



Universidad de Concepción

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



**¿ES UN BOSQUE MADURO?: DETERMINANDO CRITERIOS DE
COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA EN UN REMANENTE DE
BOSQUE ESCLERÓFILO COSTERO PRESENTE EN LA
PENÍNSULA DE HUALPÉN, REGIÓN DEL BIOBÍO-CHILE**

Seminario de título presentado a la
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
para optar al título profesional de Bióloga

Por: Lizbeth Coral Velásquez-Ramos

Profesora guía: Marcela Andrea Bustamante-Sánchez

Concepción, 8 de abril de 2024



~ A la naturaleza silvestre, quien preserva al mundo.

AGRADECIMIENTOS

Ninguna investigación es desarrollada por una sola persona, aun cuando es la autora quien se lleva gran parte de la labor, el contenido de esta investigación es fruto del apoyo desinteresado. Agradezco profundamente a las siguientes personas e instituciones por sus valiosos aportes en esta investigación:

Marcela Andrea Bustamante-Sánchez, Andrés Velásquez Cea, Carolina Arlette Ramos Umaña, Carlos Andrés Pérez Oportus, Fernando Karim Muñoz Herrera, Luna Ibarra, Perla Quijada, Camila Arriagada, Catalina Urrutia, Valeria Tapia, Marcelo Madariaga, Elvis Gavilán, Juan Pedro Elissetche, Laboratorio de Dendrocronología de la Pontificia Universidad Católica, Departamento de Manejo de Bosque de la Facultad de Ciencias Forestales-Universidad de Concepción, y un especial reconocimiento para Ricardo León, no existen palabras para expresar mi agradecimiento, respeto y admiración por su vocación.

¡Infinitas gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1.- INTRODUCCIÓN	9
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS	15
2.- METODOLOGÍA	16
2.1. Área de estudio	16
2.2. Trabajo de campo	16
2.3. Análisis de datos	19
3.- RESULTADOS	25
3.1. Criterios de composición y estructura	25
3.2. Estructura de tamaños de los árboles	26
3.3. Edad de individuos arbóreos de dos especies dominantes	33
4.- DISCUSIÓN	34
4.1. La estructura del bosque de la EBT presenta rasgos de un bosque maduro perturbado	34
4.2. Los patrones de distribución del bosque reflejan su estado de sucesión tardía	36
4.3. La edad de algunos individuos como evidencia de un rodal conservado en el tiempo	38
4.4. La importancia de la información para proyectos de restauración ecológica en la Península de Hualpén	40
5.- CONCLUSIONES	40
6.- BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXO	52

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Ubicación de la Estación de Biología Terrestre en la Península de Hualpén. Los puntos coloreados en verde y en morado corresponden a las 34 parcelas estudiadas. En las parcelas de color morado, a los individuos arbóreos de mayor tamaño de diámetro se le extrajeron los tarugos de crecimiento para estimar la edad del bosque. _____ 17
- Figura 2:** Áreas basales (m^2/ha) de las especies arbóreas presentes en el rodal de bosque esclerófilo costero de la Estación de Biología Terrestre, ordenadas de manera descendente a fin de demostrar la dominancia de las especies en el lugar. _____ 27
- Figura 3:** Densidades (N/ha) de las especies arbóreas presentes en el rodal de bosque esclerófilo costero de la Estación de Biología Terrestre, ordenadas de manera descendente a fin de demostrar la dominancia de las especies en el lugar. _____ 28
- Figura 4:** Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) del total de las especies arbóreas del dosel ($787.65 N/ha$) de un remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, Chile. La línea roja indica la función de Weibull ajustada a la distribución de clases diamétricas. β = parámetro de forma de la distribución de Weibull. _____ 29
- Figura 5:** Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) para las especies arbóreas dominantes de un remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén. Las líneas rojas indican la función de Weibull ajustada a cada distribución de clases diamétricas. **A)** Distribución de tamaños de *Cryptocarya alba*, ($298.82 N/ha$). **B)** Distribución de tamaños de *Aextoxicon punctatum* ($214.12 N/ha$). Sobre las barras de clases de DAP, los asteriscos indican la cantidad de individuos tarugados por clase. β = parámetro de forma de la distribución de Weibull. Notar las escalas diferentes en el eje Y. _____ 30
- Figura 6:** Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) para especies arbóreas de una remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, diferenciadas de acuerdo con la tolerancia a la sombra. *I= intolerantes a la sombra, INT= tolerantes intermedios a la sombra, TOL= tolerantes a la sombra.* _____ 31
- Figura 7:** Distribución vertical, según clases de altura (m), de individuos arbóreos tolerantes (TOL), tolerantes intermedios (INT) e intolerantes a la sombra (I) presentes en un remanente de bosque esclerófilo costero ubicado en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, Chile. _____ 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables de composición y estructura a evaluar en el rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicada en la Península de Hualpén, Chile. Modificado de Ponce et al (2017) _____ 19

Tabla 2: Datos de las variables de composición y estructura para bosques maduros de Australia y Sudamérica. **Tipo de bosque:** **E:** Esclerófilo, **C:** Coníferas, **S:** Siempreverde, **K:** Caducifolio, **C/K:** Mixto de coníferas y caducifolio, **S/C:** Mixto de siempreverde y coníferas. **AB (m²/ha):** Área basal, **D (N/ha):** Densidad. Un † después de la referencia indica que estos datos se presentan en Burrascano et al. (2013), en los cuales, un asterisco (*) después de la referencia indica que se promediaron varios datos de rodales en un solo registro. Un ♦ indica que los datos se presentan en Gutiérrez et al. (2009). Solo los datos de Ponce et al (2017) se presentan como promedio (\pm desviación estándar). _____ 20

Tabla 3: Valores de las variables de composición y estructura determinadas para el rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicada en la Península de Hualpén, Chile. \pm : EE _____ 25

Tabla 4: Valores para las variables de composición y estructura de cada especie que compone el dosel arbóreo de un rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicado en la península de Hualpén, Chile. **N=** Número total de individuos; **AB=** Área basal (m²/ha \pm EE); **D=** Densidad (N/ha \pm EE); **Sto=** tolerancia a la sombra de las especies, donde **to=** tolerantes a la sombra, **int=** tolerancia intermedia a la sombra, **i=** intolerantes a la sombra. _____ 26

Tabla 5: Resumen de los datos de edad determinada para dos especies arbóreas dominantes presentes en un remanente de bosque esclerófilo costero ubicado en la Estación Biológica Terrestre, Península de Hualpén, Chile. N=5. **DAP (cm)** = Diámetro a la altura del pecho; **D.T (cm)** = diámetro tarugado; **Edad máx** = edad máxima; **Edad mín.** = edad mínima; **C. T=** Cantidad de tarugos extraídos. _____ 33

RESUMEN

Para caracterizar e identificar la etapa de crecimiento de un bosque mediante criterios de composición y estructura, se utilizaron variables como la riqueza de especies, el área basal (m^2/ha), la densidad (N/ha) y edad. Este enfoque permite la comparación con datos de otros bosques maduros. Dada la escasez de información sobre los bosques maduros de clima mediterráneo en Chile, esta investigación busca ser un aporte en el vacío del conocimiento. El estudio se realizó en un remanente de bosque esclerófilo costero ubicado en la Estación Biológica Terrestre (EBT), Península de Hualpén, provincia Concepción, Chile, donde se establecieron 34 parcelas de 500 m^2 cada una, registrando el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con un diámetro de tronco mayor o igual a 5 cm. Para medir su altura, se seleccionaron al menos cinco árboles por parcela, y para estimar la edad, se extrajeron tarugos de crecimiento a individuos de las especies dominantes con los mayores diámetros de tronco. Los resultados demuestran que el bosque de la EBT presenta valores de composición y estructura que se encuentran dentro del rango de valores establecidos para otros bosques maduros. La distribución de tamaños es exponencial negativa, con predominio de individuos tolerantes a la sombra que constituyen las capas del dosel dominante. La presencia de individuos de más de 200 años es una evidencia de la antigüedad de los árboles dominantes del bosque, lo que apoya la hipótesis de que el bosque se encuentra en una etapa sucesional avanzada. La caracterización del bosque de la EBT lo posiciona como un ecosistema de referencia para futuros proyectos de restauración ecológica.

Palabras clave: Bosque maduro, bosque esclerófilo costero, ecosistema de referencia

ABSTRACT

To characterize and identify the growth stage of a forest using composition and structure criteria, variables such as species richness, basal area (m^2/ha), density (N/ha), and age were used. This approach allows comparison with data from other mature forests. Given the lack of information on mature Mediterranean climate forests in Chile, this research aims to contribute to the knowledge gap. The study was conducted in a remnant of coastal sclerophyllous forest located at the Terrestrial Biological Station (EBT), Hualpén Peninsula, Concepción Province, Chile, where 34 plots of 500 m^2 each were established, recording the diameter at breast height (DBH) of all trees with a trunk diameter greater than or equal to 5 cm. To measure their height, at least five trees were selected per plot, and to estimate age, growth cores were extracted from individuals of the dominant species with the largest trunk diameters. The results show that the EBT forest exhibits composition and structure values that fall within the range of values established for other mature forests. It presents a negatively exponential size distribution, with a predominance of shade-tolerant individuals that make up the dominant canopy layers. The presence of individuals over 200 years old can be considered evidence of the age of the dominant trees in the forest, supporting the hypothesis that the forest is in an advanced successional stage. The characterization of the EBT forest positions it as a reference ecosystem for future ecological restoration projects.

Keywords: Mature forest, coastal sclerophyllous forest, reference ecosystem.

1.- INTRODUCCIÓN

Los bosques en etapa de sucesión avanzada, conocidos como bosques maduros o bosques antiguos, se definen por Armesto et al. (2009) como *cualquier extensión de bosque natural con una extensión mínima para integrar un área central, donde los efectos de borde son mínimos y que mantiene una estructura vertical compleja dominada por árboles grandes (viejos) tolerantes a la sombra y con la presencia de árboles emergentes pioneros, con una composición de especies que no ha sido significativamente modificada (ya sea por el impacto humano recurrente u otra gran perturbación al menos durante los últimos dos siglos)*. En la práctica, para caracterizar e identificar la etapa de crecimiento de un bosque se utilizan diversos criterios, los cuales Wirth et al. (2009) agrupan en: 1) de estructura y composición, 2) de sucesión y 3) de procesos biogeoquímicos. Los primeros son los más empleados a la hora de clasificar un bosque, ya que entregan información robusta extraída de métodos relativamente fáciles de aplicar (Badalamenti et al., 2018), basándose en datos de distribución de edad, distribución de tamaño de diámetro de árboles y patrones espaciales de árboles vivos y muertos (Wells et al., 1998).

Mosseler et al. (2003) proponen tres atributos que caracterizan a un bosque de sucesión avanzada: 1) la edad de las especies dominantes se acerca a la mitad de su expectativa de vida; 2) existen evidencias de auto reemplazo de especies (regeneración de especies sombra tolerantes, claros de dosel, presencia de troncos descompuestos); y 3) presentan una estructura de edad desigual, multimodal y con una curva exponencial negativa en forma de J invertida. Por su parte, el patrón de J invertida en la distribución de tamaños de diámetro se traduce en una estructura de dosel compleja, típica de bosques maduros o de sucesión avanzada (Franklin y Van Pelt, 2004; Donoso, 1993).

Ponce et al. (2017) agregan que, indistintamente de su ubicación; los bosques maduros deben contener características particulares como: 1) la presencia de árboles con edades > 200 años; 2) poseer una estructura vertical compleja y desigual; 3) altos valores de área basal (>80m² / ha); 4) ocurrencia de claros en el dosel; 5) dominancia del dosel dada por especies arbóreas de sucesión tardía; y 6) la presencia de abundantes lianas y epífitas. Adicionalmente, estos autores proponen 19 variables para el criterio de composición y estructura que permiten determinar la etapa sucesional en la que se encuentra el bosque.

En un análisis de datos a nivel global realizado por Burrascano et al. (2013) para determinar variables estructurales de los bosques en etapas de sucesión avanzada, se identificaron la riqueza, área basal (m²/ha), densidad (N/ha) y edad como variables que permitan la comparación de datos históricos, actuales y futuros de estos bosques. Para Sudamérica, los estudios citados, centrados en los bosques de Argentina y Chile, muestran valores que varían entre 32.2 (m²/ha) y 242.8 (m²/ha) para el área basal, entre 271 (N/ha) y 1893 (N/ha) para la densidad, y una edad comprendida entre 81 y más de 450 años. Sin embargo, estos valores representan solo una selección de tipos de bosques, mayormente correspondiente a los bosques sucesionales avanzados de la región patagónica y norpatagónica (Gutiérrez et al., 2009; Pollman, 2004; Battles et al., 2002; Carmona et al., 2002, Barrera et al., 2000; Armesto y Figueroa, 1987). Hasta el momento no se dispone de información sobre los bosques de sucesión avanzada de clima mediterráneo en Chile, probablemente por la explotación intensiva de su área de distribución natural, manteniendo a estos ecosistemas en un estado de sucesión temprana, predominando principalmente el matorral (Díaz et al., en preparación).

En cuanto a los valores para las variables del criterio de composición y estructura en un bosque mediterráneo maduro, se espera que sean más similares a los valores establecidos por Gutiérrez et al. (2009) para los bosques chilenos, bosques de Australia y bosques siempreverdes de Nueva Zelanda, dada la historia evolutiva de la biota nacional de la zona de clima mediterráneo, la cual derivó, según Raven (1971); de grupos semiáridos y neotropicales adyacentes, desarrollándose en aislamiento de otras floras de áreas

climáticas similares a nivel mundial, siendo, por origen; más similar a la biota del hemisferio Sur.

Sin embargo, la región de clima mediterráneo en Chile, ubicada en el lado occidental de la Cordillera de los Andes entre los 30°S y los 38°S; comparte características fisonómicas y climáticas con otras zonas mediterráneas del mundo, especialmente con California. Estas similitudes han sido reconocidas en diversos estudios sobre la convergencia ecológica y evolutiva de comunidades biológicas no relacionadas (Cowling et al., 1996; Arroyo et al., 1995). Todas las regiones mediterráneas del mundo son consideradas como *hot spot* de biodiversidad debido a su alta diversidad, altas tasas de endemismos y numerosas amenazas que enfrentan en términos de conservación. En consecuencia, estos ecosistemas son considerados como los más presionados a nivel mundial (Rundel et al., 2016).

En Chile, dentro de la región mediterránea, y de manera discontinua, se distribuye el bosque esclerófilo (entre los 31°52'S y los 37°20'S) (Luebert & Pliscoff, 2006). Esta formación boscosa está dominada por elementos florísticos capaces de soportar las adversidades del clima mediterráneo, siendo características las asociaciones de la clase *Lithraeo – Cryptocaryetea* (Oberdorfer, 1960; Amigo y Flores-Soto, 2012). Además, albergan especies endémicas con una distribución geográfica fragmentada y enfrentan serios desafíos de conservación, como *Gomortega keule* (Molina) Baillon y *Pitavia punctata* Molina (Smith y Armesto, 2002).

El bosque esclerófilo ha estado sometido a una creciente presión agrícola, ganadera y urbana que han reducido sensiblemente su cobertura vegetal (Hernández et al., 2015; Schulz et al., 2011). A nivel nacional este bosque es considerado como la formación boscosa más amenazada, degradada y reducida en superficie (Alaniz et al., 2016), lo que ha promovido un proceso acelerado de fragmentación de este ecosistema. Además, a estas amenazas se suman los incendios forestales que en el año 2017 afectaron a 335,000 ha de esta formación boscosa (Garfias et al., 2018), correspondiendo a un 35.6% de la superficie total de este bosque (Carvajal y Alaníz, 2019). Asimismo, entre 2022 y 2023 se

consumieron 422,463.81 ha (SIDCO CONAF, 2023), concentrando un 70% (296,969.91 ha) entre las regiones de distribución de esta formación boscosa (Coquimbo - Biobío).

El límite sur de distribución del bosque esclerófilo se ubica en la región del Biobío, siendo representado por la variación bosque esclerófilo costero, la que se configura por la presencia de los subtipos *rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas* y subtipo *bosque hidrófilo de quebradas* (Donoso, 1981). Es en esta región que, hace más de una década, Armesto et al. (2009) cuantifican la proporción de cubierta forestal madura en un 3.6%, a 36°S, y un 13.1%, a 38°S, por lo que actualmente estos pudiesen encontrarse ausentes.

En la región del Biobío la provincia de Concepción alberga uno de los sectores mejor conservados en términos de cobertura vegetal, conocido como la Península de Hualpén (36°45'9" S - 73°10'44" O), manteniendo importantes ecosistemas para la diversidad biológica regional (EULA, 2016). Es en este sector que Polymeris (1995) distingue, mediante métodos fitosociológicos; veinte tipos de formaciones vegetales, considerando a los bosques presentes en los alrededores del Parque Pedro del Río Zañartu y, en menor medida, al sector circundante a la caleta Los Burros, como los más cercanos a la cobertura vegetal original de la Península, los que, en conjunto, presentan una extensión de 97 ha (Jerez, 2016).

Dentro de las 2000 ha que posee el Parque Pedro del Río Zañartu se encuentra la Estación de Biología Terrestre (EBT) de la Universidad de Concepción, un área de 70 ha destinadas a la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que posee la vegetación del lugar, así como también, para el desarrollo de investigaciones de docencia y difusión científica (Moreno-Chacón et al., 2018). En la Estación se ha caracterizado la flora vascular presente (Moreno-Chacón et al., 2018), descrito su diversidad genética (Fuentes et al., 2017), y su dinámica natural (Reyes, 1997), además de un sin número de investigaciones en torno a otras áreas de la ciencia. Sin embargo, a la fecha no existen estudios específicos dentro de la EBT que evalúen, mediante criterios de composición y estructura; la etapa sucesional de este remanente boscoso, por lo que esta investigación

busca ser un aporte en el vacío del conocimiento de los bosques maduros de climas mediterráneo, además de proporcionar información valiosa para la implementación de planes y programas de restauración ecológica dentro de la Península de Hualpén.

HIPÓTESIS

Para determinar si el bosque de la Estación de Biología Terrestre se encuentra en una etapa de sucesión avanzada, se evaluarán las siguientes hipótesis:

- 1.- Los valores totales calculados para las variables riqueza, área basal (m^2/ha), densidad (N/ha) y edad, deberían encontrarse dentro del rango establecido para los bosques maduros de Chile y Australia.
- 2.- La distribución de tamaños de diámetro arbóreo debería presentar una curva de función exponencial negativa que evidencie una estructura madura del bosque.
- 3.- La dominancia en el dosel arbóreo debería estar representada por especies que son tolerantes a la sombra.
- 4.- Dentro del rodal se esperaría encontrar la presencia de individuos arbóreos establecidos hace un largo tiempo, cuya presencia indique una baja perturbación del área y, posiblemente, una menor actividad extractivista.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar el bosque de la Estación de Biología Terrestre evaluando su estado sucesional a partir de su composición y estructura.

Objetivos específicos

- 1.- Obtener valores totales del rodal para las variables de composición y estructura.
- 2.- Determinar la edad de individuos arbóreos que presentan los mayores diámetros de tronco.

2.- METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La Estación de Biología Terrestre (36°47'S -73°10'O) se ubica en la Península de Hualpén, aledaña al Parque Pedro del Río Zañartu y cercana a la desembocadura del río Bio-bío, abarcando un área continua de 70 ha, el cual fue cedido a la Universidad de Concepción en comodato por la Gobernación de Talcahuano en 1970. El clima descrito es de tipo templado, sub-mediterráneo, con influencia oceánica, alcanzando precipitaciones de una media anual de 559 mm, y una temperatura media anual de 13°C (DGAC, 2022). La vegetación de la Península incluye una variedad de comunidades boscosas, entrando en contacto especie del bosque esclerófilo con especies del bosque higrófilo (Polymeris, 1995). La vegetación nativa es dominada por *Cryptocarya alba*, *Aextoxicon punctatum* Ruiz y Pav. *Lithrea caustica* (Molina) Hook. & Arn. y *Peumus boldus* Molina, careciendo de representantes del género *Nothofagus*, pero incluyendo especies como *Drimys winteri* J.R Forst & G. Forst, *Eucryphia cordifolia* Cav., *Laurelia sempevirens* (Ruiz & Pav.) Tul., *Persea lingue* (Ruiz & Pav.) Nees, *Gevuina avellana* Molina y *Escallonia pulvurenta* Ruiz & Pav (Polymeris, 1995).

2.2. Trabajo de campo

En enero de 2022, como parte de las prácticas en terreno de un grupo de estudiantes de Ingeniería en Conservación de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, se establecieron 34 parcelas circulares de 500m² de radio de manera sistemáticamente en el área de estudio (Fig. 1). La distancia mínima entre

parcelas fue de 50 m entre sí, las que fueron localizadas en terreno mediante un geoposicionador. Adicionalmente el tamaño de radio de cada parcela se ajustó de acuerdo con la pendiente.



Figura 1: Ubicación de la Estación de Biología Terrestre en la Península de Hualpén. Los puntos coloreados en verde y en morado corresponden a las 34 parcelas estudiadas. En las parcelas de color morado, a los individuos arbóreos de mayor tamaño de diámetro se le extrajeron los tarugos de crecimiento para estimar la edad del bosque.

En cada unidad muestral, se registró el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con un diámetro de tronco mayor o igual a 5 cm, midiendo el DAP a 1.3 m del suelo. Además, se registró la nomenclatura de cada especie siguiendo a Marticorena y Quezada (1985) y Moreno-Chacón (2018). Para cada parcela se seleccionaron a lo menos cinco árboles representativos del dosel para medir su altura.

En noviembre de 2022, para determinar la edad se extrajeron tarugos de crecimiento de dos especies dominantes del dosel. Se seleccionaron seis individuos arbóreos con los diámetros muestreados más grandes. Utilizando un barrenado de Pressler, de diámetro interior de 5mm, se tomaron tarugos de crecimiento de tres individuos de la especie *Cryptocarya alba*, con diámetros de 83, 86 y 105 cm, y de tres individuos de *Aextoxicon punctatum* con diámetros de 83, 85 y 98 cm, colectando un total de seis muestras. Sin embargo, sólo cinco pudieron ser procesadas debido al deterioro que presentó una de ellas. Las muestras se tomaron a 0.3 m desde la base del tronco y perpendicular al eje de crecimiento del fuste del árbol. Las muestras fueron almacenadas en bombillas de plástico, las cuales fueron rotuladas con un código único para cada una. Finalizada la extracción, el orificio generado en el árbol fue tapado con una mezcla de cera de abeja y aceite de linaza, a fin de evitar la colonización y propagación de patógenos en el árbol. Las muestras fueron procesadas siguiendo las técnicas dendrocronológicas descritas por Stokes y Smiley (1968). Se dataron las muestras mediante el método de Schulman (1956) para el hemisferio sur y se asignó a cada anillo la fecha en que comenzó el crecimiento radial, partiendo desde la fecha en que se formó el último anillo visible hacia el pasado. En esta investigación se consideró el año 2021 como el último año de anillo visible, puesto que la extracción de los tarugos de crecimiento se realizó antes de que se formara el anillo anual. La edad estimada de los individuos se consideró como edad máxima o edad mínima, respectivamente, según si el tarugo extraído llegó hasta la médula o no.

2.3. Análisis de datos

Con el objetivo de determinar la condición de sucesión avanzada del bosque esclerófilo costero presente en el área de estudio, se evaluaron 10 de las 19 variables propuestas por Ponce et al. (2017) (Tabla 1).

Tabla 1: Variables de composición y estructura a evaluar en el rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicada en la Península de Hualpén, Chile. Modificado de Ponce et al (2017)

1) Densidad (N/ha)
2) Área basal (m ² /ha)
3) Área basal de árboles >80 cm d (m ² /ha)
4) Área basal de especies intolerantes a la sombra (m ² /ha)
5) Área basal de especies de tolerancia media a la sombra (m ² /ha)
6) Área basal de especies tolerantes a la sombra (m ² /ha)
7) Riqueza total de especies arbóreas
8) Riqueza de especies de árboles intolerantes a la sombra
9) Riqueza de especies arbóreas de tolerantes media a la sombra
10) Riqueza de especies tolerantes a la sombra

Así mismo, los valores totales de las variables área basal (m²/ha) y densidad (N/ha), determinados para el área de estudio, fueron comparados con los valores de estas variables para bosques de sucesión avanzada de Chile y Australia, cuyos valores de referencia se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Datos de las variables de composición y estructura para bosques maduros de Australia y Sudamérica. **Tipo de bosque:** *E:* Esclerófilo, *C:* Coníferas, *S:* Siempreverde, *K:* Caducifolio, *C/K:* Mixto de coníferas y caducifolio, *S/C:* Mixto de siempreverde y coníferas. **AB (m²/ha):** Área basal, **D (n/ha):** Densidad. Un † después de la referencia indica que estos datos se presentan en Burrascano et al. (2013), en los cuales, un asterisco (*) después de la referencia indica que se promediaron varios datos de rodales en un solo registro. Un ♦ indica que los datos se presentan en Gutiérrez et al. (2009). Solo los datos de Ponce et al (2017) se presentan como promedio (\pm desviación estándar).

Continente	Región	Altitud (msnm)	Tipo de Bosque	Árbol dominante	AB (m ² /ha)	D (n/ha)	Edad	Referencia
Sudamérica	Andes-Chile	395	S	<i>Aextoxicon punctatum</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i>	242.8	1865	380-645	Pollmann y Veblen (2004)*†
	Andes-Chile	890	S	<i>Nothofagus dombeyi</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i>	224.7	1321	570-785	Pollmann y Veblen (2004)*†
	Andes-Chile	1110	S	<i>Nothofagus dombeyi</i> , <i>N. pumilio</i>	126.1	1185	430-590	Pollmann y Veblen (2004)†
	Andes-Chile	1320	K	<i>Nothofagus betuloides</i>	98.3	1893	410-560	Pollmann y Veblen (2004)*†
	Andes-Chile	775	S/C	<i>Nothofagus dombeyi</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i> , <i>Saxegothaea conspicua</i>	125.6	502	>300	Schlegel y Donoso (2008)†
	Andes-Chile	775	S/C	<i>Laureliopsis philippiana</i> , <i>Saxegothaea conspicua</i> , <i>Dasyphyllum</i> <i>diacanthoides</i>	109.4	652	>300	Schlegel y Donoso (2008)†
	Central-Chile	800	S/C	<i>Nothofagus dombeyi</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i> , <i>Saxegothaea conspicua</i>	126	501	-	Donoso y Lusk (2007)†
	Central-Chile	480	S	<i>Eucryphia cordifolia</i> , <i>Weinmannia</i> <i>trichosperma</i>	81	719	-	Donoso y Nyland (2005)*†
	Central-Chile	376	S	<i>Aextoxicon punctatum</i>	95.1	661	240-460	Salas et al. (2006)†

Central-Chile	400	K	<i>Nothofagus obliqua</i> , <i>N. alpina</i> , <i>N. dombeyi</i>	55	1006	86	Salas y García (2006)†
Isla de Chiloé-Chile	170	S/C	<i>Podocarpus nubigena</i> , <i>Saxegothaea conspicua</i> , <i>Nothofagus nítida</i> .	97.9	-	112-134	Gutiérrez <i>et al.</i> (2009)*†
Isla de Chiloé-Chile	310	S/C	<i>Podocarpus nubigena</i> , <i>Saxegothaea conspicua</i> , <i>Nothofagus nítida</i> .	104	1513	173-309	Gutiérrez <i>et al.</i> (2009)†
Isla de Chiloé-Chile	350	S	<i>Amomyrtus luma</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i>	78.4	1326	-	Armesto y Figueroa (1987)†
Isla de Chiloé-Chile	50	S	<i>Aextoxicon punctatum</i> , <i>Luma apiculata</i>	32.2	1436	-	Armesto y Figueroa (1987)†
Isla de Chiloé-Chile	150	S	<i>Drimys winteri</i>	43.6	750		Armesto y Figueroa (1987)†
Isla de Chiloé-Chile	30	S	<i>Drimys winteri</i> , <i>Amomyrtus luma</i> , <i>Nothofagus dombeyi</i>	61.2	949		Armesto y Figueroa (1987)†
Isla de Chiloé-Chile	680	S/C	<i>Fitzroya cupressoides</i> , <i>Pilgerodendron uviferum</i> , <i>Nothofagus nítida</i>	138.2	9680	400-425	Battles <i>et al.</i> (2002)†
Isla de Chiloé-Chile	75	S/C	<i>Nothofagus nítida</i> , <i>Drimys winteri</i> , <i>Podocarpus nubigena</i>	47.4	3600	97-112	Carmona <i>et al.</i> (2002)*†
Isla de Chiloé-Chile	75	S/C	<i>Nothofagus nítida</i> , <i>Drimys winteri</i> , <i>Podocarpus nubigena</i>	75.7	2400	133	Carmona <i>et al.</i> (2002)*†
Isla de Chiloé-Chile	550	S/C	<i>Nothofagus nítida</i> , <i>Drimys winteri</i> , <i>Podocarpus nubigena</i> , <i>Laureliopsis philippiana</i>	89.2	3114	191	Carmona <i>et al.</i> (2002)*†
Isla de Chiloé-Chile	-	S	-	-	271-494	>500	Veblen (1985)♦
Isla de Chiloé-Chile	-	S	-	56-90	883-1179	-	Donoso <i>et al.</i> (1984)♦
Isla de Chiloé-Chile	-	S	-	77.9-111.3	1095-1541	-	Donoso <i>et al.</i> (1985)♦
Sur de Chile	30	S/C	<i>Nothofagus nítida</i> , <i>Podocarpus nubigena</i>	94.1	688	-	Innes (1992)†

	Sur de Chile	220	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	80	360	180	Barrera et al. (2000)†
	Sur de Chile	440	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	67	780	158	Barrera et al. (2000)†
	Sur de Chile	1200	K	<i>Nothofagus alpina</i> , <i>N. dombeyi</i>	89.5	451	137	Pollman (2004)†
	Sur de Chile	1500	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	68	499	-	Fajardo y De Graaf (2004)†
	Sur de Chile	900	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	61.9	782	-	Fajardo y De Graaf (2004)†
	Llancahue - Chile	-	S	<i>Eucryphia cordifolia</i> <i>Laureliopsis philippiana</i> <i>Drimys winteri</i>	59.1(±4.4)	4593(±543)	60	Ponce et al. (2017)
	Llancahue - Chile	-	S	<i>Drimys winteri</i> <i>Laureliopsis philippiana</i> <i>Eucryphia cordifolia</i>	60.4(±4.9)	2783(+355)	60	Ponce et al. (2017)
	Llancahue - Chile	-	S	<i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Eucryphia cordifolia</i> <i>Drimys winteri</i>	67.5(±4.2)	1263(±314)	90	Ponce et al. (2017)
	Rucamanque - Chile	-	S	<i>Nothofagus obliqua</i> <i>Laureliopsis philippiana</i> <i>Aextoxicon punctatum</i>	73.8(±5.6)	1033(±545)	90	Ponce et al. (2017)
	Llancahue - Chile	-	S	<i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Eucryphia cordifolia</i> <i>Drimys winteri</i>	94.9(±3.5)	1430(±276)	<200	Ponce et al. (2017)
	Rucamanque - Chile	-	S	<i>Nothofagus obliqua</i> <i>Laureliopsis philippiana</i> <i>Aextoxicon punctatum</i> <i>Eucryphia cordifolia</i>	89.9(±6)	670(±193)	>250	Ponce et al. (2017)
	Llancahue - Chile	-	S	<i>Laureliopsis philippiana</i> <i>Aextoxicon punctatum</i>	95.7(±12.7)	1159(±124)	>250	Ponce et al. (2017)
	Argentina	-	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	69.2	584	125-250	Martínez Pastur et al. (2000)*†
	Argentina	150	S	<i>Nothofagus betuloides</i> , <i>Drimys winteri</i>	104	1906	150-161	Rebertus y Veblen (1993)*†
	Argentina	350	K	<i>Nothofagus pumilio</i>	95	717	100	Rebertus y Veblen (1993)†
Australia	Oriente de Australia	850	S	<i>Nothofagus moorei</i> , <i>Eucalyptus sp.pl</i>	62.9			Bale et al. (1998)*†
	Nueva Zelanda	100	S/C	<i>Nothofagus menziesii</i> , <i>Weinmannia racemosa</i> ,	55.9	445	>800*	Lusk y Smith (1998)†

Dacrydium cupressinum

Nueva Zelanda	550	S/C	<i>Dacrydium cupressinum</i> , <i>Weinmannia racemosa</i>	144.5	6015	252	Smale et al. (1997)†
Nueva Zelanda	50	S/C	<i>Dacrydium cupressinum</i> , <i>Weinmannia racemosa</i>	61	1660	197	Walcroft et al. (2005)†
Nueva Zelanda	1136	S	<i>Nothofagus solandri</i>	68.2	1216	>150	Davis et al. (2003)†

En cuanto a las especies encontradas, estas fueron clasificadas según su tolerancia a la sombra, siendo categorizadas en: tolerantes a la sombra (TOL), tolerantes intermedios a la sombra (INT) e intolerantes a la sombra (I), indicando la riqueza de especies presente en cada categoría. Por cada especie se determinó su área basal (m^2/ha) y densidad (N/ha), graficando estos parámetros a fin de determinar la dominancia de las especies.

Las medidas de DAP de todos los individuos muestreados fueron agrupados mediante clases diamétricas de rango 4.9 cm. Su curva de distribución fue ajustada a la función de distribución de probabilidad de Weibull (Bailey & Dell, 1973) mediante el análisis del parámetro de forma β , por lo que si $\beta < 1$ la curva es una j-invertida; si $\beta = 1$ la curva representa una distribución exponencial; si $1 < \beta < 3.6$ la curva presenta forma de montaña con desviación positiva; o bien si $\beta \approx 3.6$ la curva presenta una distribución normal (Holder, 1996). De igual manera, este ajuste se realizó para las especies dominantes en área basal (m^2/ha) y densidad (N/ha). Adicionalmente, el análisis de distribución de clases diametrales para el total de especies se ejecutó considerando sus tolerancias a la sombra.

Utilizando los valores de altura recolectados ($N=165$) se calculó la medida de tendencia central del resto de individuos ($N=1339$) utilizando la ecuación de la recta, la cual permite predecir la altura de un árbol en función de su DAP. Los valores obtenidos se agruparon en clases de altura de rango 1.9 m, y se representaron gráficamente de acuerdo con la tolerancia a la sombra de las especies.

3.- RESULTADOS

3.1. Criterios de composición y estructura

Las variables del criterio de composición y estructura, encontradas para todo el bosque de la Estación de Biología Terrestre (EBT), se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores de las variables de composición y estructura determinadas para el rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicada en la Península de Hualpén, Chile. \pm : EE

Variables de composición y estructura	Valor total EBT
Densidad (N/ha)	787.65 (\pm 82.82)
Área basal (m ² /ha)	40.12 (\pm 2.88)
Área basal de árboles >80 cm de diámetro (m ² /ha)	6.38 (\pm 2.08)
Área basal de especies intolerantes a la sombra (m ² /ha)	0.12 (\pm 0.04)
Área basal de especies de tolerancia intermedia a la sombra (m ² /ha)	3.74 (\pm 0.37)
Área basal de especies tolerantes a la sombra (m ² /ha)	36.20 (\pm 1.68)
Riqueza total de especies arbóreas	17
Riqueza de especies arbóreas intolerantes a la sombra	3
Riqueza de especies arbóreas tolerantes intermedios a la sombra	6
Riqueza de especies arbóreas tolerantes a la sombra	8

El bosque de la EBT presentó una riqueza arbórea total de 17 especies (Tabla 4). El análisis de las especies que componen el rodal revela que *Cryptocarya alba* y *Aextoxicon punctatum* son las especies más abundantes, con un 37.9% (298.82 N/ha) y un 27.2% (214.12 N/ha) respectivamente, lo que en conjunto suma el 65.1% del total de individuos. Siguen en abundancia, aunque con valores menores, las especies *Peumus boldus* y *Lithraea caustica* representando el 8.2% (64.71 N/ha) y 5.9% (46.47 N/ha) respectivamente.

Tabla 4: Valores para las variables de composición y estructura de cada especie que compone el dosel arbóreo de un rodal de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicado en la península de Hualpén, Chile. **N**= Número total de individuos; **AB**= Área basal (m²/ha ± EE); **D**= Densidad (N/ha ± EE); **Sto**= tolerancia a la sombra de las especies, donde **to**= tolerantes a la sombra, **int**= tolerancia intermedia a la sombra, **i**= intolerantes a la sombra.

ESPECIES	N	D (N/ha)	AB (m ² /ha)	Sto
<i>Aextoxicon punctatum</i> Ruiz y Pav	364	214.12 (±26.96)	12.19 (±2.23)	to ¹
<i>Amomyrtus meli</i> (Phil.) D. Legrand & Kausel	2	1.18 (±1.18)	0.004 (±0.004)	int ¹
<i>Aristotelia chilensis</i> (Molina) Stuntz	6	3.53 (±2.15)	0.03 (±0.02)	i ²
<i>Citronella mucronata</i> (Ruiz & Pav.) D. Don	36	21.18 (±11.42)	1.14 (±0.46)	to ³
<i>Cryptocarya alba</i> (Molina) Loose	508	298.82 (±42.49)	21.17 (±2.12)	to ⁴
<i>Gevuina avellana</i> Molina	24	14.12 (±5.94)	0.14 (±0.06)	int ¹
<i>Lithraea caustica</i> (Molina) Hook. & Arn.	80	46.47 (±14.55)	1.48 (±0.66)	int ⁵
<i>Lomatia dentata</i> (Ruiz & Pav.) R. Br.	27	15.88 (±8.09)	0.55 (±0.30)	to ⁶
<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam) Diels	14	8.24 (±8.24)	0.05 (±0.05)	i ⁷
<i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	34	20.00 (±6.59)	0.24 (±0.10)	to ¹
<i>Luma chequen</i> (Molina) A. Gray	2	1.18 (±1.18)	0.001 (±0.001)	int ⁵
<i>Maytenus boaria</i> Molina	1	0.59 (±0.59)	0.04 (±0.04)	i ⁵
<i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O. Berg	6	3.53 (±2.98)	0.03 (±0.02)	to ⁸
<i>Myrceugenia obtusa</i> (DC.) O. Berg	60	35.29 (±17.67)	0.37 (±0.18)	to ⁸
<i>Myrceugenia planipes</i> (Hook. & Arn.) O. Berg	55	32.35 (±16.09)	0.50 (±0.29)	to ¹
<i>Peumus boldus</i> Molina	110	64.71 (±12.67)	2.09 (±0.53)	int ⁵
<i>Rhaphithamnus spinosus</i> (A.L. Juss.) Moldenke	10	5.88 (±3.43)	0.03 (±0.01)	int ¹

Fuentes para la tolerancia a la sombra de las especies: 1) Gutiérrez *et al.* 2009; 2) Lusk *et al.* 2006; 3) Donoso 1993; 4) Del fierro *et al.* 1998; 5) Reyes 1997; 6) Donoso *et al.* 2018; 7) Lusk y Corcuera 2011; 8) Jiménez-Castillo & Lusk 2009.

3.2. Estructura de tamaños de los árboles

Siguiendo el patrón de abundancia, tanto *C. alba* como *A. punctatum* presentaron los mayores valores de área basal (m²/ha) (Fig.2) y densidad (m²/ha) (Fig.3), por lo que corresponden a las especies dominantes del dosel arbóreo.

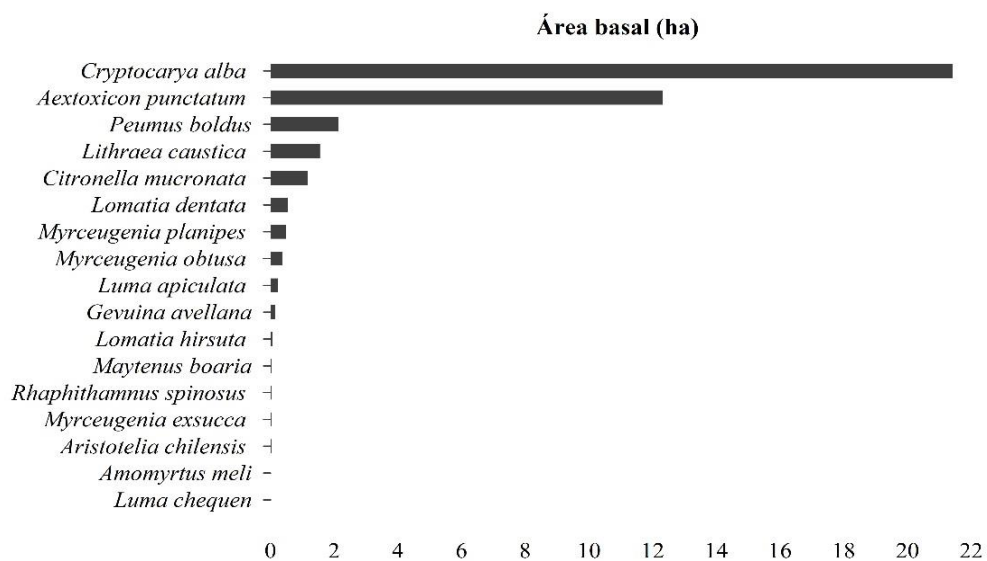


Figura 2: Áreas basales (m^2/ha) de las especies arbóreas presentes en el rodal de bosque esclerófilo costero de la Estación de Biología Terrestre, ordenadas de manera descendente a fin de demostrar la dominancia de las especies en el lugar.

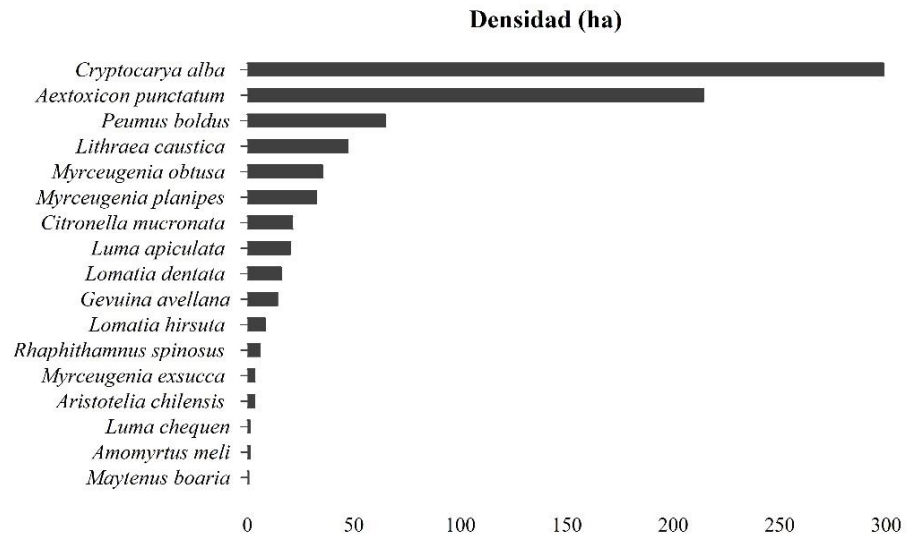


Figura 3: Densidades (N/ha) de las especies arbóreas presentes en el rodal de bosque esclerófilo costero de la Estación de Biología Terrestre, ordenadas de manera descendente a fin de demostrar la dominancia de las especies en el lugar.

El análisis de distribución de tamaños de diámetro (DAP) para el total de individuos, resultó en una distribución exponencial negativa (Weibull $\beta= 1.13$), compuesta por individuos con tamaños de DAP que oscilan entre 5 y 105 cm (Fig.4).

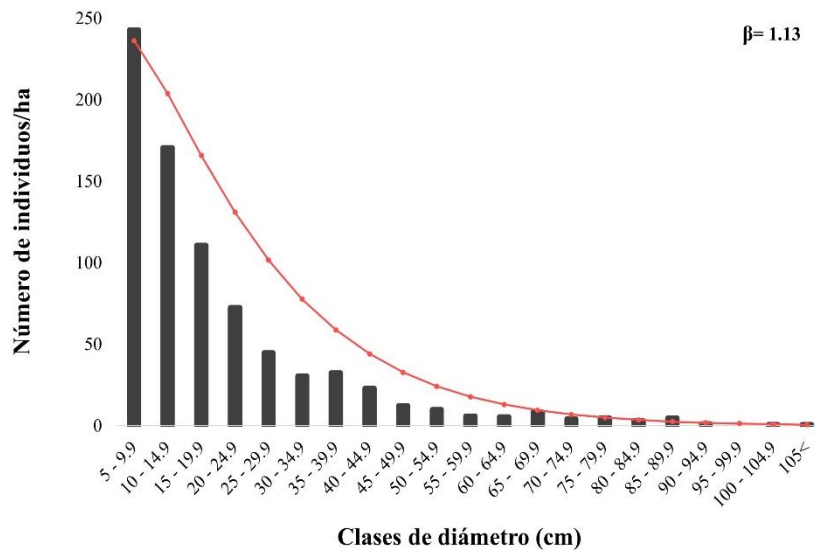


Figura 4: Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) del total de las especies arbóreas del dosel (787.65 N/ha) de un remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, Chile. La línea roja indica la función de Weibull ajustada a la distribución de clases diamétricas. β = parámetro de forma de la distribución de Weibull.

Las distribuciones de tamaño de diámetro de las especies dominantes *C. alba* (Fig.5A) y *A. punctatum* (Fig.5B) fueron del tipo exponencial negativa, con valores Weibull $\beta= 1.03$ y $\beta= 0.98$ respectivamente.

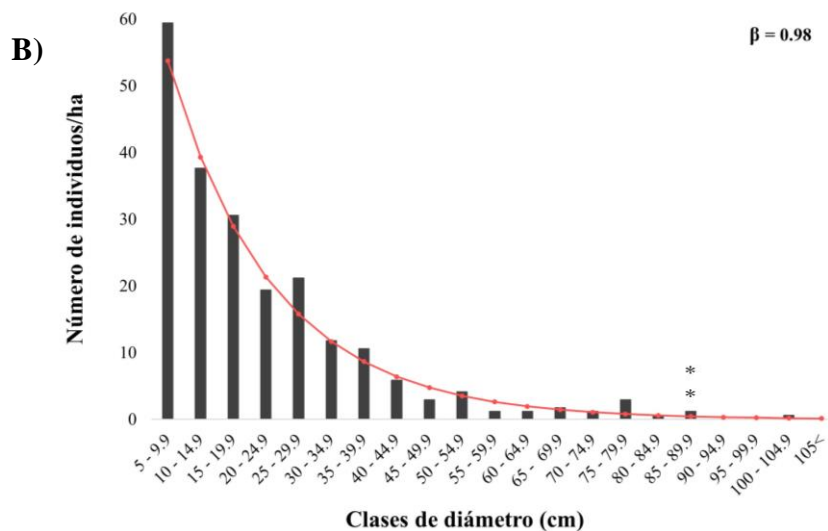
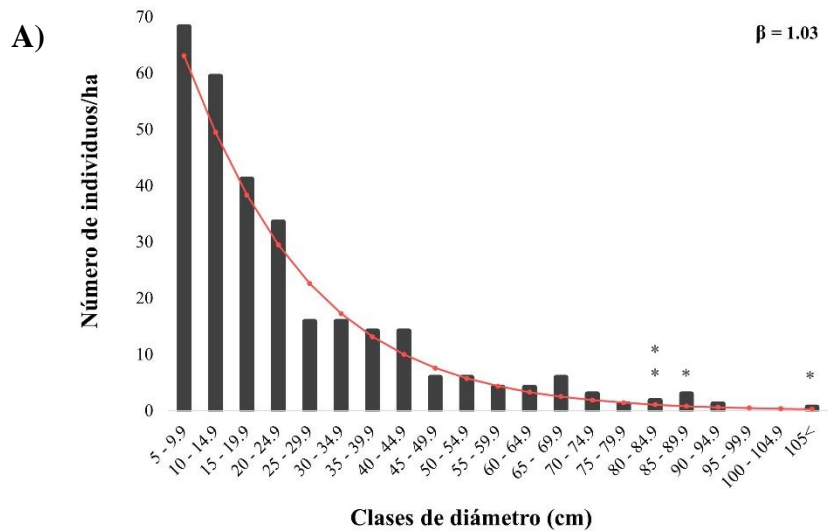


Figura 5: Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) para las especies arbóreas dominantes de un remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén. Las líneas rojas indican la función de Weibull ajustada a cada distribución de clases diamétricas. **A)** Distribución de tamaños de *Cryptocarya alba*, (298.82 N/ha). **B)** Distribución de tamaños de *Aextoxicon punctatum* (214.12 N/ha). Sobre las barras de clases de DAP, los asteriscos indican la cantidad de individuos tarugados por clase. β = parámetro de forma de la distribución de Weibull. Notar las escalas diferentes en el eje Y.

Entre las 17 especies encontradas, 8 fueron clasificadas como especies tolerantes, 6 como de tolerancia intermedia y 3 intolerantes. La distribución de tamaños, diferenciada según esta clasificación, muestra que el 85.1% de la abundancia total está representada por especies sombra tolerantes, presentes en todas las clases diametrales (Fig. 6). Por su parte, las especies de tolerancia intermedia e intolerantes a la sombra representan, respectivamente; solo un 17% y 1.6% del total de individuos, y se acotan a clases diametrales < 60cm, exceptuando solo un individuo de *L. caustica* (INT) con DAP = 88cm.

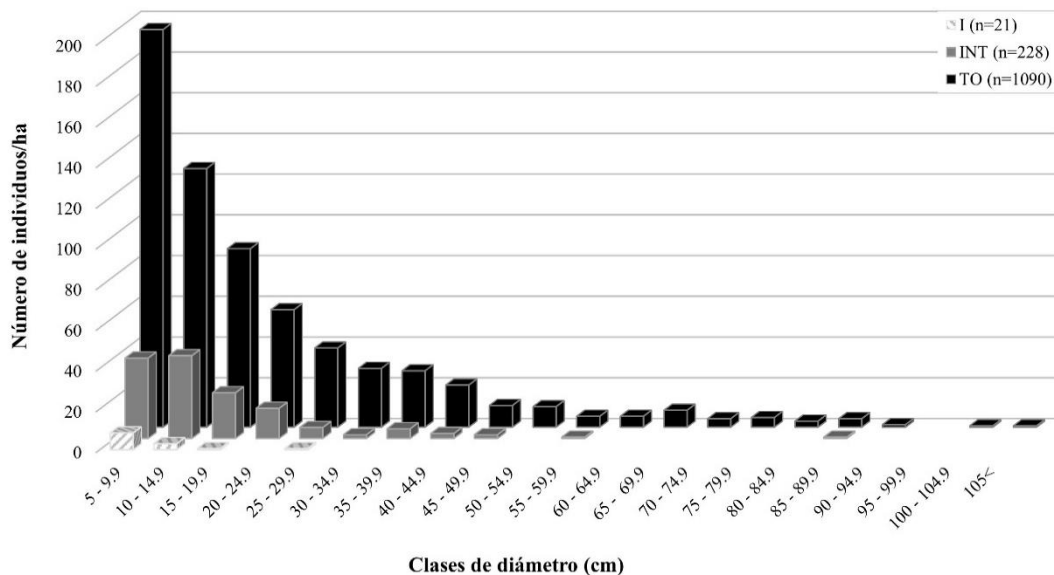


Figura 6: Distribución de clases diamétricas (árboles > 5 cm de DAP) para especies arbóreas de una remanente de bosque esclerófilo costero presente en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, diferenciadas de acuerdo con la tolerancia a la sombra.

I= intolerantes a la sombra, INT= tolerantes intermedios a la sombra, TOL= tolerantes a la sombra.

El análisis del perfil vertical (Fig.7), clasificado según la tolerancia a la sombra de las especies, muestra una distribución unimodal, con altura máxima estimada de 17.2m. Los individuos sombra tolerantes se encuentran en todas las clases de alturas y mantienen las

mayores abundancias. Por su parte, los individuos de especies tolerantes intermedios mantienen la distribución unimodal, aunque con menor presencia de individuos, mientras que las intolerantes a la sombra presentan mayor presencia en clases de altura inferiores a 11.6 m, siendo escasamente representados en clases de altura de hasta 15.6 m (1 individuo de *Maytenus boaria*)

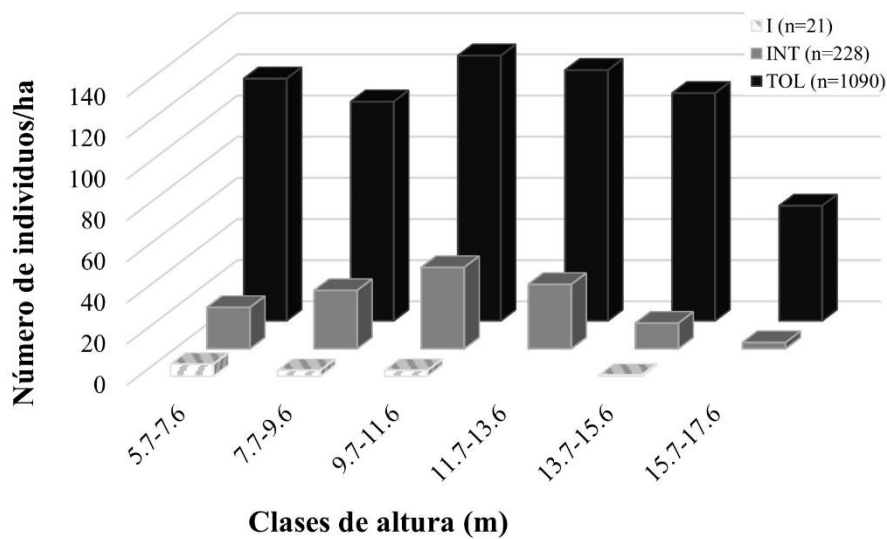


Figura 7: Distribución vertical, según clases de altura (m), de individuos arbóreos tolerantes (TOL), tolerantes intermedios (INT) e intolerantes a la sombra (I) presentes en un remanente de bosque esclerófilo costero ubicado en la Estación Biológica Terrestre ubicada en la Península de Hualpén, Chile.

3.3 Edad de individuos arbóreos de dos especies dominantes

De los seis individuos arbóreos tarugados para datar la edad, solo fue posible analizar cinco, cuyas edades fueron consideradas como *edad máxima* o *edad mínima* dependiendo de si el tarugo extraído llegó hasta la médula o no, respectivamente. Las edades de los cinco individuos con mayores diámetros dentro del área de estudio oscilaron entre los 161 años y los 282 años (Tabla 5).

Tabla 5: Resumen de los datos de edad determinada para dos especies arbóreas dominantes presentes en un remanente de bosque esclerófilo costero ubicado en la Estación Biológica Terrestre, Península de Hualpén, Chile. N=5. **DAP (cm)** = Diámetro a la altura del pecho; **D.T (cm)** = diámetro tarugado; **Edad máx** = edad máxima; **Edad mín.** = edad mínima; **C. T=** Cantidad de tarugos extraídos.

Especie	Código	DAP (cm)	D.T (cm)	Edad máx. (años)	Edad mín. (años)	Año de inicio	Año de término	C.T
<i>Cryptocarya alba</i>	EBT-7	86	51	179	-	1842	2021	1
<i>Cryptocarya alba</i>	EBT-22	105	33	-	225	1796	2021	1
<i>Cryptocarya alba</i>	EBT-25	83	44	161	-	1860	2021	2
<i>Aextoxicon punctatum</i>	EBT-5	89	36	-	191	1830	2021	1
<i>Aextoxicon punctatum</i>	EBT-31	85	37	282	-	1739	2021	1

4.- DISCUSIÓN

Este estudio ha determinado que el bosque de la Estación Biológica Terrestre (EBT) exhibe características que lo posicionan dentro de un estado sucesional avanzado, sin embargo, el valor de área basal es más bajo de lo que se esperaría para bosques maduros, lo que indica posibles perturbaciones en el bosque. Dentro de las características que reflejan su estado sucesional avanzado se encuentra: una distribución de tamaños exponencial negativa, una predominancia de individuos tolerantes a la sombra, los cuales se presentan en las capas de dosel dominante y estrato emergente; y la presencia de algunos individuos arbóreos con edades sobre los 200 años.

4.1. La estructura del bosque de la EBT presenta rasgos de un bosque maduro perturbado

Los hallazgos, relativos a la dominancia del dosel arbóreo del bosque de la EBT, concuerdan con los resultados de Polymeris (1995) para este bosque, donde la dominancia está representada por *Cryptocarya alba* y *Aextoxicon punctatum*, siendo *Peumus boldus* y *Lithraea caustica* quienes contribuyen en menor medida a la estructura actual del bosque. Cabe destacar la presencia de *Citronella mucronata*, especie declarada como Vulnerable por el Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente (MMA-REC, 2016); con individuos arbóreos cuyos diámetros superaron los 80 cm de DAP, posicionando al bosque de la EBT como un importante reservorio de esta especie amenazada.

Al momento de comparar los datos estructurales obtenidos en el área de estudio, se encontró que la mayor dificultad fue la falta de datos estructurales para bosques maduros

mediterráneos, ya que, a la fecha de desarrollada esta investigación, no existen investigaciones que caractericen estructuralmente este tipo de bosques, lo que puede deberse a la escasa presencia de formaciones esclerófilas en estado sucesional tardío (Díaz et al., en preparación), por lo que las investigaciones se han limitado a bosques de sucesión tardía del Sur de Chile (Veblen, 1985; Armesto y Figueroa, 1987; Carmona et al., 2002; Salas et al., 2006; Schlegel y Donoso, 2008). Sin embargo, dada la historia evolutiva de los bosques chilenos (Raven 1971), se compararon los valores estructurales encontrados en la EBT con valores establecidos para otros bosques de Chile y Australia (Tabla 2).

En cuanto a los valores que debiesen presentar los criterios de estructura, área basal y densidad, Ponce et al. (2017) mencionan que un bosque en sucesión avanzada debería tener una densidad baja, cuyo valor sea inferior a 1500 N/ha, y un área basal mayor o igual a 80 m²/ha. Nuestros resultados evidencian que el valor de densidad (de 787.65 N/ha) se encuentra dentro del rango de valores para otros bosques de sucesión tardía de Chile y Australia, siendo un valor relativamente bajo, característica esperada, ya que es propio de los bosques de sucesión avanzada que exista una baja regeneración, debido a la presencia de un dosel cerrado que limita el crecimiento de otras especies, por lo que suelen presentar una menor cantidad de individuos arbóreos (Oliver y Larson, 1990; Spies y Franklin, 1996; Franklin et al., 2002). Por su parte, el área basal posee un valor más bajo de lo esperado para un bosque en sucesión avanzada (de 40.12 m²/ha), lo que indicaría la presencia de individuos arbóreos con menores diámetros de tronco que lo usual. Así mismo, el área basal de los individuos de DAP > 80cm tan solo aportó un 1.12 m²/ha al área basal total, lo que evidencia la presencia de solo algunos individuos arbóreos de gran tamaño.

Al comparar los valores de área basal y densidad con valores establecidos para otros bosques de sucesión avanzada, se determinó que, en cuanto a la densidad, el bosque de la EBT es más similar a los bosques maduros de Chile central (Donoso y Nyland 2005), del sur de Chile (Fajardo y de Graaf 2004; Barrera et al. 2000) y los bosques patagónicos de

Argentina (Rebertus y Veblen 1993). Por su parte, en relación con el área basal, este bosque es más similar a los bosques maduros de Chile central (Salas y García 2006) y a los bosques de la Isla de Chiloé (Carmona et al. 2002; Donoso et al. 1984). En particular, el bosque de la EBT presentó mayor parecido, tanto en área basal como en densidad; al bosque costero de la Isla de Chiloé (Armesto y Figueroa 1987).

Si bien las investigaciones con las cuales se compararon nuestros resultados pertenecen a otros tipos de bosques y con otras composiciones, se postula que la similitud estructural entre estos bosques se debe a la historia de vida en común que presenta el bosque chileno. Bajo este contexto, Sanhueza (2001) indica que las primeras intervenciones significativas para bosques del centro sur estarían dadas por incendios, utilizado como método para despejar áreas y establecer asentamientos. En específico para la zona de Concepción e Isla de Chiloé, Cartes (2014) registra misiones jesuitas establecidas en paralelo entre ambas zonas, las cuales tenían, como uno de sus objetivos, establecer nuevas áreas de asentamientos (Hanisch, 1974), siendo, presumiblemente, este paralelismo histórico el que explicaría la similitud de los valores estructurales entre el bosque de la EBT y el bosque chilote descrito por Armesto y Figueroa (1987), dichos valores son el reflejo de la presencia de bosques cuyas estructuras pertenecen a un estado avanzado de sucesión, sin embargo, se encuentran degradadas e intervenidas.

4.2. Los patrones de distribución del bosque reflejan su estado de sucesión tardía

La distribución de tamaños de diámetros resultó en una función exponencial negativa, evidencia de una población dominada por individuos en estadios emergentes, donde las clases <40 cm DAP representaron el 89.39% del total, mientras que las clases >80 cm DAP constituyen tan solo el 1.2%, lo que sugiere una población que presenta un crecimiento activo, con escasos representantes longevos.

Las distribuciones de tamaños de las especies arbóreas dominantes del dosel, *C. alba* y *A. punctatum*, exhibieron un patrón de distribución tipo J invertida. En cuanto a *C. alba*, esta se encuentra presente en todas las clases diametrales, indicando una autosucesión de la especie dominante, característica de los bosques tardíos mediterráneos (Armesto y Pickett, 1985). Para el caso de *P. boldus*, especie codominante del rodal; sus limitaciones para establecerse estarían dadas por condiciones edáficas más que por condiciones climáticas locales (Polymeris, 1995), siendo descrita como una especie que requiere condiciones específicas para germinar y establecerse (Voguel et al., 2005). Por su parte, Reyes (1997) asocia la presencia de *L. caustica*, especie codominante del rodal, a bordes y claros dentro de la EBT, dada la intolerancia a la sombra de la especie.

El patrón de dominancia de las especies sombra tolerantes encontrado en la distribución de clases diametrales y en la distribución de clases de altura, es una característica atribuible a bosques de sucesión avanzada (Franklin et al., 2002), en donde predominan especies sombra tolerantes en el dosel superior, las cuales limitan la condición lumínica, restringiendo la regeneración de especies con poca o nula tolerancia a la sombra. Este fenómeno de exclusión contribuiría a configurar la estructura actual del rodal de la EBT, en donde especies de poca tolerancia a la sombra, como *L. caustica*, son incapaces de regenerar naturalmente, lo cual se refleja en sus curvas de distribución de tamaños decreciente (ver anexo).

L. caustica se ha documentado como pionera y nodriza dentro de la sucesión del bosque esclerófilo (Fuentes y Simonetti, 1982; Del pozo et al., 1989), facilitando la llegada de especies de sucesión tardía, como *C. alba* y *P. boldus*, tendiendo a desaparecer debido a la dinámica de sucesión (Del Fierro et al., 1998), esto se refleja en los resultados encontrados, ya que, aun cuando la especie es codominante, presenta una baja densidad y una regeneración decreciente, con individuos que no superan la clase diametral 45-49.9cm (a excepción de un individuos de DAP=88 cm). Por su parte, una vez que *C. alba* y *P. boldus* se establecen son capaces de facilitar la sobrevivencia de otras especies bajo su dosel (Scalia, 2021), asociándose a la sucesión tardía en el matorral chileno (Armesto y

Pickett, 1985). Estos hallazgos destacan la importancia de esta investigación, siendo la primera en caracterizar un bosque esclerófilo en estado de sucesión tardío, el cual, particularmente, se encuentra en la transición entre el bosque mediterráneo y el bosque templado.

4.3. La edad de algunos individuos como evidencia de un rodal conservado en el tiempo

Los resultados de edad para los individuos dominantes con los mayores diámetros (DAP>80cm, =5), presentaron un rango que edad de 161 a 225 años para *C. alba*, y 191 a 282 años para *A. punctatum*, Sin embargo, es posible que estas edades estén subestimadas, ya que, dada la fragilidad biótica del área de estudio y su topografía, no se tarugaron individuos de *C. alba* y *A. punctatum* con diámetros superiores a 200 cm (ver anexo), por lo tanto, sus edades podrían ser mayores, considerando la suposición de que a mayor diámetro correspondería una mayor edad (Wirth et al, 2009).

A la fecha, solo el estudio dendrocronológico de Venegas-González et al (2022) indican edades para *C. alba* superiores a 100 años, con individuos datados en 2017, cuyas edades máximas fueron de 258 años, en Cerro Santa Inés (32°16'S, 71°48'O); 233 años, en Cerro Chache (32°55'S, 71°09'O); 174 años, en Aguas de Ramón (33°43'S, 70°48'O), 155 años, en Río Clarillo (33°73'S, 70°45'O); 138 años, en Pirque (33°76'S, 70°57'O); 128 y 127 años en Maitén Largo (32°26'S, 71°25'O) y Cerro La Campana (32°96'S, 71°16'O), respectivamente; y 105 años en Altos de Cantillana (33°87'S, 70°93'O).

En cuanto a estudios de edad y/o dendrocronológicos para *A. punctatum*, Gutiérrez et al. (2008a) mencionan individuos con 349 años en el bosque de Chiloé (41.6°S 73.9°O); Gutiérrez et al. (2008b) indican de individuos en Parque Nacional Fray Jorge (30°40'S, 71°30'O) establecidos en 1795, los que, a la fecha del estudio, tenían 213 años. Por su

parte, Lucas et al. (2022) en Cerro Santa Inés (32°16'S, 71°48'O), destacan la presencia de individuos establecidos en 1780, que al 2016, fecha de los datos, tenían 236 años.

Los hallazgos de esta investigación son de suma importancia dada los escasos de datos dendrocronológicos para bosques nacionales, y en específico para estas especies. La presencia de individuos arbóreos con edades superiores a 200 años es un indicativo de bosques en sucesión tardía (Ponce et al., 2017), sin embargo, los resultados de distribución de tamaño indican que solo existen algunos individuos longevos, los cuales se han conservado en el tiempo, pudiendo atribuirse a un bosque con posibles perturbaciones en su historia de vida.

Torrejón y Cisternas (2002) mencionan que al finalizar el siglo XVII, la región del área de estudio ya se había transformado debido a prácticas agroganaderas hispano-mediterráneas, las cuales modificaron la estructuración ecológica del territorio. En específico para la Península de Hualpén (PH), Salvo (2016) y Cartes (2014) mencionan que el cambio de uso de suelo significativo se remonta a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, donde la presencia de plantaciones de *Pinus* sp. en quintas y cerros contiguos a Concepción y al área de la desembocadura del río Biobío, datan del 1881 (Vargas et al. 2017) y de 1850 para el Humedal Laguna Verde (Francois et al. 2024), ubicado dentro de la EBT. Gran parte del área de la PH fue propiedad de la familia Zañartu, en donde se mantenía un paisaje descrito por Pedro del Río Zañartu como “...uno de los paisajes más pintorescos del mundo, i sin duda alguna, el más bello de los alrededores de Concepción” siendo este mismo quien en 1917 dona su fundo -incluyendo el Parque y Museo homónimo- a la ciudad de Concepción (Cartes, 1997), área que es declarada como Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén (SNPH) en 1976 (Casas-Cordero, 2005).

Bajo este contexto, la ubicación del bosque de la EBT (inserta en el área del SNPH), en su mayoría en acantilados y quebradas con difícil acceso y de poco interés agrourbano (Polymeris, 1995); ha permitido que se conserven individuos longevos, a pesar de la presión agropecuaria (Ugarte et al., 1995), y la actual presión industrial y urbana (Casas – Cordero, 2005) del área circundante al bosque. Estas presiones serían el porqué de que,

aun cuando el bosque de la EBT presenta características de un bosque de sucesión avanzada; este mantiene valores estructurales que evidencian posibles perturbaciones.

4.4. La importancia de la información para proyectos de restauración ecológica en la Península de Hualpén

La restauración ecológica es definida por la Sociedad de Restauración Ecológica (SER por sus siglas en inglés) como *el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, llevándolo a una trayectoria de recuperación que permita su adaptación a los cambios locales y globales*. La SER recalca la necesidad de describir un “ecosistema de referencia” desde donde provenga la información necesaria para ejecutar un proyecto de restauración, permitiendo establecer metas y objetivos, además de evaluar su éxito en el tiempo. Este ecosistema de referencia debiese, entre otras características, presentar poca o mínima degradación, manteniendo el estado en el que se encontraría el sitio a restaurar si este no se hubiese degradado (Gann et al, 2019).

En este sentido, el bosque de la EBT constituye un sitio de referencia en etapa sucesional avanzada que, aun cuando no es del todo prístino y se encuentra posiblemente perturbado; permitirá establecer metas de mediano y largo plazo en futuros proyectos de restauración ecológica, proporcionando información de composición y estructura, valiosa para futuros planes de restauración a en la EBT, en el Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén y en otros bosques de composición similar.

5.- CONCLUSIONES

Este estudio concluye que el bosque de la Estación Biológica Terrestre (EBT) presenta atributos de composición y estructura que lo posicionan dentro de un estado sucesional avanzado, no obstante, dada su historia de vida, este presenta características que reflejan posibles perturbaciones, dado un bajo valor de área basal y una baja cantidad de individuos con diámetros superiores a 80cm DAP.

Las características de sucesión avanzada que este bosque presenta son:

- 1) Un valor de densidad (N/ha) total del rodal bajo, el cual se encuentra dentro del rango establecido para los bosques maduros de Chile.
- 2) Una distribución de tamaños de diámetro de función exponencial negativa.
- 3) Un dosel arbóreo dominando por especies sombra tolerantes, cuyo patrón de dominancia se evidenció tanto en la distribución de tamaños de diámetro, como en la distribución de alturas.
- 4) La presencia de individuos arbóreos con edades sobre los 100 años y hasta los 282 años, evidenciando la conservación de individuos longevos a lo largo del tiempo.

Por último, el valor de la información hallada radica en que esta permite entender cómo se configuran y estructuran los bosques de sucesión avanzada presentes en la transición entre el bosque mediterráneo y el bosque templado. A la fecha, esta es la primera investigación que describe bosques mediterráneos antiguos en su límite austral de distribución, con presencia de especies sobre los 200 años. Adicionalmente, esta información es una herramienta valiosa para la conservación y futuros proyectos de restauración, reflejando la potencialidad del bosque de la EBT como ecosistema de referencia.

6.- BIBLIOGRAFÍA

Alaniz, A., Galleguillos, M., J. Pérez-Quezada. 2016. Valoración de la calidad de los datos de entrada utilizados para clasificar los ecosistemas según la metodología de la Lista Roja de la UICN: El caso del hot spot de Chile central. *Conservación Biológica*. volumen 204, Parte B. pp. 378-385.

Amigo, J. y L. Flores-Toro. 2012. Revisión sintaxonómica de los bosques esclerófilos de Chile Central: la alianza *Cryptocaryon albae*. *Lazaroa* 33: 171-196

Armesto, J., y S., Pickett. 1985. Un enfoque mecanicista para el estudio de la sucesión en el matorral chileno. *Revista chilena de historia natural*, volumen 58, 9-17 pp.

Armesto, J.J, Carmona, M., Smith-Ramírez, C., Celis-Diez, J.L., Díaz, I., Gaxiola, A., Gutiérrez, A.G., Núñez-Ávila, M., Pérez, C., y R., Rozzi. 2009. Bosques lluviosos templados de antiguo crecimiento de América del Sur: Conservación, interacciones planta-animal y procesos biogeoquímicos de referencia. *Bosques de antiguo crecimiento: Función, destino y valor*. En Wirth C., Gleixner, G., M., Heimann (eds). *Revista estudios ecológicos*, volumen 207. Nueva York, EE. UU. Springer. 367-390 pp.

Armesto, J.J., y J.A., Figueroa, 1987. Estructura y dinámica del arbolado en el bosque templado lluvioso del Archipiélago de Chiloé, Chile. *Revista Biogeografía*. Volumen 14, pp. 367–376.

Arroyo, M., Cavieres L., Marticorena, C., y M. Muñoz-Schick. 1995. Convergencia en las floras mediterráneas en Chile central y California: perspectivas desde la biogeografía comparativa. En *Ecología y Biogeografía de ecosistemas mediterráneos en Chile, California y Australia*, editado por M. Arroyo, P. Zedler y M. Fox. pp. 43–88.

Badalamenti, E., Pasta, S., La Mantía, T., y D. La Mela Vaca. 2018. Criterios para identificar bosques antiguos en el Mediterráneo: un estudio de caso de Sicilia basado en una revisión de la literatura y algunas propuestas de gestión. *Repertorio Feddes*, volumen 129 (1), 25-37 pp.

Bailey, R.L., y T. R. Dell. 1973. Cuantificando las distribuciones de diámetro con la función de Weibull. *Revista Ciencia forestal*. Volumen 19, pp. 97–104.

Bale, C., Williams, J., y J., Charley. 1998. El impacto del aspecto en la estructura y la florística de los bosques en algunos sitios del Este de Australia. *Ecología y Manejo Forestal*, volumen 110, 363–377.

Barrera, M.D., Frangi, J.L., Richter, L.L., Perdomo, M.H., y L.B. Pinedo. 2000. Cambios estructurales y funcionales en los bosques de *Nothofagus pumilio* a lo largo de un gradiente altitudinal en Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de Ciencia Vegetal*. Volumen 11, pp. 179–188.

Battles, J.J., Armesto, J.J., Vann, D.R., Zarin, D.J., Aravena, J.C., Perez, C., y A.H. Johnson. 2002. Composición vegetal, estructura y biomasa de dos cuencas no contaminadas en la Cordillera de Piuche, Isla de Chiloé, Chile. *Revista Ecología vegetal*. Volumen 158, pp. 5–19.

Burrascano, S., Keeton, W., F. Sabatini y C. Blasi. 2013. Comunalidad y variabilidad en los atributos estructurales del bosque húmedo templado de antiguo crecimiento: una revisión global. *Revista gestión Forestal y Ecología*. 458-479 pp.

Carmona, M.R., Armesto, J.J., Aravena, J.C., & C.A., Perez. 2002. Masa de desechos leñosos gruesos en bosques sucesionales y primarios templados en la Isla de Chiloé, Chile. *Revista gestión Forestal y Ecología*, volumen 164, pp. 265–275.

Cartes, A. 1997. *Pedro del Río Zañartu: Patriota, Filántropo y Viajero Universal*. Sociedad Editorial Aníbal Pinto, Concepción.

Cartes, A. 2014. *Biobío bibliografía histórica regional*. Editorial Universidad de Concepción. 376 pp.

Carvajal, M. y A. Alaniz. 2019. Incendios forestales en Chile central en el siglo XXI: impacto en los remanentes de vegetación nativa según categorización de amenaza y recuperación de cobertura. En: *Biodiversidad y Conservación de los Bosques Costeros de*

Chile. 487-504. En: Smith-Ramírez C & Squeo F (Eds). Editorial Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

Cowling, R. M., Rundel, P. W., Lamont, B. B., Arroyo, M. K., y M., Arianoutsou. 1996. Diversidad vegetal en regiones de clima mediterráneo. Tendencias en Ecología y Evolución, volumen 11(9), 362-366 pp.

Davis, M., Allen, R., y P. Clinton. 2003. Almacenamiento de carbono a lo largo de una secuencia de desarrollo de rodales en un bosque de *Nothofagus* de Nueva Zelanda. Ecología y Manejo Forestal, volumen 177, 313–321.

Del Fierro, P., Pancel, I., Rivera, H., y J., Castillo. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. CONAF-GTZ, Santiago, Chile. 420 pp.

Del Pozo A., Fuentes. E.H., Hajek E. R., y J. D. Molina. 1989. Zonación microclimática por efecto de los manchones de arbustos en el matorral de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural, volumen 62, 85-94 pp.

Dirección general de aeronáutica civil (DGAC), Dirección meteorológica de Chile. 2022. Anuario meteorológico 2021. Santiago-Chile. 129pp.

Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria.

Donoso, C., 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO, Santiago, Chile.

Donoso, C., Escobar, B., y J. Urrutia. 1985. Estructura y estrategias regenerativas de un bosque virgen de Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) -Tepa (*Laurelia philippiana* Phil.) Looser en Chiloé, Chile. Revista Chilena de Historia Natural, volumen 58, 171–186.

Donoso, C., Grez, R., Escobar, B., Real, P., 1984. Estructura y dinámica de bosques del tipo forestal siempreverde en un sector de Chiloé insular. *Revista Bosque*, volumen 5, 82–104.

Donoso, P. y C. Lusk. 2007. Efectos diferenciales de *Nothofagus dombeyi* emergente sobre el crecimiento y el área basal de las especies del dosel en un bosque lluvioso templado antiguo. *Revista de Ciencia de la Vegetación*, volumen 18, 675-684.

Donoso, P.J., Nyland, R.D., 2005. Densidad de plántulas según la estructura, dominancia y cobertura del sotobosque en rodales de bosque maduro del tipo de bosque siempreverde en la cordillera costera de Chile. *Revista Chilena de historia natural*, volumen 78, 51–63 pp.

EULA. 2016. Guías didácticas. Santuario de la Naturaleza Península de Hualpén. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Concepción. 203 págs.

Fajardo, A. y R. De Graaf. 2004. Dinámica arbórea en claros de dosel en bosques primarios de *Nothofagus pumilio* en el sur de Chile. *Ecología Vegetal*, volumen 173, 95–105

Francois, J., Hernández-Lazcano, P, Schneider-Valenzuela, I., y J. Cerda. 2024. Nuevos datos en torno a la historia paleoambiental del centro-sur de Chile. El registro sedimentario y palinológico del “Humedal Laguna Verde” (36°47’S), Península Hualpén, Región del Biobío, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 87: 1-22

Franklin, J.F., y R., Van Pelt. 2004. Aspectos espaciales de la complejidad estructural en bosques de crecimiento antiguo. *Revista Forestal*, volumen 102, 22–28 pp.

Fuentes, E. R. y J. A. Simonetti. 1982. Patrones de distribución de plantas en el matorral chileno: ¿son diferentes los roles de mamíferos nativos y exóticos? *Actas del Simposio sobre la Dinámica y Gestión de Ecosistemas Mediterráneos. Informe Técnico General de Genética Ecológica PSW-58. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Berkeley, 227–233 pp.*

Fuentes, G., Cisternas, A., Valencia, G., Mihoc, M., Ruiz, E., Hasbún, R., Valenzuela, S., y C., Baeza. 2017. Diversidad taxonómica y genética del sitio prioritario Península de Hualpén, Región del Bío-Bío, Chile. Implicancias para la conservación. *Revista Gayana Botánica*, vol. 74 (1), pp: 94-110.

Gann, G., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C., Jonson, J., Hallett, J., Eisenberg, C., Guariguata, M., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y K., Dixon. 2019. Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. *Revista de la Sociedad para la restauración ecológica*. 113 pp.

Garfias, R., Castillo, M., Ruiz, F., Vita, A., Brown Intveen, H., y R., Navarro. 2018. Remanentes del Bosque esclerófilo en la zona mediterránea de Chile Central: Caracterización y distribución de fragmentos. *Revista interciencia*, volumen 43:9, 655-663pp.

Gutiérrez, A., Aravena, J., Carrasco-Farias, N., Christie, D., Fuentes, M., y J., Armesto. 2008a. Dinámica de la fase de brechas y coexistencia de una especie de árbol pionera de larga vida y una especie tolerante a la sombra en el dosel de un bosque lluvioso templado costero de antiguo crecimiento en la Isla de Chiloé, Chile. *Revista Biogeografía*, volumen 35, 1674–1687pp.

Gutiérrez, A., Barbosa, O., Christie, D., Del-Val, E., Ewing, H., Jones, C., Marquet, P., Weathers, K. y J. Armesto. 2008b. Patrones de regeneración y persistencia del bosque de Fray Jorge dependiente de la niebla en el semiárido chileno durante los últimos dos siglos. *Biología del Cambio Global*, volumen 14: 161-176.

Gutiérrez, A., Armesto, J., Aravena, J., Carmona, M., Carrasco, N., Christie, D., Peña, M., Pérez, C., y A., Huth. 2009. Caracterización estructural y ambiental de los bosques lluviosos templados de antiguo crecimiento del norte de la Isla de Chiloé, Chile: Relevancia regional y global. *Revista gestión Forestal y Ecológica*. volumen 258, capítulo 4, 376-388 pp.

Hanisch, W. 1974. *Historia de la Compañía de Jesús en Chile (1593-1955)*. Editorial Francisco de Aguirre S.A, Buenos Aires, Argentina. 294 pp

Hernández, A., Miranda M., Arellano EC., Saura S. y C. Ovalle. 2015. Dinámica del paisaje y su efecto en la conectividad funcional de un paisaje mediterráneo en Chile. *Revista indicadores ecológicos*, vol. 48, 198-206 pp.

Holder, J. 1996. Programa de ajuste de distribuciones de probabilidad a distribuciones de diámetro a la altura del pecho (DAP) en DBASE IV. Tesis de grado Ing. Forestal, Dpto. Manejo de Bosque y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. 132pp.

Innes, J. 1992. Estructura del bosque templado lluvioso siempreverde de la Península de Taitao, sur de Chile. *Revista de Biogeografía*, volumen 19, 555–562.

Jerez, P. 2016. Cambios en la conectividad y efecto borde en fragmentos de vegetación, frente a tres escenarios de restauración de vegetación nativa en el Santuario de la Naturaleza de la Península de Hualpén. Tesis de grado Ing. ambiental, Facultad de Ciencias ambientales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Lucas, C., Aguilera-Betti, I., Muñoz, A., Puchi, P., Sapriza, G., Profumo, L., Maxwell, R., y A. Venegas-González. 2022. Indicadores hidroclimáticos transcontinentales: los anillos de los árboles en Chile central reconstruyen el caudal histórico de los ríos del sureste de América del Sur. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* , 46 (3), 458-480

Luebert, F., y P., Pliscoff. 2006. Sinopsis bioclimática de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Lusk, C.H., y B., Smith. 1998. Diferencias en la historia de vida y coexistencia de especies arbóreas en un bosque lluvioso de crecimiento antiguo de Nueva Zelanda. *Revista Ecología* volumen 79, 795–806 pp.

Martcorena, C., y M., Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *revista Gayana*, volumen 42, 1–157.

Martínez-Pastur, G., Cellini, J., Peri, P., Vukasovic, R., y M., Fernández. 2000. Producción de madera en bosques de *Nothofagus pumilio* mediante un sistema de

protección forestal en Tierra del Fuego (Argentina). *Ecología y Manejo Forestal*, volumen 134, 153–162.

Moreno-Chacón, M^o., Mardones, D., Viveros, N., Madriaza, K., Carrasco-Urra, F., Marticorena, A., Baeza, C., Rodríguez, R., y A., Saldaña. 2018. Flora vascular de un remanente de bosque esclerófilo mediterráneo costero: Estación de Biología Terrestre de Hualpén, Región del Biobío, Chile. *Revista Gayana Botánica*, volumen 75(1), pp:466-481.

Mosseler, A., Lynds, J.A., y J.E, Major. 2003. Bosques de antiguo crecimiento de la Región del Bosque Acadiano. *Revista Ambiental*, volumen 11, 47–77pp.

Oberdörfer, E., 1960. Estudios fitosociológicos en Chile. Cramer, Weinheim, pp. 1-208.

Oliver, C., y B., Larson. 1990. Dinámica de la masa forestal. Nueva York, NY: McGraw-Hill Pub.

Polymeris, C. M. 1995. Vegetación actual de la Península de Hualpén: Clasificación y Dinámica. Tesis Mg. en Ciencias Mención Botánica, Universidad de Concepción, 190 pp.

Pollmann, W., y T.T., Veblen. 2004. Dinámica de regeneración de *Nothofagus* en el centro-sur de Chile: una prueba de un modelo general. *Monografías Ecológicas*, volumen 74, 615–634 pp.

Ponce, D., Donoso P., y C., Salas-Eljatib. 2017. Diferenciando atributos estructurales y composicionales a través de etapas sucesionales en los bosques lluviosos templados chilenos. *Bosques* 8, no. 9: 329.

Raven, P.H. 1971. Las relaciones entre las floras "mediterráneas". En P.A. Davis, P.C. Harper e I.C. Hedge (eds.). *Vida Vegetal del Sudoeste de Asia*, pp. 119-134. Sociedad botánica de. Edimburgo, Edimburgo.

Rebertus, A. y T. Veblen. 1993. Estructura y dinámica de los claros de caídas de árboles en bosques primarios de *Nothofagus* en Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de Ciencia de la Vegetación*, volumen 4, 641–654.

Reyes, A. 1997. Dinámica de la regeneración de especies leñosas, en claros naturales, del bosque nativo costero de Concepción, Chile. Tesis Mg. en Ciencias mención Botánica. Facultad de Cs. Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 130pp.

Rundel, P. W., Arroyo, M. T., Cowling, R. M., Keeley, J. E., Lamont, B. B., y P., Vargas. 2016. Biomass mediterráneas: evolución de su vegetación, floras y clima. Revisión Anual de Ecología, Evolución y Sistemática, volumen 47, 383-407 pp.

Salas, C., y O., García, O. 2006. Modelando el desarrollo de altura del *Nothofagus obliqua* maduro. Revista Ecología y Manejo forestal, volumen 229, 1–6 pp.

Salas, C., Lemay, V., Núñez, P., Pacheco, P., y A. Espinosa. 2006. Patrones espaciales en un bosque primario de *Nothofagus obliqua* en el centro-sur de Chile. Ecología y Manejo Forestal, volumen 231, 38–46.

Salvo, L. 2016. Historia de Hualpén en el tiempo y en el espacio (4500 AP – 2010 DC). Trama Impresores S.A., Hualpén, Chile.

Sanhueza, P. 2001. Situación de incendios en Chile. En: Goldammer, J. y W. Mutch (EDS). Evaluación global de incendios forestales. Evaluación de Recursos Forestales, FAO, Roma.

Scalia, S. 2021. Efecto de la facilitación en el bosque esclerófilo, mediada por nodrizas de *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba* en un escenario de incendios, Chile. Tesis Biología mención Medio ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 43 pp.

Schlegel, B.C., y P.J., Donoso. 2008. Efectos del tipo de bosque y la estructura del rodal en los restos leñosos gruesos en los bosques lluviosos de crecimiento antiguo en los Andes Valdivianos, centro-sur de Chile. Revista Ecología y Manejo Forestal, volumen 255, 1906–1914 pp.

Schulman, E. 1956. Cambio dendroclimático en la América semiárida. Prensa de la Universidad de Arizona, Tucson, Arizona.

Schulz, J.J., Cayuela, L., Rey-Benayas, J.M., y B., Schröder. 2011. Factores que influyen en el cambio de cobertura vegetal en el centro de Chile mediterráneo (1975-2008). Ciencias Aplicadas de la Vegetación, volumen 14: 571-582pp.

Sistema de información Digital para el Control de Operaciones SIDCO CONAF. 2024. Resumen acumulado de ocurrencia y superficie afectada por incendios forestales periodo 2022-2023.

Smale, M.C., Burns, B.R., Smale, P.N., y P.T., Whaley. 1997. Dinámica del bosque de podocarpos y hoja ancha en tierras altas en el Plateau Mamaku, Isla Norte central, Nueva Zelanda. Revista de la Real Sociedad de Nueva Zelanda, volumen 27, 513–532 pp.

Smith, R., y J.J., Armesto. 2002. Importancia biológica de los bosques costeros de la Décima Región: el impacto de la carretera costera sur. Ambiente y Desarrollo volumen 18(1), 6-14 pp.

Spies, T., y J. Franklin. 1996. La diversidad y el mantenimiento de los bosques primarios. En: Szaro, RC, Johnson, DW (Eds.), Biodiversidad en paisajes gestionados: teoría y práctica. Oxford, Nueva York. págs. 296–314.

Stokes, M. y T., Smiley. 1968. Introducción a la datación por anillos de árboles. Prensa de la Universidad de Chicago. Chicago.

Torrejón, F., y M., Cisternas. 2002. Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). Revista chilena de historia natural, 75(4), 729-736.

Ugarte, E., Arriagada, J. y D. Glenn-Lewin. 1995. La vegetación mixta de bosque y pastizal de la Península de Hualpén, Chile, y su respuesta al cese del pastoreo. Manuscrito, 12 pp.

Vargas, P., Torrejón, F., Pauchard, A., y R., Urrutia. 2017. Rápido movimiento de plantas exóticas en la zona central de Chile: Una reconstrucción a través de evidencia histórica y palinológica. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 52(1), 121-140.

Veblen, T.T. 1985. Desarrollo forestal en claros creados por la caída de árboles en los bosques templados lluviosos de Chile. *Investigación de National Geographic*, volumen 1, 161–184 pp.

Venegas-González, A., Muñoz, A., Carpintero-Gibson, S., González-Reyes, A., Schneider, I., Gípolou-Zuñiga, T., Aguilera-Betti, I., y F.A., Roig. 2022. Crecimiento de árboles de bosques esclerófilos bajo la influencia de la mega sequía histórica en la ecorregión mediterránea de Chile. *revista Ecosistemas*. 18pp.

Voguel, H., Rasmilic, I., San Martín, J., Doll, U. y B., González. 2005. Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de boldo, matico, bailahuén, canelo, peumo y maqui. Editorial Universidad de Talca, Chile 194pp.

Walcroft, A., Brown, K., Schuster, W., Tissue, D., Turnbull, M., Griffin, K., y D. Whitehead. 2005. Transferencia radiativa y asimilación de carbono en relación con la arquitectura de dosel, la distribución del área del follaje y la agrupación en un dosel maduro de un bosque lluvioso templado en Nueva Zelanda. *Meteorología Agrícola y Forestal*, 135, págs. 326-339.

Wells, R.W., Lertzman, K.P., y S.C., Saunders. 1998. Definiciones de bosques de antiguo crecimiento para los bosques de Columbia Británica, Canadá. *Revista de Áreas Naturales* volumen 18, 279–292pp.

Wirth, C., Messier, C., Bergeron, Y., Frank, D., y A. Fankhänel. 2009. Definición de bosque de antiguo crecimiento: Una perspectiva pragmática. *Bosque de antiguo crecimiento*, 11-33 pp.

ANEXO



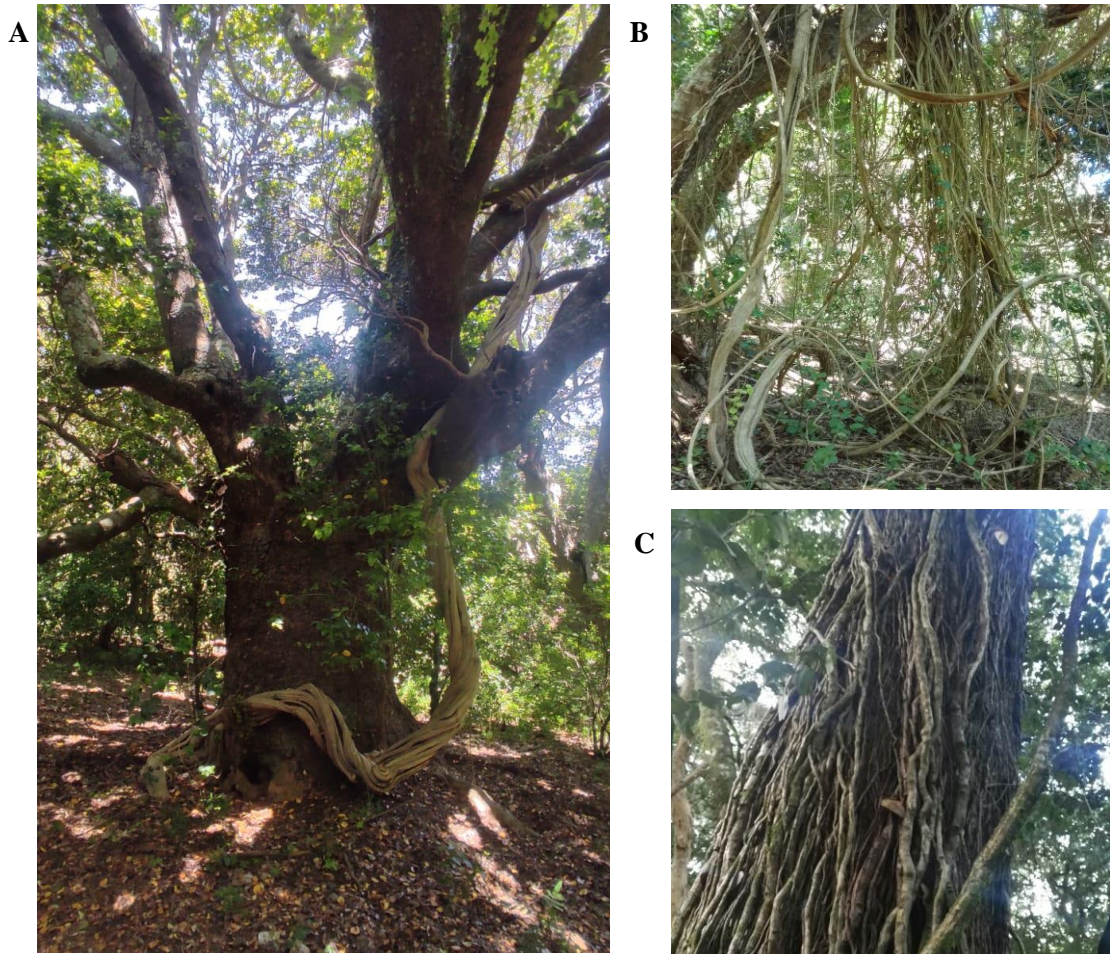
Anexo 1: Vista orientación noreste desde la pradera hacia el bosque nativo. En el horizonte se aprecia la matriz de *Eucaliptus* sp. que rodea al bosque de la Estación de Biología Terrestre (EBT), del mismo modo, dentro del bosque se aprecia un parche de *Pinus* sp.



Anexo 2: Vista orientación sureste desde la pradera hacia el bosque nativo. En la imagen se aprecia la influencia de los vientos oceánicos en el crecimiento inclinado del bosque, fomentando el desarrollo de “árboles peinetas”.



Anexo 3: Características visibles de un bosque antiguo. **A)** Árbol muerto; **B)** Formación de claro por rama caída; **C)** Fuste de caído en estado de pudrición de especie no identificada.



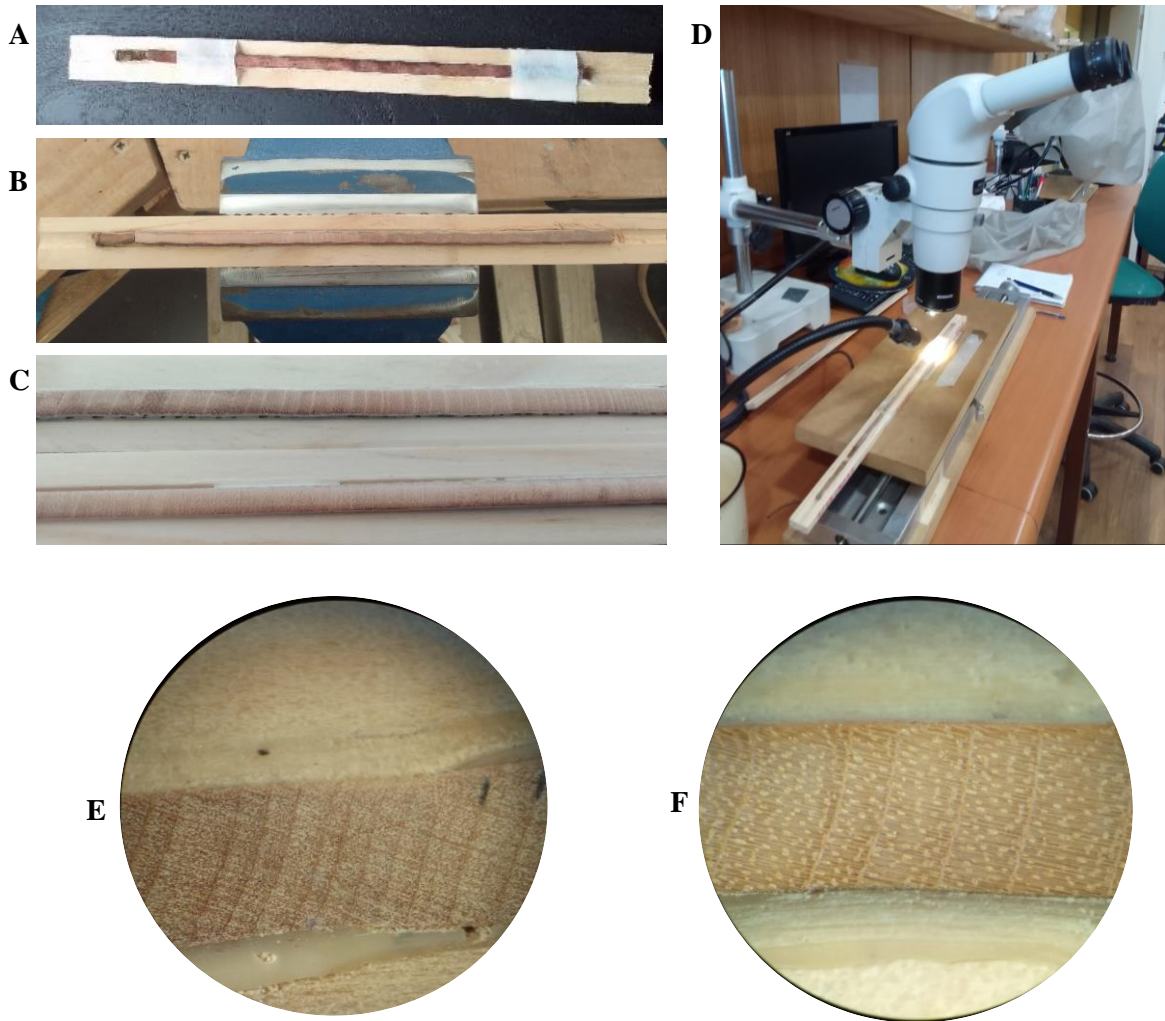
Anexo 4: Características visibles de bosque maduro por presencia de lianas y enredaderas. **A)** Voqui blanco sobre individuo de *Cryptocarya alba*; **B)** Lianas de voqui blanco; **C)** Enredaderas sobre fuste.



Anexo 5: Verificación de datos en terreno.



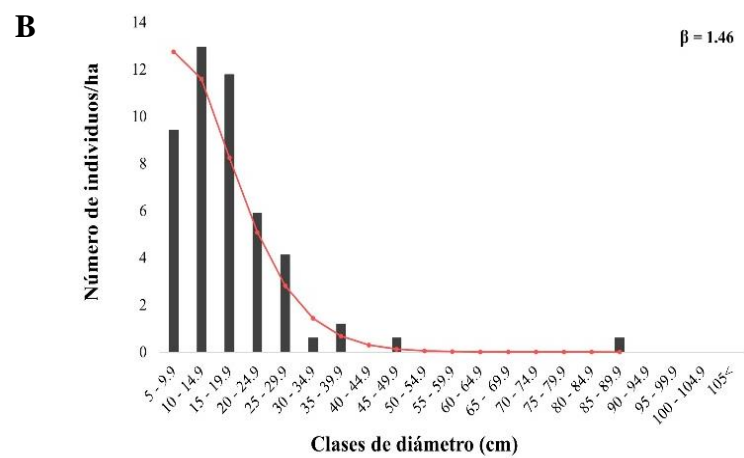
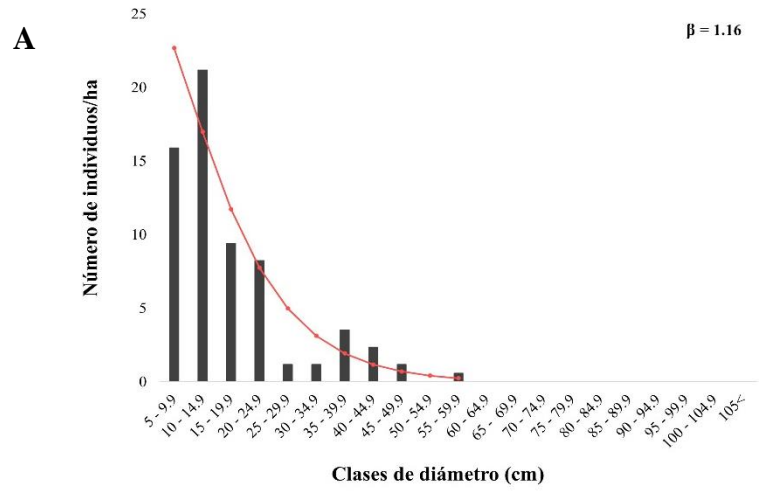
Anexo 6: Extracción de tarugos. **A)** En *Cryptocarya alba*; **B)** En *Aextoxicon punctatum*; **C)** Obtención del tarugo; **D)** Orificio en el tronco; **E)** Tarugo envasado.



Anexo 7: Procesamiento de tarugos. **A)** Montaje; **B)** Lijado; **C)** Tarugo con anillos de crecimiento visibles; **D)** lupa estereoscópica para la visualización de anillos de crecimiento; **E)** Vista aumentada de anillos de crecimiento de *Aextoxicon punctatum*; **F)** Vista aumentada de anillos de crecimiento de *Cryptocarya alba*.



Anexo 8: Subestimación de edad encontrada. **A)** Individuo de *Cryptocarya alba* tarugado, con 105 cm de DAP; **B)** Individuo de *Cryptocarya alba* no tarugados, con >200 cm de DAP.



Anexo 9: Distribuciones de clases diametrales (árboles > 5 cm de DAP) para las especies arbóreas **A)** *Peumus boldus*, **B)** *Lithraea caustica*, presente en la Estación Biológica Terrestre (EBT) ubicada en la Península de Hualpén. Las líneas rojas indican la función de Weibull ajustada a cada distribución de clases diamétricas. β = parámetro de forma de la distribución de Weibull. Notar las escalas diferentes en el eje Y.