



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE
LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

PROPUESTA DE UNA RED DE PARCELAS PERMANENTES PARA ANALIZAR
LA CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DE SEMILLAS DEL BOSQUE
ESCLERÓFILO DE LA RESERVA NATURAL PRIVADA ALTOS DE
CANTILLANA, REGIÓN METROPOLITANA

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero
Forestal

MARÍA FRANCISCA JAVIERA QUIRINO QUIRINO

Profesor Guía: Sr. Carlos R. Magni Diaz, Ingeniero Forestal.
Dr. En Cs forestales mención en Biología

Santiago, Chile

2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE
LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

PROPUESTA DE UNA RED DE PARCELAS PERMANENTES PARA ANALIZAR
LA CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DE SEMILLAS DEL BOSQUE
ESCLERÓFILO DE LA RESERVA NATURAL PRIVADA ALTOS DE
CANTILLANA, REGIÓN METROPOLITANA

Informe Final Práctica Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero
Forestal

MARÍA FRANCISCA JAVIERA QUIRINO QUIRINO

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Carlos Magni Diaz
Prof. Consejero Sr. Eduardo Martínez Herrera
Prof. Consejero Sr. Alvaro Promis Baeza

*A quienes quiero,
a quienes amo,
a mi felino,
te extraño.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi profesor guía Carlos Magni, por sus consejos y el tiempo otorgado frente a distintas dudas, su paciencia y su humor en cada una de las revisiones y reuniones, su disponibilidad y comunicación constante con los practicantes. También, a todo el equipo de CESAF que nos entregaron las herramientas necesarias para cumplir con esta práctica.

A la Reserva Natural Altos de Cantillana por entregarme la oportunidad de desarrollar esta práctica en sus inmediaciones, enseñarme nuevos puntos de vista laborales y a quienes compartieron conmigo durante todos esos meses de práctica, siempre les estaré muy agradecida.

Agradezco a mi familia, en especial a mi madre y a mi abuela, por su apoyo a lo largo de este proceso universitario, por su alegría, cariño y amor, por acompañarme en altas horas de la noche y compartir conmigo siempre una taza de té o café, por ser una guía todos estos años, son mis estrellas. También, a mis queridas mascotas por brindarme de su compañía y distracción en cada noche de desvelos.

A mis compañeros y amigos de universidad con quienes he creado incontables anécdotas durante todos estos años, en especial a mi querido grupo, Constanza Valenzuela, Madeleine Mendoza y Alhy-sen Varas. También, a mis queridas amistades Hally y Ana Susan, por escucharme en cada momento, entregar su apoyo y animo en cada trabajo. A Constanza, por tu apoyo, días, tardes y noches incontables de estudios, audios sin sentido, por escucharme, motivarme, impulsarme y retarme, por hablar locuras y crear planes sin sentido, seguiré apoyándote en todo tu futuro amiga.

Por último, un agradecimiento a todos los docentes y compañeros que ayudaron en mi crecimiento profesional, logrando cumplir con esta etapa.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Factores que inciden en la germinación de semillas	2
1.2	Factores que inciden en la dispersión de semillas	2
1.3	Árbol semillero.....	3
1.4	Estado actual de la regeneración en bosque esclerófilo	4
1.5	Red de parcelas permanentes.....	4
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
2.1	Materiales	6
2.1.1	Área de estudio en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana	6
2.2	Método.....	7
2.2.1	Caracterización de la vegetación y determinación de la estructura de bosque	7
2.2.2	Proponer una red de parcelas permanentes para evaluar la capacidad de producción y dispersión de la semilla en especies de Bosque esclerófilo.	11
3	RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	13
3.1	Caracterización de la vegetación.....	13
3.1.1	Fotointerpretación	13
3.1.2	Perfil horizontal y vertical de la vegetación.....	15
3.1.3	Tablas de rodal	18
3.1.4	Estado fitosanitario.....	22
3.1.5	Parcelas de regeneración.....	23
3.1.6	Cantidad de vástagos.....	25
3.2	Tipo de bosque según su estructura vegetacional y composición de especies	27
3.3	Red de parcelas permanentes.....	28
3.3.1	Antecedentes para la regeneración en el bosque esclerófilo mixto. Tipo forestal esclerófilo y subtipo bosques hidrófilos de quebrada	28
3.3.2	Características del fruto y semilla de las especies de interés	30
3.3.3	Elección del método.....	30
3.3.4	Metodologías para analizar la capacidad de producción y dispersión	31
4	SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES	38
5	CONCLUSIONES.....	39
6	BIBLIOGRAFÍA	40
7	ANEXOS	47

Anexo I: Caracterización de la vegetación.....	47
8 APÉNDICE.....	48
Apéndice I: Caracterización de la vegetación.....	48
Apéndice II: Tablas de rodal.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clases de defoliación o daño (SSF, 2012) para definir el Estado Sanitario de los árboles	9
Cuadro 2: Palabras claves utilizada en la búsqueda bibliográfica	12
Cuadro 3: Superficie de Bosque Esclerófilo en el sector Este de la reserva en función de su cobertura vegetal	13
Cuadro 4: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en el sector de “El Llano”	18
Cuadro 5: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en el sector de “El Gallo”.....	18
Cuadro 6: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en ambos sectores, por especie.	19
Cuadro 7: Porcentaje de individuos totales según su estado fitosanitario	22
Cuadro 8: Número promedio de vástagos por especie analizadas del total de parcelas inventariadas	26
Cuadro 9: Clasificación de semillas según diferentes características	30
Cuadro 10: Trampas de semillas utilizadas por distintos autores.	33
Cuadro 11: Observaciones de los distintos modelos de trampas de semillas analizados.....	36
Cuadro 12: Clave dicotómica para elección de un método de trampas semilleras	37
Cuadro 13: Clasificación según el tipo de formación vegetal.....	48
Cuadro 14: Superficie de Bosque Esclerófilo en el sector Este de la reserva en función de su cobertura vegetal de acuerdo con el catastro vegetal, 2013.....	48
Cuadro 15: Tabla de existencia de las parcelas inventariadas en dos sectores de la Reserva Altos de Cantillana.....	48
Cuadro 16: Número de vástagos promedio por especies del total de parcelas inventariadas	49
Cuadro 17: Clasificación de estados sanitarios por especie.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio, ubicado en el sector Este de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana.	6
Figura 2: Ubicación de las parcelas de inventario en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana	9
Figura 3: Clasificación del Bosque esclerófilo en el sector Este, Reserva Natural Altos de Cantillana	13
Figura 4: Perfil horizontal de la vegetación con las especies <i>Beilschmiedia miersii</i> , <i>Cryptocarya alba</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Peumus boldus</i> y <i>Acacia caven</i>	15
Figura 5: Perfil vertical de la vegetación con las especies <i>Beilschmiedia miersii</i> , <i>Cryptocarya alba</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Peumus boldus</i> y <i>Acacia caven</i>	17
Figura 6: Distribución diamétrica de los individuos muestreados por sectores, donde “El Llano, corresponde a los inventarios realizados en las parcelas de 20m x 50m, mientras que El Gallo, corresponde a los inventarios realizados en parcelas de medidas de 25m x 25m.	19
Figura 7: Porcentaje de especies clasificadas según mecanismo de dispersión, El Llano ...	21
Figura 8: Porcentaje de especies clasificadas según mecanismo de dispersión, El Gallo ...	21
Figura 9: Fotografías de especies en floración y/o fructificación durante el mes de octubre	24
Figura 10: Regeneración vegetativa de las especies de interés, donde A corresponde a <i>B. miersii</i> , B y D a <i>P. boldus</i> y C a <i>C. alba</i>	26
Figura 11: Método de recolección de semilla en la Reserva Altos de Cantillana.....	31
Figura 12: Modelo de trampa de semilla.....	35
Figura 13: Precipitación anual acumulada, cuenca Laguna de Aculeo año 1994 – 2019....	47
Figura 14: Registro de temperatura anual, Estero Alhué año 1980 – 2019.	47

RESUMEN

El presente informe de práctica profesional considera la propuesta de red de parcelas permanentes para analizar la producción y dispersión de las semillas, con el objetivo de generar un instrumento que recolecte información sobre la regeneración natural en bosque esclerófilo, la cual se ha visto afectada y limitada, principalmente por las actividades antrópicas de la zona y las condiciones climáticas actuales. Por lo que es necesario desarrollar medidas y metodologías para evaluar estos factores. Por este motivo, se caracterizó el bosque por medio de una fotointerpretación, según su estructura vegetacional vertical y horizontal, lo cual permitió esta propuesta en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana, en la comuna de Paine, Región Metropolitana.

La obtención de datos se llevó a cabo mediante la implementación de inventario forestal y parcelas de regeneración para representar la estructura actual del bosque esclerófilo, se crearon tablas de rodal, y perfiles verticales y horizontales. Los datos generados en terreno se procesaron y, a partir de esto se seleccionaron las principales especies de interés. Considerando la abundancia de las especies en el área, las características de las semillas y su método de dispersión. Además, se llevó a cabo la búsqueda de antecedentes sobre los métodos existentes para evaluar la capacidad de producción y dispersión de semillas en bosques.

Los resultados muestran que la formación analizada para ambos sectores (El Llano y El Gallo) corresponde a Bosque esclerófilo mixto. Estas áreas presentaron un gran número de vástagos y cepas en las clases diamétricas menores asociados a la regeneración vegetativa de las especies, y una nula regeneración natural vía semillas, lo cual es motivo de preocupación. Además, el porcentaje potencial de árboles semilleros de ambos sectores fue de un 27 %, indicando un bajo número de árboles aptos que pueden proveer de semillas en las condiciones actuales. Por último, el modelo de trampa de semilla se basó en las características de ambos sectores, donde en su mayoría presentaban semillas (Drupas) que se caracterizan por ser dispersadas por barocoría y zoocoría. Por lo tanto, se optó por colectores de semillas, situado sobre la superficie del suelo evitando el efecto de la predación.

Palabras clave: Trampas de semillas, dispersión, semilla, árbol semillero, bosque esclerófilo.

ABSTRACT

This professional practice report considers the proposal for a network of permanent plots to analyze the production and dispersion of seeds, with the aim of generating an instrument that collects information on natural regeneration in sclerophyllous forest, which has been affected and limited, mainly by the anthropic activities of the area and the current climatic conditions, so it is necessary to develop measures and methodologies to evaluate these factors. For this reason, the forest was characterized by means of a photointerpretation, according to its vertical and horizontal vegetational structure, which allowed this proposal in the Altos de Cantillana Private Nature Reserve, in the commune of Paine, Metropolitan Region.

Data collection was carried out through the implementation of forest inventory and regeneration plots to represent the current structure of the sclerophyllous forest, stand tables were created, and vertical and horizontal profiles. The data generated in the field were processed and, from this, the main species of interest were selected. Considering the abundance of species in the area, the characteristics of the seeds and their method of dispersal. In addition, a background search was carried out on existing methods for assessing seed production capacity and dispersal in forests.

The results show that the formation analyzed for both sectors (El Llano and El Gallo) corresponds to mixed sclerophyllous forest. These areas presented a large number of stems and strains in the minor diametric classes associated with the vegetative regeneration of the species, and a null natural regeneration via seeds, which is a cause for concern. In addition, the potential percentage of seedlings in both sectors was 27%, indicating a low number of suitable trees that can provide seeds under current conditions. Finally, the seed trap model was based on the characteristics of both sectors, where most of them had seeds (Drupes) that are characterized by being dispersed by barocoría and zoocoría. Therefore, seed collectors were chosen, located on the surface of the soil avoiding the effect of predation.

Keywords: Seed traps, dispersal, seed, seedling, sclerophyllous forest.

1 INTRODUCCIÓN

La importancia de desarrollar un modelo de análisis de producción y de dispersión de semillas es importante para entender los futuros u actuales cambios en los patrones del proceso de dispersión. Lo anterior se debe al efecto del cambio climático sobre este proceso debido a que se alteran las señales ambientales. Lo que puede impedir, retrasar o mejorar la regeneración a partir de semillas, como ya se ha documentado en algunos casos (Walk *et al.*, 2011). Estos cambios acelerados afectan la sincronización de este proceso usualmente denominado como “masting”, el cual está determinado por señales ambientales (cambios de luz, temperatura precipitaciones, etc.), de manera que incide en la producción, la polinización y la predación. Las especies vegetales se desarrollan en torno a las señales climáticas (cambios de temperatura durante el invierno y el verano). Por ende, serán afectadas por la recurrencia de los eventos climáticos asociados al aumento de la temperatura. En consecuencia, las especies no responderán a estas señales afectando la sincronización de la floración, maduración y polinización siendo menos efectiva, y por lo tanto la posterior maduración del fruto (Bogdziewicz *et al.*, 2021). Por este motivo es importante conocer la dinámica actual de la regeneración vía semilla, ya que, se proyecta un cambio los procesos en los patrones de dispersión.

La zona central de Chile se caracteriza por presentar un clima mediterráneo con veranos secos y cálidos e inviernos fríos y lluviosos (Gajardo, 1994), característico por la limitante hídrica y la impredecibilidad de sus precipitaciones (Valladares *et al.*, 2004). Actualmente, esta área es considerada un “hotspot” de biodiversidad, es decir, presenta prioridad de conservación debido a alta cantidad de especies endémicas y la susceptibilidad de estas especies frente a amenazas en la región (Arroyo *et al.*, 2004), por lo tanto, es necesario desarrollar medidas de conservación de la biodiversidad (Arroyo *et al.*, 2006).

La Región Vegetacional de Matorral y Bosque Esclerófilo, subregión Esclerófila (Gajardo, 1994), es una de las formaciones vegetales de importancia que se sitúan en la zona central y cuenta con un total de 1.386.038 ha (CONAF, 2017). Se extiende desde la Cordillera de la Costa a la Depresión Intermedia, entre los 31°S hasta los 37°S desde la Región de Coquimbo hasta la Región del Bio-Bio (Luebert y Pliscoff, 2004). Presenta gran biodiversidad vegetacional y está dominado por especies arbustivas y arbóreas, esclerófilas y laurifolias (Gajardo, 1994), que presentan estrategias morfológicas y ecofisiológicas frente al estrés hídrico (Valladares *et al.*, 2004). Este tipo forestal de bosque esclerófilo ha sido altamente degradado debido a la intensa y reiterada influencia que la actividad antrópica ejerce, por medio de acciones como cambios en el uso de suelo, ganadería, agricultura, actividad forestal (Garfias *et al.*, 2018), la quema de vegetación, la interacción del ganado y la corta reiterada, causando cambios en la fisionomía de la vegetación, pérdida de cobertura vegetacional y fragmentación de su hábitat como consecuencia de los

cambios temporales y espaciales (Luebert y Pliscoff, 2004; Hernández *et al.*, 2016). En consecuencia, actualmente, los remanentes de bosque esclerófilo son altamente fragmentados con enormes variaciones en el tamaño de los parches y su distribución espacial producto de la intensa intervención antrópica en el hábitat natural (Garfias *et al.*, 2018).

Posterior a una perturbación se establecen las especies pioneras que colonizan el área degradada, las cuales se cree que actúan como facilitadoras mediante la protección a la regeneración y el enriquecimiento del sustrato (Donoso, 1993). La constante presión en estos bosques ha incidido en la variación de la estructura vegetacional, teniendo como consecuencia el cambio desde un hábito arbóreo a uno arbustivo donde predominan especies con gran capacidad de rebrote y regeneración vegetativa, propiciando la invasión de especies arbustivas (Luebert y Pliscoff, 2004). Sandoval (2016) indica que la abundancia de la regeneración arbórea será mayor a una menor frecuencia de la perturbación y mayor tiempo de recuperación, mientras que las especies arbustivas adoptan un comportamiento diferente, por ende, pese a que el bosque esclerófilo se regenera con el tiempo requiere de décadas para ello.

1.1 Factores que inciden en la germinación de semillas

Los factores críticos para la germinación de las semillas son humedad, luz y temperatura, ya que, influyen en el estado de latencia de la semilla, la susceptibilidad a germinar y las condiciones del medio (Walk *et al.*, 2011). Los individuos vegetales tienen diferentes respuestas para enfrentar estas variables, retrasando la temporada de dispersión de la semilla hasta que existan condiciones favorables para proveer a los nuevos individuos mayor probabilidad de establecimiento. Asimismo, su germinación también estará dada por el tipo de la semilla, su tolerancia a condiciones de desecación, es decir, si es recalcitrante u ortodoxa. Las semillas recalcitrantes se caracterizan por no tolerar las condiciones de estrés, deshidratación o frío, generando plántulas con bajas tasas de crecimiento, pero tolerables al medio. Mientras que, las semillas ortodoxas presentan un tiempo de latencia mucho mayor, sin embargo, genera plántulas más susceptibles al entorno e intolerantes a la sombra (Parker *et al.*, 2008; Villa, 2018). Por estos motivos los cambios producidos por las condiciones ambientales actuales pueden afectar de manera positiva o negativa la fenología y dinámica de las especies, tales como, la longevidad de las semillas, liberación y germinación de la latencia, y actividad patógena del suelo. En consecuencia, se presentan cambios en la composición y diversidad de las comunidades (Walk *et al.*, 2011).

1.2 Factores que inciden en la dispersión de semillas

La dispersión de la semilla dependerá de las características de la especie y de su estrategia de dispersión. Los factores de dispersión de la semilla estarán dados principalmente por su forma y tamaño; semillas más grandes tienen menor rango de dispersión, y mayor cantidad de recursos para enfrentar el estrés abiótico, mientras que las más pequeñas presentan un

mayor rango de dispersión y por ende, pueden tener una mejor oportunidad de escapar de los agentes de mortalidad dependientes de la densidad poblacional (Fenner y Thompson, 2005). En relación con las estrategias de dispersión de semillas, estas pueden ser por barocoría (cuando el fruto o semilla cae cerca de la planta madre a menor rango de dispersión) o por anemocoría, zoocoría e hidrocoría (que generalmente permite la colonización de nuevas áreas a mayor rango de dispersión). En bosque esclerófilo la predación de semillas puede actuar como factor de dispersión de esta (zoocoría), aunque esta última depende las tasas de germinación de la especie de interés, dado que, para especies depredadas en formaciones de matorral chileno las semillas tienden a disminuir la capacidad de germinación una vez que son depredadas, no así cuando caen directamente por gravedad (barocoría) pues sus tasas de germinación son mayores (Bustamante *et al.*, 1996). Cáceres *et al.*, (s.a.) sugiere que la predación de semillas podría ser importante en el reclutamiento de plántulas, lo que podría conllevar también, a que las poblaciones actuales de las especies sean reemplazadas por otras especies de semillas menos apetecidas y/o con mayor presencia en el banco de semillas del bosque.

Considerando que actualmente existe una alta fragmentación en estos bosques, las distancias de dispersión se encuentran limitadas a la fuente semillera y dificulta la recolonización de nuevas especies. Esta limitante a la fuente semillera ocasionaría problemas en las distancias de dispersión, generando que la regeneración bajo la fuente semillera afecte a la probabilidad de germinación debido a la abundante cantidad de individuos, actuando como un factor de mortalidad dependiente de la densidad (Vásquez *et al.*, 2021).

1.3 Árbol semillero

Los árboles semilleros son individuos arbóreos que se encuentran en su fase de maduración sexual (Bannister, 2015) y tienen un buen estado sanitario por lo que producen una gran cantidad de semillas (Gutiérrez y Flores, 2017). Siguiendo estos lineamientos Fredericksen (2003) señala que los árboles semilleros superan el Diámetro mínimo de corta (DMC) y que presentan una gran copa. Por lo tanto, un árbol semillero es un individuo que posee las mejores características, relacionadas a crecimiento, forma, sanidad y principalmente producción de semillas, convirtiéndose en una fuente de diseminación (Salazar y Boshier, 1989). Su capacidad de producción de semillas dependerá directamente de las características de la especie y su temporada de semillación, las cuales pueden ser irregulares afectando la producción de frutos. Por lo tanto, en sitios degradados de la zona central, las acciones de restauración por árbol semillero pueden ser importantes, por su capacidad de proveer semillas y por lo tanto potenciar la regeneración natural del hábitat (Bannister, 2015). Además, la identificación de estos individuos puede proveer información sobre la distancia de dispersión, por ejemplo, se ha determinado que, en bosques templados, las semillas, independiente de su estrategia de dispersión, se concentran en los primeros 60 metros del árbol semillero por lo cual se cree que la dispersión de semilla se establece en las cercanías del árbol madre (Masaki *et al.* 2019).

1.4 Estado actual de la regeneración en bosque esclerófilo

Los remanentes de bosque esclerófilo no están exentos de la actividad antrópica, como la sobreexplotación, los incendios, la ganadería y la invasión de especies exóticas, puesto que, estas acciones han incidido en la dinámica de los bosques generando que su estructura y fisionomía sea variable (Quintanilla, 2000). La capacidad de regeneración después de una perturbación determina en gran medida la variabilidad espacial y temporal de los paisajes (Díaz, 2003), que a su vez está determinada por el grado de perturbación en el ecosistema y el estado de la vegetación previa y posterior al disturbio (Ríos, 2011). Según Becerra *et al.*, (2018) para la regeneración de los ecosistemas degradados es principalmente de tipo vegetativo.

En la actualidad, en bosque esclerófilo la disponibilidad de semillas tiende a establecerse bajo el matorral secundario pionero que actúa como facilitador en el estado de desarrollo de la regeneración, ya que en sitios abiertos es escasa (Armesto *et al.*, 2009). Sin embargo, en sitios degradados de la zona clima mediterránea de Chile el principal método de regeneración de las especies nativas leñosas del matorral es vegetativamente, debido a su capacidad de rebrotar (Montenegro *et al.*, 2002).

La presencia y abundancia de los propágulos de la regeneración vía semilla aumenta a medida que aumenta la cobertura vegetal, puesto que incide en el efecto la radiación, la temperatura y la evotranspiración. Uno de los principales factores limitantes de la regeneración germinación y establecimiento del propágulo es la disponibilidad de agua por estrés hídrico (Padilla, 2008). Asimismo, otro factor que considerar es el efecto de herbívora sobre las plántulas. Becerra *et al.* (2018), señalan que la regeneración vía semilla es significativamente mayor en áreas donde los herbívoros son excluidos en su totalidad, aun así, esta exclusión no es suficiente para asegurar una recuperación de la regeneración proveniente de reproducción sexual. Según Cáceres (2016), la presencia de hojarasca en el suelo incide positivamente en la sobrevivencia y crecimiento de las plantas, pues actúa como una barrera visual para estos depredadores, siendo significativa puesto que, la predación de semillas tiene un efecto negativo en la regeneración de especies arbóreas (Cáceres *et al.*, s.a.). En bosque esclerófilo se ha identificado que posiblemente las especies participantes en la predación de semillas sean, *Rattus sp.* (roedores exóticos), *Oryctolagus cuniculus* (conejos) y de *Lycalopex culpaeus* (zorros). En general, el bosque esclerófilo presenta germinación y reclutamiento de especies leñosas, pero éstas sufren una importante mortalidad en la etapa de establecimiento que reduce fuertemente la regeneración vía semilla en cualquier condición de precipitación, antigüedad de incendio o parche de vegetación (Becerra *et al.*, 2018).

1.5 Red de parcelas permanentes

Las parcelas permanentes de medición forestal son una herramienta que se establece en bosques naturales y artificiales, que permite monitorear y generar información sobre la dinámica y comportamiento de la vegetación, aportando a la investigación de la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas forestales (Marmillod, 2012). Por ello, es necesario considerar la factibilidad técnica de su instalación, el tipo de muestreo y el objeto de interés, para obtener datos que posibilitan documentar y explicar la estructura, composición y abundancia de especies, densidad, distribución y diversidad del bosque. Además, entrega observaciones a largo plazo, permitiendo conocer el cambio en el tiempo de los atributos de la comunidad, es decir, la dinámica del bosque (Calzadilla y Cayola, 2006). Estas unidades muestrales son aplicables para la flora y vegetación (Marmillod, 2012) como un mecanismo para comprender la capacidad de producción y dispersión de semillas en el bosque.

En este informe el concepto de dispersión se definirá como la caída del fruto y/o semillas del árbol hasta el suelo, no se evaluarán mecanismo de dispersión secundaria (como es la depredación), pero sí es un factor de importancia a considerar. Por último, al analizar los antecedentes actuales sobre el Bosque esclerófilo y su regeneración natural, se propone la creación de una red de parcelas permanentes para analizar la capacidad de producción y dispersión de las principales especies presentes en el área de estudio, situado en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana, de manera que genere futuros antecedentes e información sobre estas especies.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La presente práctica profesional se titula “Propuesta de una red de parcelas permanentes para analizar la capacidad de producción y dispersión de la semilla de bosque esclerófilo de Altos de Cantillana”, se llevó a cabo durante los meses de septiembre a diciembre del año 2021 en La Reserva Natural Privada Altos de Cantillana ubicada en la Región Metropolitana.

2.1 Materiales

A continuación, se describirá el área de estudio, sector donde se registraron los datos que determinaron un análisis de la caracterización la formación de bosque esclerófilo. Además, es necesario mencionar que el principal material utilizado para determinar la metodología en trampas de semillas pertenece a bibliografía científica, con el objetivo de entregar información actualizada y verídica de estos antecedentes y estudios en torno a este ámbito.

2.1.1 Área de estudio en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

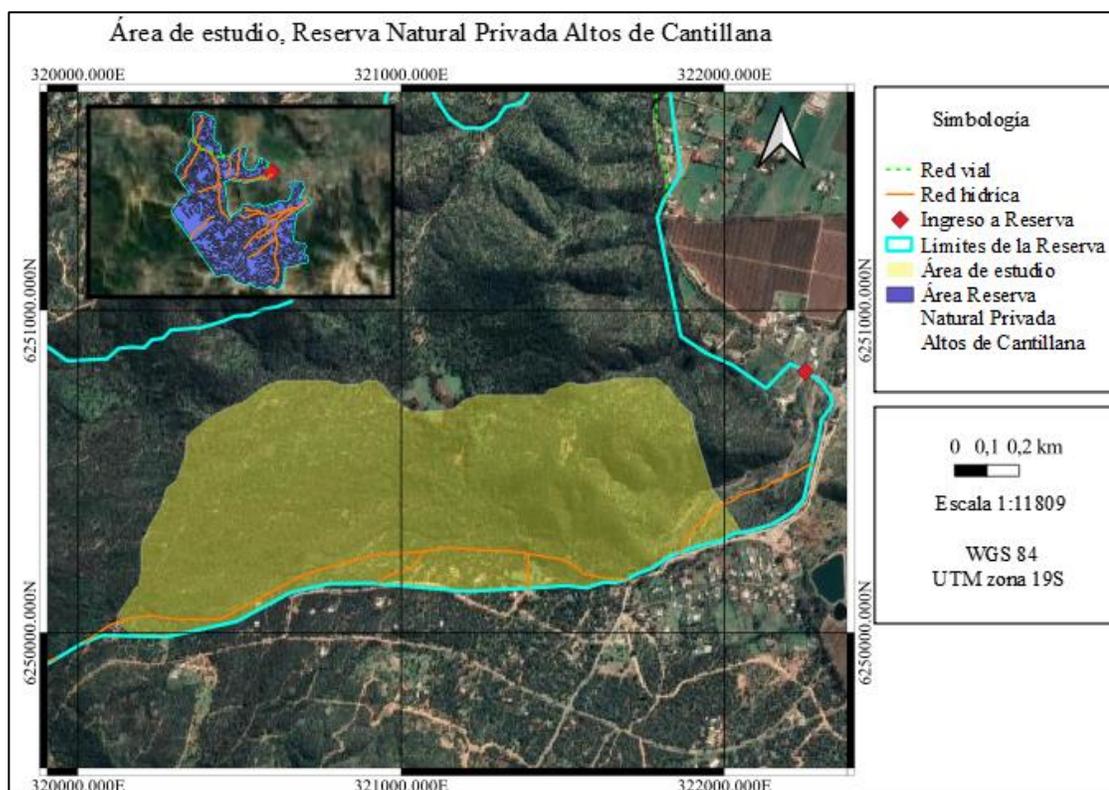


Figura 1: Área de estudio, ubicado en el sector Este de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana.

La Reserva Natural Privada Altos de Cantillana se ubica en un cordón montañoso de la Cordillera de la Costa, entre las comunas de Paine, Melipilla y Alhué, Región Metropolitana, en la zona mediterránea de Chile central (Cáceres *et al.*, s.a.), la cual incluye a los santuarios Altos de Cantillana - Horcón de Piedra y Roblería Cajón de Lisboa, con altitudes que varían entre los 600 m.s.n.m hasta los 2.200 m.s.n.m (Roble, 2018). Las precipitaciones anuales son aproximadamente de 630 milímetros con temperaturas máximas que rondan los 24°C y mínimas de 6°C (CR2, 2021). Estos antecedentes climáticos, sumado a las variaciones geográficas de la zona genera una alta biodiversidad de especies, donde es posible identificar distintos tipos de formaciones vegetales (CONAMA, 2009), tales como el Bosque esclerófilo, Matorral esclerófilo con suculentas y Matorral esclerófilo sub-andino (GEF, s.a.). Cabe destacar que se desarrollan en la Ecorregión Mediterránea de Chile Central, lugar considerado como un área prioritaria de conservación a la biodiversidad, debido al alto endemismo y su vulnerabilidad (Arroyo *et al.*, 2006; Salazar, 2009; Pérez *et al.*, 2012; GEF, s.a.).

Actualmente la reserva cuenta con un total de 12.746 hectáreas de las cuales 7.254 hectáreas, es decir un 51,8% corresponde a formaciones de bosque esclerófilo. El área de trabajo se situó en el sector Este de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana abarcando las zonas representadas en la Figura 1. Es preciso destacar que las principales especies asociadas a este tipo de agrupación son *Acacia caven* (espino), *Lithraea caustica* (litre), *Quillaja saponaria* (quillay), *Cryptocarya alba* (peumo) y *Peumus boldus* (boldo) (espino), considerando el resto de las especies arbóreas y arbustivas leñosas, las que son clasificadas como especies de hoja dura. Generalmente estas dos últimas se distribuyen en áreas con mayor humedad (Pérez *et al.*, 2012) mientras que *L. caustica* y *Q. saponaria* son las especies de mayor abundancia en el área.

2.2 Método

2.2.1 Caracterización de la vegetación y determinación de la estructura de bosque

2.2.1.1 Fotointerpretación

Se realizó una recopilación de antecedentes bibliográficos sobre las comunidades vegetales que predominan en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana, identificando los sectores con presencia de Bosque esclerófilo, utilizando el Catastro vegetacional de CONAF del año 2013. Posteriormente, mediante una fotointerpretación utilizando el software de información geográfica y satelital del programa de QGIS Grass, la cual consiste en obtener la información e identificar elementos específicos en imágenes satelitales; Con el objetivo de clasificar la cobertura vegetacional por cobertura y realizar un análisis de la vegetación.

Las áreas del sector Este de la reserva fueron rodalizadas a una escala de 1:5.000 según la homogeneidad del píxel en un conjunto espacial suficientemente uniforme y homogéneo (Cansino, 2012), teniendo como resultado una primera imagen general de la vegetación en Altos de Cantillana (Figura 3). Sumado a ello, en la reserva, se realizaron visitas diarias en las áreas de “Lomas de la Olivera”, “El llano” y “El gallo” para conocer el bosque y corregir las áreas anteriormente rodalizadas, es decir, aquellas que presentaban gran diferenciación vegetal.

2.2.1.2 Determinación de las áreas de muestreo

Las visitas al área de estudio y la creación de un mapa vegetal fue determinante para la elección de las áreas de muestreo, se determinó la factibilidad técnica y temporal de realizar un inventario forestal y la instalación de las parcelas permanentes de muestreo según la homogeneidad o bien, heterogeneidad del paisaje para evaluar el estado actual del bosque, entregando información del recurso forestal (FAO, 2021). Se consideró la pendiente, la pedregosidad superficial y la presencia de especies exóticas invasoras (*Chusquea quila* y *Rubus ulmifolius*). Bajo estos criterios se establecieron parcelas en los sectores de “El gallo” y en las cercanías de “El llano”.

En el sector de “El gallo” se parcelaron tres áreas cuadradas de 25 x 25 m², mientras que, en las cercanías de “El llano” se realizaron 3 parcelas rectangulares de 20 x 50 m². En cada una de las parcelas se obtuvo las coordenadas las georreferencias de los cuatro vértices, en conjunto con la altitud utilizando un GPS, su exposición, pendiente, pedregosidad superficial. Mientras que, en las cercanías de “El llano” se realizaron 3 parcelas rectangulares de 20 x 50 metros cuadrados, los cuales están registrados en la (Figura 2).

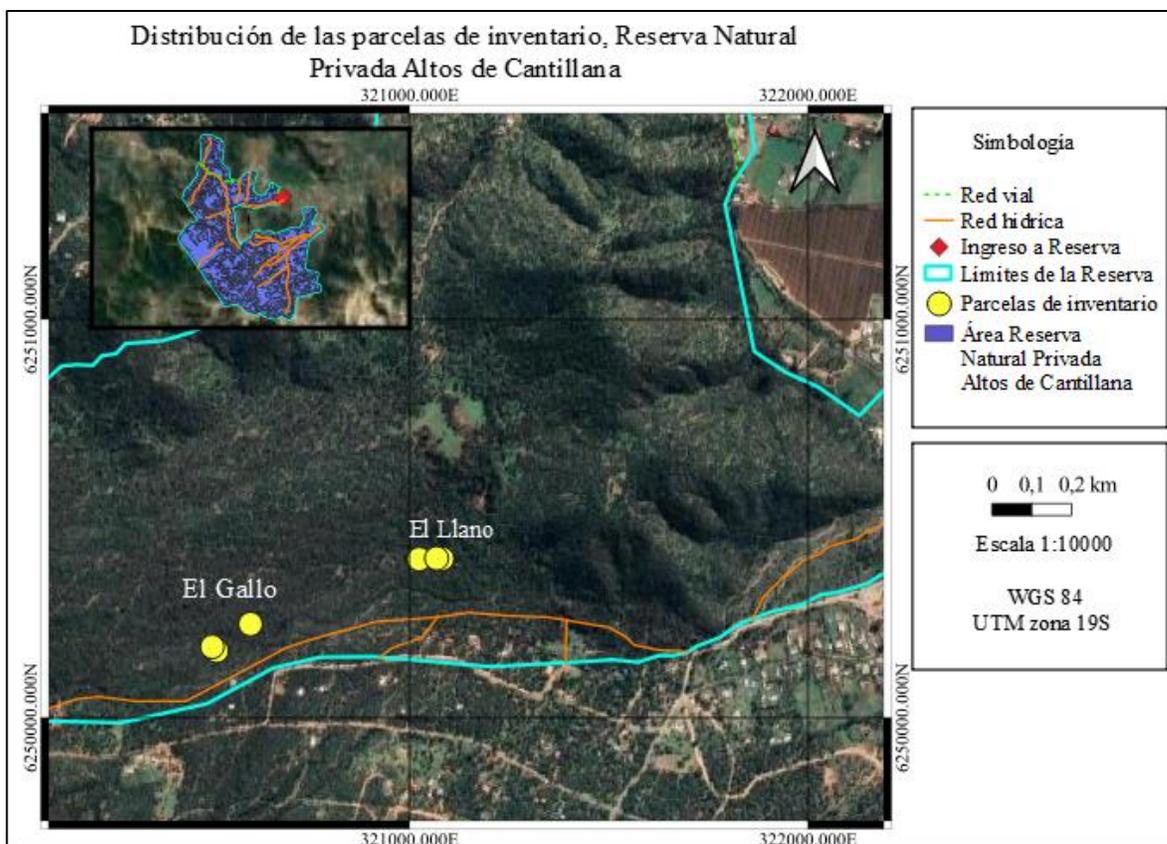


Figura 2: Ubicación de las parcelas de inventario en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana

2.2.1.3 Parámetros seleccionados

En las parcelas de inventario se registraron todas las especies leñosas arbóreas o arbustivas con un Diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a cinco centímetros mediante el uso de una forcípula, la cual se utilizaba de manera perpendicular a una altura de 1,3 metros. Además, se identificó la especie, el número de cepa, cantidad de vástagos por cepa, cobertura de la copa por medio de una cinta métrica y el estado fitosanitario según la normativa europea que considera 5 clases de defoliación o daño:

Cuadro 1: Clases de defoliación o daño (SSF, 2012) para definir el Estado Sanitario de los árboles

Clase	Defoliación (%)	Definición
0	(0-10%)	Árboles sin daño/decoloración nula
1	(11-25%)	Ligeramente dañados/decoloración ligera
2	(26-60%)	Moderadamente dañados/decoloración moderada
3	(60-90%)	Gravemente dañados/decoloración grave
4	(90-100%)	Árbol seco o muerto

Con el objetivo de caracterizar la vegetación y determinar los potenciales individuos semilleros en el bosque esclerófilo en Altos de Cantillana, se consideró el estado fitosanitario, priorizando aquellos con clasificación entre cero a dos, según las clases de defoliación o daño y que a su vez contaran con una copa frondosa. Además, en la primera parcela realizada en el sector de “El gallo” se registró la cobertura de la copa en las distintas direcciones (Puntos cardinales) Norte, Sur, Este, Oeste, que posteriormente son simulados en el plano cartesiano las coordenadas X e Y. También, se obtuvo la altura en la que se encontraba el inicio de la copa para cada individuo y vástago, más su coordenada correspondiente en el plano cartesiano para ubicar el individuo en el mapa. De esta forma fue posible caracterizar y conocer las especies dominantes del dosel arbóreo mediante la creación de un perfil vertical y horizontal.

2.2.1.4 Perfil vertical y horizontal

Se evaluó la estructura de las especies de bosque esclerófilo en la Reserva Altos de Cantillana mediante la creación de un perfil horizontal y vertical. Los perfiles verticales del bosque son una representación de los distintos estratos dentro de las comunidades, se pueden caracterizar según la altura de las diferentes especies que la componen, estableciendo los distintos estratos en el dosel, lo que permite representar a su vez las distintas tolerancias dentro del conjunto espacial (Donoso, 1993). Las especies dentro del perfil reciben diferentes niveles de luminosidad, donde las de menor altura reciben menor cantidad de luz en comparación a las más altas según el tamaño y la cobertura de las copas. Asimismo, las especies representativas del dosel se pueden clasificar en función de las distintas clases de copas (Dominante, codominante, intermedio, suprimido y muertos). Cada individuo fue georreferenciado espacialmente en un eje de coordenadas X e Y dentro del área de muestreo, además, se registró la altura en metros y la cobertura de copa en los distintos ejes. En el perfil horizontal fue necesario considerar las alturas para la superposición de las copas, de modo que, se identifican los claros, las especies dominantes del dosel arbóreo y la tolerancia a la sombra, (cabe destacar que para la obtención de la altura se utilizó una pistola haga). Por otro lado, en el perfil vertical los datos obtenidos también consideraron el número de vástagos por cepa y la altura del inicio de copa para cada uno de los individuos, con el fin de caracterizar los distintos estratos.

2.2.1.5 Tabla de rodal

La estructura del bosque se analizó por medio de las tablas de rodal y existencia. Los datos fueron ingresados al programa de Microsoft Excel, donde se depuraron, no se consideraron los individuos con DAP menor a cinco centímetros o bien aquellos que se encontraban muertos con pérdida total de la copa. Inicialmente se identificaron los DAP mínimos y máximos para establecer clases diamétricas, determinando un total de 6 clases, entre [5-10[; [10-15[; [15-20[; [20-25[; [25-30[; [30 a más [.

Se crearon dos tipos de parcelas de diferentes dimensiones, tres parcelas contaban con una superficie de 20 x 50 metros cuadrados y otras tres parcelas con un área de 25 x 25 metros cuadrados. Por ende, se calcularon dos factores expansión distinto para cada tipo de parcela, mediante la siguiente formula:

--

$$\text{Factor de expansión} = \frac{10.000}{(\text{área de la parcela} * \text{número de las parcelas})} \quad (1)$$

Se calculó el número de árboles por cada clase diamétrica (Ni) multiplicado por el factor de expansión, para obtener el número de árboles por hectárea (Nha):

$$\text{Nha} = \text{Ni} * \text{Factor de expansión} \quad (2)$$

Se obtuvo el área basal por individuo (Gi), según la formula expresada, luego se realizó una sumatoria de todos los Gi por clase diamétrica.

$$\text{Gi} = \frac{\text{DAP}^2 * \pi}{40.000} \quad (3)$$

Para obtener el área basal por hectárea (Gha) se multiplica el valor de Gi de cada clase diamétrica por el factor de expansión correspondiente.

$$\text{Gha} = \text{Gi} * \text{Factor de expansión} \quad (4)$$

2.2.1.6 Determinación de potenciales arboles semilleros

Por último, para la obtención de los individuos potenciales semilleros, se realizó un análisis considerando el estado fitosanitario por daño o defoliación. Para esto, se calculó el porcentaje de individuos potenciales en las parcelas de inventario, mediante el criterio anteriormente expuesto y un breve análisis porcentual.

2.2.1.7 Parcelas de regeneración

Se analizó la regeneración dentro del área de muestreo, para cada una de las parcelas (unidades de inventario realizadas) se establecieron cuatro subparcelas de regeneración de manera aleatoria de un metro cuadrado, donde se contabilizó el número de plántulas, se identificó la especie, el diámetro a la altura del cuello (DAC) y la altura de los individuos.

2.2.2 Proponer una red de parcelas permanentes para evaluar la capacidad de producción y dispersión de la semilla en especies de Bosque esclerófilo.

Mediante la información obtenida desde las tablas de rodal se seleccionarán las especies de interés, priorizando aquellas que presentan mayor abundancia y que son de importancia para la Reserva Altos de Cantillana. Además, se consideró el tipo de semilla y su patrón de dispersión. Posteriormente, se realizó una búsqueda bibliográfica de textos científicos, estudios, proyectos e información complementaria para analizar la capacidad de producción y dispersión de las semillas. Además, de documentación relacionada al tema principal, considerando el tipo de fruto, semilla y factores que inciden en su dispersión.

La bibliografía fue extraída principalmente de fuentes como el repositorio académico de la Universidad de Chile, Scielo, *Scholar Google*, ScienceDirect, SpringerLink, WileyOnlineLibrary, entre otras. Para priorizar la búsqueda de información se utilizaron las principales palabras claves, delimitando la información de interés.

Cuadro 2: Palabras claves utilizada en la búsqueda bibliográfica

Español	Ingles
Trampas de semillas	Seed traps
Dispersión	Dispersal
Semilla	Seed
Árbol semillero	Seedling
Bosque esclerófilo	Sclerophyllous forest

Cuando se obtuvieron los documentos de interés, se analizaron y redactaron para exponerlos en el presente documento.

3 RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de la vegetación

3.1.1 Fotointerpretación

La Figura 3 representa la rodalización de la fotointerpretación por cobertura vegetal del bosque esclerófilo situado en el sector Este de la Reserva, la que fue llevada a cabo a una escala 1:5.000.

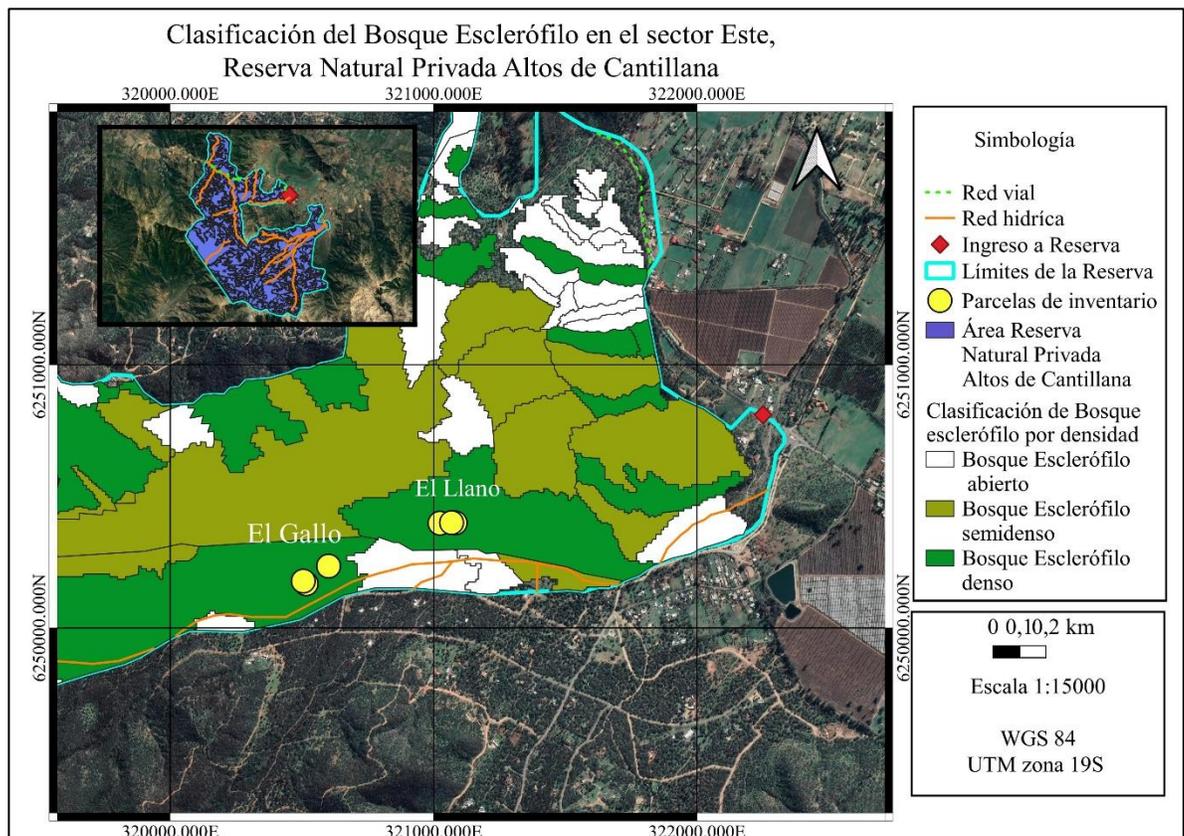


Figura 3: Clasificación del Bosque esclerófilo en el sector Este, Reserva Natural Altos de Cantillana

Cuadro 3: Superficie de Bosque Esclerófilo en el sector Este de la reserva en función de su cobertura vegetal

Clasificación de estructura por cobertura	Superficie (Ha)	Superficie porcentual del área de interés (%)
---	-----------------	---

Bosque Esclerófilo abierto	63	19
Bosque Esclerófilo semidenso	137	41
Bosque Esclerófilo denso	131	40
Total	331	100

El Cuadro 3 nos indica que la superficie estudiada cuenta con un total de 331 hectáreas, dentro de las cuales cerca de un 40% posee una cobertura densa, un 41% una cobertura semidensa y un 19% una cobertura abierta. Al comparar estos valores con los entregados por el Cuadro 14 (ver Apéndice I) según el catastro vegetacional de CONAF al año 2013, es posible identificar un aumento en los valores actuales de superficie con coberturas abiertas, las cuales aumentaron un 12%. Mientras que, las coberturas semidensas disminuyeron en un 30%; asimismo, en ambos cuadros es posible observar que las coberturas semidensas son las que poseen mayor cantidad de superficie, en comparación con el resto de las clasificaciones de cobertura vegetacional.

Este aumento en las coberturas abiertas se asocia a una disminución en la biomasa arbórea, es decir, a la pérdida, disminución o cambio del Bosque esclerófilo en la Reserva. Es preciso señalar el efecto del cambio climático en la zona, ya que, se registra una disminución de las precipitaciones a partir del año 2008, mientras que las temperaturas varían entre 1°C a 2°C (ver Figura 13 y Figura 14 en Anexo I). Por lo tanto, el efecto de la megasequía y la desertificación está afectando a las comunidades vegetacional, generando un cambio en el patrón de distribución de las especies más susceptibles, disminuyendo su área de distribución (Bambach *et al.*, 2013; CR2, 2022).

Respecto a las formaciones vegetacionales, el Cuadro 13 (ver Apéndice I) correspondiente a datos del catastro vegetacional, indica que en el área de estudio es posible encontrar dos asociaciones principales entre especies, las cuales son *Acacia caven* en un 5% de la superficie del área de interés, especie características de Esclerófilo Subtipo Matorral, y entre *Cryptocarya alba*, *Quillaja saponaria* y *Lithraea caustica*, Subtipo Rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas, en un 95% de la superficie del área de interés. Entre las cuales, *A. caven* especie perteneciente a comunidades espinosas tiene mayor capacidad de adaptación frente a condiciones de estrés hídrico y, por ende, frente a las proyecciones de cambio climático, de rápida colonización en áreas degradadas. Por lo tanto, se proyecta el cambio de estructura vegetacional, una disminución del subtipo Rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas y un aumento de Subtipo Matorral (Donoso, 1981; Bambach *et al.*, 2013; Loyola, 2017).

Cabe destacar que, en relación con la fotointerpretación, se observó una diferencia de coloración superficial entre las copas de los individuos arbóreos, destacando las tonalidades marrones denominado como “pardeamiento”, situación derivada por el efecto de la sequía en bosque esclerófilo, el que ha generado la muerte del follaje en los individuos leñosos en los últimos años en los bosques mediterráneos situados en el límite sur del cordón de

Cantillana y al norte de Santiago. Esta situación es importante dado que el pardeamiento ya ha registrado mortandad en los individuos (Maass *et al.*, 2019; Díaz, 2020).

3.1.2 Perfil horizontal y vertical de la vegetación

El perfil horizontal de la vegetación representa la distribución espacial de los individuos dentro de un área o superficie en específico (Donoso, 1993).

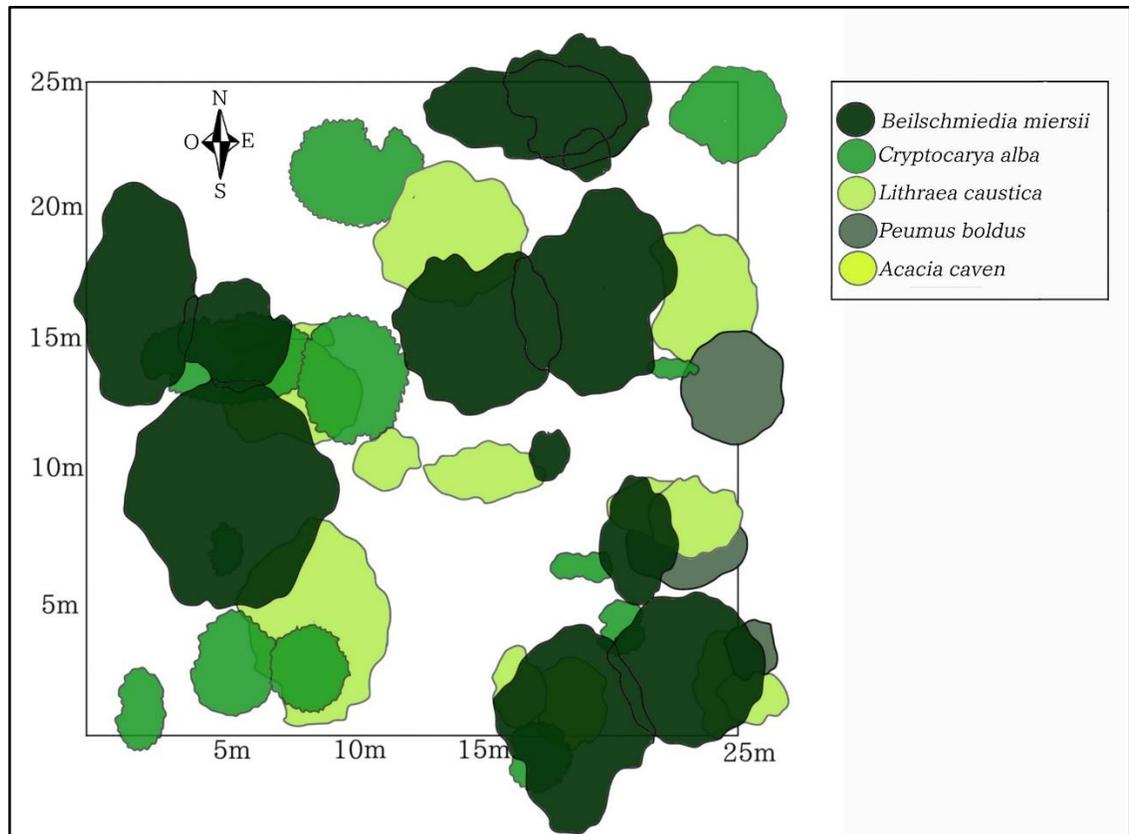


Figura 4: Perfil horizontal de la vegetación con las especies *Beilschmiedia miersii*, *Cryptocarya alba*, *Lithraea caustica*, *Peumus boldus* y *Acacia caven*.

La Figura 4, es una representación de las parcelas inventariadas en el sector de “El Gallo” y “El Llano”, la cual posee cuatro principales especies (belloto, litre, peumo y boldo). La presencia de estas especies demuestra que nos encontramos con un rodal mixto debido a su composición, lo que a su vez explica la heterogeneidad. Generalmente este tipo de formación presenta un sotobosque denso, y en áreas de mayor humedad la especie dominante es *C. alba*. Por otro lado, la especie *B. miersii* se asocia al Subtipo Bosques hidrófilos de quebradas, que se desarrolla en sectores con cursos de agua y quebradas; asociado principalmente a especies como *Cinodendron patagua*, *Pitavia punctata*, entre otros (Donoso, 1981; Loyola, 2017).

Este tipo de rodal Mixto puede ser explicado debido a la altitud del sector en el que se emplazó la parcela, situado a 469 m.s.n.m. Es un área que se caracteriza por la cercanía a la red hídrica dentro de la Reserva. Aunque, como se menciona en el punto anterior 3.1.1, las condiciones actuales de megasequía han generado un cambio en la composición de la vegetación. Por este motivo, la presencia de *B. miersii* y *C. alba* en el sector es abundante. Si bien, no está en compañía de una alta riqueza de especies características del bosque higrófilo, presenta una abundancia de especies esclerófilas de hoja dura. Por lo tanto, la presencia de *B. miersii* y *C. alba* indica que este sitio era potencialmente un bosque Esclerófilo Subtipo Higrófilo, debido a la presencia de belloto en el sector, y que por el efecto de las condiciones climáticas e intervenciones antropogénicas la composición de especies cambió generando que actualmente se clasifique como Esclerófilo Subtipo Rodal Mixto.

Con relación a las copas de individuos arbóreos, estas presentan heterogeneidad tanto en tamaño como en la superposición de alturas. Además, presenta especies tolerantes e intolerantes a la sombra. En relación con esto último, es posible observar que las especies poseen un patrón en cuanto a la distribución de los individuos y de las copas. *B. miersii* presenta individuos con mayor cobertura y área de la copa, dominando el dosel arbóreo, seguido por *C. alba*, demostrando que estas especies proporcionan mayor cantidad de cobertura dentro de este tipo de rodal. Este punto es concordante al estudio realizado por Imas (2014) quien analizó la distribución espacial de *B. miersii* en Altos de Cantillana, donde la composición del bosque se caracterizaba por presentar *B. miersii*, *C. alba* y *P. boldus*, similar a lo expuesto por Brito y Flores (2014).

Respecto a la dinámica entre las especies, se asume que *B. miersii* y *C. alba* son las especies tolerantes que dominan los estratos superiores. Por el contrario, *L. caustica* tiende a establecerse en los claros actuando como especie facilitadora para *P. boldus* (Figura 4), esta situación se observó en asociación debido a que los individuos multifustales de *L. caustica* estaban en conjunto con los individuos multifustales de *P. boldus*, tal como lo observado por Tapia (2005). Por otro lado, en las cercanías de la parcela de inventario se registró la presencia de *Chusquea quila*, una de las especies que se establece en claros, de rápido crecimiento y reproducción (Muñoz *et al.*, 2012) presentes en Altos de Cantillana, lo que en un futuro podría modificar la dinámica de estas especies debido a su naturaleza invasora.

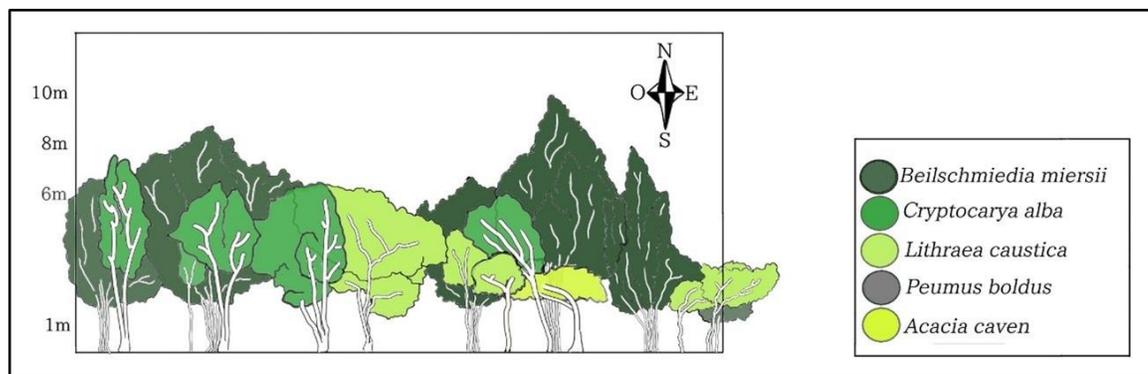


Figura 5: Perfil vertical de la vegetación con las especies *Beilschmiedia miersii*, *Cryptocarya alba*, *Lithraea caustica*, *Peumus boldus* y *Acacia caven*.

En este informe se identificaron cuatro estratos, las especies que se encuentran en el dosel superior según la clasificación de las copas se denominan como dominantes. En la Figura 5 es posible observar que la especie dominante del estrato arbóreo es *B. miersii*, presentado alturas máximas cercanas a los 10 metros, la cual, se caracteriza por recibir mayor exposición del sol pese a que es una especie con tolerancia a la sombra. Por este motivo, se deduce que estos individuos adultos son de mayor rango etario dentro del bosque y por consecuencia, es posible identificar su estado sucesional. Por otro lado, en el dosel codominante se presenta *C. alba* con alturas cercanas a los 8 metros. A ambas especies se concentran en los estratos superiores del dosel (Brito y Flores, 2014), situación representativa de la estructura vegetacional de los bosques de belloto en la zona central. Si bien, *B. miersii* y *C. alba* se caracterizan por ser especies tolerantes a la sombra, es *C. alba* la que tiende a establecerse bajo la cobertura o en las cercanías de *B. miersii* como se observa en la Figura 4 por su asociación.

En el dosel intermedio se sitúa *L. caustica*, con individuos que varían desde los 2 metros hasta los 6 metros. Al analizar la Figura 4 y 5 se reafirma la intolerancia a la sombra de esta especie, la cual suele establecerse en claros de dosel, o bien en las zonas con menor cobertura de los estratos superiores. Por otro lado, en el estrato suprimido se establecen especies como *A. caven* y *P. boldus*, que poseen una estructura más achaparrada y en menor densidad. Por último, considerando esta representación de la vegetación sobre los distintos estratos del dosel arbóreo, el bosque inventariado es multiestratificado.

Según la dinámica de la vegetación, *B. miersii* y *C. alba* actuaron como especies facilitadoras para el establecimiento de *L. caustica*, es decir que proporcionaron de cobertura a la especie en la etapa inicial de establecimiento, como consecuencia de su intolerancia a la sombra el desarrollo de sus copas se distribuyó en los claros de dosel para *L. caustica*. Posteriormente, esta especie presenta una asociación junto a *P. boldus* infiriendo que actuó como una especie facilitadora para el establecimiento de este último.

Cabe destacar que, hay antecedentes que indican que, en este tipo de bosque, *C. alba* es la especie que bajo condiciones de estrés e intervención antrópica se está auto remplazando, lo que indica que en un futuro esta especie puede llegar a sustituir a *B. miersii*, transformando la composición de especies en estos bosques (Imas, 2014).

3.1.3 Tablas de rodal

El inventario forestal se realiza en base a una unidad de inventario. Se evaluó una formación de bosque esclerófilo dominada por *L. caustica*, *P. boldus* y *B. miersii* de Altos de Cantillana, donde se realizaron 6 unidades de muestreo, 3 parcelas cuadradas de 25 x 25 metros en el sector de “El Gallo” y 3 parcelas rectangulares de 20 x 50 metros en el sector de “El Llano”, con las siguientes características:

Cuadro 4: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en el sector de “El Llano”

Tabla de rodal 1						
Id	Clases diamétricas	Ni (N° arb)	Gi (m ²)	Nha (N° arb/Ha)	Gha (m ² /Ha)	
1	[5-10[	95		1	317	3
2	[10-15[	18		1	60	3
3	[15-20[	4		0	13	1
4	[20-25[	5		0	17	1
5	[25-30[	2		0	7	1
6	[30[	1		0	3	1
Total		125		3	417	10

Cuadro 5: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en el sector de “El Gallo”

Tabla de rodal 2						
Id	Clases diamétricas	Ni (N° arb)	Gi (m ²)	Nha (N° arb/Ha)	Gha (m ² /Ha)	
1	[5-10[	116		2	619	8
2	[10-15[	48		1	256	7
3	[15-20[	16		1	85	3
4	[20-25[	4		0	21	1
5	[25-30[	1		0	5	1
6	[30[	4		0	21	2
Total		189		4	1008	24

La unidad de inventario en el Cuadro 4 y el Cuadro 5 y representada en la Figura 6 corresponde a un Bosque esclerófilo mixto, como se menciona en el punto anterior (3.1.2). En ambos cuadros es posible dimensionar que la mayor cantidad de individuos se sitúan en las clases diamétricas inferiores; en la clase uno con un DAP que varía entre los 5cm a 10cm. Cabe destacar que en las parcelas de inventario muestreadas no se encontraron

individuos juveniles de regeneración por semilla, solo provenientes de regeneración vegetativa. Por lo tanto, la concentración de los datos en las clases diamétricas inferiores explica que este tipo de bosque se caracteriza por ser un renewal, ya que, debido a causas naturales, o de los antecedentes históricos de intervención antrópica, el efecto del ganado, historia de incendios forestales, corta de árboles y cambios en el uso de suelo ha generado que el principal proceso de regeneración se caracteriza por ser vegetativa (Garfias *et al.*, 2018; Luebert y Pliscoff, 2004).

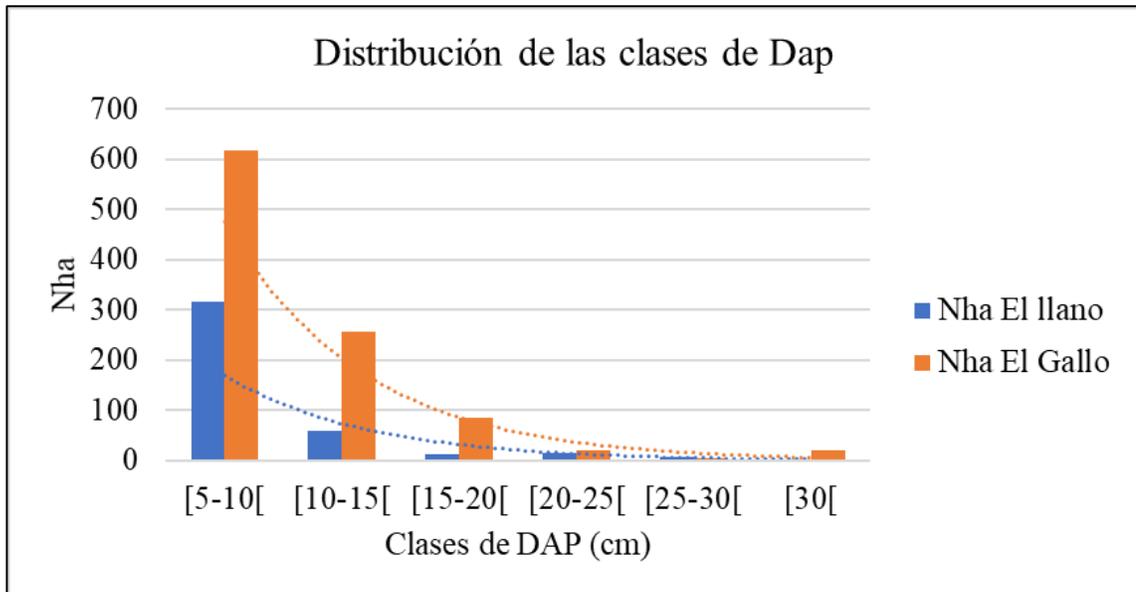


Figura 6: Distribución diamétrica de los individuos muestreados por sectores, donde “El Llano, corresponde a los inventarios realizados en las parcelas de 20m x 50m, mientras que El Gallo, corresponde a los inventarios realizados en parcelas de medidas de 25m x 25m.

Cuadro 6: Tabla de rodal del total de parcelas inventariadas en ambos sectores, por especie.

Sector	El Llano		El Gallo	
Especie	Ni (N°arb/ha)	Gi (m ² /Ha)	Ni (N°arb/ha)	Gi (m ² /Ha)
AC	3	0	53	3
BM	93	6	21	1
CA	150	2	208	6
KO	3	0	0	0
LC	123	1	347	9
PB	33	0	363	5
QS	10	1	0	0
SP	0	0	16	0
Total	417	10	1008	24

Donde, AC corresponde a *Acacia caven*, BM (*Beilschmiedia miersii*), CA (*Cryptocarya alba*), KO (*Kageneckia oblonga*), LC (*Lithraea caustica*), PB (*Peumus boldus*), QS (*Quillaja saponaria*) y SH (*Schinus polygamus*).

El renoval situado en el sector de “El Llano” tiene como especie dominante a *C. alba* y *L. caustica* con un total de 150 individuos por Ha, equivalente a un 36% y 123 individuos por Ha con 30% del total de las especies del rodal respectivamente, seguido por *B. miersii* con un total de 93 (N°arb/ha), en un 22%. Además, es necesario mencionar que se encontraron un total de 7 especies *A. caven*, *B. miersii*, *C. alba*, *K. oblonga*, *L. caustica*, *P. boldus* y *Q. saponaria*.

El renoval situado en el sector de “El Gallo” tiene como especie dominante a *P. boldus* y *L. caustica* con un total de 363 individuos por Ha, equivalente a un 36% y 347 individuos por Ha con 34% del total de las especies del rodal respectivamente, seguido por *C. alba* con un total de 208 (N°arb/ha), en un 21%. Además, es necesario mencionar que se encontraron un total de 7 especies *A. caven*, *B. miersii*, *C. alba*, *L. caustica*, *P. boldus* y *S. polygamus*.

Cabe destacar que, los individuos muestreados presentaron múltiple cantidad de vástagos, los que están registrados en Cuadro 16 (Apéndice II). Aquí se expone que las especies con mayor cantidad de vástagos son *P. boldus* y *L. caustica*, con un promedio de 18 y 9 vástagos por cepa. Por otro lado, solo se registró una especie sin multiplicidad de vástagos en los individuos muestreados, la cual es *K. oblonga*.

Además, es necesario mencionar que el sotobosque en ambos sectores se caracterizaba por la presencia de especies como: *Colliguaja odorífera* (colliguay) y *Retanilla trinervia* (tevo), especies características de este tipo de comunidades vegetacionales.

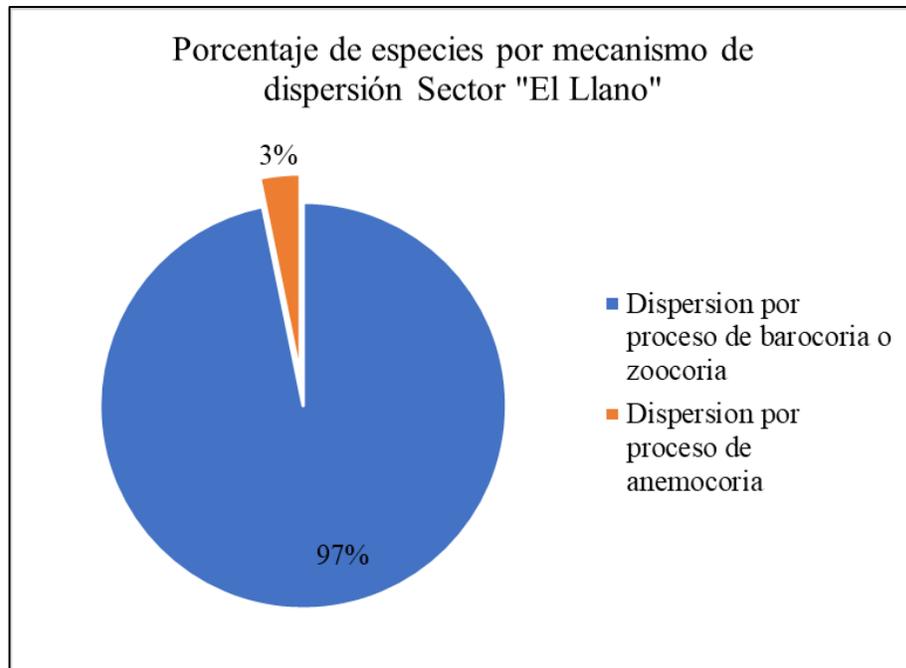


Figura 7: Porcentaje de especies clasificadas según mecanismo de dispersión, El Llano

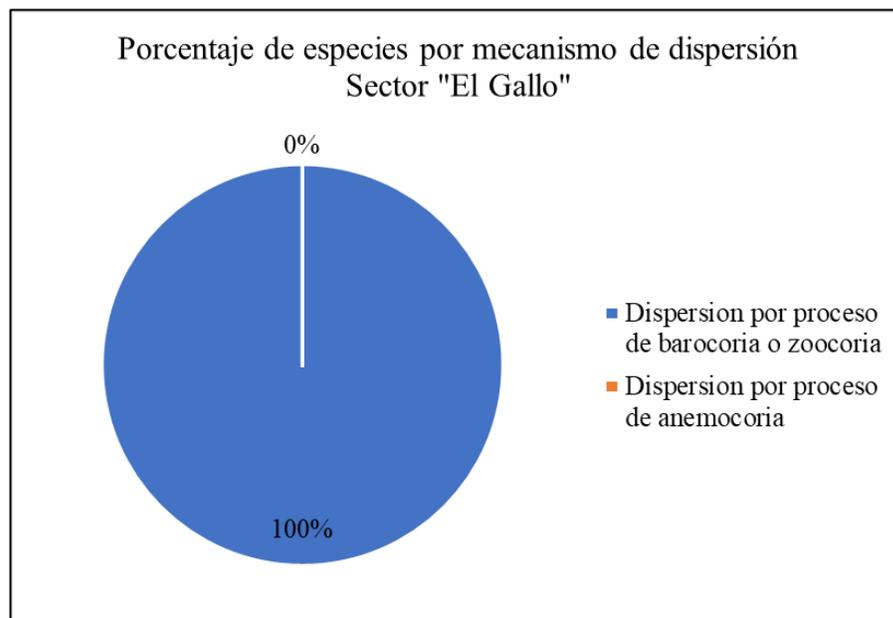


Figura 8: Porcentaje de especies clasificadas según mecanismo de dispersión, El Gallo

Con relación a la cantidad de especies identificadas en ambos sectores, en el área de “El llano”, *B. miersii*, *C. alba*, *L. caustica*, *P. boldus*, se caracterizan por presentar un fruto clasificado como drupa, *A. caven* una legumbre indehisciente. Mientras que, *K. oblonga* y *Q. saponaria*, una capsula estrellada. De acuerdo con la Figura 7, un 97% de las especies presentes en este sector poseen como característica la dispersión por medio de mecanismos asociados al proceso de barocoría o bien zoocoría (especies como *B. miersii*, *C. alba*, *L.*

caustica, *P. boldus* y *A. caven*) mientras que, el 3% de los individuos en este sector se dispersan mediante anemocoría (especies como *K. oblonga* y *Q. saponaria*).

Por otro lado, en el sector de “El Gallo” las especies *B. miersii*, *C. alba*, *L. caustica*, *P. boldus* y *S. polygamus*, se caracterizan por presentar un fruto clasificado como drupa. Mientras que *A. caven*, una legumbre indehiscente. Por lo tanto, la Figura 8 representa que en este sector el 100% de las especies identificadas cuentan con mecanismos asociados al proceso de barocoría o bien zoocoría.

El conocer las características de la semilla o fruto, y su proceso de dispersión, es fundamental para definir un método de dispersión apropiado en función de la composición de especies. Ya que, dependiendo del objetivo de muestreo y de la riqueza o abundancia de las especies la metodología aplicada en trampas de semillas es distinta.

3.1.4 Estado fitosanitario

En el siguiente cuadro se muestra el estado fitosanitario, la sanidad en estos individuos se determinó mediante el grado de defoliación, lo que le permite dimensionar los daños acumulados, como consecuencia de las condiciones de escasez hídrica y en particular por la actual megasequía. Se estima que las especies con mayor pérdida de dosel son *Q. saponaria* y *L. caustica*, aunque los individuos asociados a sitios con una mayor humedad son los más afectados debido a la pérdida superior al 30% de su copa (Díaz, 2020).

En condiciones de estrés hídrico las plantas cierran sus estomas, limitando su superficie activa de fotosíntesis, esta acción genera una defoliación prematura de las hojas o la pérdida total o parcial de la copa. Cabe destacar que este efecto denominado como “pardeamiento” se da en mayor medida en la precordillera de Santiago, en comparación a los bosques costeros debido a su influencia marítima. Aun así, en la precordillera los bosques asociados a quebradas y riberas pueden amortiguar estos efectos (Díaz, 2020).

Es preciso señalar que las especies con mayor cantidad de individuos en los estados 3 y 4 corresponden a especies como *L. caustica*, *P. boldus* y *C. alba*, la tabla adjunta se encuentra en el Apéndice II Cuadro 17, lo cual, corrobora lo expuesto en este punto, es decir que son especies que poseen mecanismos para enfrentar el estrés hídrico.

Cuadro 7: Porcentaje de individuos totales según su estado fitosanitario

Estado fitosanitario	Individuos potenciales semilleros (%)
0	0
1	5
2	22

3	43
4	30

Un 27% de los individuos muestreados en las parcelas es potencialmente un árbol semillero. Aunque no se encontraron individuos en la categoría de 0 para este estado fitosanitario, es decir, árboles sin daño, las categorías 1 y 2 representan un 27% de los individuos muestreados. Pese a ello, los estados óptimos obtuvieron valores bajos en comparación a otras clases.

Los individuos clasificados entre la categoría de 3 y 4 poseen el 73% del total de la muestra. Este valor es motivo de preocupación para la regeneración natural vía semillación, pues en este estado se considera que la producción de frutos o semillas se verá afectado y, por consiguiente, la regeneración y el reclutamiento de nuevos individuos.

Cabe destacar que los individuos en categoría 3 y 4 no pueden ser potenciales semilleros, ya que la calidad de los árboles no se ajusta a la definición de “árbol semillero”, este hecho generaría una lluvia de semillas deficiente, semillas inviables y/o la nula producción de estas. Por lo tanto, la instalación trampas de semillas en estos individuos, no otorgaría información óptima para futuros análisis en torno a la producción y los patrones de dispersión.

3.1.5 Parcelas de regeneración

Las parcelas de regeneración natural tuvieron como resultado la nula presencia de regeneración vía semilla en el área de estudio. De las seis parcelas de inventario realizadas, con 24 subparcelas de regeneración, no se encontraron individuos juveniles provenientes de semillas como resultado de su dispersión natural. En el área de estudio, si se encontraron individuos arbóreos con presencia de flores y/o frutos como representa la Figura 9, es decir, los árboles aun poseen la capacidad de proveer a la comunidad de semillas y por lo tanto de regeneración natural. Sabiendo que en estos sitios no se encontraron individuos juveniles producto de la regeneración vía semillas, se infiere que, esta falta de reclutamiento puede deberse a las condiciones del año en particular que afectó la lluvia de semillas (Vásquez, 2011) o bien existe un factor que impide o dificulta el establecimiento de la regeneración, en términos de viabilidad de la semilla o por las condiciones del sitio como el suelo, estrés hídrico, depredación de semillas o la herbivoría en individuos juveniles. El estrés hídrico producto de la poca precipitación en condiciones actuales de megasequía ha implicado un evidente deterioro, el aumento de la radiación y el estrés hídrico dificulta el establecimiento de nuevos individuos juveniles generando una alta mortalidad, por este motivo el establecimiento en las cercanías de nodrizas o bien en sectores favorecidos por un microclima húmedo son prioritarios (Smith *et al*, 2012), lo que es posible identificar ya que una mayor cantidad de propágulos se sitúa en áreas con mayor cobertura vegetal (Becerra *et al*, 2018).

A)



B)



Figura 9: Fotografías de especies en floración y/o fructificación durante el mes de octubre

En la imagen A es posible identificar flores de *B. miersii*, mientras que en la imagen B floración de *P. boldus*, lo que indica la producción de flores y potenciales semillas en los bosques de Altos de Cantillana.

3.1.6 Cantidad de vástagos

Como se mencionó en el punto 3.1.4 no se analizó la regeneración vía semilla debido a que no se registraron plántulas en el área de estudio. Por el contrario, si presentaba regeneración vegetativa dentro de las distintas especies identificadas de esclerófilo, es la actual manera en la que el bosque está subsistiendo. Como representa la Figura 10, fue posible observar regeneración de *C. alba*, *P. boldus*, *L. caustica*.



Figura 10: Regeneración vegetativa de las especies de interés, donde A corresponde a *B. miersii*, B y D a *P. boldus* y C a *C. alba*.

Cuadro 8: Número promedio de vástagos por especie analizadas del total de parcelas inventariadas

Especie	N° vástagos		N° Vástagos/Ha		
	El Llano	El Gallo	El Llano	El Gallo	
AC		2	51	7	272

BM	198	19	660	101
CA	136	109	453	581
KO	1	0	3	0
LC	193	685	643	3653
PB	89	1331	297	7099
QS	9	0	30	0
SH	0	4	0	21
Total	628	2199	2093	11728

Donde, AC (*Acacia caven*), BM (*Beilschmiedia miersii*), CA (*Cryptocarya alba*), KO (*Kageneckia oblonga*), LC (*Lithraea caustica*), PB (*Peumus boldus*), QS (*Quillaja saponaria*) y SH (*Schinus polygamus*).

Las perturbaciones en el área, tanto naturales y antropogénicas, afecta la composición y dinámica de estas comunidades, se observa que los individuos poseen una gran cantidad de vástagos por hectárea, donde los mayores valores se centran en individuos de *P. boldus* y *L. caustica*, producto de su alta capacidad de rebrote posterior a un disturbio. Además, Imas (2014) señala que los bosques de *B. miersii* posee individuos multifustales cuando han presentado registros de actividad antrópica, lo que, a largo plazo genera problemas en el crecimiento y reclutamiento de nuevos individuos.

Aun así, la capacidad de rebrote de las especies estudiadas permitiría su subsistencia en lugares con perturbaciones severas como estrategia reproductiva, ya que, la estrategia reproductiva es una consecuencia del historial de perturbaciones y su severidad, permitiendo recuperar la biomasa aérea de una forma más rápida en comparación a la regeneración por semillas (Imas, 2014).

Considerando que estos bosques solo presentan regeneración vegetativa es necesario desarrollar investigación en torno a la regeneración vía semillas para conocer su potencial y su estado actual, es importante comprender la dinámica de la dispersión porque son procesos determinantes para mantener la diversidad dentro de un ecosistema, ya que determinan la distribución espacial de los individuos e inclusive las dinámicas poblaciones, de modo que, las parcelas permanentes permiten monitorear la dispersión de semillas para posteriormente relacionarla con los patrones de establecimiento de las especies (Parrado, 2007; Becerra *et al*, 2018).

3.2 Tipo de bosque según su estructura vegetacional y composición de especies

Las parcelas analizadas poseen una composición de especies variada, representada en la Figura 4 y en la Figura 5. Por lo tanto, según su composición es posible clasificarlo como un bosque mixto, puesto que está constituido por más de una sola especie (Donoso, 2015). Concretamente corresponde al Tipo forestal esclerófilo, subtipo rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas, el cual se caracteriza por presentar especies como *P. boldus*, *C. alba*,

L. caustica K, *oblonga*, *S. polígama* y *Q. saponaria* con un sotobosque dominado por especies esclerófilas en áreas más xéricas. Mientras que, en zonas con mayor contenido de humedad dominan especies de mayor requerimiento hídrico como *C. alba*.

La distribución de las copas dentro de la parcela es heterogénea, debido a su composición de bosque mixto, la mezcla de especies dentro del rodal permite que las especies intolerantes a la sombra colonicen las áreas que no son utilizadas por aquellas tolerantes, evitando la presencia de claros dentro del bosque, en consecuencia, la competencia por luz generada por las especies arbustivas y herbáceas. Cabe destacar que la estructura vegetacional corresponde a un bosque adulto, mixto dominado por *B. miersii*, el cual carece de regeneración.

3.3 Red de parcelas permanentes

3.3.1 Antecedentes para la regeneración en el bosque esclerófilo mixto. Tipo forestal esclerófilo y subtipo bosques hidrófilos de quebrada

En la reserva de Altos de Cantillana, los bosques presentan indicios de actividad antrópica que, sumado a déficit hídrico han incidido en la dinámica de reproducción de las formaciones vegetales. El sector de estudio analizado se caracterizó por presentar un Bosque esclerófilo, Subtipo Rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas con incidencias de tipo higrófilo, este último se caracteriza por establecerse en zonas de quebradas o en las cercanías de riberas y cursos de agua en la Cordillera de la Costa, las condiciones micro climáticas, es decir en las zonas donde predomina mayor contenido de humedad generan un cambio en la comunidad vegetacional permitiendo el establecimiento de especies como *B. miersii* (belloto), *C. alba* (peumo), *Citronella mucronata* (naranjillo), *Cinodendron patagua* (patagua), *Persea lingue* (lingue), entre otros. Mientras que hacia el exterior predominan especies más xéricas como *L. caustica*, *Q. saponaria* y *P. boldus* (Donoso, 1981; Donoso, 1982).

Las principales especies asociadas la formación vegetal de rodales mixtos fueron *B. miersii*, *P. boldus*, *C. alba* y *L. caustica*, y a su vez, las de mayor abundancia en el dosel arbóreo. Es necesario señalar que las tres primeras especies se caracterizan por presentar tolerancia a la sombra y suelen desarrollarse en zonas con mayor contenido de humedad como se menciona anteriormente. Mientras que, *L. caustica* es una especie intolerante (Kremer, 2014; Tacón, 2018).

El proceso de la regeneración de estos bosques es principalmente mediante vía vegetativa (rebrote por tocón) como consecuencia de la fuerte presión antrópica (Imas, 2014; Tacón, 2018). Mientras que, la regeneración vía semilla presenta altas tasas de mortalidad en el establecimiento por las características del sitio, la profundidad de la hojarasca, radiación solar y cobertura, en vista de que las semillas son susceptibles a la desecación (Kremer,

2014), o bien por las condiciones ambientales actuales de estrés hídrico, lo cual puede ser causado por una baja respuesta adaptativa en la etapa del establecimiento para enfrentar este estrés (Imas, 2014).

Una de las principales características de estas especies, es el tipo de fruto generado para el proceso de reproducción y posterior dispersión, caracterizándose por ser una drupa (este fruto posee un endocarpio carnoso rodeado de un endocarpio leñoso). Ante esto, es preciso señalar que la hojarasca favorece el éxito germinativo y la supervivencia de los individuos, su función principal consiste en amortiguar la pérdida de humedad y temperatura del suelo favoreciendo su germinación, a medida que aumenta la profundidad de la hojarasca la humedad del sustrato se ve favorecida, generando un efecto positivo en las especies (Imas, 2014; Kremer, 2014). Asimismo, la capa de hojarasca actúa como una barrera natural frente a los predadores de semillas, la cual, es un alto factor de mortalidad para especie con este tipo de fruto (Imas, 2014; Morales *et al.*, 2015).

Galindo (2016) analizó la comunidad vegetal de *B. miersii* en la Reserva Altos de Cantillana. Entre las especies estudiadas (litre, boldo, peumo, belloto, entre otros) la semilla más depredada fue la de *B. miersii*, seguido de *P. boldus*, concluyendo que son la de mayor interés para los predadores de semillas, lo que genera una baja regeneración vía semilla. Por lo tanto, se sugiere que para evitar la predación del fruto es necesario que se desarrolle en compañía de especies facilitadoras que aporten a la protección.

Entre los principales predadores identificados es posible encontrar especies como *Mus musculus*, *Rattus Rattus*, *Octodon degus*, y *Bos taurus*, mientras que las principales especies que inciden en la herbivoría son *Oryctolagus cuniculus*, bovino (*B. taurus*), caballos (*Equus caballus*) y conejos (*Oryctolagus cuniculus*) (Imas, 2014; Morales *et al.*, 2015) y, aves las cuales actúan como un vector de dispersión de la semilla (Tacón, 2018).

Asimismo, la regeneración natural en los bosques de *B. miersii*, presenta una baja densidad de plántulas en comparación con otras especies, por lo cual se proyecta un reemplazo de la vegetación de estas especies por otras con menos requerimientos hídricos como consecuencia de la aridización y de su escasa capacidad de autoreemplazo (Kremer, 2014) como *C. alba*, la cual presenta mecanismos para enfrentar el estrés hídrico (Donoso *et al.*, 2011) y alta producción de semillas (Galindo, 2016), que se distribuyen bajo o en las cercanías del árbol madre (Bustamante y Vásquez, 1995). Por lo tanto, son las condiciones de escasez hídrica en la zona las que inciden en la sobrevivencia de los individuos adultos y de la regeneración (Viera y Villaseñor, S.a.), lo que explicaría el motivo por el que la formación de bosque higrófilo situada en Altos de Cantillana se encuentra en degradación.

3.3.2 Características del fruto y semilla de las especies de interés

Las especies de interés seleccionadas fueron *Beilschmiedia miersii* (belloto del norte), *Cryptocarya alba* (peumo), *Peumus boldus* (boldo) y *Lithraea caustica* (litre). La elección de estas especies se realizó mediante el inventario forestal, considerando los resultados del punto 3.1 y 3.2. Además, son las especies arbóreas de interés para la reserva.

Para determinar el método de parcelas permanentes se realizó una búsqueda de antecedentes bibliográficos para cada una de las especies donde se obtuvo un cuadro comparativo, se consideró el tipo de fruto, método de dispersión, tamaño del fruto, antecedentes de depredación temporada de floración y fructificación

Cuadro 9: Clasificación de semillas según diferentes características

Especie	Tipo de fruto	Tamaño	Tipo de dispersión	Depredadores asociados	Temporada de floración
<i>Beilschmiedia miersii</i>	Drupa aovada	3 a 4 cm	Barocoría y zoocoría	Roedores (<i>Rattus sp.</i>), <i>Octodon degus</i> , <i>Mus musculus</i>), conejos (<i>Oryctolagus. cuniculus</i>), vacunos (<i>Bos Taurus</i>) y el zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>)	Marzo a abril
<i>Cryptocarya alba</i>	Drupa carnosa	5 a 7 mm	Barocoría y zoocoría	Roedores (<i>Rattus sp.</i> , <i>Octodon degus</i> , <i>Mus musculus</i>), conejos (<i>Oryctolagus. cuniculus</i>), vacunos (<i>Bos Taurus</i>) y el zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>)	Noviembre a enero
<i>Peumus boldus</i>	Drupa ovoide	1 a 2 cm	Barocoría y zoocoría	Roedores (<i>O. degus</i>) y zorros (<i>Lycalopex sp</i>)	Julio a noviembre
<i>Lithraea caustica</i>	Drupa	5 a 8 mm	Barocoría y zoocoría	Roedores (<i>Rattus sp.</i>), conejos (<i>Oryctolagus. cuniculus</i>) y el zorro (<i>Lycalopex culpaeus</i>)	Septiembre a Noviembre

3.3.3 Elección del método

El actual método de recolección de semillas en Altos de Cantillana consiste en la recolección manual dentro de áreas o sitios cercano a zonas de quebradas, cursos de agua y/o mayor humedad, también, como demuestra la Figura 11 dentro de la reserva utilizan una malla de polietileno, la cual se expande en el suelo para la recolección de semillas mediante caída natural, uno de los factores considerados en la propuesta fue el tipo de semilla, las especies mencionadas *B. miersii*, *C. alba*, *P. boldus* y *L. caustica* se caracterizan por presentar un fruto llamado drupa (Hoffman, 2020), la cual es altamente

consumida y depredada, lo que conlleva a la dispersión secundaria, evitando el análisis de producción de semillas por la caída natural de fruto. Para evitar este factor el método a seleccionar no debe estar expuesto sobre la superficie del suelo.

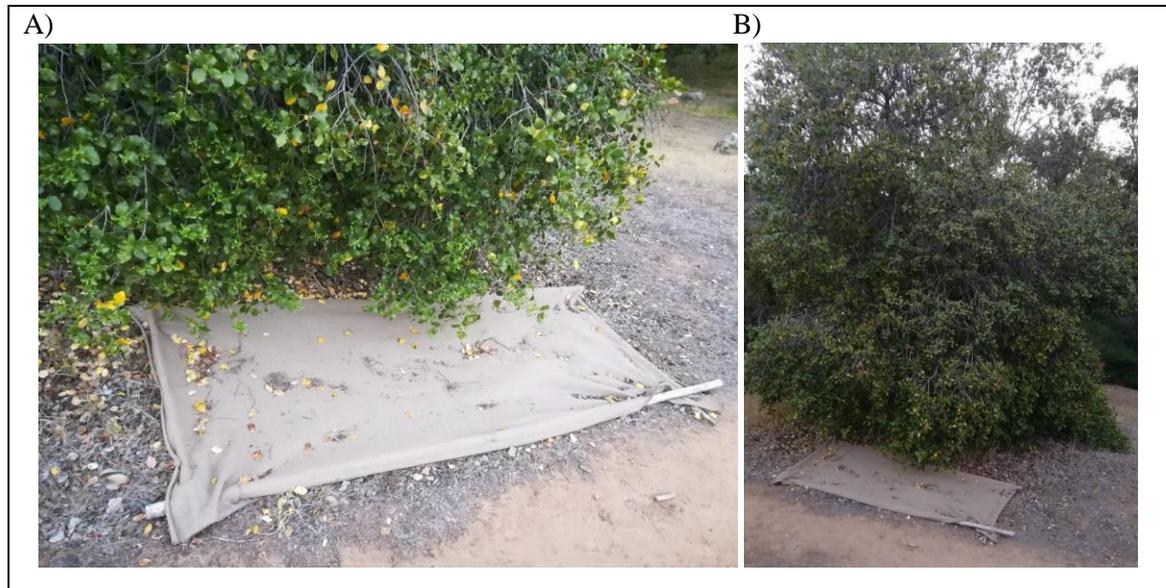


Figura 11: Método de recolección de semilla en la Reserva Altos de Cantillana

Cabe destacar que, la reserva no cuenta con un registro de datos sobre el número de semillas colectadas, la especie a la que corresponde o el número de semillas germinadas. Por lo tanto, la implementación de un método de colecta y registro puede aportar a un mayor conocimiento sobre el estado de la regeneración vía semilla en sus bosques. Por este motivo, la propuesta presentada tiene por objetivo, el análisis futuro de los procesos de producción y dispersión de las cuatro especies seleccionadas facilitando el tiempo de recolección de frutos y semillas para la propia reserva y la generación de datos de estos bosques.

3.3.4 Metodologías para analizar la capacidad de producción y dispersión

Los autores indicados en el Cuadro 10 (Masaki *et al.*, 2019; Touzot *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2021; Miranda *et al.*, 2019; Vásquez, 2011) han utilizado e implementado metodologías para la cuantificación de la producción y dispersión mediante trampas de semillas, las que presentan similitudes entre la propuesta o mecanismo e inicialmente frente a las etapas de la metodología para cada una de ellas. Desde la elección de los semilleros, el diseño de estos mecanismos implementados y la distribución de las trampas para su posterior de análisis.

Cada uno plantea sus ventajas y desventajas, presentando limitantes y/o siendo específicas solo para ciertas especies, individuos o comunidades vegetales. Para este informe se ha

decidido optar por aquel que sea más práctico o bien se adapte a las especies de interés requeridas (*B. miersii*, *C. alba*, *P. boldus* y *L. caustica*), considerando el tipo de semilla y su proceso de dispersión.

Inicialmente se deben determinar los árboles semilleros como se propuso en este informe de práctica, la elección de estos ejemplares está relacionado a su estado fitosanitario. Por este motivo la determinación de los árboles semilleros se basa en un criterio similar a la elección de los individuos con fines madereros, es decir, que deben ser arboles sanos, de troncos preferentemente rectilíneos, sin indicios de ataque por insectos y con copas frondosas. El tamaño de la copa, la presencia y/o ausencia de hojas es una medida cualitativa para realizar una clasificación de los ejemplares en función de su producción de frutos. Según su tamaño es posible relacionarla a una baja producción, Media producción y Alta producción. También, es posible reconocerlos según la presencia o ausencia de flores y/o frutos. Estos ejemplares posteriormente son registrados espacialmente, es decir, georreferenciados generando un buffer de influencia en el área con potenciales árboles semilleros (Brienen *et al.*, 2003; Vásquez 2011).

Igualmente, Mostacedo y Fredericksen (2000) proponen que el primer paso para analizar los árboles semilleros es a través de la identificación de los individuos aislados dentro del bosque para evitar la lluvia de semillas cercana de otros individuos. Además, para evitar factores que afecten de forma negativa al muestreo como la altura o el área de la copa es necesario seleccionar aquellos individuos que sean representativos de la especie.

La importancia de estos ejemplares en buen estado es la presencia de un fenotipo que posee las características para enfrentar las condiciones de escasez hídrica y cambio climático, de modo que la producción de su regeneración (semilla) posee una cualidad y adaptabilidad para sobrevivir en futuras condiciones de estrés que se proyectan. Un buen estado fitosanitario es un factor determinante en el alcance y el desarrollo del futuro individuo. Por este motivo, el origen de la semilla es de importancia ya que, si la fuente semillera es de la calidad y de alta productividad, este nuevo propágulo tendrá las características fenotípicas del árbol semillero (Ipinza *et al.*, 2021).

En cuanto al diseño de colecta de semilla, de forma general, las trampas de semillas son una de las más utilizadas para la recolección de los frutos, para el análisis de la dispersión, evitando factores como la depredación se presentan los siguientes; Touzot *et al.*, (2018) utilizó el método *Trap-Net* (TNR) para analizar la producción anual de semillas en *Quercus sp.*, mediante el uso de una red bajo la copa de los árboles y el uso de un colector rodeado de una cerca de madera. Masaki *et al.*, (2019) utilizó trampas de semillas en bosques templados para analizar especies dispersadas por anemocoría, barocoría y zoocoría, el modelo utilizado consistía en una trampa en forma de embudo circular, creada con una malla de polietileno (las especificaciones de este modelo se adjuntan en el Cuadro 10. Otro mecanismo para el análisis de la producción o dispersión de semillas es el método *ground plot counting* (GP), el cual consiste en la distribución uniforme de puntos de muestreo bajo

los individuos arbóreos situando en el suelo una bandeja cuadrada que registra el número de semillas por metro cuadrado, el cual debe ser visitado por temporada, cabe destacar que este método se ha descartado como una elección prioritaria para este informe, pero es necesario mencionarlo, ya que, es efectivo para sitios con plantaciones forestales cuando se tiene un conocimiento total sobre la dinámica de la caída de semillas (Touzot *et al.*, 2018). Además, cuenta con la ventaja de accesibilidad debido al bajo costo e insumos materiales que se necesita.

Vargas (2005) señala que hay otros factores a considerar en el modelo de trampas de semillas, ya que el diseño del modelo influencia los resultados. El material del diseño, cuando este es de plástico, genera el efecto rebote, este se caracteriza por desencadenar el sesgo, debido a que las semillas barocorosas pueden rebotar y caer fuera de la trampa. El uso de plástico en embudo o platón presenta mayor probabilidad de rebote, por lo que se recomienda llenar la superficie de hojarasca o bien utilizar una malla colgante, el efecto del viento que puede generar daños en la estructura de las trampas de semillas puede producir menor estabilidad y volteos en el diseño y, por último, el efecto de la remoción generada por agentes depredadores cuando estas trampas de semilla se sitúan en el suelo.

Cabe destacar, que es importante considerar la distribución de las trampas de semilla, ya que, debe establecerse en torno a los individuos semilleros pues, se asume que las semillas tienen como distribución espacial una forma de campana al poseer un mecanismo de dispersión por barocoría y zoocoría (Brienen *et al.*, 2003) a diferentes distancias. Como las semillas seleccionadas corresponden a una drupa, la distancia entre trampas y hacia el árbol semillero debe ser menor a seis metros mientras que la primera trampa debe estar a lo más a un metro del individuo o el árbol semillero seleccionado (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Donde, nuevamente Vásquez (2011) menciona la distribución radial de las trampas en torno a los individuos semilleros, instalando las trampas entre los 2 a los 30 metros de distancia del árbol semillero y una separación entre trampas superior a 120 metros cuadrados.

A partir de la cantidad de semillas por trampa que se obtenga del análisis es posible obtener la amplitud de dispersión o la distancia máxima a la cual las semillas son dispersadas. Mientras que, para analizar la capacidad de producción basta con el conteo del total de trampas instaladas por individuo y las semillas de su correspondiente especie (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Además, se recomienda que la recolección de datos se realice cada dos semanas donde se revisaran las trampas de semillas, de las cuales es posible observar su estado anatómico, es decir la presencia o ausencia de daños por insectos (Masaki, 2019).

Cuadro 10: Trampas de semillas utilizadas por distintos autores.

Autor	Metodología	Distancia entre trampas de semillas	Utilizado por especies
Masaki, <i>et al.</i> ,	Embudo de tela de polietileno de 2 mm, con una abertura	Distancia entre trampas de 1,9.	Barocorosas y

2019	circular de 0,5m y 70cm de profundidad, situado a 1m desde el suelo, sostenido por tres tubos.		zoocorosas
Touzot, <i>et al.</i> , 2018	Malla colectora de 4 x 5 metros situada bajo las copas de los árboles, posteriormente las semillas caen en un colector de 80cm de profundidad con tapa de madera para evitar predación.	Distancia de trampas de 2 a 4 metros dependiendo de la copa, hacia los cuatro puntos cardinales.	Barocorosas
Vásquez, <i>et al.</i> , 2021	Trampas de semillas instaladas en cinco transectos de 100 metros, consiste en cestas de telas cuadradas de 50 x 50cm con una profundidad de 10cm.	Con una distancia entre trampas de 2 metros.	Anemócoras
Miranda, <i>et al.</i> , 2019	Trampas de semillas instaladas en 10 transectos de 100 metros, consiste en bandejas cubiertas con malla metálica de 19mm.	La distancia entre trampas era variable, dos trampas en los primeros 10 metros, tres entre los 20 a 30m, cuatro a 50m y siete a los 100m, con un total de 21 trampas por transecto para especies.	Barocorosas y zoocorosas
Vásquez, 2011	trampas dobles, una trampa circular en forma de atril y otra colgante de 30 centímetros, entre los 60 a 150 centímetros a la altura del suelo, evitando la pérdida de datos por predación.	Presentan una distribución radial en torno a los individuos semilleros con una relación de 1 es a 120m ² entre trampas.	Barocorosas y zoocorosas

Siguiendo los lineamientos expuestos, se propone que la elección de los árboles semilleros se lleve a cabo como se realizó en la actividad práctica de este informe, de acuerdo con la clasificación de la normativa europea según las clases de defoliación o daño, identificando a su vez si estos individuos poseen presencia de flor o fruto. Así mismo, al considerar la biología reproductiva y la fenología floral de las especies seleccionadas, *B. miersii*, *C. alba*, *P. boldus* y *L. caustica*, se recomienda hacer este análisis durante el mes de noviembre para las últimas tres especies, mientras que, para belloto, se recomienda durante el mes de marzo por su diferencia en relación con las otras especies en la etapa de floración. Cabe destacar que estos individuos deberán ser georreferenciados espacialmente para la posterior instalación de las trampas de semillas.

Con relación al modelo de trampa de semilla seleccionado, se ha optado por la opción en forma de atril situado en altura, para evitar el efecto de la predación de frutos, con una profundidad de 70cm y una abertura de 10cm de diámetro, situado a 50cm sobre el nivel de

suelo. Que posee una tela de polietileno donde decantará el fruto y este sujeto a 3 o 4 varas fijas que actúan como el soporte principal.

Por último, la disposición de las trampas de semillas se realizará en torno a la copa de los árboles semilleros en dirección a los cuatro puntos cardinales, considerando un total de 6 metros, con una distancia entre trampas de 1m, es decir 24 trampas de semillas por árbol semillero.



Figura 12: Modelo de trampa de semilla

Al analizar el conjunto de datos se demuestra la falta de estudios relacionadas a la dispersión de semillas para bosque esclerófilo en Chile central, este hecho genera un déficit en el avance de la información científica, impide la comparación entre modelos de trampas y entre los distintos sitios ecológicos, lo que a su vez radica en la falta de estandarización de los diseños experimentales. Arruda *et al.*, (2018) indica que los parámetros iniciales deben ser el número total de semillas por especie y el total de especies muestreadas, y por otro lado, el diseño de la trampa debe considerar el ancho, largo, área total de la trampa, número de trampas, área cubierta por trampas y su porcentaje con el objetivo de desarrollar información efectiva que ayuda en la posterior restauración, de esta forma también es posible conocer desde que distancia es efectiva la restauración pasiva de estos bosques (Vásquez *et al.*, 2021).

Según Becerra *et al.*, (2018) para la regeneración de los ecosistemas degradados es posible implementar acciones de conservación mediante el uso de estrategias pasivas y activas, la primera de ellas relacionada directamente a la capacidad del bosque de regenerar vía semilla, factor de importancia dado que se ha estudiado que la regeneración vía semillación ha disminuido para el tipo de bosque en estudio. Este proceso dependerá de las condiciones y procesos de la especie, los patrones de regeneración y estrategias reproductivas u otras características (Ríos, 2011) que afectan la disponibilidad del propágulo, entre estas, la lluvia de semilla, la capacidad de dispersión y su viabilidad. Asimismo, el rendimiento de las especies también incide en la disponibilidad, los mecanismos, estrategias y respuestas de los individuos vegetales frente al estrés ambiental, la competencia, alelopatía, herbivoría, depredación y parasitismo (Pickett *et al.*, 1987).

Cuadro 11: Observaciones de los distintos modelos de trampas de semillas analizados

Nº	Método	Observaciones
1	Visual on-tree (VOT) Touzot <i>et al.</i> , 2018	Se limita a áreas que posean árboles con presencia de fruto y a la visibilidad de estos. Limitado al evaluador (genera sesgo). Rápido y fácil de aplicar.
2	Ground plot (GP) Touzot <i>et al.</i> , 2018	Utilizado en diferentes densidades y diversidad de especies. Aplicable a escala de árbol y de población Bajo costo. Sin protección frente a depredación.
3	Trap-Net (TNR) Touzot <i>et al.</i> , 2018	Utilizado en diferentes densidades y diversidad de especies. Alto costo. Requiere visitas frecuentes para verificar su estado. Previene la predación de semillas. Aplicable a escala de árbol y de población.
4	Masaki <i>et al.</i> , 2019	Utilizado en diferentes densidades y diversidad de especies. Aplicable a escala de árbol y de población. Alto costo. Requiere visitas frecuentes para verificar su estado.
5	Vásquez, 2011	Utilizado en diferentes densidades y diversidad de especies. Alto costo. Requiere visitas frecuentes para verificar su estado. Previene la predación de semillas. Aplicable a escala de árbol y de población.
6	Vásquez <i>et al.</i> , 2021	Aplicable en especies esclerófilos en coberturas semidensa- abierta. Utilizado para especies anemócoras. Su distribución depende de las direcciones del viento.

7	Miranda <i>et al.</i> , 2019	Aplicable para formación de espinales Previene la predación de semillas. Aplicable a escala de árbol y de población.
---	------------------------------	--

Cuadro 12: Clave dicotómica para elección de un método de trampas semilleras

<p>(1) Si el objetivo del observador es analizar la capacidad de producción bajo condiciones de predación de fruto.</p> <p>(1.1) Aplicable bajo toda condición de bosque (denso, semidenso, abierto)</p> <p>(1.1.1) Escala de individuo arbóreo (Utilizar método N°7)</p> <p>(1.1.2) Escala de población (Utilizar método N°2)</p> <p>(1.1.1.1) Los individuos arbóreos se dispersan por barocoría (Utilizar método N°2)</p> <p>(1.1.1.1) Los individuos árboles se dispersan por anemocoría (Utilizar método N°2)</p> <p>(1.2) Aplicable bajo condición de bosque abierto</p> <p>(1.2.1) Los individuos arbóreos se dispersan por barocoría (Utilizar método N°1)</p> <p>(1.2.2) Los individuos árboles se dispersan por anemocoría (Utilizar método N°6)</p> <p>(2) Si el objetivo del observador es analizar la capacidad de producción y dispersión sin condiciones de depredación.</p> <p>(2.1) Aplicable bajo toda condición de bosque (denso, semidenso, abierto)</p> <p>(2.1.1) Escala de individuo arbóreo (Utilizar método N°6, N°7)</p> <p>(2.1.2) Escala de población (Utilizar método N°3, N°4, N°7)</p> <p>(2.1.1.1) Los individuos arbóreos se dispersan por barocoría (Utilizar método N°3, N°4, N°5)</p> <p>(2.1.1.2) Los individuos árboles se dispersan por anemocoría (Utilizar método N°3, N°4, N°5)</p>

Por último, al analizar los distintos modelos de semilla propuestos por estos autores, se propone una breve y acotada clave dicotómica con el objetivo de determinar un método de análisis en torno a la dispersión de semillas en bosque esclerófilo.

4 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Los métodos de recolección de semillas son variados, cada uno posee distintos materiales y estructuras dependiendo de la especie de interés, las características de la semilla, la dinámica entre las especies y el ambiente en el que se realiza el estudio. Es necesario mencionar que en ambos sectores analizados se debiese aplicar el método propuesto para promover el análisis de producción y dispersión a largo plazo, el cual, se caracteriza por la identificación de los árboles por su estado fitosanitario, su georreferencia para mantener un control de las trampas de semillas posteriormente instaladas. Con relación al modelo de trampa de semilla seleccionado, se ha optado por la opción en forma de atril situado en altura, para evitar el efecto de la predación de frutos, con una profundidad de 70 centímetros y una abertura de 10cm de diámetro, situado a 50 centímetros sobre el nivel de suelo. El cual posee una tela de polietileno donde decantará el fruto y este sujeto a 4 o 3 varas fijas que actúan como el soporte principal. La disposición de las trampas de semillas se realizará en torno a la copa de los árboles semilleros en dirección a los cuatro puntos cardinales, considerando un total de 6 metros, con una distancia entre trampas de 1 metro, es decir 24 trampas de semillas por árbol semillero.

Además, se recomienda indagar y desarrollar estudios para comparar los distintos métodos de trampas de semillas y su efectividad en bosques mediterráneos o bien entre las distintas comunidades vegetacionales en Chile. Cabe mencionar que, también se sugiere implementar este método para semillas aladas. Aunque, considerando un mayor rango de instalación de las trampas de semillas (en torno a los cuarenta metros de un individuo semillero) o bien indagar en nuevos métodos para su análisis. Por otro lado, como menciona Frederiksen (2000), sería interesante establecer este método en diferentes comunidades para realizar una comparación a mayor escala entre ellas.

5 CONCLUSIONES

El estado actual del bosque en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana se encuentra altamente afectado por las actuales condiciones generadas por el cambio climático y las actividades antropogénicas (megasequía y desertificación). Una de las consecuencias de estos factores es la nula regeneración vía semilla como efecto de la baja adaptabilidad y una alta susceptibilidad de los individuos frente a condiciones de estrés.

De acuerdo con los resultados obtenidos, actualmente el bosque Esclerófilo en Altos de Cantilla está regenerando principalmente vía vegetativa, pese a ello, presenta arboles con características que propician la colecta de semillas, es decir, potenciales individuos semilleros (poseen copa frondosa con una defoliación menor al 60%, se encuentran en temporada de floración y/o fructificación). Por lo tanto, se recomienda la colecta de semillas solo de aquellos árboles en buen estado sanitario porque se asume que aquellos que están en un mejor estado actual, poseen características que indica que son capaces de enfrentar las actuales condiciones de estrés relacionadas a la megasequía y la desertificación, en este caso, solo la cuarta parte del total analizado posee estas características. Por otro lado, debido a la alta cantidad de vástagos por cepa producto de la actividad antrópica asociada en el sector, no se descarta aplicar en un futuro manejo silvícola para promover la producción de flores y frutos, favoreciendo la creación de propágulos y por lo tanto posterior maduración del fruto y semilla.

Cabe destacar que, en ambos sectores analizados las especies presentes en el área eran en su mayoría dispersadas por procesos de barocoría y zoocoría. Por lo tanto, de acuerdo con los resultados, se optó por la elección de trampas de semillas que evite el efecto de la predación de frutos y semillas.

Por último, mediante el análisis de la documentación relacionada a las trampas de semillas de los principales autores seleccionados, se obtuvo una breve tabla dicotómica que clasifica los distintos métodos en función del objetivo y las características de la formación vegetal.

6 BIBLIOGRAFÍA

Armesto, J., Bustamante, M., Diaz, M., González, M., Holtz, A., Nuñez, M., *et al.* 2009. Fire disturbance regimes, ecosystem recovery and restoration strategies in Mediterranean and temperate regions of Chile. En: Fire Effects on Soils and Restoration Strategies, Science Publishers. Eds.: A. Cerda, P. Robichaud & R. Primoli. pp.537-567.

Arroyo M., Marquet, P., Manticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., *et al.* 2004. Chilean winter rainfall- Valdivian forests, Hotspots Revisited: Earth's Biologically Wealthiest and Most Threatened Ecosystems. pp.99-103.

Arroyo, M., Marquet, P., Manticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., *et al.* 2006 El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. Revista Diversidad de Ecosistemas, Ecosistemas Terrestres. Diversidad de Chile: Patrimonios y Desafíos. pp.94-97.

Arruda, A., Buisson, E., Poschlod, P., Silveira, F. 2018. How have we studied seed rain in grasslands and what do we need to improve for better restoration?. Restoration Ecology. Vol. 26, 84-91.

Bambach, N., Meza, F., Gilabert, H., Miranda, M. 2013. Impacts of climate change on the distribution of species and communities in the Chilean Mediterranean ecosystem. Regional Environmental Change, 13(6), 1245-1257.

Bannister, J. R. 2015. Recuperar bosques no es solo plantar árboles: lecciones aprendidas luego de 7 años restaurando bosques de *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin en Chiloé. In Anales del Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes. Vol. 43, No. 1, pp. 35-51.

Becerra, P., Smith, C., Arellano, E. 2018. Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del bosque esclerófilo de Chile central. Santiago, Chile. 92 p.

Brienen, R., Zuidema, P., Gomez, J. L. 2003. Programa manejo de bosques de la Amazonia Boliviana (PROMAB). Informe Tecnico, n°7.

Brito E., Flores, L. 2014. Estructura y dinámica de los bosques de belloto el norte (*Beilschmiedia miersii*) de la Cordillera El Melón, comuna de Nogales, región de Valparaíso, Chile. Bosque (Valdivia), 35(1), 13-21.

Bogdziewicz, M., Hacket-Pain, A., Kelly, D., Thomas, P., Lageard, J., Tanentzap, A. 2021. Climate warming causes mast seeding to break down by reducing sensitivity to weather cues. Global Change Biology, 27(9), 1952-1961.

Bustamante, R., Vásquez, R. 1995. Granivoría en *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (*Lauraceae*): los efectos del tipo de hábitat y la densidad de semillas. *Revista Chilena de Historia Natural*, 68, 117-122.

Bustamante, R., Walkowiak, A., Henríquez, C., Serey, I. (1996). Bird frugivory and the fate of seeds of *Cryptocarya alba* (*Lauraceae*) in the Chilean matorral. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 357-363.

Cáceres, N., Concha, C., Romero, F., Silva, D. [s.a.]. Plan de manejo de la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana. Chile.

Cáceres, L. 2016. Evaluación de la depredación de semillas de especies leñosas en el Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithraea caústica*, a través de un experimento manipulativo del efecto de varios factores en el campo. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Calzadilla, M. y Cayola, L. 2006. Estructura y composición florística de un bosque amazónico de pie de monte, Área Natural de Manejo Integrado Madidi, La Paz – Bolivia. *Ecología* 41(2).

CONAF, Corporación Nacional Forestal. 2017. Catastro vegetacional [en línea] <<https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>> [Consultado: 15 de noviembre 2021]

CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2009. Proyecto de conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantilla “Plan indicativo para el área del cordón de Cantillana”. Santiago, Chile.

CR2, Center for Climate and Resilience Research. 2021. Camels-cl explorer. [en línea] <<https://camels.cr2.cl/> > [Consultado: 14 junio 2021].

CR2, Center for Climate and Resilience Research. 2022. Camels-cl explorer. [en línea] <<https://camels.cr2.cl/> > [Consultado: 23 febrero 2022].

CR2, Center for Climate and Resilience Research. 2022. Explorador climático (Cr)². [en línea] <<https://explorador.cr2.cl/>> [Consultado: 23 febrero 2022].

Cansino, J. 2012. Dendrometría básica. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente. Universidad de Concepción.

Díaz, R. 2003. Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite. *Revista Ecosistemas*, 12(3).1-10.

Díaz, P. 2020. La alarmante pérdida de resistencia del bosque esclerófilo: al menos un tercio ha disminuido su verdor por la megasequía en la zona central (Ladera Sur). [en línea]

<<https://www.cr2.cl/la-alarmanete-perdida-de-resistencia-del-bosque-esclerofilo-al-menos-un-tercio-ha-disminuido-su-verdor-por-la-megasequia-en-la-zona-central-ladera-sur/>> [consulta: 16 enero 2022]

Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de trabajo, 38, 70.

Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque*, 4(2), 117-146.

Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y dinámica. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 484 p.

Donoso, S., Peña, K., Pacheco, C., Luna, G., Aguirre, A. 2011. Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque (Valdivia)*. 32(2) 187-195.

Donoso, C. 2015. Estructura y dinámica de los bosques del cono sur de América. Edición Universidad Mayor. 406 p.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible (GFS). [en línea] <<http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-inventory/basic-knowledge/es/>> [Consultado: 14 junio 2021].

Fenner, M. y Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 260 p.

Fredericksen, T. 2003. Consideraciones para árboles semilleros en bosques tropicales bajo manejo en Bolivia. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Galindo, N. 2016. Efecto de la densidad de semillas y la cobertura de hojarasca sobre la depredación de semillas después de la dispersión en un bosque de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. 1ª ed. Santiago, Editorial Universitaria. pp.45-61.

Garfias, R., Castillo, M., Ruiz, F., Vita, A., Bown, H., Navarro, R. 2018. Remanentes del bosque esclerófilo en la zona mediterránea de Chile Central: Caracterización y distribución de fragmentos. *Interciencia*. 43(9): 655-663.

GEF, Global Environment Facility. [s.a.]. Conservación de la biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile. Chile.

Gutiérrez B., Flores, A. 2017. Rodales semilleros: Opción para la conservación in situ de recursos genéticos forestales en Chiapas, México. *Foresta Veracruzana*, 19(2), 41-48.

Hernández, A., Miranda, M., Arellano, E., Dobbs, C. 2016. Landscape trajectories and their effect on fragmentation for a Mediterranean semi-arid ecosystem in Central Chile. *Journal of Arid Environments*. 127. 74-81.

Hoffmann, A. 2020. Flora silvestre de Chile. Zona central. Fundación Claudio Gay. Quinta edición.

Imas, N. 2014. Análisis de la distribución espacial de los árboles en los bosques de Belloto del norte (*Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm.) en el cordón Cantillana, Región Metropolitana Proyecto de grado para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

Ipinza, R., Gutiérrez, B., Molina, M., Barros, S. 2021. Buenas prácticas y consideraciones genéticas para la recuperación de bosques nativos degradados. Instituto Forestal, Chile. 338 p.

Kremer, K. 2014. Efecto de la disponibilidad hídrica y profundidad de hojarasca sobre la germinación de semillas y supervivencia y crecimiento inicial de plantas de regeneración de *Beilschmiedia miersii* (Gay) Kosterm, en la Quebrada del Árbol, Región Metropolitana. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Loyola, C. 2017. Distribución actual y potencial del tipo forestal esclerófilo en la Zona Central de Chile. Memoria para optar al título Profesional de Ingeniera Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza.

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2004. Clasificación de pisos de vegetación y análisis de representatividad ecológica de áreas propuestas para la protección de la ecorregión. WWF Chile, Programa Ecorregión Valdiviana, Valdivia, Chile. III edición.

Maass, A., Samaniego, H., Amaya, L., Chávez, R., Corcoran, D., Fontúrbel, F., *et al.* 2019. Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Capítulo 6: Datos en biodiversidad: un informe para COP25.

Marmillod, D. 2012. La red de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones, bosque natural latifoliado y de coníferas en Guatemala, Diagnóstico del estado actual. CATIE, n° 58, 46 p.

Masaki, T., Nakashizuka, T., Niiyama, K., Tanaka, H., Iida, S., Bullock, J., *et al.* 2019. Impact of the spatial uncertainty of seed dispersal on tree colonization dynamics in a temperate forest. *Oikos*, 128(12), 1816-1828.

Miranda, A., Vásquez, I., Becerra, P., Smith-Ramírez, C., Delpiano, C., Hernández-Moreno, A., *et al.* 2019. Traits of perch trees promote seed dispersal of endemic fleshy-fruit species in degraded areas of endangered Mediterranean ecosystems. *Journal of Arid Environments*. 170p. 103995.

Montenegro, G., Díaz, F., Gómez, M., Ginocchio, R. 2002. Fire and climate change in temperate ecosystems of the western Americas. En: *Fire and climate change in temperate ecosystems of the western Americas*. Springer-Verlag, pp.375-403.

Morales, N., Becerra, p., Arellano, E., Gilabert, H. 2015. Efecto de herbívoros mamíferos pequeños y grandes sobre la sobrevivencia de semillas y plántulas en la restauración de *Beilschmiedia miersii* en Chile central. *Bosque (Valdivia)*, 36(1), 127-132.

Mostacedo, B., Fredericksen, T. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*.

Muñoz, A., González, M., Celedón, C., Veblen, T. 2012. Respuesta inicial de la regeneración arbórea luego de la floración y muerte de *Chusquea culeou* (*Poaceae*) en bosques andinos del centro-sur de Chile. *Bosque*. 33(2), 153-162.

Padilla, F. 2008. Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. *Ecosistemas* 17(1): 155-159.

Parker, V. T., Simpson, R. L., & Leck, M. A. 2008. The seedling in a ecological and evolutionary context (371-386). En: Leck, M. A., Parker, V. T., Simpson, R. L., & Simpson, R. S. (Eds.). (2008). *Seedling ecology and evolution*. Cambridge University Press. Cambridge: Cambridge University Press.

Parrado, A. 2007. La dispersión de semillas: una herramienta para comprender la composición y estructura de los bosques amazónicos. *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia Colombiana–Diagnóstico*. Corpo Amazonia, Instituto Alexander von Humboldt, Instituto SINCHI, UAESPNN. Bogotá, 109-116.

Pérez, V. Aguirre, J., Zaballo, I., Valencia, P. 2012. Aproximación biogeográfica a los bosques de la Zona Mediterránea de Chile: caracterización e inventario. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.

Pickett, A., Collins, L., Armesto, J. 1987. Models, Mechanisms and Pathways of Succession. *Botanical review* 53(3): 335-371.

Quintanilla, V. 2000. Influencia del fuego en el desequilibrio ecológico de la vegetación en la zona mediterránea de Chile: Casos de estudio. *Investigaciones Geográficas* 34: 1- 14.

Ríos, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.

Roble, E. 2018. Informe Estación de Monitoreo. Montaña.

Salazar, R., Boshier, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en América Central.

Salazar, A. 2009. Deforestación del bosque nativo en el cordón de Cantillana: Causas y escenarios futuros. Proyecto de grado optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

Sandoval, N. 2016. Capacidad de regeneración natural del bosque esclerófilo de Chile central después de distintas frecuencias de incendios. Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales.

Smith, C., Becerra, P., Miranda, A., Vásquez, I., Delpiano, C., Seguel, O. 2012. Implementación de un estudio a largo plazo del potencial de restauración pasiva del bosque esclerófilo de Chile central. Informe Proyecto CONAF, 58, 2010.

SSF, Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos. 2012. Red de Seguimiento a Gran Escala de Daños en los Montes (Red de Nivel I). Manual de Campo. Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente.

Tacón, A. 2018. Buenas Prácticas de recolección sustentable para productos Forestales No Madereros. Boldo (*Peumus boldus* Mol.). Cuaderno para recolectoras y recolectores.

Tapia, D. 2005. Propuesta de intervenciones silviculturales con fines de rehabilitación en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura.

Touzot, L., Bel-Venner, M., Gamelon, M., Focardi, S., Boulanger, V., Débias, F., *et al.* 2018. The ground plot counting method: A valid and reliable assessment tool for quantifying seed production in temperate oak forests?. *Forest Ecology and Management*, 430, 143-149.

Vásquez, I. 2011. Patrones espaciales de reclutamiento y dispersión de semillas de árbol *Persea lingue* (Miers ex Bertero) Ness en el bosque del Valle del Sur de Chile, efectos del hábitat y un corredor. Memoria para optar al Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Vásquez, I., Miranda, A., Delpiano, C., Becerra, P. 2021. Seed dispersal distance, seed morphology, and recruitment in the Chilean sclerophyllous tree *Quillaja saponaria*: implications for passive restoration in a semiarid ecosystem. *Plant Ecology*, 1-11p.

Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J., Corcuera, L., *et al.* 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. vol. 2, p. 165-192.

Vargas, N. 2005. Efecto del diseño de trampas de frutos y semillas en su eficiencia recolectora-un estudio caso en un bosque húmedo tropical (Estación biológica Caparú, Vaupés, Colombia). Tesis de Licenciatura. Uniandes.

Villa, Y. 2018. Evaluación inicial de estrategias de establecimiento de tres especies arbóreas exóticas y tres nativas en condiciones de laboratorio. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza.

Viera, M., Villaseñor, R. [S.a]. Degradación de la vegetación en Quebrada Las Petras, Fundo Quebrada Verde, Valparaíso, Chile.

Walk, J., Hidayati, S., Dixon, K., Thompson, K., Poschlod, P. 2011 Climate change and plant regeneration from seed. 17(6), 2145-2161.

7 ANEXOS

Anexo I: Caracterización de la vegetación

Precipitación anual acumulada, cuenca Laguna de Aculeo 1994 – 2019 (CR2, 2022)

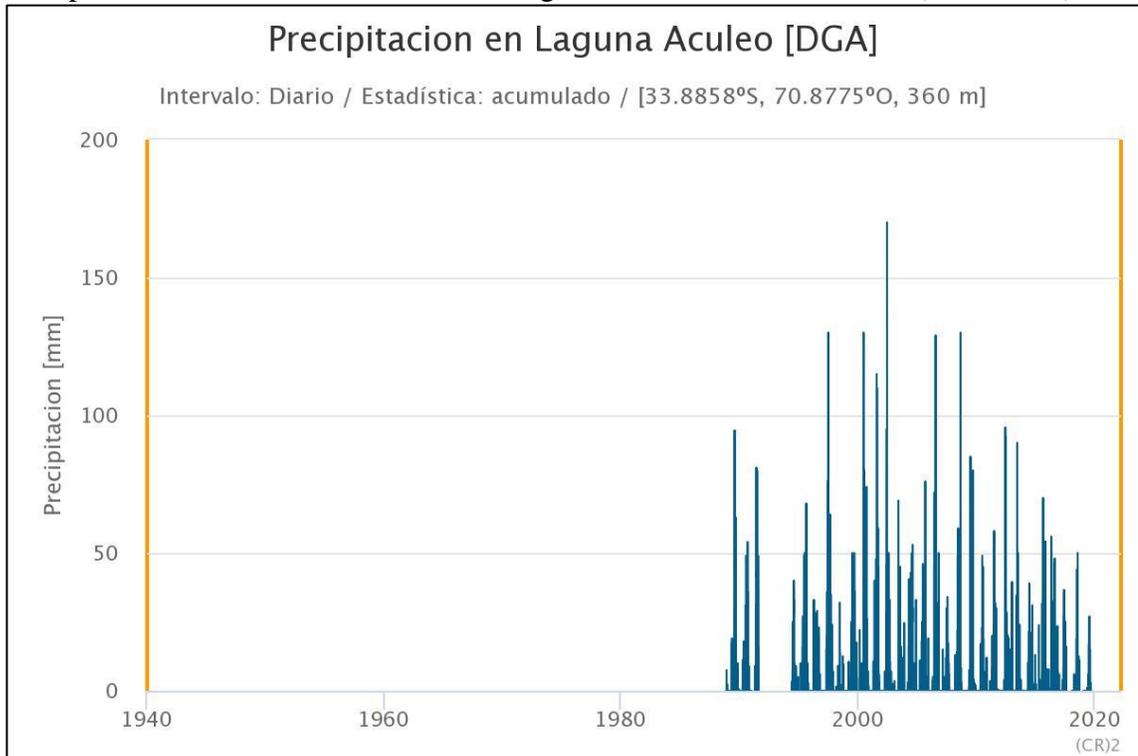


Figura 13: Precipitación anual acumulada, cuenca Laguna de Aculeo año 1994 – 2019

Registro de temperatura anual, Estero Alhué 1980 – 2019 (CR2, 2022).

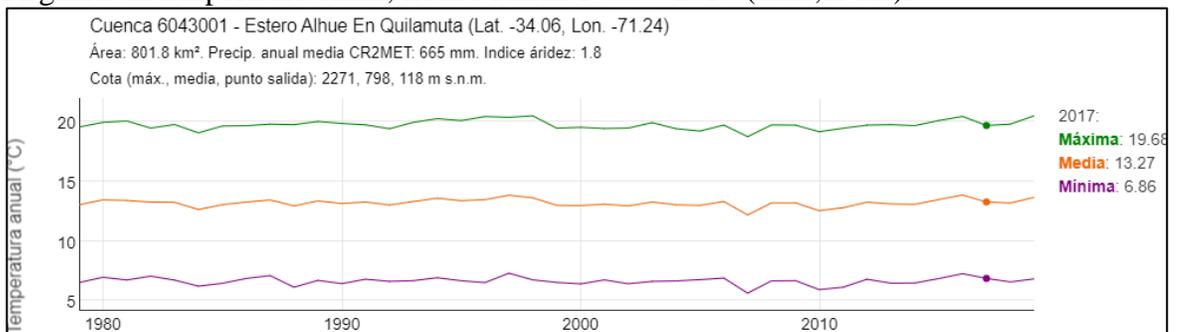


Figura 14: Registro de temperatura anual, Estero Alhué año 1980 – 2019.

8 APÉNDICE

Apéndice I: Caracterización de la vegetación

Cuadro 13: Clasificación según el tipo de formación vegetacional

Formación vegetacional	Superficie (Ha)	Superficie porcentual del área de interés (%)
Peumo-Quillay y litre	314	95
Espino	17	5
Total	331	100

Cuadro 14: Superficie de Bosque Esclerófilo en el sector Este de la reserva en función de su cobertura vegetacional de acuerdo con el catastro vegetacional, 2013.

Clasificación de estructuras por cobertura	Superficie (Ha)	Superficie porcentual del área de interés (%)
Bosque Esclerófilo abierto	24	7
Bosque Esclerófilo semidenso	234	71
Bosque Esclerófilo denso	73	22
Total	331	100

Apéndice II: Tablas de rodal

Cuadro 15: Tabla de existencia de las parcelas inventariadas en dos sectores de la Reserva Altos de Cantillana

Sector	El llano		El gallo		
Especie	Ni (N°arb)	Gi (m²)	Ni (N°arb)	Gi (m²)	
AC	1	1	0	10	1
BM	28	28	2	4	0
CA	45	45	1	39	1
KO	1	1	0	0	0
LC	37	37	0	65	2
PB	10	10	0	68	1
QS	3	3	0	0	0
SH	0	0	0	3	0

Total	125	3	189	4
-------	-----	---	-----	---

Cuadro 16: Número de vástagos promedio por especies del total de parcelas inventariadas

Especies	Ni (arb)	Promedio de N° de Vástagos totales por cepa	
AC		11	5
BM		32	7
CA		84	3
KO		1	1
LC		102	9
PB		78	18
QS		3	3
SH		3	1
Total general		314	9

Cuadro 17: Clasificación de estados sanitarios por especie

Estado Sanitario					
Especie	1	2	3	4	Total
AC	0	0	5	6	11
BM	4	9	8	11	32
CA	7	23	37	17	84
KO	0	1	0	0	1
LC	1	24	51	26	102
PB	2	11	31	34	78
QS	0	0	3	0	3
SH	1	0	1	1	3
Total	15	68	136	95	314