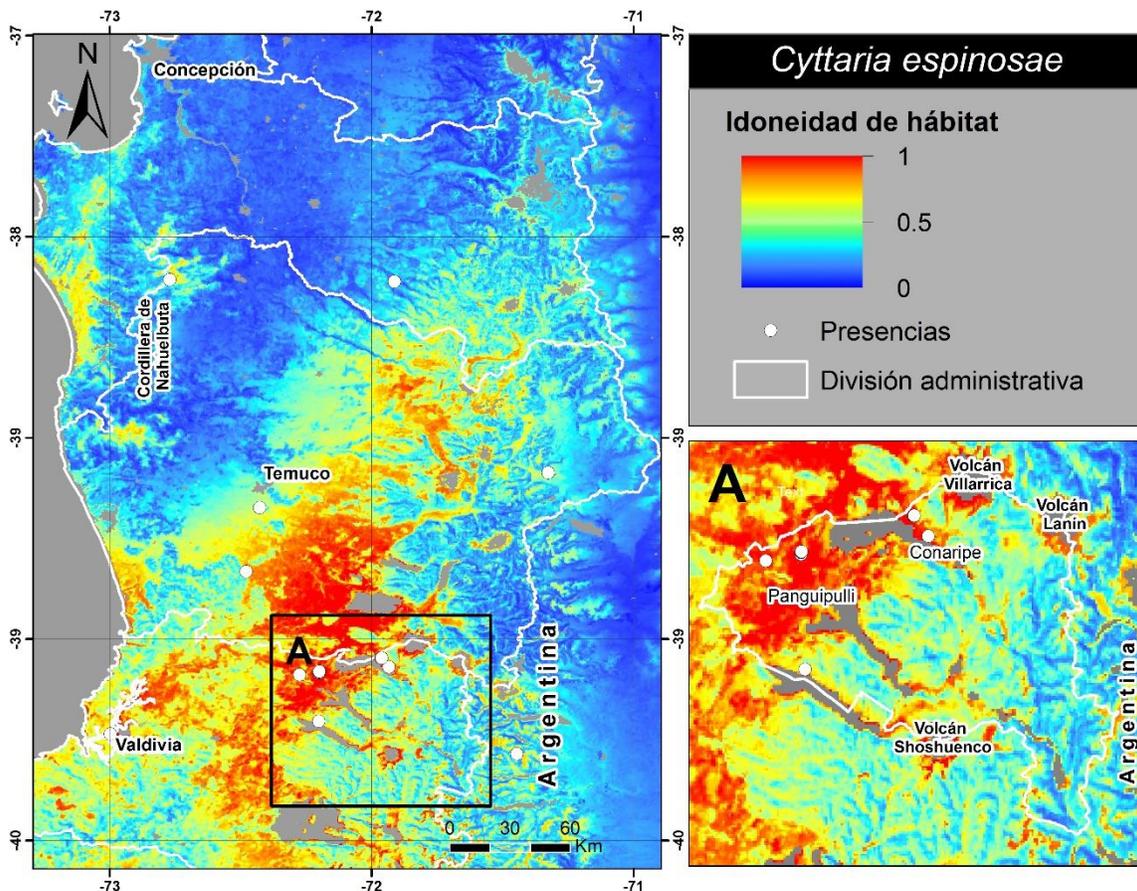


Figura n°10. Modelo de Idoneidad de hábitat de *Cyttaria espinosae*

En el caso de la *Ramaria* sp. se encontraron registros desde región del Maule, en el sector cordillerano de Linares, hasta la región de Aysén, los cuales fueron descartados para la modelación. El modelo alcanzo un AUC 0,915 y una desviación estándar de 0,014. Las áreas con mayor idoneidad de hábitat se concentran al sur de Temuco, especialmente en el valle central y la Codillera de los Andes, pero también en los sectores más costeros alrededor de Valdivia. Al norte de Temuco la idoneidad de hábitat es menor, trasladándose a los sectores cordilleranos, en la cordillera de la costa se presenta una mayor idoneidad en el sector de la Cordillera de Nahuelbuta. En el caso del valle central de Temuco a Chillan se presentan sectores con valores medios, sin embargo, al norte de Chillan la idoneidad es prácticamente nula. Al centrarnos en la comuna de Panguipulli, se observa alta idoneidad en los sectores bajos de la comuna donde coincidiendo con los valles y planicies, en los sectores cordilleranos presenta idoneidad de rango medio esta baja al aumentar la altitud, llegando a valores nulos en las cumbres limitan con Argentina (ver figura n°13).

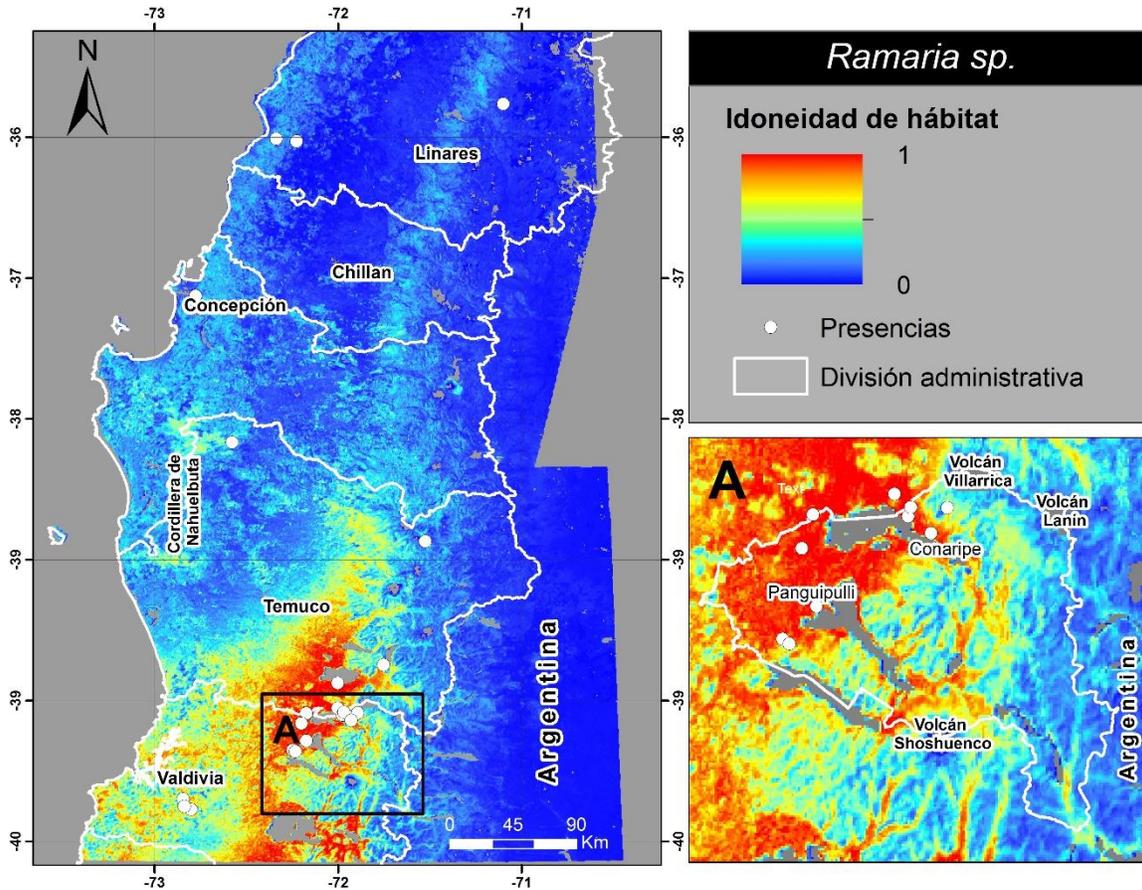


Figura n°11. Modelo de Idoneidad de hábitat de *Ramaria sp.*

En el caso de la *Grifola gargal* las presencias se encuentran limitadas a la comuna de Panguipulli y sus alrededores, considerando algunas presencias en Argentina. El modelo, ver figura n°14, fue evaluado con un AUC es 0,925 una desviación estándar de 0,015. Se presenta una mayor idoneidad en los valles y zonas bajas de la Cordillera de Los Andes, especialmente en el sector norte de la zona modelada. Mientras que existe baja o nula idoneidad en la Cordillera de Costa, valles y sectores costeros, también hay es baja en el territorio argentino pese que existan presencias en este sector. En cuanto a la comuna de Panguipulli, la mayor idoneidad se presenta las zonas más altas de los valles, en los valles que se internan en la Cordillera y en sectores en laderas cordilleranas. Los sectores más elevados de la cordillera presentan una menos idoneidad de hábitat, especialmente las cumbres.

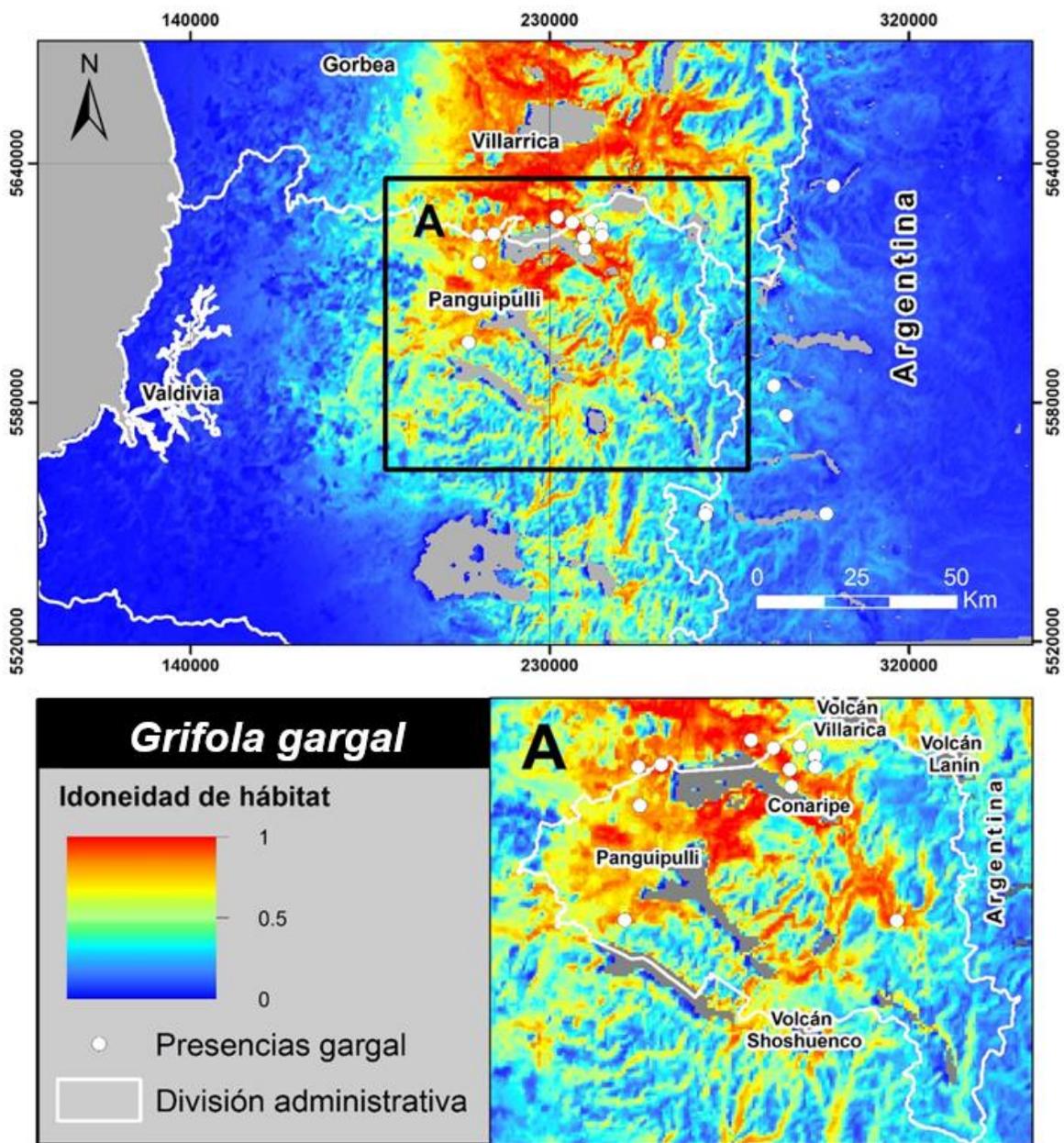


Figura n°12. Modelo de Idoneidad de hábitat de *Grifola gargal*

Mientras el *Butyriboletus loyo* se tiene presencias desde la región del Maule hasta la región de Los Ríos, solo fueron consideradas para la modelación las presencias de la región de Los Ríos y las ubicadas al sur de la región de la Araucanía. El modelo presenta un AUC del modelo es de 0,907 con una desviación estándar 0,005. La especie presenta alta idoneidad en el valle central, en las zonas bajas de la cordillera de los Andes y en sectores aislados hacia la costa, la distribución de los sectores alta idoneidad se presenta de manera fragmentada en el área modelada. La idoneidad disminuye de manera exponencial al aumentar la altitud en la de la Cordillera de los Andes, presentándose valores mínimos en

las cumbres y el territorio argentino; también disminuye hacia la costa, pero de manera gradual. En el caso de Panguipulli la mayor idoneidad de se presenta en las zonas bajas de la comuna, los valles que se internan en la cordillera y los sectores montañosos de poca altitud. Los sectores altos de la comuna, la cordillera y en especial las cumbres presentan una baja idoneidad llegando a ser prácticamente nula, al igual que la mayoría de las zonas que bordean los cuerpos lacustres (ver figura n°15).

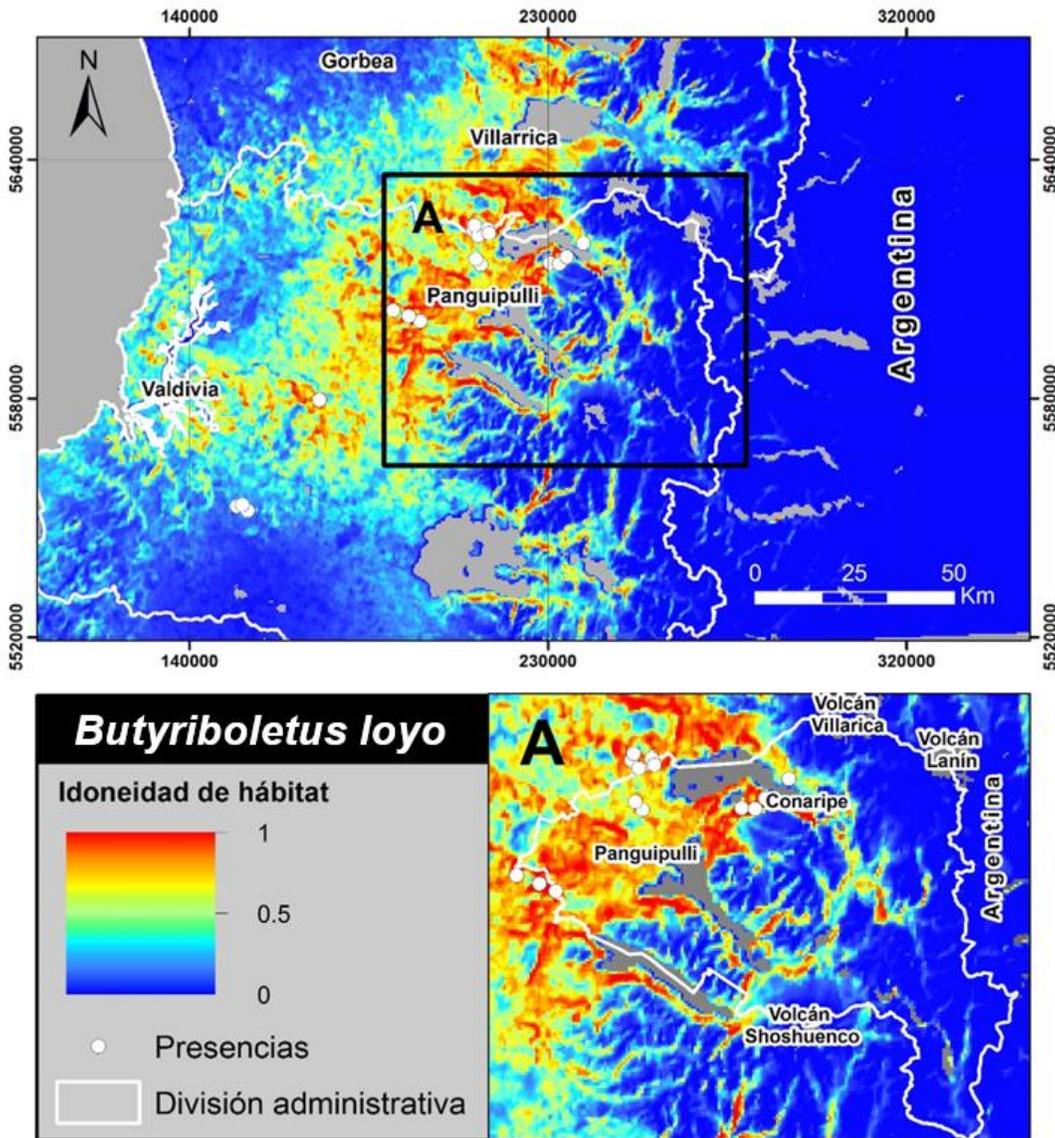


Figura n°13. Modelo de Idoneidad de hábitat de *Butyriboletus loyo*

Como último caso se analiza la distribución de la “riqueza”, la cual suma las cuatro idoneidades de hábitat anteriormente expuestas. Se puede observar en la cartografía que la idoneidad se concentra en los sectores de Villarrica y Panguipulli, que se encuentran en los valles y zonas bajas de la Cordillera de los Andes. Al aumentar la altitud en la Cordillera de los Andes disminuye la idoneidad de hábitat y para el argentino la idoneidad de hábitat

es baja o nula, esto se puede deber a ausencia muestras al otro lado de las fronteras en algunas especies, ver figura n°15. La idoneidad disminuye para la zona costera, presentándose valores medios y bajos, siendo un poco más elevados en el sector de Valdivia. La comuna de Panguipulli presenta la mayor idoneidad en los valles, especialmente en del sector noroeste de la comuna, donde se encuentran las zonas más pobladas. En los valles que se internan en la cordillera, los cuales se caracterizan por ser estrechos y con mayor pendiente, disminuye la idoneidad presentando de valores altos a medios. La idoneidad disminuye al aumentar la altitud, siendo menor en zonas cordilleranas, presentando sus valores más bajos en las cumbres, especialmente las que limitan con Argentina.

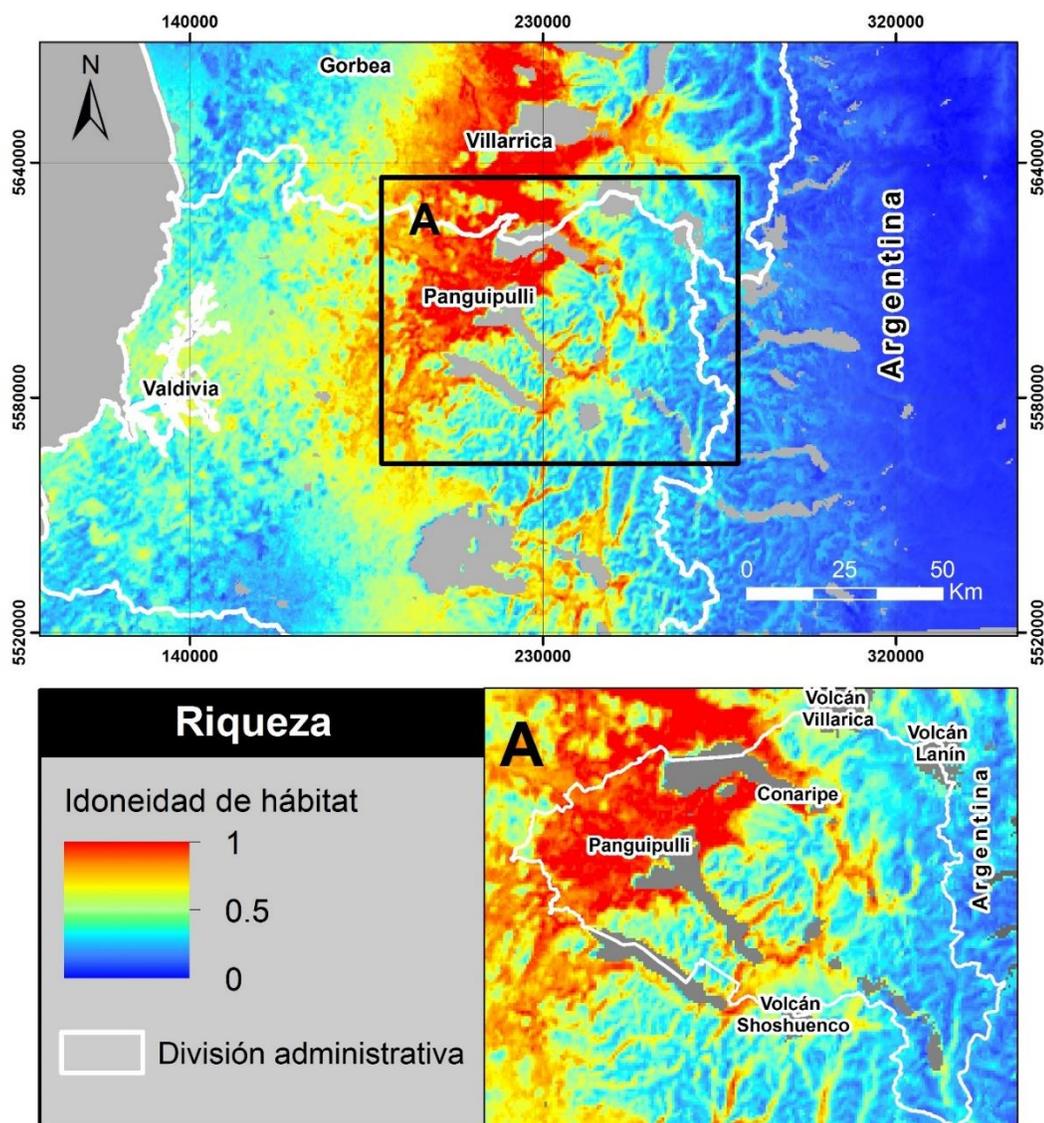


Figura 114. Modelo de Idoneidad de hábitat de Riqueza

4.3 Distribución espacial potencial

En el siguiente apartado se presentan el comportamiento de las variables en las modelaciones, las cuales presentaron diferentes porcentajes de distribución, 1 importancia de permutación y comportamiento en cada una de sus curvas.

De las 13 variables seleccionadas para la modelación de la especie *Cyttaria espinosae* las que presentaron una mayor contribución al modelo son la “precipitación del trimestre más cálido”, la “precipitación del mes más húmedo”, la “isotermalidad o índice de variabilidad de la temperatura” y la “estacionalidad de la precipitación o coeficiente de variación” con un aporte en el modelo del 29,8%, 23%, 11,1% y 7,2% respectivamente, ver figura n°17. Mientras las que presentaron una mayor importancia de permutación son la “precipitación del mes más húmedo”, “Índice Diferencial de Agua Normalizado”, “Índice de vegetación mejorado”, la “estacionalidad de la precipitación o coeficiente de variación”, presentando una importancia de 40%, 13,3%, 12,9% y 12,7% respectivamente. La idoneidad de hábitat se presenta constante en todos los valores de precipitación del trimestre más cálido, sin embargo, al ser analizada por una modelación independiente se muestra que la idoneidad aumenta en conjunto con la precipitación, llegando a la mayor idoneidad cuando los valores superan los 250 mm. A mayor precipitación del mes más húmedo aumenta la idoneidad de hábitat, presentado el mejor escenario sobre los 400 mm. En el caso de la isotermalidad, al aumentar la variabilidad de la temperatura también se incrementa la idoneidad de hábitat. Tendencia contraria presenta la estacionalidad de precipitación, disminuyendo la idoneidad al aumentar la variación de las precipitaciones.

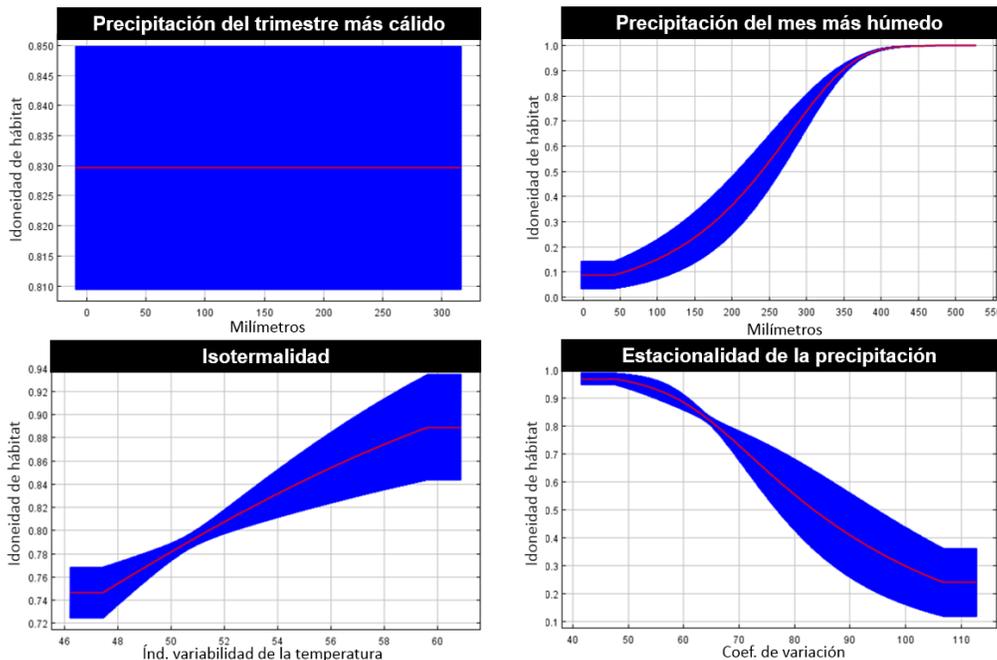


Figura n°15. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de *Cyttaria espinosae*

De las 11 variables utilizadas para modelar *Ramaria* sp. las que tuvieron mayor porcentaje de contribución en el modelo son la “precipitación del mes más seco”, el “índice diferencial de agua normalizado” y la “biomasa”, ver figura n°18. Con una contribución de 70,5%, 5,3%, 4,8% y 4,6% respectivamente, destacándose la notoria preponderancia de la “precipitación en el mes más seco” en el modelo. Las variables que poseen mayor porcentaje de contribución son “precipitación del mes más seco”, “temperatura mínima del mes más frío”, “índice diferencial de agua normalizado” e “Índice de reflectancia de senescencia de la planta”, poseen una importancia de 31,1%, 13,65, 11,45 y 10,7% respectivamente. La precipitación del mes más seco es la variable con mayor relevancia según el porcentaje de contribución y la importancia de permutación, esta se comporta de manera ascendente, ósea, la idoneidad de hábitat aumenta con la precipitación, presentando los valores más altos de idoneidad entre los 70 y 90 mm. En cuanto al NDWI, la idoneidad de hábitat se concentra en los valores bajo cero y disminuye de manera abrupta en los valores positivos, la mayor idoneidad se presenta entre los valores -0,05 y 0 del índice, siendo sectores con humedad moderada, dado que los valores entre 0 y 1 son lugares de alta humedad y cuerpos de agua. La idoneidad de hábitat aumenta de manera paulatina con el aumento de biomasa, presentando los mayores valores sectores con mayor acumulación de carbono. Finalmente, al aumentar el índice de diversidad topográfica disminuye la idoneidad de hábitat de la especie.

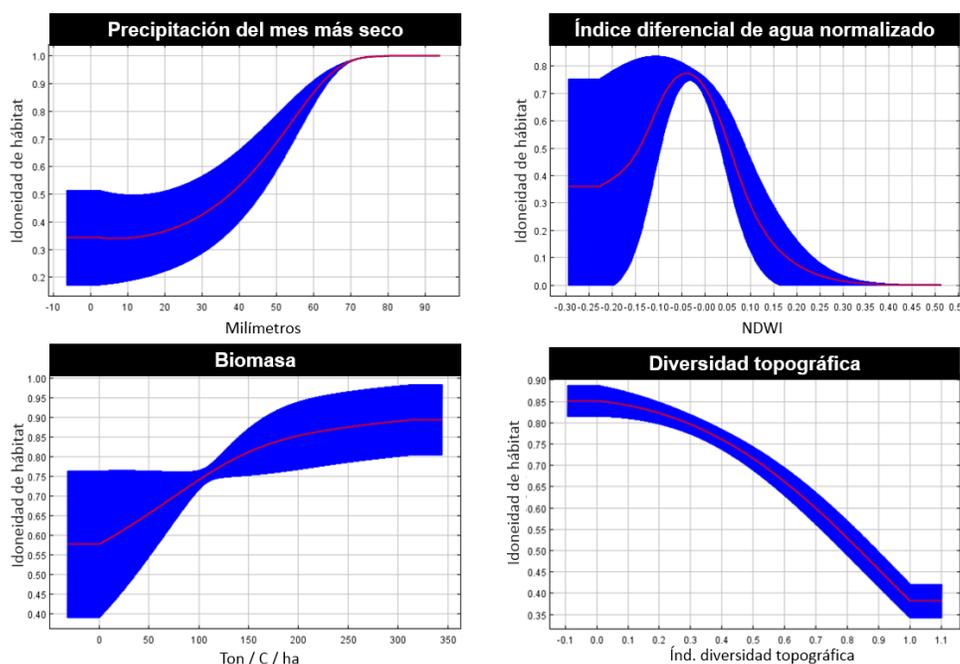


Figura n°16. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de *Ramaria* sp.

En cuanto al modelo de *Grifola gargal* se seleccionaron 8 variables, las que tuvieron mayor contribución son el “rango de temperatura diurno medio”, “precipitación del mes más húmedo”, “índice diferencial de agua normalizado” y “diversidad topográfica”, teniendo una

contribución del 43,9%, 42%, 6,1% y 3,7% respectivamente. Las variables que tuvieron mayor importancia de permutación son “precipitación del mes más húmedo”, “rango de temperatura diurno medio”, “índice diferencial de agua normalizado (NDWI)” y “diversidad topográfica”, con una importancia de 82,1%, 7%, 6,8% y 2,6% respectivamente.

Aumenta la idoneidad de hábitat en zonas con mayor fluctuación de temperatura diurna, siendo los valores óptimos entre los 12°C y 15 °C, también aumenta al presentar mayores precipitaciones del mes más húmedo, especialmente sobre 350 mm. Mientras el NDWI presenta su máxima idoneidad en zonas entre los -0,15 y el valor 0,15, siendo zonas que se presenta con moderada. Por último, la idoneidad presenta un leve aumento al incrementar el índice de diversidad topográfica (ver figura n°19).

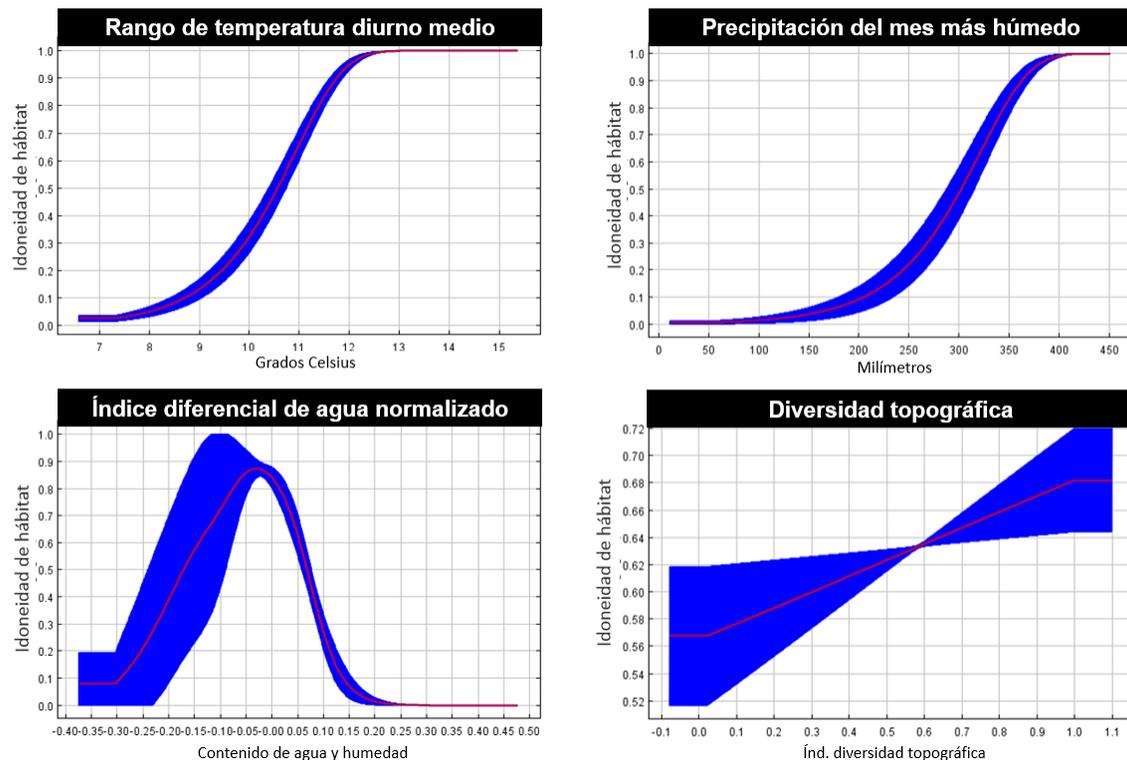


Figura n°17. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de *Grifola gargal*

En el caso del *Butyriboletus loyo* de las 7 variables seleccionadas, las que tienen mayor porcentaje de contribución son la “precipitación del trimestre más seco”, “diversidad topográfica”, el “índice de vegetación mejorado” y “Índice Diferencial de Agua Normalizado”, ver figura n°20. Con contribución de 77,5%, 7,4%, 6% y 4% respectivamente. Mientras las que poseen mayor importancia de permutación son “precipitación del trimestre más seco”, la “elevación”, el “índice de vegetación mejorado” y “índice diferencial de agua normalizado”, correspondiendo al 54,5%, 19,1%, 16,1% y 5,9%.

La idoneidad de hábitat aumenta a mayores precipitaciones en el trimestre más seco, especialmente sobre los 1000 mm acumulados, también hay una relación directamente proporcional en la diversidad topográfica, siendo lugares con mayor variedad topográfica

más idóneos. De igual modo la idoneidad es mayor al aumentar el índice de vegetación mejorado, siendo los sectores con mayor vegetación los con mayor idoneidad para albergar la especie. Por último, la idoneidad disminuye al aumentar el índice diferencial de agua normalizado, disminuyendo de manera drástica al acercarse los valores a “0” y sobre el valor 0,3 la idoneidad es nula.

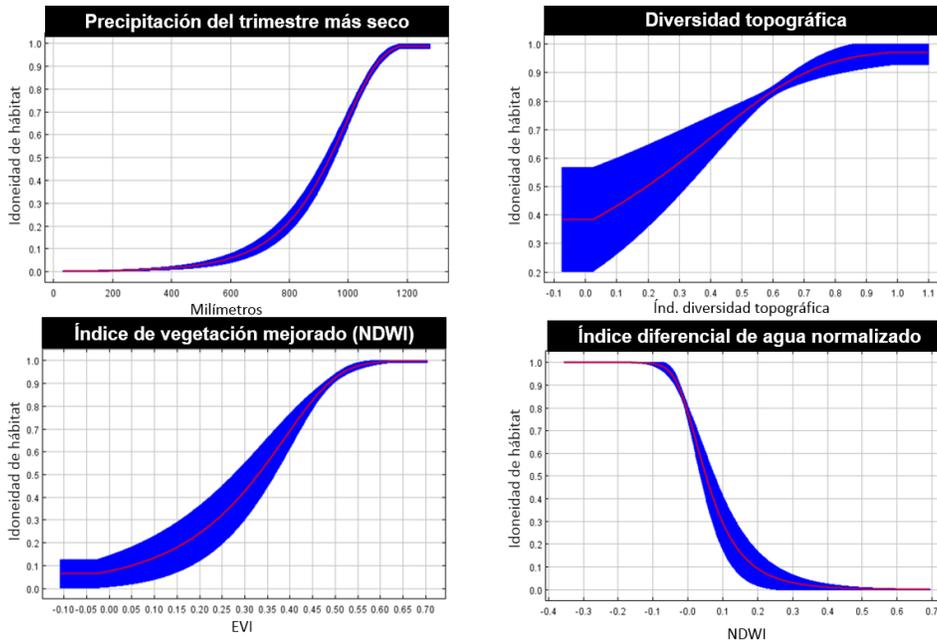


Figura n°18. Curvas de las variables con mayor contribución en el modelo de *Butyriboletus loyo*

4.4 Distribución potencial del hábitat

4.4.1 Análisis de varianza del uso y cobertura de suelo

La cobertura de suelo más idóneo para *Ramaria* sp. es el “bosque nativo”, seguido por “matorral”, “pradera” y por último por las “plantaciones exóticas”. Sin embargo, la cobertura “matorral” se presentan como un valor intermedio entre el “bosque nativo” y la “pradera” (Figura 21A; Anexo n°5). En el caso de la *C. espinosae* el bosque nativo fue estadísticamente más idóneo, luego se encuentran las praderas, matorrales y por ultimo las plantaciones exóticas (Figura 21B).

Para el caso de *Grifola gargar* se presentan valores de idoneidad inferiores a los hongos antes señalados, las medianas de los diferentes usos y coberturas de suelo fluctúan entre los valores 0 y 0,2, mientras que en el caso *Ramaria* sp y *C. espinosae* entre 0,6 y 0,8 (Figura n°21C). Los usos y coberturas con mayor idoneidad fueron praderas, matorral y bosque nativo, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas, siendo las plantaciones exóticas el con menor idoneidad. En la especie *Butyriboletus loyo* (Figura n°21D) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los usos y coberturas. Finalmente, para el caso de la riqueza de hongos, el uso y cobertura suelo con

mayor idoneidad correspondió al bosque nativo, seguido por praderas, matorrales y finalmente plantaciones exóticas (Figura 21E).

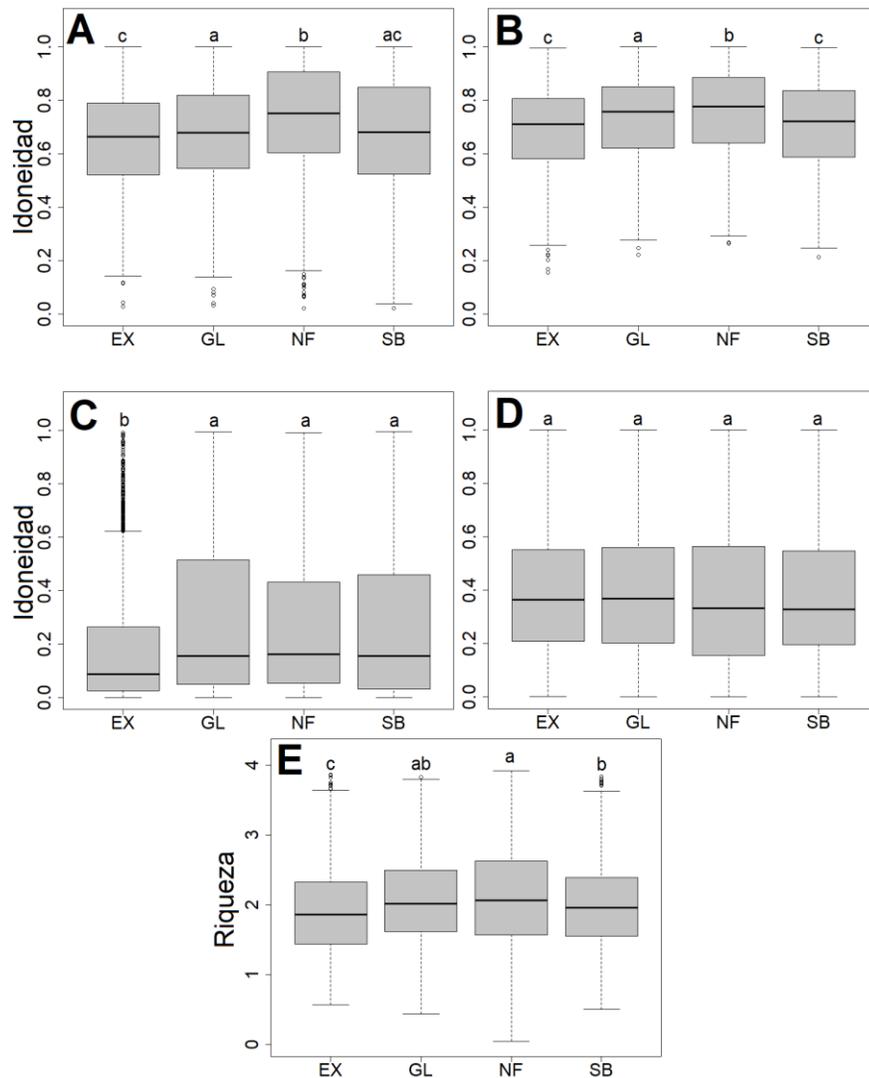


Figura n°19. Comparación de las diferentes usos y coberturas de suelo con relación a la idoneidad de hábitat para las especies A) *Ramaria sp.* B) *Cyttaria espinosae*, C) *Grifola gargal* y D) *Butyriboletus loyo*, así como la riqueza de hongos (E). Los usos y coberturas de suelo corresponden a plantación exótica (EX), praderas (GL), bosque nativo (NF) y matorral (SB). Las letras minúsculas corresponden a los grupos significativamente distintos generados mediante el ANOVA (pruebas de Tukey se presentan en anexo n°5).

4.4.2 Análisis de varianza de la composición vegetal

En base a la consulta a expertos se identificó que no todos los hongos poseen las mismas especies arbóreas hospedantes, en el caso de la *Ramaria sp.* y *Grifola gargal*, estas pueden hospedar en todos los *Nothofagus* presentes en la región. Sin embargo, las otras especies fúngicas serían más especialistas, en el caso del *Butyriboletus loyo* esta habita ecosistemas con presencia de *N. obliqua* y *N. dombeyi*, mientras, la *Cyttaria espinosae* parasita *N.*

obliqua y *N. antártica*. En base a esto, si se asume la distribución de las especies hospedadoras como equivalente a la de los hongos *Ramaria sp.* y *Grifola gargal* poseen una mayor extensión, abarcando el 45,5% de la superficie total regional y 66,71% en el caso de la comuna. La superficie disminuye para las especies faltantes, en el caso del *Butyriboletus loyo* se extienden por el 37,8% de la región y el 59% de la comuna. Mientras la *Cyttaria espinosae* abarca el 16,76% de la región y el 19,38% de la comuna, ver figura n°22.

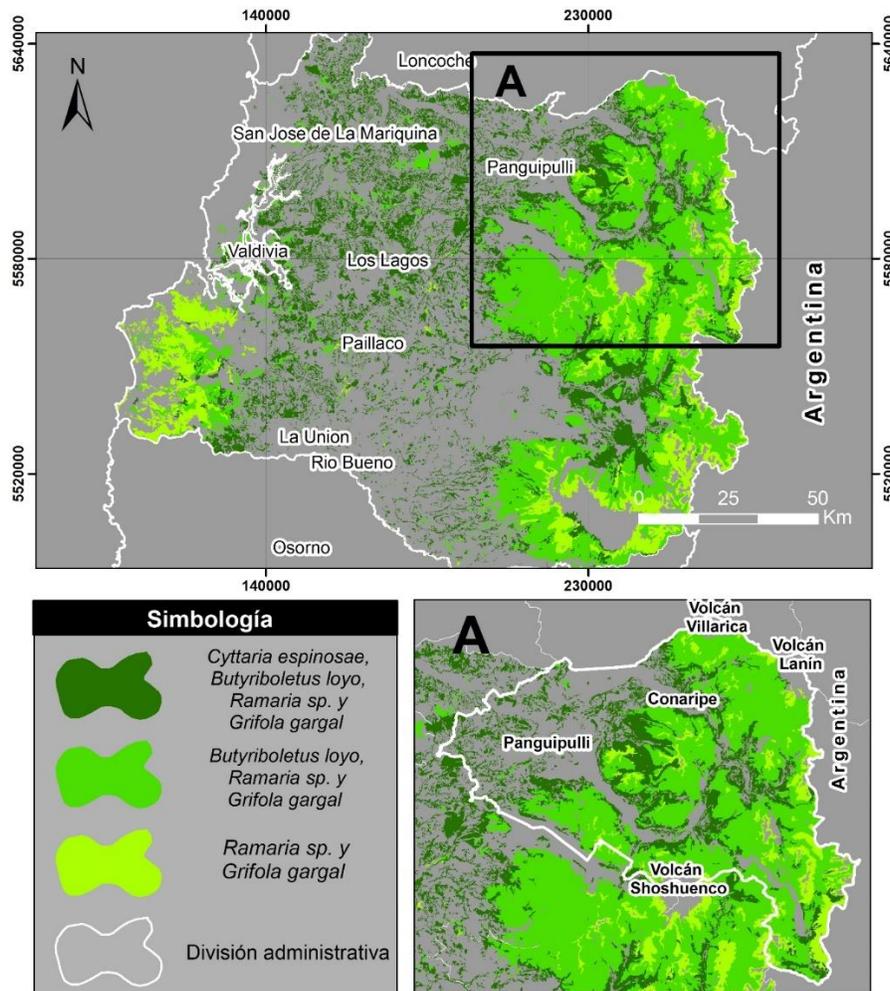


Figura n° 20. Distribución HSC por especies arbóreas hospedantes

En la figura n°23 se grafica la idoneidad de hábitat en relación con las especies hospedantes para los hongos estudiados. Para el caso de *Ramaria sp.* La especie con mayor idoneidad correspondió a *N. obliqua*, seguida por *N. dombeyi* y *N. antartica*, siendo este último marginalmente diferente a los otros. Las especies con menor idoneidad fueron *N. nítida* y *N. pumilio*. En el caso de la *C. espinosae*, las especies más idóneas fueron *N. antártica*, *N. obliqua*, *N. dombeyi* y *N. nítida*, existiendo solo diferencias marginales entre estas especies, mientras que *N. pumilio* fue significativamente la menos idónea. Para la *G. gargal* no hay diferencias estadísticamente significativas entre los árboles, siendo solo *N. nítida* la menos idónea. En el caso del *B. loyo* las especies que presentan mayor idoneidad son *N. dombeyi*

y *N. obliqua*, seguidas por *N. antarctica* y *N. nítida*, siendo la especie menos idónea *N. pumilio*. Finalmente, para el caso de la riqueza de hongos las especies *N. antártica*, *N. dombeyi* y *N. obliqua* son las especies que presentan mayor riqueza, mientras que *N. nítida* y *N. pumilio* tuvieron una riqueza significativamente menor (ver anexo n°6).

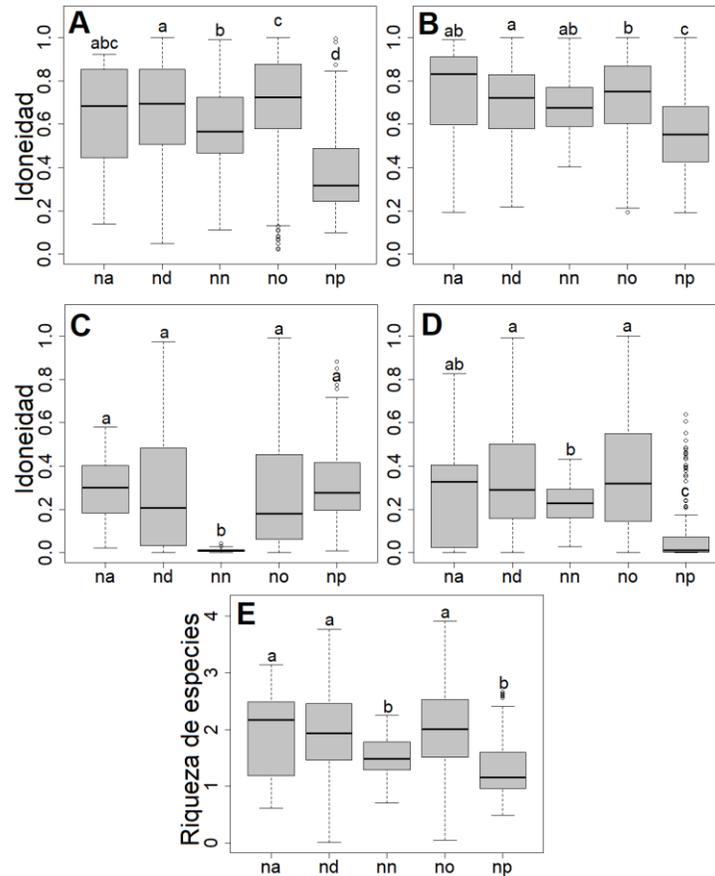


Figura n°21. Comparación de las diferentes especies del género *Nothofagus* con relación a la idoneidad de hábitat para las especies A) *Ramaria* sp. B) *Cyttaria espinosae*, C) *Grifola gargal* y D) *Butyriboletus loyi*, así como la riqueza de hongos (E). Las especies de árboles corresponden a *Nothofagus antarctica* (*na*), *Nothofagus dombeyi* (*dn*), *Nothofagus nítida* (*nn*), *Nothofagus obliqua* (*no*) y *Nothofagus pumilio* (*np*). Las letras minúsculas corresponden a los grupos significativamente distintos generados mediante el ANOVA (pruebas de Tukey se presentan en anexos n°6).

Capítulo nº 5: Discusiones

Distribución y biología de los hongos

El presente estudio permite ampliar el conocimiento en relación con la distribución y biológica de estas especies. En el caso de *Cyttaria espinosae* se evidencia una correlación muy marcada con la distribución de sus árboles hospedadores, los cuales se distribuyen en los sectores bajos de la región, especialmente en el valle central. Esta especie ha sido caracterizada como resistente a perturbaciones antrópicas (Furci, 2008), lo que coincide con una mayor idoneidad en la depresión intermedia. Sin embargo, la opinión experta y los análisis ANOVA realizados identificaron una gran asociación por bosque nativo y en específico las especies *N. obliqua* y *N. dombeyi*. De esta forma se identifica que los remanentes de bosques nativos con *N. obliqua* y *N. dombeyi* en el llano central sería esenciales para el desarrollo de esta especie. Por otro lado, se identificó que requiere de una temperatura fluctuante, pero también de vegetación húmeda y con alta vigorosidad, lo cual se corresponde con ambientes de borde o transición entre remanentes de bosque nativo y otras coberturas. De hecho, un estudio de Barahona-Segovia et al. (2019) identificó para los bosques costeros maulinos que el gradiente térmico es muy marcado en los bordes de vegetación nativa fragmenta, siendo este importante en la regulación de la actividad de ellos organismos.

En el caso de *Ramaria* se identificó una alta dependencia de condiciones de humedad tanto a nivel climático (precipitación en el mes más seco) como a nivel de hábitat (índice normalizado de agua normalizado). Esto coincide con lo evidenciado por Leal (2015) quien identificó que especies fúngicas de este género habitan en sectores húmedos con bastante materia orgánica, tales como bosques adultos. De hecho, se evidenció aquí que la especie tiene más idoneidad en sectores planos con alta biomasa, lo cual se corresponde además con el ANOVA el cual evidenció que el bosque nativo es la cobertura más idónea. Respecto a los árboles hospedadores la opinión experta fue coincidente con el ANOVA, ya que solo encontraron diferencias marginales entre los árboles, siendo *N. pumilio* el único con menor idoneidad.

La distribución evidenciada para *Grifola gargal* fue coincidente con un estudio previo, encontrándose desde Chillán hasta Aysén (Montenegro, 2016). La precipitación en el mes más húmedo y el índice diferencial de agua normalizado fueron variables importantes para esta especie, lo cual fue también identificado por Toledo et al. (2014), quienes encontraron una alta dependencia por coberturas arbóreas densas y húmedas. Se ha identificado a este hongo como altamente dependiente de la presencia de madera muerta, esto es coincidente con las condiciones ambientales descritas por el modelo (Harada et al., 2015). En este estudio pese a que todas las coberturas tuvieron igual idoneidad a excepción de las plantaciones exóticas, las condiciones ambientales más idóneas identificadas por el respaldan la dependencia por condiciones de humedad. Finalmente, la opinión experta fue coincidente con los resultados del ANOVA, siendo todos los árboles igualmente idóneos con la excepción del *N. Nitida*.

La especie *B. loyo* es uno de los pocos hongos clasificado en Peligro (EN) según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE). Esta condición de amenaza se debe principalmente a alta antropización de su hábitat, y además, se le ha clasificado como altamente especialista, estando presente solo dos especies de *Nothofagus* presentes en la región, según los expertos. Se evidenció una mayor idoneidad en sectores con altas precipitaciones en el trimestre más seco y que contienen un mediano nivel de humedad de la vegetación y vegetación vigorosa, esto ratifica que el hongo habita zonas con buena productividad biológica. Según Furci (2008) y Riquelme et al. (2019) la especie habita entre el Maule a la región de Los Lagos, al interior del bosque templado en zonas húmedas y oscuras. Esta especie ha sido identificada como altamente dependiente de bosque, lo cual no pudo ser identificado en el ANOVA. Sin embargo, se la identificó como altamente dependiente de *N. dombeyi* y *N. obliqua*, lo cual es coincidente con la opinión de expertos y estudios previos (Furci, 2008; Riquelme, Dibán y Salazar-Vidal, 2019). En relación con la elevación, Furci (2008) señala que la especie se presenta desde el nivel del mar hasta los 1300 metros, siendo esta característica también identificada en la modelación.

Para el caso de la riqueza se identifica que los bosques nativos son los de mayor importancia, esto ha sido identificado para muchas especies diferentes a nivel nacional (Rodríguez et al., 2020; Vergara y Simonetti 2004). Mientras que el comportamiento especialista de algunos hongos influye que ciertas especies de *Nothofagus* tengan mayor riqueza de posibles hospederos, siendo *N. nítida* y *N. pumilio* las únicas con menor riqueza en la región.

A nivel general las condiciones bioclimáticas tuvieron la mayor contribución en la modelación, ratificándose lo que mencionan variados autores sobre la importancia de estas variables para la distribución de especies a esta escala (Soberón y Peterson, 2005; Soberón y Nakamura, 2009; Cuervo-Robayo et al., 2017). Yuan y Wang (2015) mencionan que para el reino fungi la variable de precipitación es una de las más influyentes, dado que estos organismos necesitan humedad para existir, crecer y fructificar. Lo cual es ratificado por los modelos, dado que las variables de precipitación tienen especial importancia en las especies fúngicas estudiadas. De hecho, tres de los cuatro hongos estudiados, presentaron alguna variable relacionada a las precipitaciones estivales como una de las importantes en su distribución. Lo que denota que no es solo importante cuanto precipite, sino que la estacionalidad de esas precipitaciones, siendo los lugares más idóneos los que posean mayor precipitación en invierno y/o verano.

Perspectivas para el manejo y conservación

Considerando la alta dependencia de los hongos estudiados hacia las precipitaciones, se puede esperar que las dinámicas de cambio climático podrían afectalas bastante. Esta dinámica ha generado importantes cambios en los patrones de distribución de especies, y en la alteración de procesos fisiológicos de organismos dependiente de humedad y temperatura (Rezende et al., 2020). En el caso de Chile Rojas et al. (2019), proyectaron que las precipitaciones podrían salir de los patrones históricos en Chile central durante los siguientes 10 años, y que algunos lugares ya estarían experimentando condiciones de precipitación sin precedentes históricos. De esta forma el desarrollo de políticas de

mitigación y adaptación al cambio climático, son vitales para asegurar la disponibilidad de fondos de investigación y acción para la conservación de especies.

Otro componente importante se relaciona con la alta importancia del bosque nativo, el cual para el caso de Chile central ha sido particularmente afectado por dinámicas de cambio de usos y cobertura de suelo. Se ha evidenciado un comportamiento sinérgico entre la regulación de flujo hídricos a escala de cuenca y la superficie de bosque nativo (Lara et al., 2009). De hecho, la contribución de estos al caudal de los ríos en las cuencas se maximiza durante los meses mas secos, siendo de vital importancia para mantener un caudal continuo (Little et al., 2009). De esta forma se propone que los bosques debieran ser conservados para asegurar la sobrevivencia de estos hongos, los cuales dependen intrínsecamente de él, así como de las condiciones ambientales que estos ofrecen. Por otro lado, se evidencio que las plantaciones forestales son las que tienen la menor idoneidad, lo cual se corresponde con los resultados de múltiples estudios para otro tipo de organismos (Uribe et al., 2020). Sin embargo, condiciones de manejo como la mantención del sotobosque pueden beneficiar la ocurrencia de algunas especies, pero dicho efecto se limita en el caso de los hongos (Simonetti et al., 2013). Esto se debe a que muchas de las especies hospedadoras son en general dominantes y de gran tamaño, las cuales son en general poco abundantes en plantaciones exóticas con sotobosque, donde dicha vegetación se encuentra compuesta mayoritariamente por arbustos jóvenes.

Supuestos y limitaciones

Si bien todos los modelos presentaron buenas evaluaciones, estos se encuentran sesgados por las escasas y agrupadas presencias utilizadas para modelar. Esto se ve reflejado en los bordes de la modelación, pues en ellos se reducen de manera considerable los niveles de idoneidad, pese que el hábitat supera los bordes demarcados para modelar, siendo el modelo para la *Grifola garga* el que presenta un sesgo más importante.

Por otro lado, el catastro de uso de suelo y vegetación de CONAF, pese a ser una buena herramienta para analizar la distribución espacial de especies, especialmente cuando se trabaja a escalas de mayor detalle. Pero, estas capas encuentran una limitación importante, dado que la metodología para la clasificación de los usos y coberturas de suelo y composiciones vegetacionales puede variar entre regiones, lo que limita hacer un uso extendido para los análisis. Sin embargo, permite hacer un análisis por cobertura de suelo, composición florística e inclusive por especies dominantes en los ecosistemas.

Capítulo n°6: Conclusiones

El presente estudio representa un antecedente para estimar la distribución y requerimientos ecológicos de especies de hongos comestibles.

Se logro evidencias derivadas de la modelación de nicho, que se constituye como una buena herramienta para ampliar el conocimiento de este tipo de especies, y entrega información clara respecto a las condiciones que se deben dar para su cultivo en cuanto a características ambientales y de hábitat.

Se constató una gran dependencia de los hongos silvestres comestibles de la región a la precipitación y humedad, mientras que las coberturas de bosque fueron las más idóneas para las especies.

La opinión experta y los análisis de varianza realizados arrojaron resultados similares, lo cual ayuda a corroborar y respaldar el conocimiento experto en Chile respecto a estos hongos silvestres comestibles.

Planteamos la necesidad de buscar opciones para la conservación de este tipo de especies, las cuales debieran ir enfocadas en generar planes de adaptación al cambio climático, mientras que también, es esencial conservar y restaurar sus hábitats de bosque.

El presente trabajo puede contribuir además a la selección de sitios para el cultivo de este tipo de hongos silvestres comestibles, lo cual podría tener beneficios importantes para las comunidades locales, siendo esta una forma de compatibilizar conservación de la biodiversidad y uso sostenible de estos.

Finalmente, creemos que es necesario ampliar los muestreos y los esfuerzos de investigación para calibrar este tipo de modelos en el futuro, logrando así mejorar el conocimiento de las especies con miras a su conservación.

Bibliografía

- Serrano-Notivol, R., Incausa-Ginés, A., Martín-Santafé, M., Sánchez-Durán, S., & Barriuso-Vargas, J. (2015). Modelización espacial del hábitat potencia de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España). *ITEA*, Vol. 111 3), 227-246.
- Alaniz, A., Carvajal, M., Bacigalupo, A., & Cattán, P. (2019). Global spatial assessment of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*: a scenario of Zika virus exposure. *Epidemiol. Infect.*, 147, e52. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S0950268818003102>.
- Alaniz, A., Carvajal, M., Smith-Ramírez, C., Barahona-Segovia, R., & Vieli, L. (2018). Habitat loss of a rainforest specialist pollinator fly as an indicator of conservation status of the South American Temperate Rainforests. *Journal of Insect Conservation*, 22, 745-755.
- Alaniz, A., Carvajal, M., Vergara, P., Fierro, A., Moreira-Arce, D., Soto, G., & Rodewald, A. (2020). Trophic behavior of specialist predators from a macroecological approach: the case of Magellanic woodpecker in South American temperate forest. *Glob. Ecol. Conserv.*
- Alaniz, A., Grez, A., & Zaviezo, T. (2018). Potential spatial interaction of the invasive species *Harmonia axyridis* (Pallas) with native and endemic coccinellids. *J. Appl. Entomol.* 142, 513–524.
- Alaniz, A., Nuñez-Hidalgo, I., Gómez-Cantillana, T., Alvarenga, T., Gómez-Cantillana, P., & Vergera, P. (2020). Current and future spatial assessment of biological control as a mechanism to reduce economic losses and carbon emissions: the case of *Solanum sisymbriifolium* in Africa. *Pest Management Science*.
- Anderson, R. (2013). A framework for using niche models to estimate impacts of. *ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES*, 8-28.
- Bacigalupo, A., Alaniz, A., & Cattán, P. (2017). Spatial quantification of the world population potentially exposed to Zika virus. *Int. J. Epidemiol.* 8, 123-132.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21, 136-147.
- Barahona-Segovia, R., Crespín, S., Grez, A., & Veloso, C. (2019). Anthropogenic thermal gradient in managed landscapes determines physiological performance and explains the edge-biased distribution of ectothermic arthropods. *Forest Ecology and Management*, 440, 147-157.
- Becerra-López, L., Romero-Méndez, U., Ramírez-Bautista, A., & Becerra-López, S. (2016). Revisión de las técnicas para el modelado de la distribución de las especies. *Biológico Agropecuario* 5 (7), 1514-1525.

- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (7), 100-1.
- Cabarroi, M., Maldonado, S., Blanco, N., Herrera, S., & Camino, M. (2013). Hongos asociados a especies de plantas amenazadas en Cuba. *Jardín Botánico Nacional*. Vol. 34-35, 97-100.
- Camargo, J. (2000). Uma análise da produção biogeográfica no âmbito de periódicos. *Sociedade & Natureza*, vol. 12, n.24, 33-45.
- Carvajal, M., Alaniz, A., Smith-Ramírez, C., & Sieving, K. (2018). Assessing habitat loss and fragmentation and their effects on population viability of forest specialist birds: Linking biogeographical and population approaches. *Diversity and Distributions*, 24, 820-830.
- Chávez-Mejía, C., Martínez-Campos, R., Gheno-Heredia, Y., & Jasso-Arriaga, X. (2016). CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y VULNERABILIDAD DE HONGOS COMESTIBLES EN UN EJIDO DENTRO DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA. *Polibotánica*, 42, 167-195.
- Cotés, M., Montenegro, I., Boza, S., Henríquez, J., & Araya, T. (2017). La recolección de productos forestales no madereros por mujeres campesinas del sur de Chile: reconfigurando la tensión entre lo local y lo global. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 4(12), 22-44.
- Cuervo-Robayo, A., Escobar, L., Osorio-Olivera, L., Javier, N., Vadela, S., Martínez-Meyer, E., . . . Peterson, T. (2017). Introducción a los Análisis Espaciales con Énfasis en Modelos de Nicho Ecológico. *BiodiversityInformatics*, 45-47.
- Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudik, S., Guisan, A., Hijmans, R., . . . Zimmerman, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., Yates, C., & Y.E., C. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions* 17, 43-57.
- Fick, S. E. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37, 4302-4315.
- Furci, G. (2007). *Fungi Austral. Guía de Campo de los hongos más vistosos de Chile*. CORMA.
- Furci, G. (2008). *Guía de Campo: Hongos de Chile, volumen I*. Santiago: Fundación Fungi.

- Gaubert, P., Papes, M., & Peterson, A. (2006). Natural history collections and the conservation of poorly known taxa: Ecological niche modeling in central African rainforest genets (*Genetta* spp.). *Biological Conservation*, 130(1), 106–117.
- Gorelick, N., Hancher, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.* 202, 18–27.
- Gutiérrez, E., Boria, R., & Anderson R. (2014). Can biotic interactions cause allopatry? Niche models, competition, and distributions of South American mouse opossums. *Ecography* 37, 741-753.
- Hanson, C., Fuhrman, J., Horner-Devine, M., & Martiny, J. (2012). Beyond biogeographic patterns: processes shaping the microbial landscape. *NATURE REVIEWS MICROBIOLOGY*, VOL. 10, 497-506.
- Harada, E., Morizono, E., Sumiya, E., & Meguro, S. (2015). Production of Andean-Patagonian edible mushroom *Grifola gargarum* wood-based substrates. *Mycoscience* XXX, 1-6.
- Hasen, F. (2016). *GOBERNANZA SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A ESCALA LOCAL: CASO DE ESTUDIO SOBRE LA PROVISION DE AGUA EN LA COMUNA DE PANGUIPULLI, REGIÓN DE LOS RÍOS*. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.
- Huggett, R. (1998). *Fundamentals of biogeography*. New York: Taylor & Francis e-Library.
- INE. (2018). *Censo 2017 por comuna. Resultados Población, Edad y Sexo*. Santiago.
- INFOR, s. (2017). *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, Fondo bosque nativo-CONAF: Exploración de métodos silvícolas, no silvícolas y de recolección sustentable para la producción de hongos silvestres comestibles en bosque templado*.
- Ipinza, R., Perez, F., & Kappes, A. (1998). *Cyttaria espinosae* Lloyd, un hongo de interés en fitopatología, alimentación y evolución de los bosques de *Nothofagus* en Chile. *XVIII Congreso Chileno de Fitopatología. Sociedad Chilena de Fitopatología. Santiago de Chile*.
- J asoo-Arriaga, X., Martínez-Campos, A., & Gheno-Heredia Y. (2016). Conocimiento tradicional y vulnerabilidad de hongos comestibles en un ejido dentro de un área natural protegida. *Polibotánica*, 167-195.
- Kalin, M., Alarcón, D., Pauchard, A., & Bustamante, R. (2019). *Impactos del cambio climático en la biodiversidad y las funciones ecosistémicas. Informe de la mesa Biodiversidad*.

- Lara, A. L.-G. (2009). Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management*, 258(4), 415-424.
- Leal, J. (2015). *Caracterización de hongos comestibles del género Ramaria, asociados a bosques siempreverdes en el predio Llancahue, Región de Los Ríos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Little, C., Lara, A., McPhee, J., & Urrutia, R. (2009). Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology*, 374(1-2), 162-170.
- López, R. (2008). PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: IMPORTANCIA E IMPACTO DE SU APROVECHAMIENTO. *Colombia Forestal*, vol. 11, 215-231.
- López, R. (2008). PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: IMPORTANCIA E IMPACTO DE SU APROVECHAMIENTO. *Revista Colombia Forestal Vol. 11*, 215-231.
- López, R. (2008). PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: IMPORTANCIA E IMPACTO DE SU APROVECHAMIENTO. *Colombia Forestal*, 214-231.
- Luebert, F., & Pliscoff, P. (2018). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Santiago: Universitaria.
- Marín, C., Torres, D., Furci, G., Godoy, R., & Palfner, G. (2018). Estado del arte de la conservación del reino Fungi en Chile. *Conservación, gestión y manejo de áreas silvestres protegidas*, 32-56.
- Mateo, R., Felicísimo, Á., & Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *educa (Biología). Serie Ecología*. 5 (1), 137-153.
- Merrow, C., Smith, M., & Silander, J. (2013). A practical guide to MaxEnt for modelig species' distributions: what it does, and why inputs and settins matter. *Ecography* 36, 1058-1069.
- Montenegro, I. (2016). *CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DE LA ORGANIZACIÓN DE MUJERES CAMPESINAS "DOMO PEUMA", COMUNA DE PAILLACO, REGIÓN DE LOS RÍOS*.
- Morales, N., Fernández, I., & Baca-González, V. (2017). MaxEnt's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review. *PeerJ*.
- Murara, P. (2016). CAMINHOS DA BIOGEOGRAFIA. *CAMINHOS DA BIOGEOGRAFIA*, 1-11.

- Mutia, T. (2009). *Biodiversity conservation. Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources, 1-22*. Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources, 1-22.
- Padarian, J., Minasny, B., & McBratney, A. (2017). Chile and the Chilean soil grid: A contribution to GlobalSoilMap. *Geoderma Reg.* 9, 17–28.
- Peterson, A., & Soberón, J. (2012). Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservação*, 10(2), 102-107.
- Phillips, S., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *ECOGRAPHY*, 31, 161-175.
- Phillips, S., Anderson, R., Dudik, M., Schapire, R., & Blair, M. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography* 40, 887–893.
- Pino, A., & Cardyn, P. (2014). La Reserva de la Biosfera de los Bosques Templados Lluviosos de los Andes Australes y las singularidades territoriales de la comuna de Panguipulli. *Reservas de la biosfera de Chile: laboratorios para la sustentabilidad*, 190-206.
- PLADECO. (2014). “ACTUALIZACIÓN PLAN DE DESARROLLO COMUNAL DE PANGUIPULLI 2013 – 2017”. Santiago, Chile: Pragma, Consulting.
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 48, 61-79.
- Proosdij, A., Sosef, M., Wieringa, J., & Raes, N. (2016). Minimum requires number of specimen records to develop accurate species distribution models. *Ecography* 39, 542-552.
- Rezede, E., Bozinovic, F., Szilágyi, A., & Santos, M. (2020). Rezende, E. L., Bozinovic, F., Szilágyi, A., & Santos, M. (2020). Predicting temperature mortality and selection in natural *Drosophila* populations. *Science*, 369(6508), 1242–1245.
- Richardson, D., & Whittaker, R. (2010). Conservation biogeography –foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions* 16, 313–320.
- Riquelme, C., Dibán, M., & Salazar-Vidal, V. (2019). Revisión del género *Boletus* L. (Boletales, Basidiomycota) en Chile. *Bol. Micol* 34(1), 28-42.
- Rodríguez, S., Pérez-Giraldo, L., Carvajal, M., & Alaniz, A. (2020). Native bees in Mediterranean semi-arid agroecosystems: unravelling the effects of biophysical habitat, floral resource, and honeybees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Rojas, M., Lambert, F., Ramirez-Villegas, J., & Challinor, A. (2019). Emergence of robust precipitation changes across crop production areas in the 21st century.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 116(14), 6673-6678.

- Rubén, M., Felicísimo, Á., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240, 217-240.
- Ruiz, J. (2008). *Viaje por el asombroso mundo de los hongos*. Mexico: Fondo de la Cultura Económica.
- Salazar, V. (2016). *Manual de Micología Básica*. Santiago.
- Sandbrook, C. (2015). What is conservation? *Fauna & Flora International. Onyx* 49(4).
- Santos, T., & Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2), 3-12.
- Sarricolea, P., Meseguer-Ruiz, O., Serrano-Notivoli, R., Soto, M. V., & Serrano-Notivoli, J. (2019). Trends of daily precipitation concentration in Central-Southern Chile. *Atmospheric Research*, 215, 85-98.
- SEMARNAT . (2010). *Plan de manejo tipo para hongo blanco de pino Tricholoma magnivelare*. Ciudad de México, 27p.
- Shcheglovitova, M., & Anderson, R. (2013). Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *ELSERVIER*, 9-17.
- SIMONETTI, J., GREZ, A., & ESTADES, C. F. (2013). Providing Habitat for Native Mammals through Understory Enhancement in Forestry Plantations. *Conservation Biology*, 27(5), 1117–1121.
- Soberón, J. (2007). Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology letters*, 10(12), 115-1123.
- Soberón, J., & Miller, C. (2009). Evolución de los Nichos Ecológicos. *Miscelanea Matemática*, 83-99.
- Soberón, J., & Miller, C. (2009). Evolución de los Nichos Ecológicos. *Miscelanea Matemática*, 83-99.
- Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 19644 –19650.
- Soberón, J., & Peterson, T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 1-10.
- Soto-Navarro C., R. C.-T. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. . *PLoS one*, 12(2), e0169748.

- Soto-Navarro, C., Ravilious, C., Arnell, A., de Lamo, X., Harfoot, M., Hill, S., & Le Toan, T. (2020). Mapping co-benefits for carbon storage and biodiversity to inform conservation policy and action. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *375(1794)*, 20190128.
- Theobald, D., Harrison-Atlas, D., Monahan, W., & Albano, C. (2015). Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning. *PloS one*, *10* (12).
- Toledo, C., Barroetaveña, C., & Rajchenberg, M. (2014). Fenología y variables ambientales asociadas a la fructificación de hongos . *Revista Mexicana de Biodiversidad* *85*, 1093-1103.
- Toledo, C., Barroetaveña, C., & 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*, 1093-1103.
- Uribe, S., Estades, C., & Radeloff, V. (2020). Pine plantations and five decades of land use change in central Chile. *PLOS ONE*, *15*(3).
- Uribe, S., Estades, C., & Radeloff, V. (2020). Pine plantations and five decades of land use change in central Chile. *PLOS ONE*, *15*(3).
- Vergara, P., & Simonetti , J. (2004). Avian responses to fragmentation of the Maulino Forest in central Chile. *Oryx*, *38*(4), 383–388.
- Wisz, M., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A., Graham, C., Guisan, A., & NCEAS Predicting Species Distributions Working Gro. (2008). Effects of sample size on the performance. *Diversity and Distributions*, (*Diversity Distrib.*), 763–773.
- Wollan, A., Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G., & Halvorsen, R. (2008). Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography*, *35*(12), 2298-2310.
- Yuan, H., & Wang, X. (2015). Maxent modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. *Fungal Ecology*, *17* , 140-145.
- Zamora-Martínez, M., González, A., Islas, F., Cortés, E., & López, L. (2014). Distribución geográfica y ecológica de 13 especies de hongos silvestres comestibles en Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *5*(21), 76-93.

Anexos

Anexo n°1: Presencias totales y filtradas por especie

Espece	Fuente	Presencias totales	Presencias filtradas
<i>Cyttaria espinosae</i>	INFOR	10	10
	GBIF	12	9
<i>Ramaria sp.</i>	INFOR	14	9
	Fungario Concepción	5	4
	Micofilos	2	2
	GBIF	3	2
	Montenegro, 2016	4	3
<i>Grifola gargal</i>	INFOR	13	12
	GBIF	6	6
<i>Butyriboletus loyo</i>	INFOR	36	14
	GBIF	4	1
	Montenegro, 2016	6	3

Anexo n°2: Variables seleccionadas para modelar y su porcentaje de contribución

Variables	<i>Cyttaria espinosae</i>	<i>Grifola gargal</i>	<i>Butyriboletus loyo</i>	<i>Ramaria sp.</i>
BIO 1	-	-	-	-
BIO 2	-	43,9	-	-
BIO 3	11,1	-	-	-
BIO 4	-	-	-	-
BIO 5	5,4	-	1,1	3,2
BIO 6	-	-	-	-
BIO 7	2,5	-	-	-
BIO 8	-	-	-	-
BIO 9	3,5	0,3	-	-
BIO 10	-	-	-	-
BIO 11	-	-	-	1,8
BIO 12	-	-	-	-
BIO 13	23	42	-	-
BIO 14	-	-	-	70,5
BIO 15	7,2	-	-	-
BIO 16	-	-	77,5	-
BIO 17	-	-	-	-
BIO 18	29,8	-	-	-
BIO 19	-	-	-	-
Viento	-	-	-	2,4
Elevación	-	-	3,9	-
Diver. Topo	6	3,7	7,4	4,6
SOC	-	-	-	1,8
NDWI	3,1	6,1	4	5,3
NPP	0,4	-	0,2	-
BIOMASA	1,3	0,4	-	4,8
EVI	4,5	3,1	6	3,7
VCF	2,2	0,6	-	0,7
PSRI	-	-	-	1,2

Anexo n°3: Usos y coberturas de suelo/ composición vegetacional

Cobertura	Sub coberturas	Composición vegetacional, presencia de <i>Nothofagus</i>	
Bosque nativo	Roble-Rauli-Coihue	<i>N. obliqua</i>	
	Coihue-Rauli-Tepa	<i>N. dombeyi</i>	
	Coihue de Magallanes	<i>N. betuloides</i>	
	Lenga y ñirre	Sin Nothofagus	
		<i>N. pumilio</i>	
		<i>N. antarctica</i>	
	Siempre verde	<i>N. dombeyi</i>	
		<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. nitida</i>	
	Cipres de la Cordillera	Sin Nothofagus	
		<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. dombeyi</i>	
	Araucaria	Sin Nothofagus	
<i>N. pumilio</i>			
<i>N. dombeyi</i>			
<i>N. antarctica</i>			
Alerce	<i>N. nitida</i>		
Plantaciones exóticas	Plantación-Bosque	Sin Nothofagus	
		<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. dombeyi</i>	
Matorral	Matorral arborecente	Sin Nothofagus	
		<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. nitida</i>	
		<i>N. pumilio</i>	
	Matorral	<i>N. dombeyi</i>	
		Sin Nothofagus	
Pradera	Pradera	<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. dombeyi</i>	
		Sin Nothofagus	
	Pradera-matorral	<i>N. obliqua</i>	
		<i>N. dombeyi</i>	
Red y masas de agua	Ríos, lagos, glaciales, humedales, etc.	Sin Nothofagus	
Áreas sin vegetación	Rocas, playas, etc.	Sin Nothofagus	
Área urbana e industrial	Pueblos, ciudades y loteos industriales.	Sin Nothofagus	
Terrenos agrícolas	Cultivos agrícolas	Sin Nothofagus	

Anexo n°4: Resultado Consulta a expertos

Uso y cobertura	Sub cobertura	Composición del bosque, presencia de <i>Nothofagus</i>				
			Diweñe	Changle	Gargal	Loyo
Bosque Nativo	Roble-Rauli-Coihue	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Coihue-Rauli-Tepa	<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Coihue de Magallanes	<i>N. betuloides N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Lenga y ñirre	<i>N. pumilio</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo
		<i>N. antarctica</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo
		<i>N. dombeyi y pumilo</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Siempre verde	<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. obliqua y N.dombeyi</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. nitida</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo
	Cipres de la Cordillera	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Araucaria	<i>N. pumilio</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo
<i>N. antarctica</i>		No óptimo	Óptimo	Óptimo	No óptimo	
Alerce	<i>N. nitida y N. betuloides</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	
Bosque mixto y matorrales	Plantación-Bosque	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Matorral arborecente	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. nitida</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. pumilio</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Matorral	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
	Pradera	<i>N. obliqua</i>	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
		<i>N. dombeyi</i>	No óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo

Anexo n°5: Análisis de varianza del uso y cobertura de suelo

	<i>C. espinosae</i>			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
Pradera/plantación exótica	0,04	0,02	0,05	0,00
Bosque nativo/plantación exótica Plantaciones exóticas	0,06	0,05	0,07	0,00
Matorral/Plantación exótica	0,01	0,00	0,03	0,12
Bosque nativo/Pradera	0,02	0,01	0,04	0,00
Matorral/Pradera	-0,03	-0,04	-0,01	0,00
Matorral/Bosque nativo	-0,05	-0,06	-0,03	0,00

	<i>Ramaria sp.</i>			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
Pradera/plantación exótica	0,02	0,00	0,04	0,01
Bosque nativo/plantación exótica Plantaciones exóticas	0,08	0,07	0,10	0,00
Matorral/Plantación exótica	0,02	0,00	0,04	0,15
Bosque nativo/Pradera	0,06	0,04	0,08	0,00
Matorral/Pradera	-0,01	-0,03	0,02	0,89
Matorral/Bosque nativo	-0,07	-0,09	-0,04	0,00

	<i>G. gargal</i>			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
Pradera/plantación exótica	1,03E-01	7,90E-02	1,27E-01	0,00E+00
Bosque nativo/plantación exótica Plantaciones exóticas	8,43E-02	6,26E-02	1,06E-01	0,00E+00
Matorral/Plantación exótica	8,44E-02	5,84E-02	1,10E-01	0,00E+00
Bosque nativo/Pradera	-1,85E-02	-4,36E-02	6,64E-03	2,32E-01
Matorral/Pradera	-1,84E-02	-4,74E-02	1,06E-02	3,61E-01
Matorral/Bosque nativo	9,59E-05	-2,72E-02	2,74E-02	1,00E+00

	<i>B. loyo</i>			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
Pradera/plantación exótica	0,00	-0,02	0,02	1,00
Bosque nativo/plantación exótica Plantaciones exóticas	-0,01	-0,03	0,01	0,37
Matorral/Plantación exótica	-0,01	-0,04	0,01	0,62
Bosque nativo/Pradera	-0,01	-0,04	0,01	0,42
Matorral/Pradera	-0,01	-0,04	0,01	0,62
Matorral/Bosque nativo	0,00	-0,02	0,03	1,00

	Riqueza			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
Pradera/plantación exótica	0,16	0,10	0,22	0,00
Bosque nativo/plantación exótica Plantaciones exóticas	0,21	0,15	0,27	0,00
Matorral/Plantación exótica	0,10	0,03	0,17	0,00
Bosque nativo/Pradera	0,05	-0,02	0,11	0,22
Matorral/Pradera	-0,06	-0,14	0,01	0,14
Matorral/Bosque nativo	-0,11	-0,18	-0,04	0,00

Anexo n°6: Análisis de varianza composición vegetacional

	<i>C. espinosae</i>			
	<i>C. espinosae</i>	Inferior	Superior	Valores p ajustados
<i>N. dombeyi/N. antartica</i>	-0,07	-0,17	0,04	0,38
<i>N., nitida/N., antartica</i>	-0,07	-0,18	0,04	0,44
<i>N., obliqua/N., antatica</i>	-0,04	-0,14	0,06	0,83
<i>N., pumilio/N., antartica</i>	-0,19	-0,30	-0,09	0,00
<i>N., nitida/N., dombeyi</i>	0,00	-0,06	0,06	1,00
<i>N., obliqua/N., dombeyi</i>	0,03	0,00	0,05	0,02
<i>N., pumilio/N., dombeyi</i>	-0,13	-0,17	-0,08	0,00
<i>N., obliqua/N., nitida</i>	0,03	-0,02	0,09	0,54
<i>N., puminio/N., nitida</i>	-0,12	-0,19	-0,05	0,00
<i>N. pumilio/N. obliqua</i>	-0,15	-0,19	-0,11	0,00

	<i>Ramaria sp.</i>			
	<i>C. espinosae</i>	Inferior	Superior	Valores p ajustados
<i>N. dombeyi/N. antartica</i>	0,04	-0,08	0,16	0,88
<i>N. nitida/N. antartica</i>	-0,06	-0,19	0,07	0,74
<i>N. obliqua/N. antatica</i>	0,07	-0,04	0,19	0,41
<i>N. pumilio/N. antartica</i>	-0,24	-0,36	-0,11	0,00
<i>N. nitida/N. dombeyi</i>	-0,10	-0,17	-0,03	0,00
<i>N. obliqua/N. dombeyi</i>	0,03	0,01	0,06	0,01
<i>N. pumilio/N. dombeyi</i>	-0,28	-0,33	-0,23	0,00
<i>N. obliqua/N. nitida</i>	0,13	0,07	0,20	0,00
<i>N. puminio/N. nitida</i>	-0,18	-0,26	-0,10	0,00
<i>N. pumilio/N. obliqua</i>	-0,31	-0,36	-0,27	0,00

	<i>G. gargal</i>			
	C. espinosae	Inferior	Superior	Valores p ajustados
<i>N. dombeyi/N. antartica</i>	-0,02	-0,16	0,13	1,00
<i>N. nitida/N. antartica</i>	-0,29	-0,46	-0,13	0,00
<i>N. obliqua/N. antatica</i>	-0,02	-0,17	0,12	0,99
<i>N. pumilio/N. antartica</i>	0,01	-0,15	0,16	1,00
<i>N. nitida/N. dombeyi</i>	-0,28	-0,36	-0,19	0,00
<i>N. obliqua/N. dombeyi</i>	-0,01	-0,04	0,03	0,98
<i>N. pumilio/N. dombeyi</i>	0,02	-0,04	0,09	0,84
<i>N. obliqua/N. nitida</i>	0,27	0,19	0,35	0,00
<i>N. puminio/N. nitida</i>	0,30	0,20	0,40	0,00
<i>N. pumilio/N. obliqua</i>	0,03	-0,03	0,09	0,58

	<i>B. loyo</i>			
	C. espinosae	Inferior	Superior	Valores p ajustados
<i>N. dombeyi/N. antartica</i>	0,07	-0,07	0,21	0,64
<i>N. nitida/N. antartica</i>	-0,05	-0,21	0,11	0,90
<i>N. obliqua/N. antatica</i>	0,09	-0,05	0,23	0,37
<i>N. pumilio/N. antartica</i>	-0,18	-0,33	-0,04	0,01
<i>N. nitida/N. dombeyi</i>	-0,12	-0,20	-0,04	0,00
<i>N. obliqua/N. dombeyi</i>	0,02	-0,01	0,05	0,46
<i>N. pumilio/N. dombeyi</i>	-0,26	-0,32	-0,19	0,00
<i>N. obliqua/N. nitida</i>	0,14	0,07	0,22	0,00
<i>N. puminio/N. nitida</i>	-0,13	-0,23	-0,04	0,00
<i>N. pumilio/N. obliqua</i>	-0,28	-0,33	-0,22	0,00

	Riqueza			
	Diferencia	Inferior	Superior	Valores p ajustados
<i>N. dombeyi/N. antartica</i>	0,01	-0,38	0,41	1,00
<i>N. nitida/N. antartica</i>	-0,47	-0,92	-0,03	0,03
<i>N. obliqua/N. antatica</i>	0,09	-0,30	0,49	0,97
<i>N. pumilio/N. antartica</i>	-0,62	-1,04	-0,20	0,00
<i>N. nitida/N. dombeyi</i>	-0,49	-0,72	-0,26	0,00
<i>N. obliqua/N. dombeyi</i>	0,08	-0,02	0,17	0,16
<i>N. pumilio/N. dombeyi</i>	-0,64	-0,81	-0,46	0,00
<i>N. obliqua/N. nitida</i>	0,57	0,35	0,79	0,00
<i>N. puminio/N. nitida</i>	-0,15	-0,41	0,12	0,54
<i>N. pumilio/N. obliqua</i>	-0,72	-0,87	-0,56	0,00

Invetir resultado 2 y después 3

Decir en metodologis variables, pero rapido