



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**POTENCIAL DEL HONGO LIGNÍCOLA *PHYLLOPORIA BOLDO* COMO
BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DE HÁBITAT**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para optar al título profesional de
Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales

Por: Juan Pablo Saldías Faúndez

Profesor Guía: Dr. Götz Palfner

Marzo, 2024

Concepción, Chile

© 2024, Juan Pablo Saldías Faúndez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

POTENCIAL DEL HONGO LIGNÍCOLA *PHYLLOPORIA BOLDO* COMO
BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DE HÁBITAT

Profesor Guía

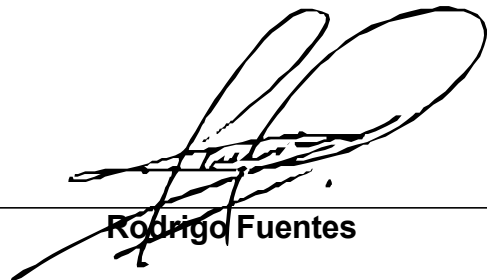


Götz Palfner

Dr. Rerum. Naturalium.

Profesor Asociado

Profesor Guía



Rodrigo Fuentes

Colaborador Académico, MSc

AGRADECIMIENTOS

Agradezco por esta oportunidad valiosa que me entregó la vida, en la que descubrí cosas nuevas en la naturaleza, parte de la naturaleza que me vio crecer, el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén. Al espíritu del bosque, que me guio por sus senderos y me mostro sus más íntimos secretos. A mi profesor guía Gotz Palfner que me acompañó en esta etapa de investigaciones, preguntas y respuestas, caminatas en terreno y conversaciones de la vida, agradecido de la oportunidad de tener un gran mentor que me ayudo en mi etapa profesional. Al profesor Rodrigo Fuentes, que siempre estuvo dispuesto a resolver dudas y acompañarme en el proceso de la investigación. Agradezco a mi familia que me acompañó en este proceso, impulsándome y siendo parte activa de mis logros universitarios, entregando el soporte, consejos y motivación para alcanzar la meta en esta etapa de mi vida. Gracias a mi novia que me acompañó en salidas a terreno, estuvo dispuesta a escucharme y ayudar a retroalimentar lo que en terreno había descubierto. Gracias a todas las personas que de alguna u otra forma fueron parte de mi formación universitaria, personas que me ayudaron a pasar días en los que tenía motivación y días en los que no, a amigos y amigas, que compartieron un día, una salida al bosque o una charla en los pastos de la universidad. Gracias a la vida.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 El Reino Fungi	1
1.2 Las Hymenochaetaceae poroides (Hymenochaetales, Basidiomycota) del sur de Chile.....	3
1.3 El género <i>Phylloporia</i> (Murrill, 1904).....	4
1.4 Descripción taxonómica de <i>Phylloporia boldo</i> (Rajchenberg. & Pildain)	5
1.5 Localidad tipo, aspecto ecológicos y biogeográficos de <i>Phylloporia boldo</i> (Rajchenberg. & Pildain)	6
1.6 Importancia ecológica de <i>Phylloporia boldo</i> dentro del Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén	8
1.7 Importancia de este estudio	9
1.8 Rol de <i>Phylloporia boldo</i> como bioindicador.....	10
1.9 Pregunta de investigación.....	12
1.10 Hipótesis	12
1.11 Objetivos	12
II. METODOLOGÍA.....	14
2.1 Área de estudio.....	14
2.2 Tipo de muestreo.....	16
2.3 Parcelas de muestreo	17
2.4 Coberturas de uso de suelo	19
2.5 Parámetros de muestreo	20
2.6 Taxonomía de <i>Phylloporia boldo</i> e imágenes.....	21

2.7 Recopilación de datos.....	22
III. RESULTADOS.....	23
3.1 Frecuencia y abundancia de <i>Phylloporia boldo</i> en los sitios de muestreo...	23
3.2 Correlaciones entre la frecuencia y abundancia de <i>Phylloporia boldo</i> y parámetros biométricos de su hospedero.....	32
3.3 Descubrimiento.....	39
IV. DISCUSIÓN.....	42
4.1 Comparación datos entre parcelas	42
4.2 Relación entre factores ambientales y resultados	44
4.3 <i>Phylloporia boldo</i> como bioindicador	45
V. CONCLUSIONES	49
VI. GLOSARIO	52
VII BIBLIOGRAFÍA.....	56
VIII APENDICE	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores por parcela, de datos geográficos y parámetros relacionados a grado de intervención.....	18
Tabla 2. Valores por parcela, relacionado a abundancia de <i>P. boldus</i> y <i>Ph. boldo</i>	28
Tabla 3. Resultado de parámetros en individuos de <i>Peumus boldus</i> con presencia de esporomas de <i>Phylloporia boldo</i>	61
Tabla 4. Resultados de parámetros en esporomas de <i>Phylloporia boldo</i>	64
Tabla 5. Resultados de parámetros en individuos de <i>Peumus boldus</i> sin presencia de esporomas de <i>Phylloporia boldo</i>	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. a) Zona geográfica del país Chile categorizado en regiones, Región del Biobío resaltado en rojo. b) Comuna de Hualpén en la provincia de Concepción. c) Ubicación del SNPH dentro de la comuna de Hualpén, resaltado con borde azul. d) Imagen obtenida de Google Earth Pro, actualizado al año 2023, SNPH identificado con borde azul.	14
Figura 2. En total se escogieron 9 parcelas de muestreo, ordenados de mayor a menor según el grado de intervención, siendo 9 el número mayor y más intervenido.	17
Figura 3. Parque Pedro Del Rio Zañartu (PPRZ), con las coberturas de uso de suelo asociadas, datos EULA 2015.	19
Figura 4. Esporomas de <i>Ph. boldo</i>	21
Figura 5. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 1.	23
Figura 6. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 2.	24
Figura 7. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 3.	24
Figura 8. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 4.	25
Figura 9. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 5.	25
Figura 10. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 6.	26
Figura 11. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 7.	26
Figura 12. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 8.	27
Figura 13. Individuos de <i>P. boldus</i> parcela 9.	27
Figura 14. Relación porcentaje de colonización en <i>P. boldus</i> y promedio de esporomas de <i>Ph. boldo</i> por árbol.	29
Figura 15. Muestra en la que se verificó la pudrición de duramen.	31
Figura 16. Cantidad de individuos de <i>P. boldus</i> colonizados por <i>Ph. boldo</i> según el rango de “diámetro altura pecho” (DAP), y promedio de esporomas de <i>Ph. boldo</i> según rango de diámetros de individuos de <i>P. boldus</i>	33
Figura 17. Relación cobertura de dosel de <i>P. boldus</i> y promedio de esporomas de <i>Ph. boldo</i>	34

Figura 18. Relación entre altura de <i>P. boldus</i> y promedio de esporomas de <i>Ph. boldo</i>	35
Figura 19. Orientación de esporomas de <i>Ph. boldo</i>	36
Figura 20. Longitud de los 197 esporomas muestreados de <i>Ph. boldo</i>	38
Figura 21. Alturas desde la superficie a las que se encontró esporomas de <i>Ph. boldo</i>	39
Figura 22. Secuencia de <i>Acanthinodera cummingii</i> interactuando con <i>Ph. boldo</i> y <i>P. boldus</i>	40

RESUMEN

Los estudios relacionados con el Reino Fungi son necesarios para el entendimiento de estos organismos y su rol ecosistémico en el bosque, siendo esenciales para el bienestar del ecosistema. Se buscó comprender el rol del hongo lignícola *Phylloporia boldo* como bioindicador de calidad de hábitat en el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH), basándonos principalmente en monitorear frecuencia y abundancia de esporomas de *Phylloporia boldo*, así como su contexto ecológico dentro del bosque. Se utilizó la metodología de muestreo estratificado en parcelas, identificando distintos parámetros vinculados a la observación y obtención de datos, esto se complementó con imágenes satelitales obtenidas de Google Earth Pro y mapas elaborados en ArcMap 10.8. El resultado fue la verificación de la importancia de *Phylloporia boldo* para el ecosistema del bosque esclerófilo, comprobando su abundancia y frecuencia en sitios con distintos grados de intervención, validando la utilización de *Phylloporia boldo* como bioindicador de calidad de hábitat. Los sitios menos intervenidos presentaron mayor frecuencia y abundancia de esporomas de *Ph. boldo* y tasa de colonización en individuos de *Peumus boldus* que los sitios más intervenidos.

ABSTRACT

Studies related to the Kingdom Fungi are necessary for the understanding of these organisms and their ecosystem role in the forest, being essential for the well-being of the ecosystem. We sought to understand the role of the lignicolous fungus *Phylloporia boldo* as a bioindicator of habitat quality in the Hualpén Peninsula Nature Sanctuary (SNPH), based mainly on monitoring the frequency and abundance of *Phylloporia boldo* sporomes, as well as its ecological context within the forest. The stratified sampling methodology was used in plots, identifying different parameters linked to the observation and obtaining of data, this was complemented with satellite images obtained from Google Earth Pro and maps prepared in ArcMap 10.8. The result was the verification of the importance of *Phylloporia boldo* for the sclerophyllous forest ecosystem, verifying its abundance and frequency in sites with different degrees of intervention, validating the use of *Phylloporia boldo* as a bioindicator of habitat quality. The least intervened sites had a higher frequency and abundance of *Ph. boldo* sporomes and colonization rate in *Peumus Boldus* individuals than the most intervened sites

Key words: Fungi kingdom, Bioindicator, Sanctuary of Nature Peninsula of Hualpen, Native Forest, Conservation, Pedro Del Rio Zañartu Park, Lignin, *Peumus boldus*, *Phylloporia boldo*.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 El Reino Fungi

La biota fúngica es una de las fuentes de biodiversidad y quimiodiversidad menos explorada del planeta. Su historia evolutiva se remonta a más de 900 millones de años, evidenciando niveles altos de adecuación biológica a un amplio rango de ambientes/ecosistemas (Kramer & Abraham, 2011)

Los hongos y las bacterias son los descomponedores principales de los árboles, capaces de mineralizar los nutrientes, transformando los compuestos orgánicos complejos de la madera como la celulosa, hemicelulosa o lignina en compuestos inorgánicos más simples como el nitrógeno, fósforo o carbono (Embacher et al., 2023). Aunque la madera es rica en fuentes de carbono, de las cuales la mayoría son altamente recalcitrantes, tiene un bajo contenido de nitrógeno, por lo cual se postuló un papel de las bacterias fijadoras de nitrógeno que viven a "costa" de los carbohidratos liberados por los hongos (Pulleman et al., 2012). Los análisis de los microbiomas de la madera muerta sugirieron que varios taxones bacterianos participan en la acumulación de nitrógeno en la madera muerta a través de la fijación de N, al tiempo que dependen de la actividad fúngica en términos de suministro de carbono (Tláskal & Baldrian, 2021). Éstos, con el tiempo, retornarán al suelo volviendo a formar parte de sus ciclos biogeoquímicos facilitando de esta manera que otros seres vivos puedan beneficiarse. En los

últimos años, las nuevas tecnologías de secuenciación de ADN han revolucionado los estudios de taxonomía y diversidad fúngica, lo que ha llevado a cambios en las estimaciones del número de especies fúngicas entre 2,2 millones y 3,8 millones según la asociación entre hongos – especie vegetales, y entre 11,7 y 13,2 millones extrapolando datos de secuenciación de alto rendimiento (Hyde, 2022). Sin embargo, hasta la fecha solo se han descrito alrededor de 150.000 especies de hongos, y se cree que estos organismos abarcan una diversidad mucho mayor (Hyde, 2022). El modo de vida fúngico se caracteriza por la obtención de nutrientes mediante digestión enzimática extracelular seguida de la absorción de los productos degradados y solubilizados mediante un sistema de células tubulares ramificadas: las hifas. El conjunto de hifas se denomina micelio. Bajo condiciones particulares surgen agregados de hifas con función reproductiva, que constituyen el cuerpo fructífero o esporoma. El esporoma permite la generación y dispersión de las esporas sexuales (meiósporas), y a su vez, la colonización de una amplia variedad de sustratos (Abraham, 2001; Webster & Weber, 2007). Dependiendo de su modo de nutrición, los hongos pueden clasificarse en saprobiontes, parásitos o simbioses mutualistas (Spiteller, 2015). Los hongos saprobiontes incluyen a todos los descomponedores en todo tipo de sustrato. Entre ellos se destacan los descomponedores de madera (xilófagos o lignívoros) los cuales se dividen en: (i) hongos de pudrición blanca, (ii) hongos de pudrición parda y (iii) hongos de pudrición blanda (Embacher et al., 2023). Existen otros grupos que se dividen en:

hongos que descomponen la hojarasca y hongos que habitan en el estiércol (coprofílicos) que también degradan la lignina (Blanchette, 1995; Liers et al., 2011). Entre ellos, los hongos de pudrición blanca son los únicos microorganismos en la naturaleza que pueden mineralizar eficazmente los componentes de la lignina, de modo que la madera en descomposición se vuelve blanca (Wang et al., 2021).

1.2 Las Hymenochaetaceae poroides (Hymenochaetales, Basidiomycota) del sur de Chile

La estrategia de vida dominante en los basidiomicetes del orden Hymenochaetales es la saprotrofia. La mayoría de las especies son degradadores de material lignocelulósico. Algunos colonizan árboles vivos, dificultando la distinción entre la saprotrofia y el parasitismo (Larsson et al., 2006). La familia Hymenochaetaceae está compuesta por 45 géneros y alrededor de 672 especies (Wang et al., 2021). Las especies de esta familia se caracterizan por presentar basidiocarpo anual o perenne, de color amarillo a marrón, resupinado a pileado, rara vez clavarioide, reacción xantocroica positiva e himenio liso suave. Poseen un sistema hifal monomítico a dimítico, ausencia de fíbulas y cistidios, por lo general con setas (“pelos”) himeniales hialinas a amarillentas o marrones, basidios claviformes a cilíndricos o anchamente elipsoidales con cuatro basidiosporas usualmente lisas, hialinas, amarillentas o marrones (Rajchenberg et al., 2019).

1.3 El género *Phylloporia* (Murrill, 1904)

Phylloporia (Murrill, 1904), uno de los géneros pertenecientes a la familia Hymenochaetaceae, está ampliamente distribuido alrededor del mundo. *Phylloporia* es morfológicamente diverso e incluye especies con basidiocarpo anual o perenne, de hábito resupinado, sésil o estipitado.

En cuanto a su micromorfología, presenta esporas elipsoides o subglobosas, raramente subcilíndricas, que en la mayoría de las especies no exceden los 5 μm de largo (Quin et al., 2014). La ausencia de setas himeniales y la presencia de basidiosporas abundantes, coloreadas y de pared gruesa son atributos diagnósticos para el género (Zhou, 2015).

1.4 Descripción taxonómica de *Phylloporia boldo* (Rajchenberg. & Pildain)

El holotipo de *Ph. boldo* presenta un basidioma perenne, pileado, flabelado o dimidiado, con el margen superior sulcado por bandas estrechas y anchas de márgenes velutinos, seguida de una superficie tuberculada de manera irregular.

Exhibe un contexto relativamente delgado y poros de 4 a 5,5 por mm. Posee un sistema hifal dimítico, hifas generativas septadas simples, hifas esqueléticas en su mayoría sin ramificaciones, sin setas. Las basidiosporas son anchamente elipsoides a subglobosas, de 5,17 a 6,05 μm por 4,29 a 4,95 μm , de pared gruesa. La pared se observa de color dorado en agua y de color marrón en solución de KOH (Rajchenberg et al., 2019). Los hongos de pudrición blanca, como *Ph. boldo*, son los degradadores de lignina más eficientes, debido a un proceso oxidativo enzimático extracelular compuesto por peroxidasas lignolíticas y oxidasas generadoras de H_2O_2 , con el presunto objetivo de facilitar el acceso a la celulosa y hemicelulosa, sus fuentes principales de carbono (Teunissen, 1999).

1.5 Localidad tipo, aspecto ecológicos y biogeográficos de *Phylloporia boldo* (Rajchenberg. & Pildain)

El primer registro de *Ph. boldo* se efectuó en el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH), en el borde costero de la Bahía de Concepción. El lugar constituye uno de los últimos relictos de vegetación nativa en el litoral de la zona costera de la Región del Bio-bío (Fuentes et al., 2017; Polymeris, 1995).

La composición vegetal natural del SNPH corresponde a una zona de transición entre la vegetación xerófila de clima mediterráneo de Chile central o bosque esclerófilo y la vegetación higrófila del sur de Chile o bosque húmedo perennifolio (Polymeris, 1995). En cuanto a su flora, cabe destacar la presencia de especies endémicas, de distribución restringida y en peligro de conservación como son *Pitavia punctata* (Pitao) y *Gomortega keule* (Queule) (Muñoz et al., 1996), entre otras. Desde el punto de vista faunístico posee sitios de nidificación de aves migratorias, además de la presencia de mamíferos como son *Dromiciops gliroides* (Monito del monte), *Myocastor coypus* (Coipo), especies también con problemas de conservación (MMA, 2022). Dentro de este ambiente de singulares características está inmerso *Phylloporia boldo*, en asociación específica con *Peumus boldus*.

Peumus boldus (Boldo), endémico de Chile, es un árbol de follaje persistente que alcanza hasta los 20 m de altura, de tronco corto de no más de 1 m de diámetro. Crece desde Limarí hasta la provincia de Osorno, en un rango altitudinal de 0 a 1500 msnm, siendo especialmente abundante desde Curicó hasta Biobío. Su carácter semixerófito le permite adecuarse a condiciones de sequía de diversa magnitud. Se ha observado que, en lugares donde ha sido talado, tiende a producir renuevos numerosos desde el tocón (Rodríguez-Ríos et al., 1983).

La vegetación de la región mediterránea de Chile, que va desde los 30 ° y los 39 °S. sufrió cambios profundos y repetitivos durante los ciclos glaciares e interglaciares del periodo Cuaternario (Armesto et al., 1995; Villagrán, 1995). Durante el “Último máximo glacial” (aproximadamente 20.000 años antes del presente) los casquetes glaciares cubrieron prácticamente la totalidad del territorio de Chile continental al sur de los 43 ° de latitud. La Cordillera de la Costa juega un rol determinante en relación a los patrones de distribución de la vegetación chilena. La antigüedad de su basamento, y su carácter de refugio debido al efecto regulador de la influencia oceánica sobre el avance de la cubierta de hielo, durante las extensas eras glaciares del Cuaternario (Villagrán & Armesto, 2005) son factores fundamentales de la biogeografía de Chile mediterráneo.

En el extremo sur de la zona mediterránea de Chile, particularmente en el rango costero, las condiciones climáticas permanecieron relativamente estables, permitiendo mantener la flora arbórea chilena durante los períodos glaciares, concentrando un gran número de especies con un alto grado de endemismo (Villagrán, 1995). La distribución actual de géneros y especies endémicas da cuenta de las áreas donde el bosque sobrevivió a las eras glaciares (Armesto et al., 1995). Durante el Holoceno temprano (8.000 – 4.000 años antes del presente) el retroceso de los casquetes glaciares posibilitó la expansión del rango de distribución del bosque esclerófilo hacia el sur, por lo que es posible hallar bosque de *Peumus boldus* en latitudes cercanas a los 40 °S.

1.6 Importancia ecológica de *Phylloporia boldo* dentro del Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén.

Los hongos saprobióticos cumplen importantes funciones en la biosfera, evitando la acumulación de materia orgánica vegetal muerta. Los hongos que pudren la madera son degradadores primarios de la lignina y son los únicos grupos de microorganismos capaces de mineralizar este producto vegetal que representa cerca del 25% de la materia orgánica removible en la biosfera (Huang et al., 2013; Kuhad & Ajay, 2007).

1.7 Importancia de este estudio

Este estudio sitúa al Reino Fungi en el centro de una investigación cuyo objetivo primordial es la conservación. Asimismo, se busca profundizar en la comprensión de los hongos, analizar su desarrollo, fenología, interacciones con su sustrato/hospedero y funciones dentro del ecosistema. La combinación de trabajo en terreno, centrado en la identificación y observación, resulta esencial para comprender la dinámica del paisaje, especialmente en el contexto del bosque esclerófilo del SNPH.

Phylloporia boldo, siendo un hongo singular y perenne, muestra una asociación exclusiva con *P. boldus*. Por ende, su estudio proporcionará una visión integral de las poblaciones de *P. boldus* dentro del SNPH, permitiendo identificar patrones de distribución y subrayar su importancia en el contexto del bosque esclerófilo. Este enfoque específico contribuye a una comprensión más profunda de las interacciones ecológicas y busca resaltar la relevancia de *Ph. boldo* como bioindicador clave en la salud y dinámica del ecosistema.

1.8 Rol de *Phylloporia boldo* como bioindicador

Los bioindicadores se utilizan para monitorear la estabilidad ambiental de un hábitat, comunidad o ecosistema, y se manifiestan a través de la biodiversidad observada en un área determinada (Hodkinson & Jackson, 2005; Mc, 1998; Parmar et al., 2016). Se considera que los hongos son más adaptables y sensibles a los cambios ambientales y a los factores estresantes que cualquier otro microorganismo. En condiciones desfavorables, los hongos muestran cambios morfológicos y fisiológicos y responden al estrés, lo cual es crucial para garantizar la salud, la supervivencia y la reproducción (Branco et al., 2022). Proporcionan información sobre el estado de un hábitat o ecosistema en términos de presencia, ausencia, abundancia, actividad, morfología, fisiología o comportamiento (Gerhardt, 2002; Pulleman et al., 2012). Los hongos pueden actuar como indicadores ecológicos y de biodiversidad. Por ejemplo, la diversidad de hongos se correlaciona con la destrucción del hábitat debido a la urbanización (Matsumura & Fukuda, 2013). Ochimaru y Fakuda compararon comunidades de hongos de áreas urbanas con rurales y reconocieron que la riqueza de especies y la aparición de hongos estaban interrelacionadas negativamente con la expansión de las áreas urbanas. Generalmente, los bioindicadores evalúan cualitativamente respuestas al estrés ambiental, mientras que los biomonitores, que también son bioindicadores, miden cuantitativamente una respuesta (Ochimaru & Fukuda, 2007). Sin embargo, el término “bioindicador” se utiliza como un término colectivo que se refiere a todas las respuestas bióticas a

tensiones ambientales (Holt & Miller, 2010).

Los bioindicadores actúan como señales de alerta temprana (Parmar et al., 2016), ya que proporcionan información sobre los aspectos cualitativos y mensurables del medio ambiente (Stankovic et al., 2014). Esta información se puede utilizar para formular inferencias o predicciones, identificar y significar efectos negativos o positivos sobre el medio ambiente y las estrategias de remediación. Las especies individuales como las comunidades de hongos se consideran bioindicadores potenciales debido a su sensibilidad, capacidad de supervivencia y tolerancia en un ambiente cambiante (Soares et al., 2022).

En cuanto al rol potencial que tiene *Ph. boldo*, principalmente es el de su importancia en cuanto a presencia, distribución y rol ecológico dentro del ecosistema del SNPH, al ser parte importante del ciclaje de nutrientes (ciclos biogeoquímicos), proporciona macro y micro nutrientes para las nuevas generaciones de plantas, además es un generador de hábitat para otras especies. Por otro lado, obtener muestras de *Ph. boldo* puede ser de gran ayuda en investigaciones que puedan surgir en un futuro, que tengan que ver, por ejemplo: con contaminantes en el aire, metales pesados, químicos, calidad de aire, entre otras. *Ph. boldo* está específicamente asociado a *P. boldus* (hospedero dependiente) y forma esporomas perennes, por lo cual su presencia/ausencia se puede monitorear durante periodos más largos.

1.9 Pregunta de investigación

¿Se puede utilizar la especie *Phylloporia boldo* como un bioindicador del estado de conservación del bosque esclerófilo del SNPH?

1.10 Hipótesis

El hongo lignícola *Phylloporia boldo*, se reproduce con mayor frecuencia y abundancia en arboles hospederos que se encuentran en lugares de poca intervención, por lo cual representa un potencial indicador para el estado de conservación del bosque esclerófilo costero.

1.11 Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

- Monitorear presencia y abundancia de esporomas de *Ph. boldo*, así como su contexto ecológico en el bosque esclerófilo e hidrófilo del Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH).

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar un censo de esporomas de *Ph. boldo* dentro y fuera del SNPH, con distintos grados de intervención.
- Caracterizar hábitat y sustrato de *Ph. boldo*.
- Determinar requisitos de protección/conservación de *Ph. boldo* y su entorno.

II. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio

El Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH) está ubicado en la Región del Biobío, Provincia de Concepción, Comuna de Hualpén, ($36^{\circ}47' S - 73^{\circ}10' O$), el cual comprende 2,662 hectáreas de superficie con presencia de uno de los últimos bosques esclerófilos e hidrófilos que quedan en Chile.

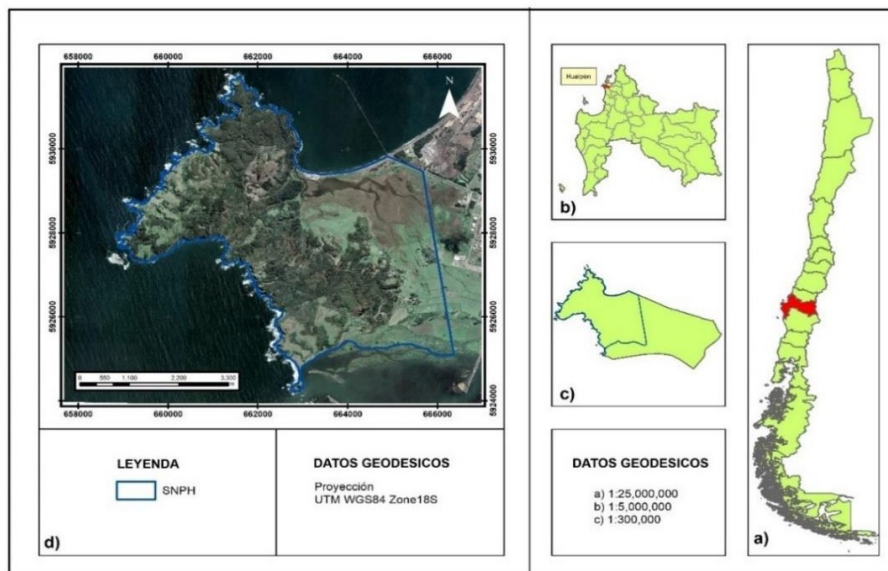


Figura 1. a) Zona geográfica del país Chile categorizado en regiones, Región del Biobío resaltado en rojo. b) Comuna de Hualpén en la provincia de Concepción. c) Ubicación del SNPH dentro de la comuna de Hualpén, resaltado con borde azul. d) Imagen obtenida de Google Earth Pro, actualizado al año 2023, SNPH identificado con borde azul.

La composición vegetal del SNPH corresponde a una zona de transición entre la vegetación xerófila de clima mediterráneo de Chile central o bosque esclerófilo y la vegetación higrófila del sur de Chile o bosque húmedo perennifolio (Polymeris, 1995). En cuanto a su flora, cabe destacar la presencia de especies endémicas, de distribución restringida y en peligro de conservación como son *Pitavia punctata* Molina (En peligro) (MMA, 2024), *Gomortega keule* (En peligro) (MMA, 2024), *Citronella mucronata* (Vulnerable) (MMA, 2024), entre otras. A su vez, desde el punto de vista faunístico posee sitios de nidificación de aves migratorias, además de la presencia de mamíferos endémicos como son *Dromiciops gliroides* (Casi amenazada) (MMA, 2024), *Myocastor coypus* (Vulnerable) (MMA, 2024), *Lontra felina* (En peligro) (MMA, 2024), y Aves como: *Spheniscus humboldti* (Vulnerable) (MMA, 2024), *Spheniscus magellanicus* (Preocupación menor) (IUCN, 2020).

El SNPH conserva atributos de la biodiversidad de importancia para la conservación y comunidad, tales como: Humedal Lengua, Laguna Verde, playas turísticas, sitios geológicos/arqueológicos, historia indígena, migración de aves (sitios de nidificación), alimentos provenientes de flora o fungi, servicios ecosistémicos de regulación, aprovisionamiento y cultural. Además, se realizan diversas investigaciones relacionadas a distintas temáticas, como por ejemplo la

relación entre especies fúngicas de una especie invasora (*Salix babylonica*) y el bosque nativo esclerofilo de la Estación biológica (Palfner et al., 2022). Actualmente el SNPH presenta amenazas como: cambio de uso de suelo, contaminación, expansión urbana, especies invasoras, turismo y cambio climático. Estas amenazas generan un deterioro del hábitat, fragmentando y disminuyendo los parches de bosque nativo del SNPH, el enfoque de este proyecto de investigación, ha sido trabajar en estos parches y en específico dentro del Parque Pedro Del Rio Zañartu (PPRZ) localizado en la zona sur del SNPH y compararlos con un parche en específico, que se encuentra fuera del SNPH.

2.2 Tipo de muestreo

El tipo de muestreo utilizado fue de tipo estratificado, dividiendo la población de *Peumus boldus* en subgrupos homogéneos denominadas “parcelas”, y luego seleccionando muestras de cada parcela para garantizar una representación adecuada de las diferentes condiciones o características en el estudio. En este caso, se definieron parcelas con presencia dominante de *P. boldus* y se ordenaron según el nivel de intervención humana y de especies exóticas e invasoras.

2.3 Parcelas de muestreo

Este proyecto busca comprender el estado del bosque y también la dinámica presente en el ecosistema. Para comprender esta dinámica, se trabajó en diferentes coberturas de suelo, además se compararon parcelas de 400 metros cuadrados (0,4 hectáreas), para ello se decidió escoger 9 parcelas de muestreo. Estas fueron ordenadas de mayor a menor según el grado de intervención que presentan, siendo 9 el más intervenido y 1 el menos intervenido. El grado de intervención se otorga según las amenazas, cercanía a coberturas exóticas, contaminación y demanda de uso público.

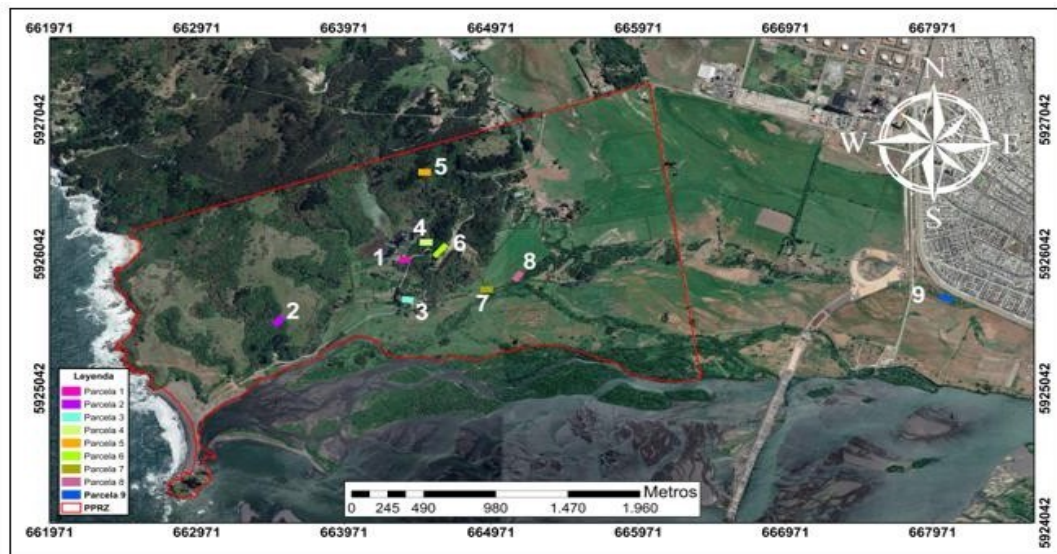


Figura 2. En total se escogieron 9 parcelas de muestreo, ordenados de mayor a menor según el grado de intervención, siendo 9 el número mayor y más intervenido.

Tabla 1. Valores por parcela, de datos geográficos y parámetros relacionados a grado de intervención.

Parámetros de intervención / Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estatus de conservación observado	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Frecuencia estimada de ingreso de personas	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Alta	Baja	Baja	Alta
Frecuencia estimada de ingreso de animales domésticos	Nula	Nula	Nula	Nula	Medio	Alta	Alta	Alta	Alta
Frecuencia estimada de tala de arboles	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Medio	Medio	Alta
Frecuencia/abundancia de flora exótica/invasora	Baja	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alta
Evidencia de contaminación	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Medio	Medio	Medio	Alta
Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos)	.36°47'50.52"S 73°9'27.37"O	.36°48'6.46" S 73°10'0.90" O	.36°48'0.9"S 73°9'25.7" O	.36°47'6.91"S 73°9'22.11"O	.36°47'0.09"S 73°9'21.99"O	.36°47'4.9.02"S 73°9'18.18"O	.36°47'5.7.93"S 73°9'4.17"O	.36°47'54.42" S 73°8'57.04"O	.36°47'58.39" S 73°6'58.49"O
Superficie (hectáreas)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

2.4 Coberturas de uso de suelo

Para guiar el trabajo de manera espacialmente explícita se utilizó información del año 2015 proveniente del trabajo realizado por el EULA (Universidad de Concepción) en el cual se generó información relacionada a las coberturas del SNPH, identificando biotopos específicos del territorio. Esta información fue trabajada en el programa ArcMap 10.8, en el cual se desarrolló el análisis, identificando de manera más completa la riqueza de especies de cada polígono y su distribución, esto ayudó a entender la estructura del bosque y el tipo de uso de suelo asociado a cada parche presente en los sitios de muestreo.

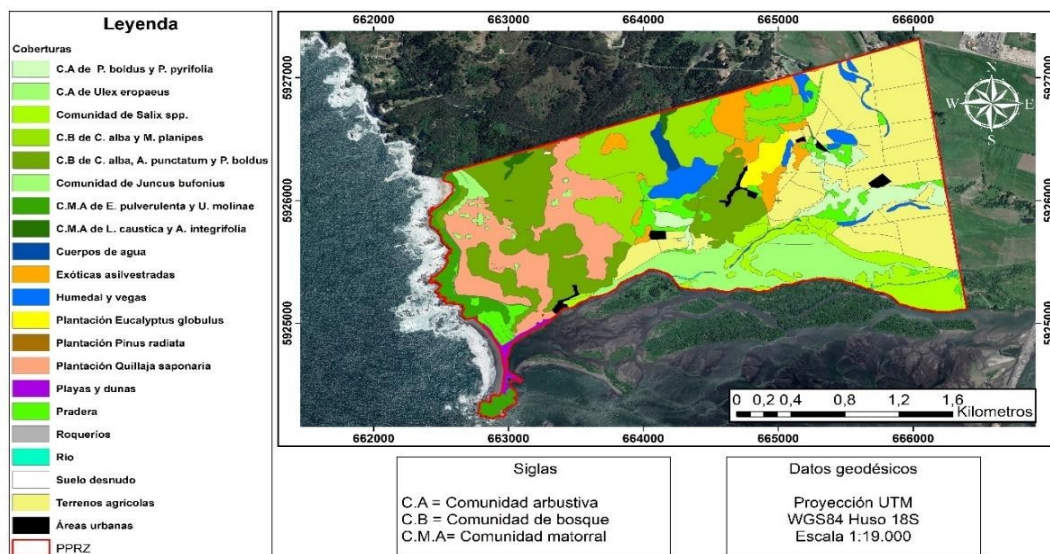


Figura 3. Parque Pedro Del Rio Zañartu (PPRZ), con las coberturas de uso de suelo asociadas.

2.5 Parámetros de muestreo

Los parámetros que se evaluaron en los muestreos de cada salida de terreno fueron los siguientes:

- Individuos de *P. boldus* con presencia de *Ph. boldo* (GPS).
- Individuos de *P. boldus* sin presencia de *Ph. boldo* (GPS).
- Diámetro de tronco, “diámetro altura pecho” (DAP) (huincha diamétrica) (centímetros).
- Altura de individuos de *P. boldus* (hipsómetro) (metros).
- Cobertura de dosel de individuos de *P. boldus* (metros).
- Confirmación de esporomas de *Ph. boldo* en tronco vivo o muerto (observación).
- Abundancia de esporomas de *Ph. boldo* por árbol (observación).
- Orientación de esporomas de *Ph. boldo* (brújula) (puntos cardinales).
- Longitud de esporomas de *Ph. boldo* (huincha) (centímetros).
- Altura a la que se encuentra los esporomas de *Ph. boldo* desde la superficie (huincha) (centímetros).

2.6 Taxonomía de *Phylloporia boldo* e imágenes

Reino: Fungi

Phyllum: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Hymenochaetales

Familia: Hymenochaetaceae

Género: *Phylloporia*

Especie: *Phylloporia boldo*



Figura 4. Esporomas de *Ph. boldo*.

2.7 Recopilación de datos

Las salidas a terreno se realizaron entre los meses de septiembre 2023 y diciembre 2023, favoreciéndose con la estación de primavera – verano presente entre esos meses, lo que aligeró el trabajo de muestreo debido a las condiciones climáticas favorables para el muestreo.

Después de realizar salidas a terreno y recopilar datos de cada parámetro de muestreo, se procedió a reunir la información, organizarla en tablas y mapas con el objetivo de facilitar la comprensión de las estadísticas relacionadas a promedio, abundancia y parámetros fenológicos. Este enfoque se complementa mediante una perspectiva espacial de las coberturas de uso de suelo del SNPH. Para el análisis de datos satelitales, se emplearon herramientas como Google Earth Pro y ArcMap 10.8, mientras que Excel se utilizó para la generación de gráficos y el análisis de datos recabados durante los muestreos.

III. RESULTADOS

3.1 Frecuencia y abundancia de *Phylloporia boldo* en los sitios de muestreo.

En las siguientes figuras podemos observar el lugar específico en donde se encuentran ubicados los individuos de *P. boldus* que fueron muestreados y sus respectivas parcelas, se identifican con colores distintos los individuos que si presentan esporomas de *Ph. boldo* (rojo) y los individuos que no presentan esporomas de *Ph. boldo* (celeste). Los datos detallados se encuentran en la tabla 3 (anexo).



Figura 5. Individuos de *P. boldus* parcela 1.

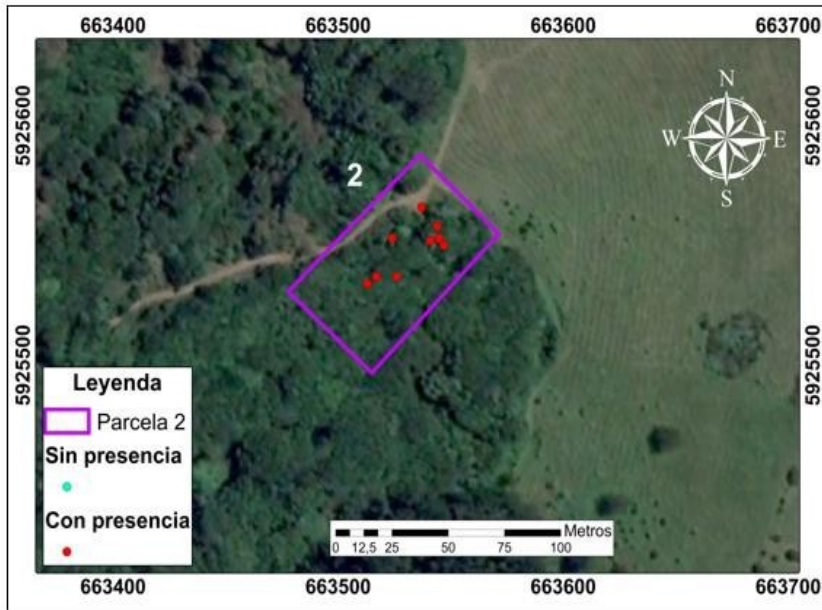


Figura 6. Individuos de *P. boldus* parcela 2.



Figura 7. Individuos de *P. boldus* parcela 3

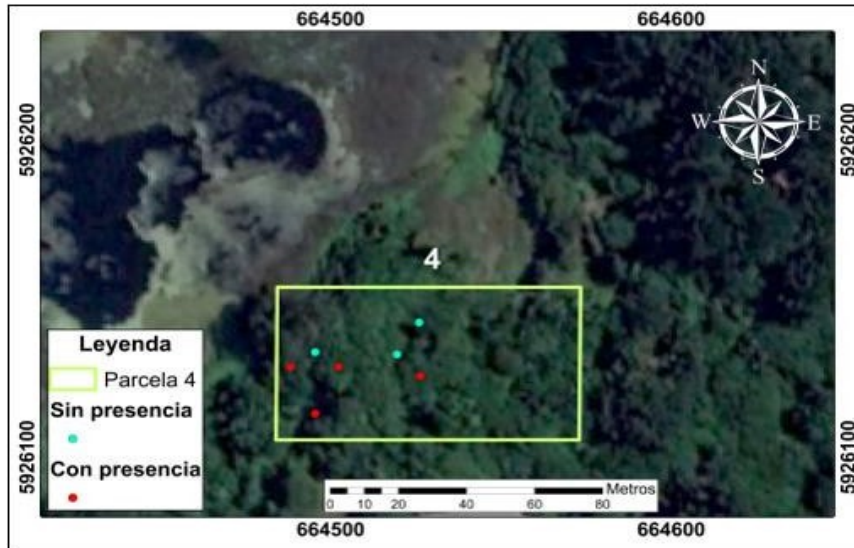


Figura 8. Individuos de *P. boldus* parcela 4.

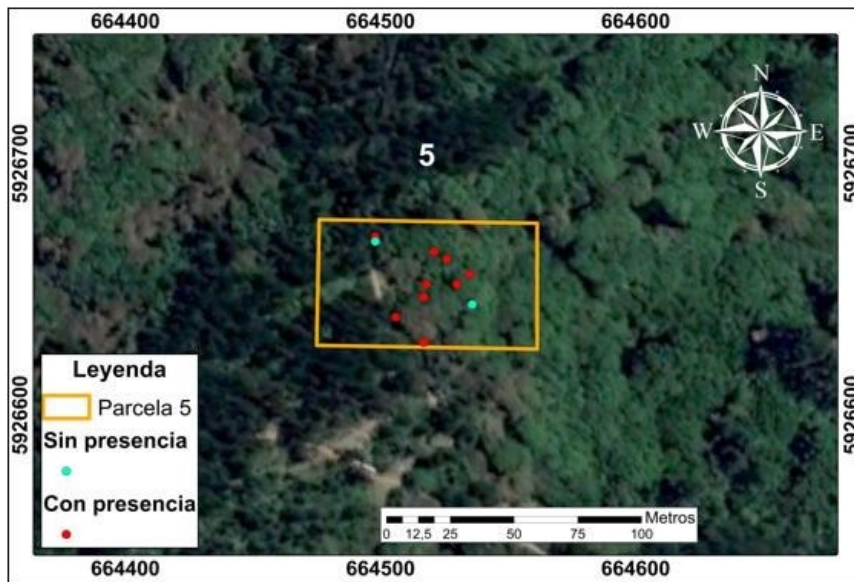


Figura 9. Individuos de *P. boldus* parcela 5.

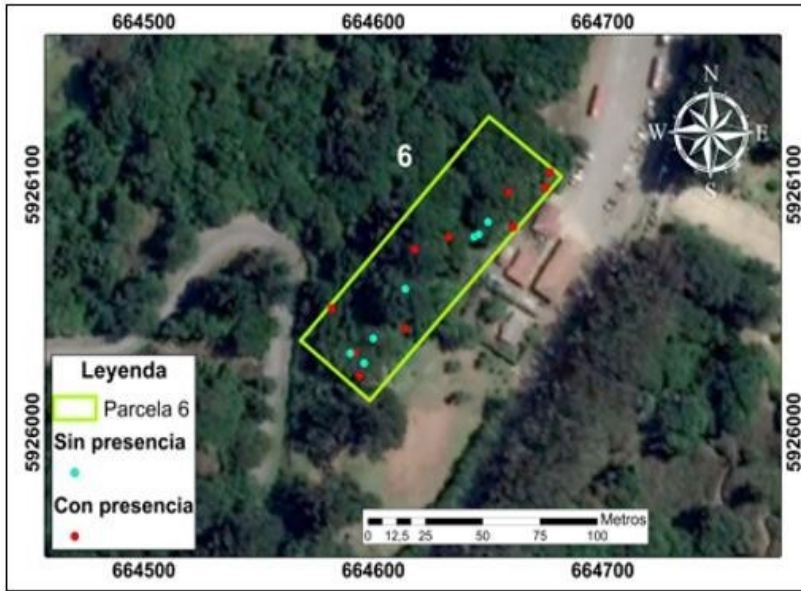


Figura 10. Individuos de *P. boldus* parcela 6.



Figura 11. Individuos de *P. boldus* parcela 7

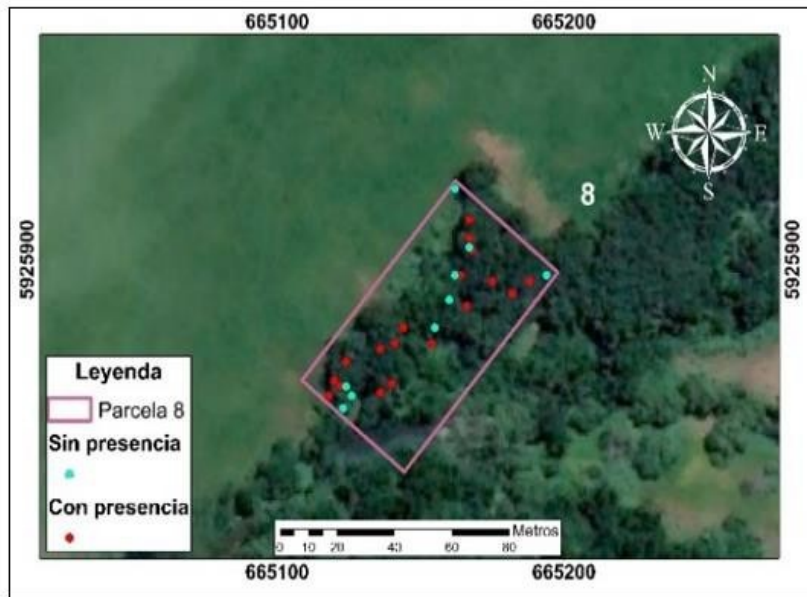


Figura 12. Individuos de *P. boldus* parcela 8.

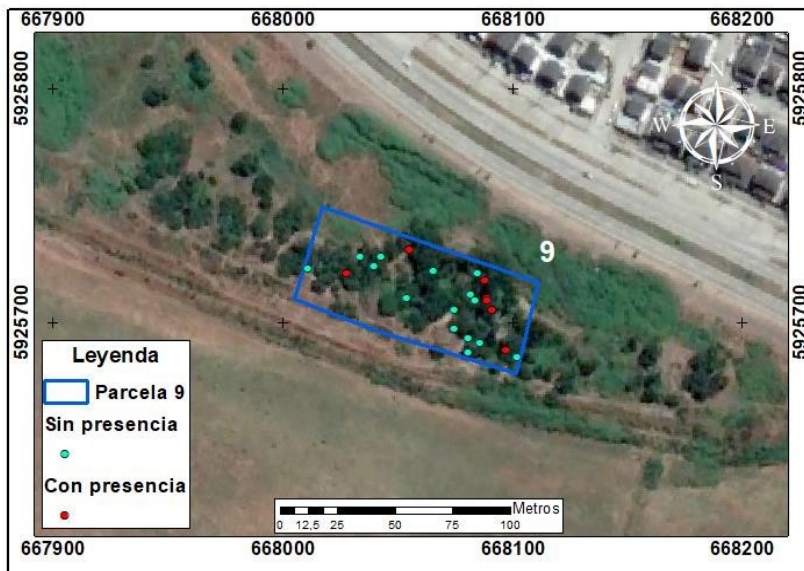


Figura 13. Individuos de *P. boldus* parcela 9.

En total se muestrearon 134 (100%) individuos de *P. boldus*, de los cuales 86 (64,18%) individuos presentan esporomas de *Ph. boldo* y 48 (35,82%) individuos de *P. boldus* no presentaron esporomas de *Ph. boldo*. En la Tabla 2 se calcularon los valores y se ordenaron por grado de intervención/parcela.

Tabla 2. Valores por parcela, relacionado a abundancia de *P. boldus* y *Ph. boldo*.

Parámetros \ Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estatus de conservación	A	A	M	M	M	M	M	B	B
Abundancia de individuos de <i>P. boldus</i>	16	9	8	7	11	17	17	27	22
Abundancia de individuos de <i>P. boldus</i> con presencia de esporomas de <i>Ph. boldo</i>	16	9	5	4	9	10	8	18	7
Abundancia de individuos de <i>P. boldus</i> sin presencia de esporomas de <i>Ph. boldo</i>	0	0	3	3	2	7	9	9	15
Porcentaje de individuos colonizados por <i>Ph. boldo</i> (%)	100	100	62	57	81	58	47	66	32

Cantidad de esporomas de *Ph. boldo* de *Ph.* 98 13 7 5 12 14 13 28 7

Promedio de esporomas de *Ph. boldo* por individuo colonizado de *P. boldus* 6,1 1,4 1,4 1,25 1,3 1,4 1,6 1,5 1

A: alto, M: medio, B: bajo

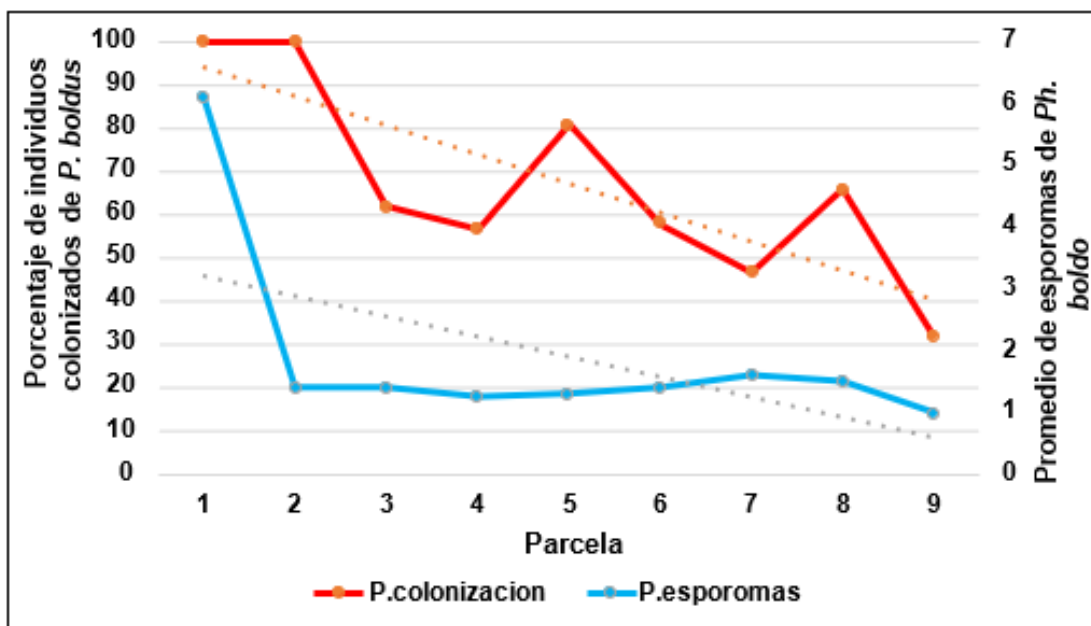


Figura 14. Relación porcentaje de colonización en *P. boldus* y promedio de esporomas de *Ph. boldo* por árbol.

La grafica demuestra que tanto el porcentaje de colonización como el promedio de esporomas tienden a disminuir mientras el grado de intervención aumenta.

De un 100% de individuos de *P. boldus* colonizados en la parcela 1, bajó a un 32% de colonización en la parcela 9. EL promedio de esporomas en condiciones favorables fue de 6,1 esporomas por árbol en la parcela 1, este promedio bajó a 1 esporoma por árbol en la parcela 9. Mientras mayor es la intervención, menor es el porcentaje de individuos de *P. boldus* colonizados y promedio de esporomas de *Ph. boldo*.

3.1.1 Confirmación de esporomas de *Phylloporia boldo* en tronco vivo o muerto

Los esporomas de *Ph. boldo* exhibieron una marcada presencia en troncos vivos, identificando 85 casos, representando el 98,84% del total. En contraste, se evidenció una considerable disminución en la frecuencia de esporomas en troncos muertos, con la identificación de tan solo 1 caso, equivalente al 1,16% del total.

3.1.2 Caracterización de pudrición de *Phylloporia boldo*

El único ejemplar muerto de *P. boldus* ubicado en la parcela 9 (N°4) confirmó la caracterización de la pudrición atribuible a *Ph. boldo*, estableciendo una conexión directa entre la pudrición y el duramen del tronco de *P. boldus*. La pudrición del duramen se caracteriza por ser un proceso gradual, lo que explicaría por qué los individuos más longevos de *P. boldus* exhiben una mayor abundancia de

esporomas de *Ph. boldo*. Además, este hallazgo contribuyó a comprender la capacidad de *P. boldus* para generar rebrotes desde el tocón, indicando que, a pesar de ser parasitado por *Ph. boldo*, logra “mantener” su longevidad y desarrollar nuevos brotes en proximidad al tronco parasitado.



Figura 15. Muestra en la que se verificó la pudrición de duramen.

3.2 Correlaciones entre la frecuencia y abundancia de *Phylloporia boldo* y parámetros biométricos de su hospedero.

3.1.3 Diámetro de tronco de *Peumus boldus*

En total se censaron 197 esporomas de *Ph. boldo* en 86 individuos de *P. boldus*. Los resultados demuestran que la presencia de esporomas de *Ph. boldo* es más probable en troncos con diámetros entre 31 cm y 60 cm. La mayor cantidad de esporomas de *Ph. boldo* se encontró en individuos de *P. boldus* con diámetros entre 76 cm y 91 cm ubicados en su mayoría en la parcela 1. El árbol con 90,7 cm de diámetro fue el que más presentó esporomas de *Ph. boldo* con un total de 27 esporomas, este individuo de *P. boldus* se encuentra en la parcela 1, inmerso dentro de la Estación Biológica Universidad de Concepción, cercano a Laguna Verde en donde se realizó la primera descripción del hongo. No se encontró esporomas de *Ph. boldo* en troncos con DAP menor a 16 cm.

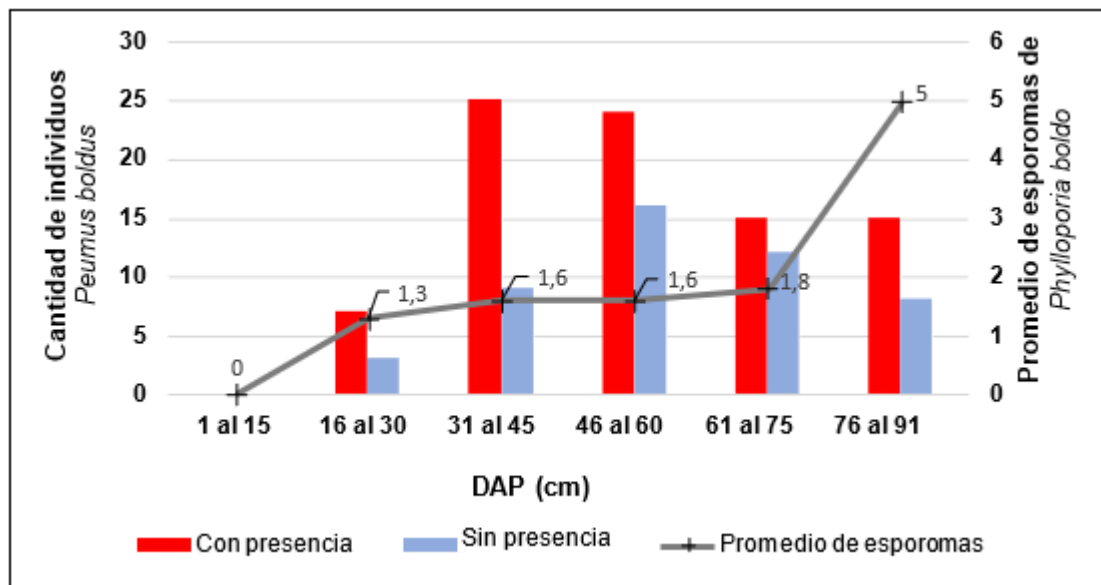


Figura 16. Cantidad de individuos de *P. boldus* colonizados por *Ph. boldo* según el rango de “diámetro altura pecho” (DAP), y promedio de esporomas de *Ph. boldo* según rango de diámetros de individuos de *P. boldus*.

3.1.4 Cobertura de dosel

Se deduce que la cobertura de dosel desempeña un papel significativo en la presencia y abundancia de esporomas de *Ph. boldo*. La cobertura de dosel genera un microambiente sombreado que propicia condiciones de humedad indispensable para el desarrollo óptimo del hongo. Se evidencia una cobertura de dosel de 10 m la cual exhibe la mayor abundancia de esporomas de *Ph. boldo*. Estos especímenes de *P. boldus* están predominantemente distribuidos en la parcela 1 y presentan una estrecha correlación con las características del suelo

tipo húmedo, la proximidad al humedal y cuerpo de agua de Laguna Verde. Esto refuerza la influencia positiva de los metros de cobertura del dosel en los individuos de dicha parcela.

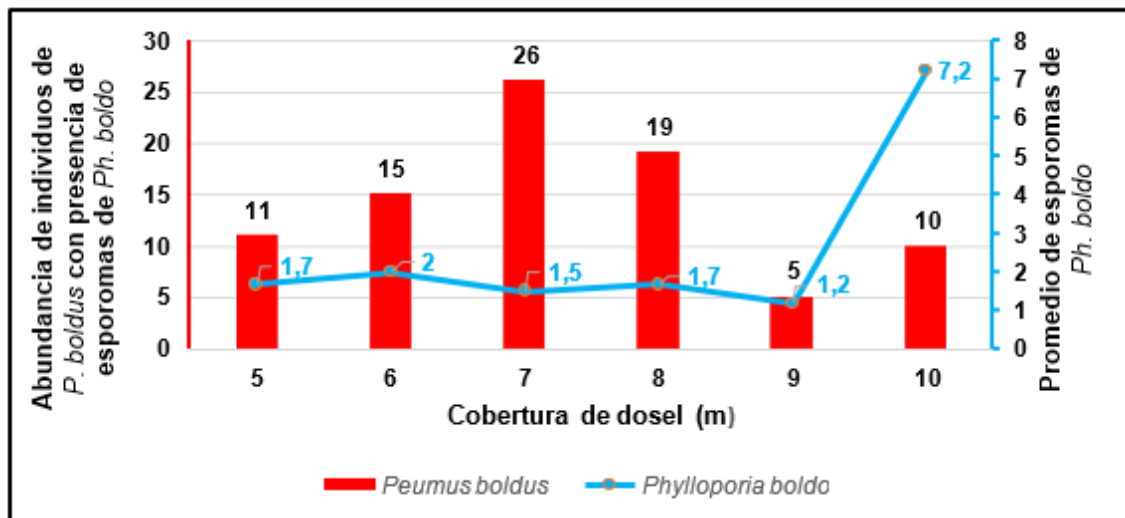


Figura 17. Relación cobertura de dosel de *P. boldus* y promedio de esporomas de *Ph. boldo*.

3.1.5 Altura de *Peumus boldus*

Se puede deducir del gráfico, que las alturas a las cuales se pueden observar esporomas de *Ph. boldo* oscilan mayoritariamente en individuos con altura entre 4 y 9 metros. Entre los 7 y 9 metros se concentraron la mayor cantidad de individuos de *P. boldus* con 52 (65,11%) individuos muestreados y la mayor abundancia de esporomas de *Ph. boldo* con 102 (51,77%) esporomas

muestreados.

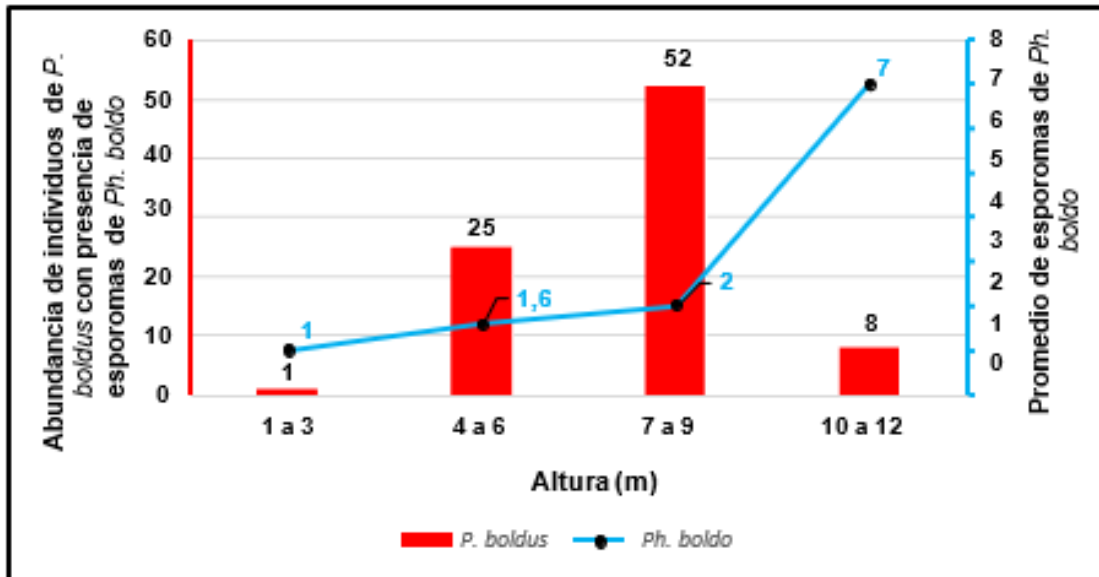


Figura 18. Relación entre altura de *P. boldus* y promedio de esporomas de *Ph. boldo*.

3.1.6 Orientación de ejemplares de *Phylloporia boldo*

La orientación de los esporomas de *Ph. boldo* presenta una variabilidad considerable, careciendo de una dirección única definida, esta orientación se definió respecto hacia que punto cardinal apunta el esporoma y relacionando con el aporte a humedad. Esta diversidad se atribuye a las curvas topográficas del SNPH, así como las corrientes oceánicas que ejercen influencia sobre la humedad y la circulación del aire en el bosque, manifestándose desde diversas

perspectivas. Este fenómeno está directamente relacionado con la cobertura del dosel, observándose que la mayoría de los esporomas se ubican predominantemente bajo el dosel. La presencia de este dosel incide en la intensidad y duración de la penetración de los rayos solares en el bosque, disminuyendo la temperatura ambiental y garantizando que el tronco de *P. boldus* pueda recibir una humedad abundante y constante tanto del suelo como del aire. Por ende, el aporte de humedad se relaciona con el tronco, el suelo y el aire, vinculados a los esporomas de *Ph. boldo*, evidencia entregada según orientación.

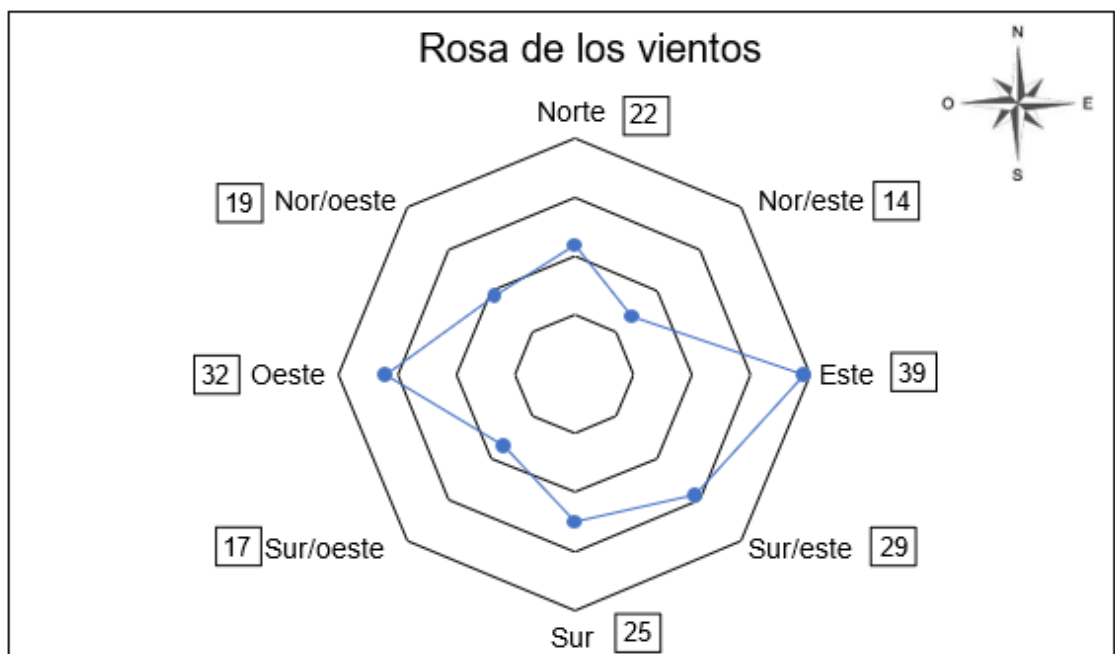


Figura 19. Orientación de esporomas de *Ph. boldo*.

3.1.7 Longitud de ejemplares de *Phylloporia boldo*

Las mediciones de longitud para cada esporoma de *Ph. boldo* se distribuyeron predominantemente en el rango de 6 cm a 10 cm, con 90 esporomas, representando al 45,68% del total. Sin embargo, se registraron esporomas de mayor longitud, específicamente en el rango de 21 cm y 25 cm, aunque en menor cantidad, con 5 esporomas que representan el 2,53% del total. La tabla 3 evidencia que los esporomas de mayor longitud se concentran en la parcela 1. Al vincular esta observación con los diámetros de tronco y la cantidad de esporomas, se verifica que la parcela 1 mantiene condiciones más propicias para el crecimiento en longitud del esporoma de *Ph. boldo*. Esta tendencia, particularmente evidente en la parcela 1, sugiere una correlación sustancial con factores ambientales, destacando la humedad como un componente crucial. Estos resultados respaldan la noción de que la longitud del esporoma de *Ph. boldo* puede funcionar como un bioindicador sensible de las condiciones hídricas predominantes en las parcelas.

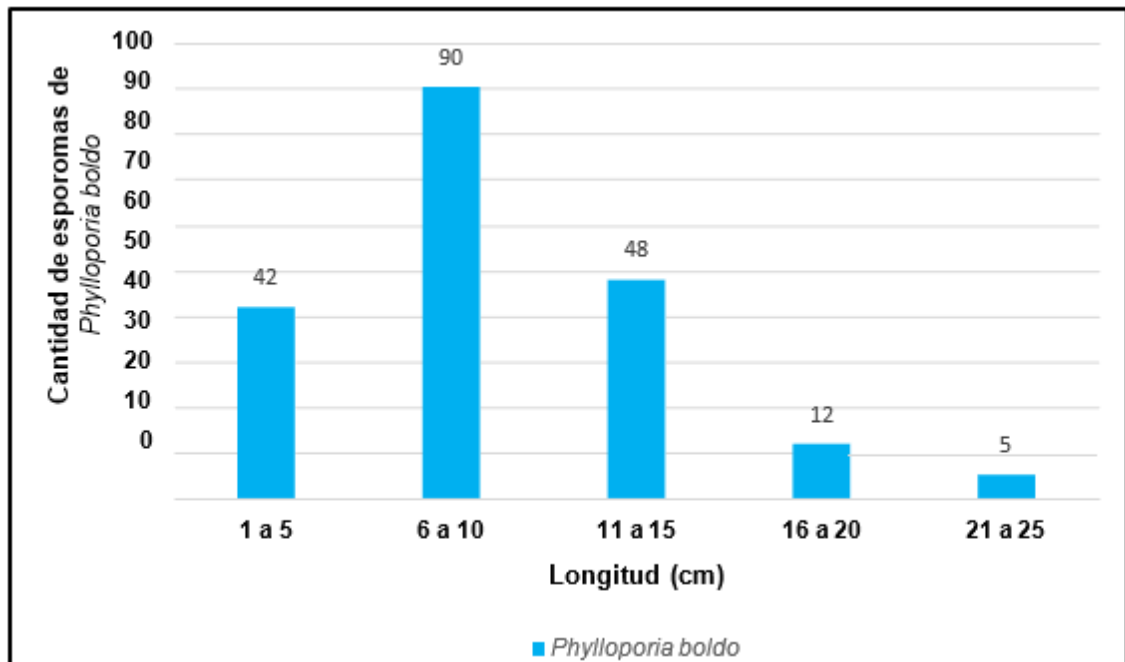


Figura 20. Longitud de los 197 esporomas muestreados de *Ph. boldo*.

3.1.8 Altura de ejemplares de *Phylloporia boldo* desde la superficie

La altura máxima y mínima registrada para especímenes de *Ph. boldo* correspondió a 2 esporomas localizados en la parcela 1, específicamente en el individuo de *P. boldus* No° 79. La altura máxima se alcanzó en los 500 cm (5 m), mientras que la mínima fue de 3 cm.

Aunque *Ph. boldo* muestra una preferencia por alturas comprendidas entre 1 cm y 100 cm, se evidencia una variabilidad significativa en las alturas, careciendo de una medida establecida. La altura de los esporomas depende del periodo de

colonización de *Ph. boldo* en el árbol, así como de las condiciones de humedad del suelo y del aire. Por consiguiente, la diversidad de altura y los valores más elevados se observaron en los individuos de *P. boldus* de la parcela 1, caracterizada por una menor intervención.

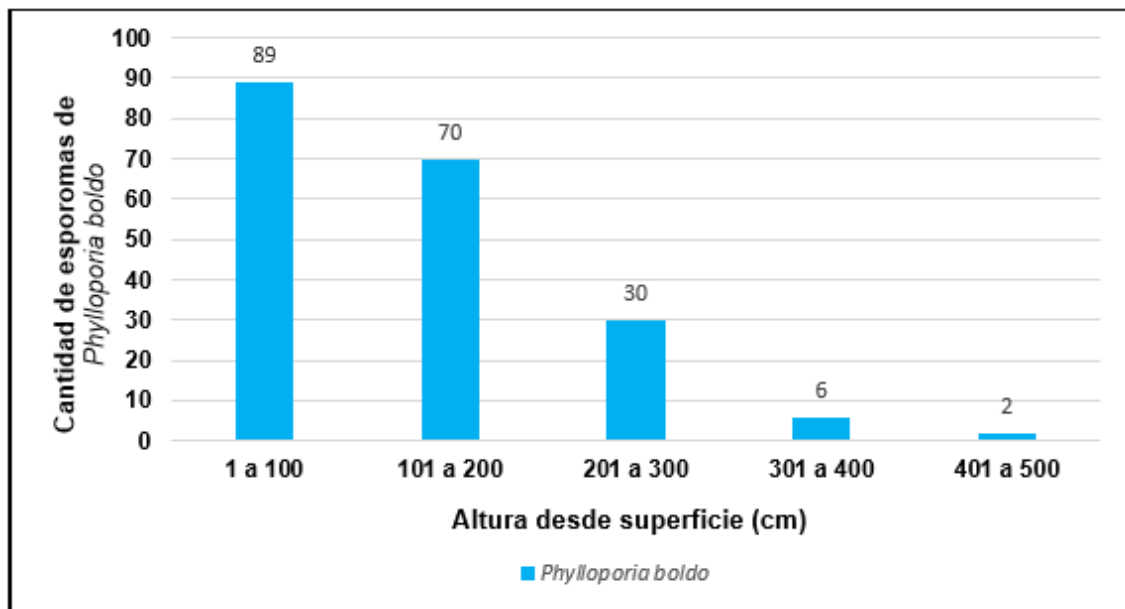


Figura 21. Alturas desde la superficie a las que se encontró esporomas de *Ph. boldo*.

3.3 Descubrimiento

El descubrimiento en la parcela 9, trata sobre la interacción ecológica entre *Acanthinodera cummingii* (madre de la culebra) y *Ph. boldo*, es un hallazgo que demuestra la importancia que tiene *Ph. boldo* dentro de un ecosistema que se

encuentra en un contexto desfavorable pero que, a pesar de ello, puede convertirse en hábitat para diversas especies.



Figura 22. Secuencia de *Acanthinodera cummingii* interactuando con *Ph. boldo* y *P. boldus*.

Además del descubrimiento de esta interacción, se presume que la presencia de musgos y algunos líquenes adheridos al sombrero de *Ph. boldo* podría motivar una investigación adicional relacionada con la caracterización de estos musgos y líquenes como potenciales bioindicadores de humedad, con posible conexión a *Ph. boldo*. Dado que se desconocen las especies específicas adheridas, su distribución por parcela y su relación con *Ph. boldo*, esta información no se incluye en la presente investigación. Sin embargo, abre la puerta para futuras investigaciones que podrían profundizar en este aspecto y ofrecer una comprensión más completa de la interrelación entre *Ph. boldo* y otros organismos

en su entorno.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Comparación datos entre parcelas

La parcela 9, situada entre el puente industrial y la población de Hualpén, constituye un fragmento aislado de bosque nativo que alberga especies como *Peumus boldus* (boldo), *Lithraea caustica* (Litre), *Luma apiculata* (Arrayán), y *Maytenus boaria* (Maitén). Esta parcela enfrenta amenazas en aumento derivadas de la intervención y fragmentación de origen antrópico. No obstante, se ha observado la presencia de esporomas de *Ph. boldo*, representando el 3,65 % del total de esporomas en el estudio. La relación de 7 esporomas por cada 7 individuos de *P. boldus* con la presencia de *Ph. boldo* indica que los esporomas de *Ph. boldo* se manifiestan en lugares con una intervención significativa. Sin embargo, al comparar con las parcelas dentro del SNPH, la presencia/abundancia en la parcela 9 son notablemente inferiores. Esto indica que la variabilidad en la presencia y abundancia de esporomas de *Ph. boldo* está directamente relacionada con el grado de intervención del entorno. En el caso de la parcela 9, la tasa de colonización se sitúa en un 31,81%, mientras que en la parcela 1, caracterizada por el mínimo grado de intervención, presenta tasa de colonización de 100%.

A pesar de contar con un mayor número de individuos de *P. boldus*, la parcela 8 exhibe una marcada disparidad con respecto a la parcela 1 en cuanto a la abundancia de esporomas de *Ph. boldo*. La parcela 8 representa tan solo un 13,70% del total de esporomas, mientras que la parcela 1 contribuye significativamente más, con un 49,23% del total de esporomas. Este contraste evidencia de manera clara que la presencia de árboles infectados no se correlaciona necesariamente con una abundancia elevada de esporomas, subrayando el carácter de *Ph. boldo* como bioindicador de humedad y definiendo las zonas más adecuadas para su desarrollo.

Un aspecto adicional que merece consideración, conforme se muestra en la Tabla No. 1, es la cantidad de individuos de *P. boldus* que no han sido colonizados por *Ph. boldo*. Se nota un incremento en la cantidad de *P. boldus* sin presencia de esporomas de *Ph. boldo* a medida que el grado de intervención ambiental aumenta.

Es relevante destacar que la parcela 9 ha proporcionado datos cruciales para profundizar en la comprensión de la relación entre *Ph. boldo* y la humedad presente en el suelo y el aire. La totalidad de los esporomas en esta parcela se encontraron a alturas inferiores a 200 cm, lo que indica que la humedad disponible no es abundante y no favorece completamente el desarrollo de *Ph*

boldo en este entorno. Este descubrimiento subraya la importancia del factor hídrico en la ecología de *Ph. boldo* y su influencia en la colonización en *P. boldus*.

4.2 Relación entre factores ambientales y resultados

Phylloporia boldo es descomponedor de duramen, la humedad necesaria para que pueda desarrollarse proviene principalmente del interior del tronco de *P. boldus*, favoreciendo la proliferación de esporomas en cavidades que se generan en el tronco del árbol. La comuna de Hualpén se encuentra inmersa en un clima mediterráneo costero, el aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones no es un impedimento para el desarrollo y reproducción de *P. boldus*, además, presenta aspectos fisiológicos de tolerancia a la deshidratación permitiendo sobrellevar el estrés (Penã-Rojas et al., 2018), esto favorece la sobrevivencia de *P. boldus* y, por ende, la sobrevivencia de *Ph. boldo*, el cual se observó generalmente bajo dosel y sin radiación directa. Se desconocen los valores de temperatura y humedad favorable para la sobrevivencia y mortalidad de esporomas de *Ph. boldo*. Para ser más precisos en cuanto a las poblaciones *Ph. boldo* en Chile se necesita saber más sobre su distribución, se propone verificar la presencia y abundancia de árboles colonizados por *Ph. boldo* en otras latitudes en Chile y actualizar la información. Esto verificará el tipo de clima idóneo para la existencia de *Ph. boldo*.

4.3 *Phylloporia boldo* como bioindicador

Los hongos son eucariotas muy diversos con distribución ubicua, abarcando desde ambientes extremos hasta bosques tropicales (Grossart et al., 2019). Por lo tanto, existe una alta probabilidad de que los hongos funcionen como bioindicadores eficientes en comparación con otros tipos de organismos en un ecosistema. Los hongos se encuentran entre los posibles microbios indicadores que podrían mostrar respuestas en tiempo real en un ambiente específico a través de bioacumulación, adsorción, biodegradación, biotransformación, respuestas moleculares y celulares, cambios en la diversidad y composición de la comunidad fúngica (Maurya & Pachauri, 2022). Con frecuencia se han utilizado plantas y animales como bioindicadores (Stankovic et al., 2014), recientemente, ha llamado mucho la atención el uso de microorganismos como bioindicadores. Sin embargo, la información sobre micoindicadores es relativamente menor. Esto se debe en parte a la falta de investigación micológica aplicada en todo el mundo a pesar de la importancia de la micología como una de las principales disciplinas científicas. Aspecto muy importante que aborda este proyecto de investigación es justamente el comprender de mejor manera el rol ecosistémico que cumplen los hongos, en este caso específico el hongo lignícola *Ph. boldo*.

Los ecosistemas exhiben un alto grado de complejidad debido a la naturaleza interconectada con diferentes componentes bióticos y abióticos. Por lo tanto, la

aplicación de micoindicadores puede resultar un desafío en proyectos regulares de biomonitoreo. La principal limitación del uso de micoindicadores es la falta de estudios y sistemas de referencia suficientes. En el caso de *Ph. boldo* la investigación regular puede suponer una ventaja en la obtención de datos y conclusiones del bienestar del ecosistema, debido a, el carácter perenne de esta especie, otorgando la posibilidad de monitorear durante todo el año y en distintas estaciones, beneficiando la comprensión de cambios en el bosque esclerófilo costero del SNPH y la dinámica de *P. boldus* asociado con esporomas de *Ph. boldo*.

Debido a sus especiales capacidades de absorción, los hongos que crecen en áreas contaminadas a menudo contienen mayores cantidades de metales tóxicos que los hongos que crecen en áreas no contaminadas (Škrbić et al., 2012). La contaminación por metales pesados se ha determinado mediante el uso de hongos como bioindicadores en diversas investigaciones (Borovička & Řanda, 2007; Škrbić et al., 2012; Tüzen et al., 1998). La utilización de esporomas de *Ph. boldo* como herramienta para identificar la presencia de metales tóxicos o pesados carece de estudios previos. Esta omisión adquiere vital importancia para la comuna de Hualpén y la provincia de Concepción, en consideración a los esfuerzos dirigidos a la protección de humedales y bosques costeros en la Región del Biobío. La presencia de diversos contaminantes derivados de actividades industriales enfatiza la necesidad de explorar esta

potencial aplicación de *Ph. boldo* como indicador de contaminación, aportando así a la gestión y conservación de los ecosistemas locales.

Los parámetros utilizados en esta investigación, sirvieron para comprender la ecología de *Ph. boldo* e información respecto a la dinámica que existe en el tronco hospedero, su relación con el ambiente y caracterización de pudrición. Si bien se buscó abarcar la mayor cantidad de información de *Ph. boldo*, faltó complementar con información asociada al microambiente de las parcelas, tales como: temperatura, humedad, curvas de nivel (altura). Esta información sería de vital importancia para comprender aún mejor los resultados obtenidos en este proyecto. Los resultados de esta investigación suponen la base de futuras investigaciones que ayudaran a profundizar en la utilización de *Ph. boldo* como bioindicador de calidad de hábitat y con el futuro objetivo de tomar decisiones más acertadas dentro del SNPH y lugares en donde se desee utilizar *Ph. boldo* como bioindicador.

Es importante considerar que la investigación de este proyecto puede ser complementada con investigaciones en paralelo, por ejemplo: los líquenes, siendo poderosos indicadores biológicos debido a sus sensibles propiedades fisiológicas. Los líquenes tienen una gran superficie y pueden absorber directamente agua, sustancias nutritivas y gases de la atmósfera (Zaghloul et al., 2020; Zarabska-Bożejewicz, 2020). Por tanto, los líquenes responden

rápidamente a los cambios físicos, químicos y biológicos de su hábitat. Muchas especies sobreviven temperaturas extremadamente bajas y condiciones ambientales muy duras. Hawksworth and Rose (1970) afirmaron que “los líquenes actúan como una prueba de fuego para la salud del ecosistema”. Los líquenes exhiben rasgos distintivos, entre los cuales se destacan su longevidad, amplia distribución, crecimiento lento, persistencia perenne, morfología uniforme, estructura superficial variada y gran rugosidad. Estas características los posicionan como bioindicadores altamente sensibles y tempranos. Su inclusión, juntos con los parámetros abordados en esta investigación, podría enriquecer significativamente las conclusiones sobre el estado de conservación del ecosistema en el SNPH, considerando la observación de presencia de líquenes y musgos sobre el sombrero de *Ph. boldo*.

V. CONCLUSIONES

Se evaluó el rol potencial del hongo lignícola *Ph. boldo* como bioindicador para la conservación, el área de estudio fue dentro del SNPH y cercano al SNPH. En base a lo anterior, se concluye que el potencial de *Ph. boldo* como bioindicador está relacionado directamente con la humedad y calidad del aire, las cuales pueden ser utilizadas para comparar sitios con distintos grados de intervención y temperatura. *Ph. boldo* es un hongo muy particular, el cual convive específicamente con el árbol hospedero *P. boldus*. Este al ser un hongo perenne, se convierte en una pieza clave dentro del ecosistema e importante para realizar proyectos de investigación del medio ambiente relacionado con contaminantes del aire o degradación del hábitat.

Efectivamente este hongo se desarrolla con mayor abundancia en sitios que son menos intervenidos y que presentan mayor humedad tanto del suelo como del aire. Se valida la hipótesis de este proyecto de investigación, ya que se comprueba la importancia que tiene el hongo lignícola *Ph. boldo* para la flora y fauna de su entorno, tanto como reciclador natural de lignina y su asociación a diversas especies de fauna, así como también es un indicador de la humedad ambiental, calidad del aire y entorno poco degradado, necesario para que el bosque esclerófilo e hidrófilo del SNPH se encuentre en un estado óptimo de conservación.

La especie *P. boldus* junto a *Ph. boldo* con esta investigación se consideran especies clave para el bosque esclerófilo costero del SNPH, se observó que estas especies son resilientes y generan dinamismo dentro del bosque, por diversos aspectos de *P. boldus* como: capacidad de rebrote, abundancia relativa, asociación a hongo lignícola perenne, interacción con especies de flora en su corteza (trepadoras, helechos, epifitas, musgos, líquenes), contribución a polinizadores, fruto comestible, entre otras que se puedan identificar. El hongo lignícola *Ph. boldo* es muy importante dentro de los ciclos del bosque, ya que, al degradar la lignina de *P. boldus*, puede crear oportunidades para la biodiversidad del SNPH, ya sea aves rapaces, reptiles, insectos o pequeños mamíferos como *Dromiciops gliroides* (monito del monte), esto gracias a la capacidad de deformación del tronco, por medio del actuar del hongo, propiciando cuevas y agujeros que pueden ser utilizados como hábitat.

Este tipo de investigaciones enriquece el conocimiento que se tiene sobre los hongos y su rol ecosistémico, los cuales no solo tienen importancia como descomponedores, también ejecutan labores silenciosas como ser el hogar de un insecto, ser la conexión entre el árbol y el suelo, o hasta el hecho de ser carismáticos para el ser humano, incentivando la conservación, protección y aprendizaje de los territorios que habitamos.

Se recomienda en un futuro, seguir investigando más a este hongo, saber exactamente la distribución de ejemplares de *Ph. boldo* en Chile, y realizar investigaciones que utilicen este hongo como bioindicador, identificar otras interacciones y asociación con especies de las que forma parte el hongo, por ejemplo: fauna, líquenes y musgos.

VI. GLOSARIO

Basidióspora: Espora exógena, propia de los basidiomicetos.

Cistidio: En Basidiomycetes, formación estéril del himenio, alterna con los basidios y suelen ser globosos. Células estériles pertenecientes a hifas que se localizan en el himenio.

Clavarioide: Un basidioma con forma de columnas simples o en grupos, sin o con ramificaciones, con un himenio liso, como en especies de Clavaria.

Claviforme: En forma de maza o clava, que se ensancha gradualmente hacia el ápice que es redondeado.

Dimítico: Sistema de hifas formado por hifas generativas (fértiles) e hifas esqueléticas envolventes (estériles).

Duramen: Parte más interna del tallo de los árboles, formada a partir de la albura, siempre presenta un color más oscuro, ya que es un tejido con células muertas, sin actividad conductora. Debido al color que éste puede presentar, se le conoce como “el corazón de la madera”.

Esporomas: Lo que vemos se llama esporomas, seta o callampa y es su parte reproductiva, aquella encargada de fabricar las esporas, que son como las semillas en las plantas.

Estipitado: Con estipe o pie.

Fíbula: Broche presente en un segmento de las hifas de un basidiomiceto.

Hifas y micelio: Cada hifa consiste en una o más células rodeadas por una pared celular tubular. Una masa de hifas compone el cuerpo de un hongo, que se llama un micelio (plural, micelios). Las hifas de la mayoría de los hongos se dividen en células mediante paredes internas llamadas septos (singular, septo).

Himenio: Parte fértil del carpóforo, donde se sitúan las ascas o basidios entremezclados con células estériles (paráfisis, cistidios). En hongos ascomicetes y basidiomicetes, es la parte fértil que está formada por hifas que forman ascos o basidios, y que están mezcladas con otras hifas estériles o paráfisis.

Lignina: La lignina es un heteropolímero que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas y provee rigidez estructural, así como resistencia a

la tensión y presión hídrica, además, confiere soporte a células especializadas en sostén y almacenamiento.

Monomítico: Sistema de hifas de una solo clase (hifas generativas) que originan estructuras fértiles.

Pileado: Fructificación con algún tipo de sombrero.

Resupinado: Cuerpo fructífero que crece plano sobre el sustrato, con el himenóforo en la cara exterior. Fijado por la parte superior del sombrero o enteramente aplicado al soporte.

Saprófito: Organismo heterótrofo que se nutre de materia orgánica en descomposición.

Septado: Provisto de septos o tabiques separadores.

Sésil: Que carece de pie, sentado. Organismo que vive fijado al sustrato.

µm: Una micra o micrómetro es otro submúltiplo de la unidad de medida, metro, y corresponde a una millonésima parte de dicha unidad.

Velutina: Superficie aterciopelada, con pelos cortos, compactos, finos y blandos.

Xantocroica: Dícese de la reacción de las hifas que se caracteriza por tornarse rápida y permanentemente negra con solución de KOH.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, W.-R. (2001, 06/01). Bioactive sesquiterpenes produced by fungi are they useful for humans as well. *Current medicinal chemistry*, 8, 583-606. <https://doi.org/10.2174/0929867013373147>
- Armesto, J., Villagrán, C., & Donoso, C. (1995). La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y Desarrollo*(1).
- Blanchette, R. A. (1995). Degradation of the lignocellulose complex in wood. *Canadian Journal of Botany*, 73(S1), 999-1010.
- Borovička, J., & Řanda, Z. (2007). Distribution of iron, cobalt, zinc and selenium in macrofungi [Article]. *Mycological Progress*, 6(4), 249-259. <https://doi.org/10.1007/s11557-007-0544-y>
- Branco, S., Schauster, A., Liao, H. L., & Ruytinx, J. (2022). Mechanisms of stress tolerance and their effects on the ecology and evolution of mycorrhizal fungi [Review]. *New Phytologist*, 235(6), 2158-2175. <https://doi.org/10.1111/nph.18308>
- Embacher, J., Zeilinger, S., Kirchmair, M., Rodriguez-R, L. M., & Neuhauser, S. (2023). Wood decay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment – A systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber [Review]. *Fungal Biology Reviews*, 45, Article 100305. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.100305>
- Fuentes, G., Cisternas, A., Valencia, G., Mihoč, M., Ruiz, E., Hasbún, R., Valenzuela, S., & Baeza, C. M. (2017). Taxonomic and genetic diversity of the priority site hualpen peninsula, región bío-bío, Chile. Implications for conservation [Article]. *Gayana - Botanica*, 74(1), 94-110. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432017005000112>
- Gerhardt, A. (2002). Bioindicator species and their use in biomonitoring. *Environmental monitoring*, 1, 77-123.
- Grossart, H.-P., Van den Wyngaert, S., Kagami, M., Wurzbacher, C., Cunliffe, M., & Rojas-Jimenez, K. (2019, 2019/06/01). Fungi in aquatic ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*, 17(6), 339-354. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0175-8>
- Hawksworth, D. L., & Rose, F. (1970). Qualitative scale for estimating sulphur

- dioxide air pollution in England and wales using epiphytic lichens [Article]. *Nature*, 227(5254), 145-148. <https://doi.org/10.1038/227145a0>
- Hodkinson, I. D., & Jackson, J. K. (2005). Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems [Review]. *Environmental Management*, 35(5), 649-666. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0211-x>
- Holt, E. A., & Miller, S. W. (2010). Bioindicators: Using organisms to measure environmental impact. *Nature education knowledge*, 3(10), 8-13.
- Huang, X. F., Santhanam, N., Badri, D. V., Hunter, W. J., Manter, D. K., Decker, S. R., Vivanco, J. M., & Reardon, K. F. (2013). Isolation and characterization of lignin-degrading bacteria from rainforest soils [Article]. *Biotechnology and Bioengineering*, 110(6), 1616-1626. <https://doi.org/10.1002/bit.24833>
- Hyde, K. D. (2022, 2022/05/01). The numbers of fungi. *Fungal Diversity*, 114(1), 1-1. <https://doi.org/10.1007/s13225-022-00507-y>
- IUCN. (2020). *Spheniscus magellanicus*. *The IUCN red list of threatened*. <https://www.iucnredlist.org/species/22697822/157428850#bibliography>
- Kramer, R., & Abraham, W.-R. (2011, 03/01). Volatile sesquiterpenes from fungi: What are they good for? *Phytochemistry Reviews*, 11(1), 15-37. <https://doi.org/10.1007/s11101-011-9216-2>
- Kuhad, R. C., & Ajay, S. (2007). *Lignocellulose biotechnology: future prospects*. I.K. International.
- Larsson, K. H., Parmasto, E., Fischer, M., Langer, E., Nakasone, K. K., & Redhead, S. A. (2006, Nov-Dec). Hymenochaetales: a molecular phylogeny for the hymenochaetoid clade. *Mycologia*, 98(6), 926-936. <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.6.926>
- Liers, C., Arnstadt, T., Ullrich, R., & Hofrichter, M. (2011). Patterns of lignin degradation and oxidative enzyme secretion by different wood- and litter-colonizing basidiomycetes and ascomycetes grown on beech-wood [Article]. *FEMS Microbiology Ecology*, 78(1), 91-102. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2011.01144.x>
- Matsumura, E., & Fukuda, K. (2013). A comparison of fungal endophytic community diversity in tree leaves of rural and urban temperate forests of Kanto district, eastern Japan [Article]. *Fungal Biology*, 117(3), 191-201.

<https://doi.org/10.1016/j.funbio.2013.01.007>

- Maurya, G. K., & Pachauri, S. (2022). Chapter 16 - Fungi: The indicators of pollution. In S. A. Bandh & S. Shafi (Eds.), *Freshwater Mycology* (pp. 277-296). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91232-7.00012-X>
- Mc, G., Melodie, A. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73(2), 181-201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x>
- MMA. (2024). *Clasificación según estado de conservación*. <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>
- Murrill, W. (1904). A new polyporoid genus from South America. *Torreyia*, 4(9), 141-142.
- Ochimaru, T., & Fukuda, K. (2007). Changes in fungal communities in evergreen broad-leaved forests across a gradient of urban to rural areas in Japan. *Canadian Journal of Forest Research*,
- Palfner, G., Farías, J., & Casanova-Katny, A. (2022). Registros nuevos de macrohongos asociados a un sauzal (*Salix babylonica*) en la Estación de Biología Terrestre de Hualpén, Región del Biobío, Chile. *Gayana. Botánica*, 79, 151-158. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432022000200151&nrm=iso
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016, 2016/04/02). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110-118. <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Penã-Rojas, K., Donoso, S., Gangas, R., Durán, S., & Ilabaca, D. (2018). Effects of drought on water relations, growth and biomass distribution in peumus boldus molina (monimiaceae) plants grown in a nursery [Article]. *Interciencia*, 43(1), 36-42. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041597687&partnerID=40&md5=b8013b3f7b92d9df8259ec40b0e8bb7e>
- Polymeris, C. (1995). Vegetación actual de la Península de Hualpén: clasificación y dinámica. *Concepción, Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias con mención en Botánica, Universidad de Concepción*.

- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G., & Rutgers, M. (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches [Review]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009>
- Quin, M. B., Flynn, C. M., & Schmidt-Dannert, C. (2014). Traversing the fungal terpenome [Review]. *Natural Product Reports*, 31(10), 1449-1473. <https://doi.org/10.1039/c4np00075g>
- Rajchenberg, M., Pildain, M. B., Madria, D. C., de Errasti, A., Riquelme, C., & Becerra, J. (2019, Jun). New Poroid Hymenochaetaceae (Basidiomycota, Hymenochaetales) from Chile. *Mycological Progress*, 18(6), 865-877. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01495-1>
- Rodríguez-Ríos, R., Matthei, S., & Quezada, M. (1983). Flora arbórea de Chile.
- Škrbić, B., Milovac, S., & Matavulj, M. (2012). Multielement profiles of soil, road dust, tree bark and wood-rotten fungi collected at various distances from high-frequency road in urban area. In *Ecological Indicators* (Vol. 13, pp. 168-177). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.023>
- Soares, D. M. M., Procópio, D. P., Zamuner, C. K., Nóbrega, B. B., Bettim, M. R., de Rezende, G., Lopes, P. M., Pereira, A. B. D., Bechara, E. J. H., Oliveira, A. G., Freire, R. S., & Stevani, C. V. (2022, 2022-August-25). Fungal bioassays for environmental monitoring [Mini Review]. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.954579>
- Spiteller, P. (2015). Chemical ecology of fungi. *Natural Product Reports*, 32(7), 971-993.
- Stankovic, S., Kalaba, P., & Stankovic, A. R. (2014). *Biota as toxic metal indicators* (Vol. 12). <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0430-6>
- Teunissen, P. J. M. (1999). *The role of natural chlorinated hydroquinone metabolites in ligninolytic fungi*. Wageningen University and Research.
- Tláškal, V., & Baldrian, P. (2021, 2021-June-17). Deadwood-inhabiting bacteria show adaptations to changing carbon and nitrogen availability during decomposition [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.685303>
- Tüzen, M., Özdemir, M., & Demirbaş, A. (1998, 1998/06/01). Heavy metal

bioaccumulation by cultivated *Agaricus bisporus* from artificially enriched substrates. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 206(6), 417-419. <https://doi.org/10.1007/s002170050285>

Villagrán, C., & Armesto, J. J. (2005). Fitogeografía histórica de la cordillera de la Costa de Chile. In C. Smith-Ramirez, J. J. Armesto, & C. Valdovinos (Eds.), *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile* (pp. 99-116). Editorial Universitaria.

Villagrán, C. M. (1995). Quaternary history of the Mediterranean vegetation of Chile. In *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California, and Australia* (pp. 3-20). Springer.

Wang, J., Suzuki, T., Mori, T., Yin, R., Dohra, H., Kawagishi, H., & Hirai, H. (2021, Sep). Transcriptomics analysis reveals the high biodegradation efficiency of white-rot fungus *Phanerochaete sordida* YK-624 on native lignin. *J Biosci Bioeng*, 132(3), 253-257. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2021.05.009>

Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge university press.

Zaghloul, A., Saber, M., Gadow, S., & Awad, F. (2020, 2020/07/28). Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 127. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>

Zarabska-Bożejewicz, D. (2020). The impact of nitrogen pollution in the agricultural landscape on lichens: A review of their responses at the community, species, biont and physiological levels [Review]. *Agronomy*, 10(12), Article 1852. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121852>

Zhou, L.-W. (2015). Four new species of *Phylloporia* (Hymenochaetales, Basidiomycota) from tropical China with a key to *Phylloporia* species worldwide. *Mycologia*, 107(6), 1184-1192.

VIII APENDICE

Tabla 3. Resultado de parámetros en individuos de *Peumus boldus* con presencia de esporomas de *Phylloporia boldo*.

Nº de Parcela / Nº Boldo	DAP (cm)	Altura (m)	Cobertura de dosel (m)	Hongo en tronco vivo o muerto	Cantidad de esporomas
9/1	41,4	7	5	Vivo	1
9/2	68,3	8	7	Vivo	1
9/3	75,6	6	8	Vivo	1
9/4	38,2	1	6	Muerto	1
9/5	78,3	6	8	Vivo	1
9/6	38,2	7	6	Vivo	1
9/7	78,3	8	7	Vivo	1
8/8	70,5	7	7	Vivo	1
8/9	83,4	7	8	Vivo	1
8/10	89,5	8	8	Vivo	2
8/11	68,3	6	6	Vivo	1
8/12	64,9	7	5	Vivo	1
8/13	43,6	8	5	Vivo	2
8/14	39,6	6	6	Vivo	1
8/15	87,5	7	7	Vivo	1
8/16	56,3	6	6	Vivo	2
8/17	75,9	8	7	Vivo	1
8/18	44,6	7	6	Vivo	3
8/19	50,5	8	7	Vivo	1
8/20	56,7	5	7	Vivo	2
8/21	76,3	6	8	Vivo	2
8/22	63,7	6	9	Vivo	1
8/23	47,5	6	6	Vivo	1
8/24	50,9	8	10	Vivo	1
8/25	58,6	9	10	Vivo	3
7/26	48,5	6	5	Vivo	1
7/27	43,3	7	6	Vivo	1
7/28	56,9	8	5	Vivo	3
7/29	48,4	6	5	Vivo	1

7/30	59,6	7	5	Vivo	2
7/31	70,6	8	7	Vivo	1
7/32	60,4	7	8	Vivo	1
7/33	75,6	6	7	Vivo	1
6/34	43,7	6	5	Vivo	4
6/35	44	4	5	Vivo	1
6/36	44,6	10	7	Vivo	2
6/37	25,5	10	5	Vivo	1
6/38	44,6	8	8	Vivo	2
6/39	28,9	9	7	Vivo	2
6/40	38,2	10	10	Vivo	1
6/41	16	4	7	Vivo	1
6/42	28,9	9	6	Vivo	1
6/43	65,3	10	6	Vivo	2
5/44	50	6	6	Vivo	1
5/45	56,4	7	7	Vivo	2
5/46	43,5	8	6	Vivo	1
5/47	40	7	7	Vivo	2
5/48	37,8	8	7	Vivo	1
5/49	34,7	6	7	Vivo	1
5/50	50,9	7	8	Vivo	1
5/51	33,9	6	7	Vivo	2
5/52	40,6	7	8	Vivo	1
4/53	53,7	7	7	Vivo	1
4/54	50,9	5	8	Vivo	1
4/55	68,5	7	7	Vivo	2
4/56	60,6	7	9	Vivo	1
3/57	54,4	8	8	Vivo	1
3/58	31,8	8	9	Vivo	2
3/59	28,6	8	7	Vivo	1
3/60	45	8	8	Vivo	2
3/61	31,8	8	8	Vivo	1
2/62	76,4	6	6	Vivo	1
2/63	49,8	9	7	Vivo	1
2/64	84,8	5	8	Vivo	2
2/65	67,5	7	9	Vivo	1
2/66	46,4	8	8	Vivo	3
2/67	37,5	9	7	Vivo	1
2/68	33,9	6	6	Vivo	2
2/69	25,5	6	8	Vivo	1

2/70	19	10	9	Vivo	1
1/71	53,3	8	10	Vivo	5
1/72	76,5	8	7	Vivo	1
1/73	64	8	10	Vivo	6
1/74	47,9	9	8	Vivo	1
1/75	43,4	8	7	Vivo	2
1/76	80,5	7	7	Vivo	1
1/77	87,8	8	8	Vivo	8
1/78	85,6	10	10	Vivo	14
1/79	90,7	10	10	Vivo	27
1/80	81,3	11	10	Vivo	5
1/81	88,4	12	10	Vivo	3
1/82	42,6	7	10	Vivo	7
1/83	86,1	7	6	Vivo	11
1/84	63,6	6	7	Vivo	3
1/85	60,4	6	5	Vivo	3
1/88	48,5	7	5	Vivo	1

Tabla 4. Resultados de parámetros en esporomas de *Phylloporia boldo*

Nº de Parcela / Nº Boldo	C	N	NE	NO	S	SE	SO	E	O	Longitud (cm)	A (cm)
9/1	1				x					12	200
9/2	1						x			4	150
9/3	1					x				5	150
9/4	1					x				3	100
9/5	1					x				4	200
9/6	1						x			5	180
9/7	1							x		7	185
8/8	1								x	8	120
8/9	1	x								8	125
8/10	1		x							5	200
8/10	1	x								10	180
8/11	1		x							6	175
8/12	1			x						6	180
8/13	1					x				4	200
8/13	1							x		5	220
8/14	1							x		7	210
8/15	1						x			8	230
8/16	1								x	5	170
8/16	1				x					6	180
8/17	1					x				7	230
8/18	1								x	5	150
8/18	1	x								4	170
8/18	1				x					6	80
8/19	1			x						5	90
8/20	1	x								4	65
8/20	1			x						3	70
8/21	1				x					3	60
8/21	1		x							7	50
8/22	1	x								6	55
8/23	1								x	15	400
8/24	1						x			17	85
8/25	1			x						18	140
8/25	1	x								8	50
8/25	1			x						9	70
8/25	1				x					7	80

7/26	1						x	7	100
7/27	1						x	6	300
7/28	1	x						5	120
7/28	1				x			7	200
7/28	1				x			8	250
7/29	1					x		7	140
7/30	1			x				5	165
7/31	1		x					6	145
7/32	1				x			6	80
7/33	1					x		4	100
7/33	1		x					5	170
7/33	1	x						3	100
7/33	1			x				3	90
6/34	1					x		3	240
6/35	1		x					4	230
6/35	1					x		5	170
6/36	1				x			15	80
6/37	1						x	6	90
6/37	1						x	2	300
6/38	1			x				15	100
6/39	1	x						5	90
6/39	1				x			5	85
6/40	1	x						3	70
6/41	1		x					3	170
6/42	1			x				6	140
6/43	1						x	7	80
6/43	1	x						5	200
5/44	1				x			6	70
5/45	1						x	5	65
5/45	1		x					7	65
5/46	1			x				8	55
5/47	1		x					8	80
5/47	1					x		8	75
5/48	1					x		7	60
5/49	1						x	6	170
5/50	1						x	6	210
5/51	1				x			5	220
5/51	1	x						8	180
5/52	1	x						9	130
4/53	1		x					8	160

4/54	1		x					6	135	
4/55	1					x		9	70	
4/55	1			x				8	65	
4/56	1						x	10	95	
3/57	1						x	11	80	
3/58	1							x	4	70
3/58	1			x				3	170	
3/59	1			x				3	170	
3/60	1				x			3	5	
3/60	1						x	10	45	
3/61	1						x	7	65	
2/62	1							x	8	70
2/63	1					x		6	55	
2/64	1	x						5	90	
2/64	1			x				6	50	
2/65	1			x				9	40	
2/66	1						x	8	60	
2/66	1					x		7	200	
2/66	1		x					11	150	
2/67	1				x			9	200	
2/68	1							x	12	200
2/68	1				x			4	30	
2/69	1			x				6	100	
2/70	1						x	10	250	
1/71	1			x				6	180	
1/71	1			x				20	100	
1/71	1			x				15	40	
1/71	1			x				10	300	
1/71	1					x		9	120	
1/72	1						x	13	180	
1/73	1						x	18	30	
1/73	1						x	14	30	
1/73	1						x	15	120	
1/73	1						x	20	180	
1/73	1						x	15	300	
1/73	1				x			13	65	
1/74	1			x				12	70	
1/75	1				x			8	80	
1/75	1						x	9	150	
1/76	1						x	12	80	

1/77	1					x	5	100
1/77	1					x	11	180
1/77	1			x			20	10
1/77	1			x			10	10
1/77	1			x			10	40
1/77	1			x			3	100
1/77	1					x	10	140
1/77	1				x		9	300
1/78	1				x		15	350
1/78	1				x		15	400
1/78	1				x		15	420
1/78	1				x		15	400
1/78	1					x	12	300
1/78	1					x	12	200
1/78	1		x				15	70
1/78	1	x					9	75
1/78	1	x					9	90
1/78	1	x					10	200
1/78	1			x			15	100
1/78	1		x				15	130
1/78	1		x				11	150
1/78	1		x				13	180
1/79	1		x				21	85
1/79	1		x				8	300
1/79	1	x					13	80
1/79	1			x			10	40
1/79	1					x	18	55
1/79	1					x	13	3
1/79	1			x			15	155
1/79	1					x	12	100
1/79	1					x	9	115
1/79	1			x			15	185
1/79	1			x			5	200
1/79	1			x			20	175
1/79	1					x	3	220
1/79	1					x	15	240
1/79	1					x	6	240
1/79	1					x	15	300
1/79	1				x		20	200
1/79	1					x	10	210

1/79	1			x				10	350
1/79	1				x			6	400
1/79	1				x			10	300
1/79	1				x			7	180
1/79	1				x			6	200
1/79	1		x					17	200
1/79	1			x				10	500
1/79	1						x	10	170
1/79	1		x					8	90
1/80	1		x					12	90
1/80	1			x				9	200
1/80	1				x			8	150
1/80	1					x		9	85
1/80	1			x				13	70
1/81	1	x						10	80
1/81	1						x	15	300
1/81	1			x				18	65
1/82	1			x				11	100
1/82	1			x				15	200
1/82	1				x			15	220
1/82	1					x		10	220
1/82	1						x	20	90
1/82	1						x	10	220
1/82	1						x	12	140
1/83	1						x	10	150
1/83	1						x	12	200
1/83	1						x	10	230
1/83	1	x						15	130
1/83	1	x						15	250
1/83	1	x						7	300
1/83	1			x				11	70
1/83	1			x				10	50
1/83	1			x				15	60
1/83	1			x				12	145
1/83	1			x				25	100
1/84	1			x				10	55
1/84	1			x				10	10
1/84	1						x	22	50
1/85	1						x	25	75
1/85	1						x	23	85

1/85	1	x	14	70
1/88	1	x	9	60

C= Cantidad, N= Norte, N.E= Norte/Este, N.O= Norte/Oeste, S= Sur, S.E= Sur/Este, S.O= Sur/Oeste, E= Este, O= Oeste, A= Altura.

Tabla 5. Resultados de parámetros en individuos de *Peumus boldus* sin presencia de esporomas de *Phylloporia boldo*.

Nº Parcela / Nº Boldo	DAP (cm)	Altura (m)	Cobertura de dosel (m)
9/1	67,8	5	8
9/2	78,5	7	7
9/3	76,6	8	9
9/4	54,5	7	8
9/5	46,4	8	9
9/6	70,5	9	8
9/7	56,7	9	7
9/8	76,5	9	9
9/9	45,6	10	8
9/10	47,6	8	7
9/11	65,4	9	8
9/12	68,7	10	8
9/13	77,8	7	7
9/14	47,6	8	8
9/15	67,8	9	9
8/16	56,4	8	7
8/17	24,5	7	8
8/18	28,7	6	7
8/19	38,4	7	9
8/20	39,6	8	7
8/21	68,4	8	5
8/22	78,2	7	9
8/23	88,6	8	8
8/24	54,1	8	5
7/25	48,5	7	8
7/26	75,4	6	8
7/27	77,9	7	7
7/28	65,9	8	9
7/29	59,5	9	8
7/30	56,5	7	7
7/31	48,9	8	8
7/32	47,6	6	6
7/33	43,4	8	8
6/34	46,9	7	8

6/35	34,2	8	9
6/36	38,6	8	10
6/37	38,7	7	8
6/38	39,8	8	7
6/39	45,7	9	8
6/40	25,5	7	7
5/41	62,4	7	8
5/42	78,5	7	9
4/43	49,6	7	8
4/44	58,5	8	7
4/45	58,9	6	10
3/46	64,5	8	9
3/47	58,4	9	10
3/48	74,5	7	7
