



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

**Evaluación de la ocurrencia de *Gibellula Cavara*
(Cordycipitaceae, Hypocreales) según variables a micro y meso
escala en un bosque laurifolio templado en la Región de Los Ríos,
Chile**

Patrocinante: Sr. Cristian Montalva R.

Trabajo de Tesina presentado como parte
de los requisitos para optar al título de
Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales

BÁRBARA ANTONIA CARO PÉREZ

VALDIVIA
2026

i	Calificación del Comité de Titulación	i
ii	Agradecimientos	ii
iii	Dedicatoria	iii
iv	Resumen	iv
1	INTRODUCCIÓN	1
2	MÉTODOS	4
2.1	Área de estudio	4
2.2	Prospección y colecta de hongos patógenos de arañas	4
2.3	Colecta de hospederos animales	7
2.4	Análisis estadístico	7
3	REFERENCIAS	8
Anexos		
	1 Visualización del procedimiento para medir las variables ambientales propuestas.	
	2 Medición de la composición de sotobosque.	
	3 Mediciones a microescala del sustrato vegetal y microhábitat del hospedero	

i. Calificación del Comité de Titulación

	Nota
Patrocinante: Sr. Cristian Montalva	6,0
Informante: Sr. Francisco Tello	6,0
Informante: Sr. Andrés Taucare	6,7

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Sr. Cristian Montalva

ii. Agradecimientos:

Esta tesis no hubiera sido la misma sin el apoyo técnico y monetario del Laboratorio de Salud de Bosques. Agradezco profundamente el soporte científico y profesional que cada integrante del equipo me brindó en este camino. Además, agradecer la disposición del dr. Roberto Nespolo, quien colaboró con los permisos correspondientes para llevar a cabo la investigación en la Estación Experimental Fundo San Martín.

iii. Dedicatoria:

Esta tesis está dedicada a mis padres: Delfina y Marco, quienes me apoyaron en toda esta etapa, esforzándose al máximo para poder entregarme una educación de calidad, sin poder dormir y trabajando día a día. Por permitirme estudiar en otra ciudad, aunque eso implicara dejar de vernos cotidianamente y comenzar a vaciar el nido. Por su amor incondicional, sus palabras de apoyo y sus abrazos que llenan el alma. Les debo la vida y mucho más. A mi familia, quienes aunque no entiendan realmente a lo que me dedico, siempre estuvieron ahí dándome palabras de apoyo. A mis amigos más cercanos: Sofía, Priscila, Javier, Joseba, Alén y Cristian, quienes estuvieron ahí en los momentos más difíciles y complicados de este proceso, siempre animándome, sacándome risas hasta que el estómago duele, regalándome momentos y experiencias que atesoraré toda mi vida. A mi mejor amiga: Javiera, quien a pesar de estar a más de 400 kilómetros de distancia siempre estuvo ahí, preocupada por mis estados de ánimo, cómo iba mi vida y si necesitaba ayuda, quien siempre me dio un hombro para desahogarme, y más que todo, por ser el hogar donde siempre puedo descansar de la realidad.

iv. RESUMEN:

Este estudio propone evaluar la ocurrencia de *Gibellula* (Cordycipitaceae, Hypocreales), un hongo aracnopatógeno obligado, en un bosque nativo templado de la Región de Los Ríos, Chile. El problema de investigación radica en la ausencia de registros suficientemente documentados para este género en ecosistemas boscosos templados del país y en el escaso conocimiento sobre su asociación con variables estructurales del bosque y condiciones microclimáticas. Para abordar esta brecha, se realizarán prospecciones sistemáticas en transectos establecidos en el Fundo San Martín, registrando la ocurrencia de ejemplares infectados y variables ambientales asociadas, incluyendo cobertura de dosel, composición del sotobosque, temperatura y humedad relativa. Además, se efectuará la caracterización morfológica de las cepas colectadas mediante observación macro y microscópica y claves taxonómicas especializadas. Se espera identificar patrones espaciales de ocurrencia de *Gibellula*, reconocer variables ambientales asociadas a su presencia y generar antecedentes de base para comprender su ecología en bosques templados del sur de Chile. Este trabajo aportará información novedosa sobre interacciones entre hongos patógenos y arañas, y fortalecerá el conocimiento sobre biodiversidad fúngica y procesos ecológicos en bosques nativos.

Palabras clave: Ecología, hongos entomopatógenos, control biológicos.

1. INTRODUCCIÓN:

Los hongos entomopatógenos constituyen un grupo funcional clave dentro de los ecosistemas terrestres debido a su rol en la regulación natural de poblaciones de insectos y su influencia en la dinámica trófica (Steinhaus 1956, Samson et al. 1988, Vega et al. 2012). A pesar de que su diversidad global es elevada estimándose entre 750 y 1.000 especies, la investigación científica se ha concentrado históricamente en aquellos taxa con interés aplicado, particularmente en el ámbito del control biológico agrícola (de Faria y Wraight 2007, Gielen et al. 2024).

De acuerdo a lo mencionado por Vega et al. (2012) y Gielen et al. (2024), este tipo de hongos se reconoce por su modo de infección al hospedero, ya que este inicia por medio de la acción de una conidia que llega a la cutícula del insecto, la cual germina e irrumpe esta capa y se disemina al interior, formando metabolitos secundarios y toxinas que degradan sus órganos, llevando a la muerte del hospedero. Posteriormente, estos hongos comienzan la fase de dispersión, en donde producen más conidias que transmiten a otro organismo o se generan estructuras de resistencia como esporas sexuales que permanecerán en ese estado hasta que las condiciones del ambiente sean adecuadas para poder volver a infectar. Es importante considerar que algunos de estos organismos son capaces de influir en el estado psicológico de sus hospederos, afectando su comportamiento usual y llevándolos hacia sitios adecuados para poder lograr infectar más individuos, luego de dar muerte a su hospedero inicial. Además, la acción de estos organismos de infectar a otros, depende netamente de las condiciones ambientales en las cuales se desempeñe, tales como: luz ultravioleta, temperatura y humedad.

Continuando, los hongos entomopatógenos pertenecen al filum Ascomycota, reconocidos por contener el orden Hypocreales, el cual se caracteriza por presentar individuos que parasitan organismos de la clase Arthropoda, generándoles un cambio de comportamiento y llevándolos a sitios específicos para que al momento de generarles la muerte, estos incrementen la posibilidad de infectar nuevos hospederos, aumentando a su vez, su fitness, desarrollo y transmisión (Thairine et al. 2023). Los hospederos en los cuales se han observado estos hongos contemplan: hormigas, avispas, escarabajos, langostas, moscas, cicadas y orugas de mariposas. Sin embargo, a pesar de tener un total de casi 13 géneros de hongos que afectan estos organismos (Kuephadungphan et al. 2022) existen géneros específicos que afectan también arácnidos, los cuales son: *Akanthomyces*, *Cordyceps*, *Normurea*, *Ophiocordyceps*, *Torrubiella* y *Gibellula* (Manfrino et al. 2017). La diferencia, es que sólo estos dos últimos se reconocen como hongos parásitos obligados de arañas. Ante esto, es necesario mencionar que *Torrubiella* se reconocía como el estado sexual de *Gibellula* y durante años estos se identificaron por separado, pero actualmente se

clasifican como sinónimos dentro del Código Internacional de Nomenclatura de Algas, Hongos y Plantas (ICN), como una forma de simplificar su reconocimiento (Thairine et al. 2023, da Rocha et al. 2025, Kuephadungphan et al. 2022). En adición, al año 2020 se reportaron 21 especies dentro del género, pero este número ha ido incrementando los últimos 5 años, lo cual se ve ejemplificado en los trabajos realizados por da Rocha et al. (2025) al proponer una nueva especie denominada *Gibellula agroflorestalis*. Este género, contempla una nueva visión de los hongos entomopatógenos, dado que propone un renombramiento y separación, en donde pasan a ser hongos aracnopatógenos. El método de infección de este organismo se reconoce por ingresar de forma similar a como lo hacen los hongos entomopatógenos, pero con la diferencia de que post mortem tanto el sinema como los conidióforos cubren completamente cuerpo y patas del arácnido, lo cual dificulta enormemente la identificación morfológica del hospedero, por lo que es una información en muchos casos desconocida. Esto lo explica Nyffeler y Hywel (2024), donde mencionan que, de un total de 394 casos, el 23% de los hospederos no se logra identificar a pesar de que sus análisis los realicen a nivel de familia.

Tomando en consideración lo anterior, se puede indicar que dependiendo del tipo de arácnido, se tendrá un método de infección distinto. Por ejemplo, Schwendinger (1991) y Bond y Stockman (2008), indican que en el caso de arañas trampas, durante la temporada de apareamiento el macho es infectado por presencia de esporas en el aire de forma accidental y durante la búsqueda de la hembra logra infectarla en la superficie del suelo, dado que esta última lleva una vida sedentaria. Esto, evidencia que en la mayoría de los casos, el macho es quien transmite la infección de *Gibellula* hacia hembras sanas. Por otro lado, existen otras vías de infección como lo es el momento en el cual las arañas juveniles salen del hogar de la madre para poder alimentarse, proceso en el cual estos se infectan mediante esporas aéreas o por medio del organismo del cual se alimenta, el cual puede ser otro artrópodo que esté infectado con *Gibellula* (Coyle et al. 1985, Bishop 1990, Buzatto et al. 2021). En contraparte, el rol ecológico que cumplen los arácnidos en el ecosistema es principalmente ser controladores biológicos de poblaciones de insectos e indicadores ambientales, dada su sensibilidad a los cambios naturales y antrópicos (Reta et al. 2018). La familia de hospederos arácnidos de *Gibellula* que se han reconocido de forma natural, según estudios de Nyffeler y Hywel (2024), son principalmente: Araneidae, Arkyidae, Atracidae, Atypidae, Barychelidae, Cheiracanthiidae, Clubionidae, Corinnidae, Ctenidae, entre otras. En adición, Samson y Evans (1973) y da Rocha et al. (2025) mencionan que *Gibellula* ha sido encontrada en lugares tanto naturales como antrópicos, especificando ecosistemas como bosques tropicales húmedos y sistemas agroforestales. Este último, data la evidencia climática actualizada de las condiciones en las cuales se ha

encontrado a *Gibellula*, teniendo una clasificación de Köppen de tipo As, es decir, un clima que posee

una temporada seca durante el verano con temperaturas mensuales de 18°C y anuales de 25°C, una humedad relativa mayor a 60% y un rango de precipitación promedio anual entre 1.500-2.000 mm. Adicionalmente, el tipo de formación vegetal se reconoce por bosques siempreverdes perennes, helechos, bromelias y palmeras (da Rocha et al. 2025).

A nivel mundial, los estudios de *Gibellula* son escasos, lo cual se debe a que su forma inicial de identificación es mediante análisis morfológicos, y sólo a ciertas especies de interés se les ha realizado análisis moleculares logrando un análisis genético, dado que existe una falta de nuevas secuencias de ADN suficientes como para concluir un resultado robusto (Thairine et al. 2023). Además, micólogos expertos no poseen conocimiento sobre taxonomía de arácnidos ni tampoco existen especialistas locales que puedan contribuir a su identificación (da Rocha et al. 2025), lo cual dificulta aún más la identificación de estos hongos. Por otro lado, existen casos en donde se contacta a un especialista, pero este reside en un país o lugar distinto al de origen, por lo que esto dificulta el envío de material biológico dado lo estipulado por el Protocolo de Nagoya y la Convención de Diversidad Biológica (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2011). Continuando, el dilema general que persiste, es que muchos estudios se centran en especificar las especies de *Gibellula*, pero ninguno en poder estudiar la ecología del género y sus relaciones taxonómicas.

En Chile no existen registros suficientemente documentados sobre la ocurrencia de *Gibellula* en bosques templados, y la información disponible sobre sus hospederos arácnidos y asociaciones microambientales sigue siendo escasa. En este contexto, se plantea la hipótesis de que la ocurrencia de *Gibellula* aumenta en sectores del bosque con mayor cobertura de dosel y mayor complejidad estructural, condiciones que favorecen una mayor humedad relativa y una menor temperatura del sotobosque. Adicionalmente, se espera que su ocurrencia no sea homogénea en el gradiente vertical del bosque, sino que se concentre en ciertos estratos y microhábitats que ofrecen condiciones más favorables para el desarrollo del hongo.

Objetivo general. Evaluar la ocurrencia y distribución espacial de *Gibellula* en el Fundo San Martín y su asociación con variables estructurales del bosque y microclimáticas.

Objetivos específicos.

1. Caracterizar morfológicamente las cepas de *Gibellula* colectadas en el Fundo San Martín mediante observación macro y microscópica y el uso de claves taxonómicas.
2. Estimar la relación entre variables estructurales del bosque y variables microclimáticas, a escala de transecta, con la abundancia y ocurrencia de *Gibellula*.
3. Analizar la distribución de *Gibellula* en el gradiente vertical del bosque y su asociación con atributos del sustrato vegetal utilizado por el hospedero.

2. MÉTODOS:

2.1 Área de estudio:

El Fundo San Martín, se localiza en la comuna de San José de Mariquina ($39^{\circ}38'52''\text{S}$, $73^{\circ}11'48''\text{W}$), específicamente a 74 km al norte de la ciudad de Valdivia en la Región de Los Ríos. La Estación Experimental Bosque San Martín, según menciones de Álvarez (1982) y Huber (1995), contiene aproximadamente 300 hectáreas, las cuales previamente fueron taladas para la creación de praderas y utilizado para el pastoreo de animales, generando pérdida de la vegetación inicial. Tras años de estas prácticas, el suelo se saturó y en 1974 decidieron dejar de utilizar esta zona, ya que ninguna especie vegetal crecía en esas condiciones. Dado esto, esta área pasó a ser preservada, lo cual evitó la continua extracción de recursos naturales y la producción forestal. Actualmente, siguiendo lo mencionado por Luebert y Plissock (2018), la sucesión secundaria alberga una forma vegetal de tipo bosque laurifolio, especificando el piso vegetacional de bosque laurifolio templado interior de *Nothofagus dombeyi* - *Eucryphia cordifolia*.

El clima de la zona de estudio, según menciones de Álvarez (1982), Huber (1995) y Sarricolea et al. (2017), se caracteriza por ser de tipo Cfsb, es decir, de tipo templado lluvioso de costa occidental, por lo que la influencia oceánica determina ciertos periodos de mayor humedad, como lo son los meses de invierno (junio, julio y agosto), y otros meses de menor humedad dada la época de verano (diciembre, enero y febrero), lo cual además lo determina como un bosque clímax de tipo higrófilo, es decir, que tiene ciclos de humedad muy marcados. En cuanto a la temperatura media anual, esta es de $12,8^{\circ}\text{C}$, destacando una temperatura máxima de $24,4^{\circ}\text{C}$ en época de verano, lo cual difiere de la situación en invierno, ya que la temperatura mínima es de $1,5^{\circ}\text{C}$.

2.2 Prospección y colecta de hongos patógenos de arañas

La prospección y colecta de patógenos de arañas se realizará durante una campaña de una semana, midiendo de 2 a 3 transectos cada día. El diseño consiste en el establecimiento de 20 transectos de 200 m de largo y 4m de ancho, registrando la ubicación geográfica de cada uno mediante la aplicación Locus Map 4 Outdoor Navigation. Posteriormente, se recorrerá cada transecto en busca de arañas infectadas utilizando un estimado de 1,5 h/h como esfuerzo de muestreo. La búsqueda se realizará en tres estratos: sotobosque, arbustos y visión de la recolectora (hasta los 1,50 m).

Para la toma de muestras (Momias de artrópodos y/o arañas infectadas), el procedimiento consistirá en: 1) cortar la hoja completa (incluyendo el pecíolo); 2) depositar la hoja en un tubo falcon y 3) asignarle

un número de muestra con marcador permanente. En este último punto, es importante considerar que todas las muestras marcadas serán registradas en una planilla en hoja de papel. Posteriormente, las muestras serán procesadas en el laboratorio del Fundo San Martín, donde pasado el tiempo de campaña, se transportarán hacia el Laboratorio de Salud de Bosques (LSB) en un cooler con bolsa refrigerante para mantener en frío las muestras (5-10°C).

Para caracterizar morfológicamente las cepas de *Gibellula* obtenidas en terreno (OE1), se utilizarán diversos procedimientos de laboratorio descritos a continuación: En el Laboratorio de Salud de Bosques (LSB) para realizar los aislamientos se utilizará el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (APD; 19,5 g L⁻¹) suplementado con el antibiótico Cloranfenicol (0,25 g L⁻¹). Este deberá ser tarado en una balanza (BEL ENGINEERING; MARK 220) y será transferido a un frasco Shot (500 ml). Se aforará 500 ml de agua destilada mediante una probeta de vidrio, la que también será transferida al frasco Shot, posteriormente este se llevará a un agitador magnético con placa calefactora (BIOBASE; Hotplace Magnetic Stirrer BS-3H) para disolver el medio de cultivo en el agua destilada. Finalmente, este será esterilizado en el autoclave y luego será distribuido en placas Petri (60x15 mm) estériles bajo cámara de flujo (López et al. 2002, Humber 2012).

Para evaluar la relación entre las variables ambientales, la riqueza específica y abundancia de *Gibellula* (OE 2), se estimarán los siguientes atributos del bosque a escala de transecto:

- Composición arbórea: mediante el método de Braun-Blanquet se estimará la abundancia y dominancia de especies arbóreas mediante tres categorías: <1 metro, 1-8 metros y >8 metros, y tomando en consideración aquella que cubra el 10% del suelo y que se encuentre dentro del listado de especies de bosque nativo siempreverde (Centro de Investigación y Desarrollo en Agronegocios 2014). Adicionalmente, se seguirán las indicaciones del manual publicado por Universidad Católica de Temuco (UCT) y Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) (2013), y una lista de posibles individuos arbóreos a encontrar.
- Cobertura de dosel: será medida según las indicaciones de Promis et al. (2011): 1) se tomarán imágenes en tres sectores del transecto (inicio, medio y final) con una cámara previamente estabilizada con un trípode y apuntando al dosel; 2) las imágenes serán recortadas en cuadrados para delimitarlas y establecer el centro de la imagen; 3) se establecerá un valor umbral para separar el dosel y el cielo; 4) mediante el software SideLook 1.1.01 se transformará cada imagen en píxeles binarios en blanco y negro; 5) las imágenes convertidas se procesarán en el programa Gap Light Analyzer (GLA). Como recomendación, se espera capturar las imágenes con un cielo nublado o con poca luz, para poder evitar zonas brillantes y/o reflejo de la luz del follaje o estructuras

leñosas.

- Temperatura y humedad relativa del aire: serán monitoreadas utilizando un multiparámetro MODELO HI98194. Considerando mediciones en tres secciones: inicio, mitad y final de cada transecto (ver anexo 1) cada 67 metros aproximadamente.
- Composición del sotobosque: mediante una adaptación del método de Braun-Blanquet (UCT y CORFO 2013) se llevará a cabo un censo vegetacional para caracterizar riqueza de especies y abundancia mediante la delimitación de zonas, realizando una tabla socioecológica que contempla composición y homogeneidad florística, estructura y ecología del paisaje, y formaciones vegetales. Dado que sólo se quiere contemplar el sotobosque, se tomará este método como base y se modificará de la siguiente manera: 1) delimitar 3 parcelas de 1 m² (1 metro de largo x 1 metro de ancho) dentro de cada transecto, con una separación equidistante de 50 metros entre parcelas dentro de un mismo transecto (ver anexo 2); 2) registrar en una planilla las especies encontradas, incluyendo: herbáceas (<1 m), arbustos (1-8 m) y regeneración de especies arbóreas (>1m de altura y DAP < 5 cm) (UCT y CORFO 2013).

Con el propósito de estimar las variables que inciden en la distribución vertical de *Gibellula* en el bosque (OE3), se estimará las siguientes variables:

- Altura del registro.
- Hospedero.
- Orientación espacial.

Adicionalmente, para estimar la posible relación entre los atributos de la hoja a nivel del hospedero vegetal (OE3), se estimará los siguientes atributos de la hoja (ver anexo 3):

- Largo máximo, medido en mm.
- Ancho máximo, medido en mm.
- Distancia entre la base de la hoja y el hongo, medido en mm.
- Distancia entre el hongo y el ápice de la hoja, medido en mm.
- Especie del hospedero.

2.3 Colecta de hospederos animales

En relación a los hospederos animales, es necesario poder colectar los individuos que se encuentran en el estrato arbóreo de la parcela establecida, con métodos similares a los utilizados para recolectar insectos. Para ello se considerará la metodología aplicada por Taucare y Canals (2021) en donde se usará el método de apaleo y aspirador para evitar perder individuos en el proceso. Luego de capturarlas, estas se llevarán a tubos falcon con alcohol al 70% y se etiquetarán con los siguientes datos: localidad, fecha de captura y colector. Durante este proceso, es importante recalcar que el alcohol genera cambios en “(...) la elasticidad de los tejidos, el color real del ejemplar y las dimensiones, como cuando el animal estaba vivo” (Capocasale 2001, Canals 2021) por lo que lo ideal es aplicar un registro fotográfico del arácnido dentro del tubo para tener mayor posibilidad de reconocerlo. Al momento de procesar el material en el laboratorio, se realizará el reconocimiento vía clave taxonómica según lo indicado en Aguilera y Casanueva (2005) y Benamú (2017) llegando máximo a la identificación a nivel de familia. Posteriormente, se les asignará un código y número de identificación para tener la oportunidad de realizar la micro colección de estos individuos.

2.4 Análisis estadístico

Para estimar si existen diferencias morfológicas entre las cepas de *Gibellula* obtenidas en los cultivos (OE1), se evaluará si existen diferencias estadísticamente significativas a nivel de las variables morfológicas (p.e., largo y ancho de conidias). Para este propósito, se aplicará una prueba t de Student para dos muestras. El tamaño de las conidias se considerará como una variable cuantitativa continua, basada en mediciones directas (por ejemplo, longitud o ancho) obtenidas a partir de un conjunto representativo de conidias en cada muestra. Previo al análisis, se evaluarán los supuestos del modelo paramétrico, verificando la independencia de las observaciones y la distribución aproximadamente normal de los datos en cada grupo mediante inspección gráfica y pruebas de normalidad. Asimismo, se examinará la homogeneidad de varianzas entre las muestras; en caso de que este supuesto no se cumpla, se utilizará la versión de la prueba t con corrección de Welch. La prueba t se empleará para contrastar la hipótesis nula de igualdad entre las medias del tamaño de las conidias de ambas muestras. El nivel de significancia se fijará en $\alpha = 0,05$, considerándose diferencias estadísticamente significativas cuando el valor de p sea inferior α . Los análisis serán realizados en el paquete *vegan* (Oksanen et al. 2007) de R.

La estimación del efecto de las variables ambientales (variables predictoras) sobre la riqueza específica y abundancia de individuos de *Gibellula* (variable respuesta) (EO2), se utilizará modelos lineales generalizados (GLM) (Bates et al. 2015). Previo a la estimación de los ajustes de los modelos, se explorará la colinealidad entre las variables predictoras y se estandarizarán cuando sea necesario para facilitar la interpretación de los coeficientes. Para esto se utilizará la función VIF en el paquete *lme4* de R. Para estimar

el mejor ajuste de modelos, se utilizará el criterio de AICc que pondera los mejores modelos según el menor valor de AICc. El desempeño y la adecuación de los modelos se examinarán a través del análisis de residuos y criterios de información (por ejemplo, AIC), considerándose un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para la inferencia estadística. Para este propósito se utilizará la distribución de Poisson, considerada como una mejor aproximación para conteos de abundancias en ecología.

Para evaluar si existen relaciones entre la distribución espacial y los parámetros morfofisiológicos de la hoja con *Gibellula* (OE3), se aplicará un análisis multivariado de ordenación. Para este propósito, se utilizará el análisis de redundancia (RDA) o de componentes principales (PCA) según la naturaleza de los datos obtenidos. Estos enfoques permitirán identificar los principales gradientes ecológicos asociados a la distribución vertical y a las características funcionales del hospedero. Para este propósito se utilizará el paquete *vegan*, con las funciones *meta* NMDS para calcular cada componente analizado. Adicionalmente, se evaluará el estrés de las agrupaciones mediante el mismo paquete.

Finalmente, la visualización de datos será generada con el paquete *ggplot2* del software R. Todos los análisis y visualizaciones se realizarán en la distribución RStudio de R Core Team 2025.

REFERENCIAS:

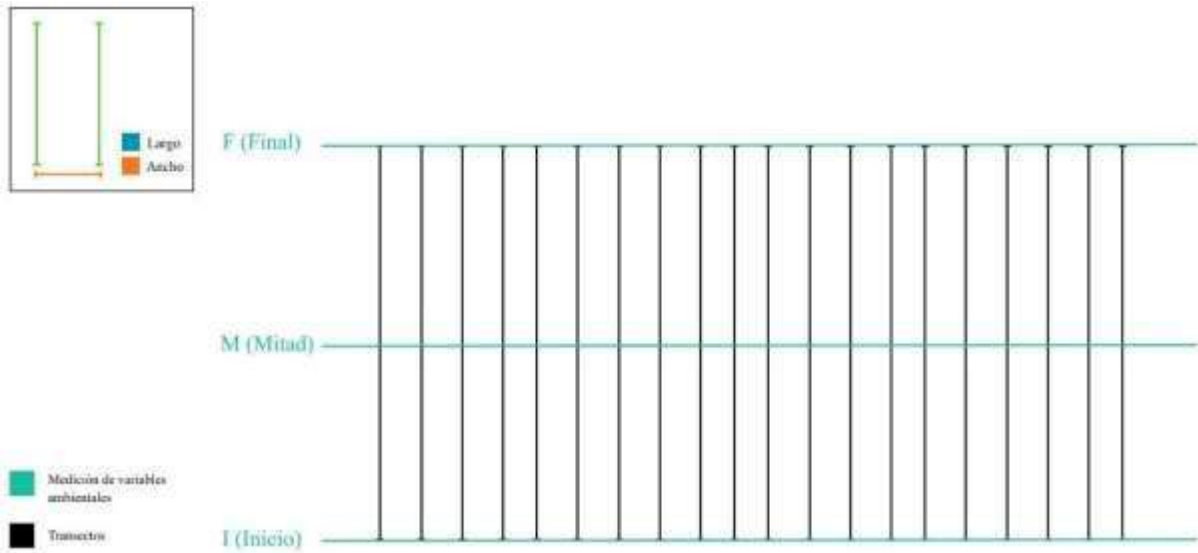
- Aguilera M. y Casanueva M. 2005. Arañas chilenas: estado actual de conocimiento y clave para las familias de Araneomorphae. *Gayana*. 69(2): 201-224.
- Álvarez M. 1982. Análisis de la Estructura y Dinámica, de los bosques vírgenes y alterados en el Fundo San Martín. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile. 128 p.
- Bates D., Mächler M., Bolker B. y Walker S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using *lme4*. *Journal of Statistical Software*. 67(1): 1-48.
- Benamú M., Lacava M., García L., Santana M., Fang J., Wang X. y Blamires S. 2017. Nanostructural and mechanical property changes to spider silk as a consequence of insecticide exposure. *Chemosphere*. 181: 241-249.
- Bond J. y Stockman A. 2008. An integrative method for delimiting cohesion species: finding the population-species interface in a group of Californian trapdoor spiders with extreme genetic divergence and geographic structuring. *Systematic Biology*. 57: 628–646.
- Buzatto B., Haeusler L. y Tamang N. 2021. Trapped indoors? Long-distance dispersal in mygalomorph spiders and its effect on species ranges. *Journal of Comparative Physiology A*. 207: 279–292.

- Bishop L. 1990. Entomophagous fungi as mortality agents of ballooning spiderlings. *Journal of Arachnology*. 18: 237–238.
- Canals M. 2021. Arácnidos comunes de Chile. *Revista Parasitología Latinoamericana*. Santiago, Chile. 70(2). 270 p.
- Coyle F., Greenstone M., Hultsch A. y Morgan C. 1985. Ballooning mygalomorphs: estimates of the masses of *Sphodros* and *Ummidia* ballooners (Araneae: Atypidae, Ctenizidae). *Journal of Arachnology* 13: 291–296.
- da Rocha J., da Silva A., Belo S., Ribeiro R. y Vieira P. 2025. Untangling a web of spider fungi: *Gibellula agroflorestalis* (Hypocreales, Ascomycota), a new species of spider parasite from Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*. 209: 108278.
- de Faria M. y Wraight S. 2007. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control*. 43: 237-256.
- Gielen R., Ude K., Kaasik A., Põldmaa K., Teder T. y Tammaru T. 2024. Entomopathogenic Fungi as Mortality Agents in Insect Populations: A review. *Ecology and Evolution*. 14(2): e70666.
- Huber H. 1995. El Arboretum de la Universidad Austral de Chile: área de investigación y educación forestal. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile. 82 p.
- Humber R. 2012. Identification of entomopathogenic fungi. *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Academic Press. Washington, United States. 151-187.
- Kuephadunghan W., Petcharad B., Tasanathai K., Thanakitpipattana D., Kobmoo N., Khonsanit A., Samson R. y Luangsaard J. 2022. Multi-locus phylogeny unmasks hidden species within the specialised spider parasitic fungus, *Gibellula* (Hypocreales, Cordycipitaceae) in Thailand *Studies in Mycology*. 101: 245-286.
- López C., Hajek A. y Humber R. 2002. Comparing methods of preservation for cultures of entomopathogenic fungi. *Canadian Journal Of Botany*. 80(10): 1126-1130.
- Luebert F. y Plischoff P. 2018. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. 2ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 384 p.
- Manfrino R., González A., Barneche J., Tornesello J., Hywell N. y López C. 2017. Contribution to the knowledge of pathogenic fungi of spiders in Argentina. Southernmost record in the world. *Revista Argentina de Microbiología*. 49(2): 197-200.

- Nyffeler M. y Hywel J. 2024. Diversity of spider families parasitized by fungal pathogens: a global review. *The Journal of Arachnology*. 52(2): 151-185.
- Oksanen J., Kindt R. y Legendre P. 2007. The Vegan Package. *Community Ecology Package*. 10: 631- 637.
- Promis A., Gartner S., Butler D., Durán C., Reif A., Cruz G. y Hernández L. 2011. Comparison of four different programs for the analysis of hemispherical photographs using parameters of canopy structure and solar radiation transmittance. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*. 11: 19-33.
- Reta I., Jurado E., Pando M., González H., Mora A. y Estrada E. 2018. Diversidad de arañas en ecosistemas forestales como indicadores de altitud y disturbio. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(50): 251-273.
- Samson R. y Evans H. 1973. Notes on Entomogenous Fungi from Ghana I. The Genera *Gibellula* and *Pseudogibellula*. *Acta Botánica Neerlandica*. 22(5): 522-528.
- Samson R., Evans H. y Latgé J. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer-Verlag Berlín Heidelberg. New York, United States. 199 p.
- Sarricolea P., Herrera M. y Meseguer O. 2017. Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*. 13(2): 66-73.
- Schwendinger P. 1991. Two new trap-door spiders from Thailand (Araneae, Mygalomorphae, Idiopidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*. 8: 233–240.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2011. Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio sobre la diversidad biológica. Consultado 20 dic. 2024. Disponible en <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>.
- Steinhaus E. 1956. Microbial control, the emergence of an idea. *Hilgardia* 26: 107-157.
- Taucare A. y Canals M. 2021. Arácnidos comunes de Chile. *Revista Parasitología Latinoamericana*. 20(2): 227-237.
- Thairine M., de Araújo J., Kloss T., Costa D., de Carvalho D. y Góes A. 2023. Disentangling the Taxonomy, Systematics, and Life History of the Spider-Parasitic Fungus *Gibellula* (Cordycipitaceae, Hypocreales). *Journal of Fungi*. 9(4): 457.
- Vega F., N Meyling., J Luangsa-ard y M Blackwell. 2012. Fungal Entomopathogens. *In* Vega F, H Kaya

ANEXOS:

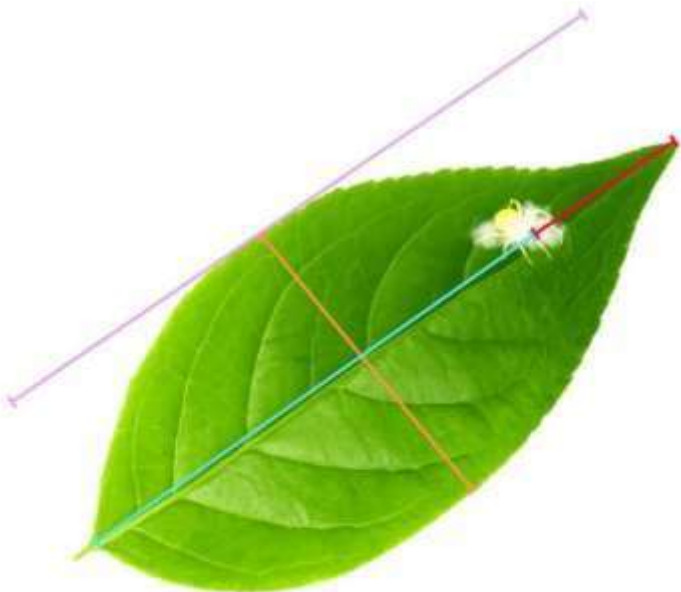
Anexo 1: Visualización del procedimiento para medir las variables ambientales propuestas.



Anexo 2: Medición de la composición de sotobosque.



Anexo 3: Mediciones a microescala del sustrato vegetal y microhábitat del hospedero.



Legenda:

Largo de la hoja	
Ancho de la hoja	
Base-hongo	
Hongo-ápice	