

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES



INFORME DE ACTIVIDAD DE TITULACIÓN
MODALIDAD FORMULACIÓN, DISEÑO Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTO
Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero en
Recursos Naturales.

Estrés y crecimiento de *Persea lingue* bajo plantaciones forestales de
***Pinus radiata* y *Eucalyptus spp* en la Cordillera de Nahuelbuta.**

LABORATORIO DE BIOMETRÍA DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
FORESTALES Y MEDIO AMBIENTE UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA,
TEMUCO, CHILE

Profesor Guía Dr. Rodrigo Vargas Gaete
Francisco Javier Peña García
Marzo, 2021

Índice de Contenidos

I. Introducción.....	5
II. Objetivos.....	8
III. Descripción del Entorno de Investigación.....	8
3.1 Antecedentes Generales.....	8
3.2 Descripción detallada la empresa/institución.....	9
3.3 Clasificación y producto/servicio principal de la institución/centro de investigación.....	10
3.4 Influencia del medio externo a la institución/centro de investigación.....	10
3.5 Estructura organizacional de la institución/centro de investigación.....	11
IV. Descripción de la Investigación Desarrollada.....	13
4.1 Marco Teórico.....	13
Fragmentación del paisaje.....	13
Persea lingue bajo plantaciones forestales en el centro sur de Chile.....	16
4.2 Justificación del proyecto.....	19
4.3 Metodología.....	22
Área de Estudio.....	22
Diseño de Muestreo.....	23
Estrés y Crecimiento Anual de P. Lingue.....	25
4.4 Descripción de resultados.....	30
Resultados generales.....	30
Estrés y Crecimiento de Lingue.....	31
Correlación.....	38
4.6 Discusión.....	39
4.5 Conclusiones.....	40
V. Análisis crítico y Plan de mejora.....	41
5.1 Fortalezas y debilidades del centro de investigación.....	41
Propuestas para reforzar las fortalezas y superar las debilidades.....	42
Propuestas para mejorar o superar debilidades.....	42
5.2 Propuesta plan de mejora.....	43
VI. Evaluación del proceso.....	44
6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales.....	44
6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales.....	45
VII. Aporte al Perfil Profesional.....	45
7.1 Dominios desarrollados.....	45
7.2 Grado de cumplimiento de actividades comprometidas.....	45
VIII. Conclusiones.....	46
IX. Bibliografía.....	48
X. Anexos.....	53

Índice de figuras

Figura 1: Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Fuente: Córdova, 2020.....	11
Figura 2: Mapa referencia de ubicación de área de estudio, incluyendo ambas zonas de muestreo: (A) Caramavida y (B) Cayucupil, comuna de Cañete región del Biobío.....	23
Figura 3: Diseño de muestreo. Se observan figuras de color rojo que corresponden a parcelas de 25 m ² pertenecientes al transecto longitudinal. Figuras de color naranja corresponden a parcelas de 500 m ²	25
Figura 4: Diseño de muestreo. Se observan recuadros de color celeste que representan aquellas parcelas donde se obtuvieron datos de Estrés y Crecimiento anual de <i>P. lingue</i>	26
Figura 5: Diseño de selección de individuos de <i>Persea lingue</i> para medición de Estrés (Fv/Fm) y Crecimiento (Diámetro, Altura, Crecimiento Anual).....	27
Figura 6: Proceso de medición de estrés (Fv/Fm) a través del instrumento “Pocket PEA HANSATECH” en hojas de individuos de <i>Persea lingue</i>	28
Figura 7: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de <i>P. lingue</i> según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana.....	32
Figura 8: Estrés (Fv/Fm) de individuos de <i>P. lingue</i> según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana. A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.....	33
Figura 9: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de <i>P. lingue</i> según plantación circundante al transecto: (1) <i>Eucalyptus</i> spp. y (2) <i>Pinus radiata</i>	34
Figura 10: Estrés (Fv/Fm) de individuos de <i>P. lingue</i> según plantación circundante al transecto: (1) <i>Eucalyptus</i> spp y (2) <i>Pinus radiata</i> . A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.....	35
Figura 11: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de <i>P. lingue</i> según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) <i>P. radiata</i> y (2) <i>E. spp</i>	36
Figura 12: Estrés 2020 (Fv/Fm) de individuos de <i>P. lingue</i> según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) <i>P. radiata</i> y (2) <i>E. spp</i> . A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.	37
Figura 13: Estrés 2021 (Fv/Fm) de individuos de <i>P. lingue</i> según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) <i>P. radiata</i> y (2) <i>E. spp</i> . A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.	37
Figura 14: Gráficos de correlación de rangos de spearman: (1) Estrés 2020 y Altura, (2) Estrés 2020 y Diámetro y (3) Estrés 2020 y Crecimiento anual.....	38

Figura 15: Gráficos de correlación de rangos de spearman: (1) Estrés 2021 y Altura, (2) Estrés 2021 y Diámetro y (3) Estrés y Crecimiento anual.....39

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de medianas de atributos de sitio y variables de micrositio según plantación de <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.....	31
Tabla 2: Resumen de fortalezas y debilidades del centro de investigación.....	41
Tabla 3: Iniciativas para potenciar fortalezas.....	42
Tabla 4: Iniciativas para mejorar o superar debilidades.....	42
Tabla 5: Resumen plan de mejora.....	44
Tabla 6: Dominios desarrollados en la actividad de titulación.....	45
Tabla 7: Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación.....	45
Tabla 8: Resumen de medianas de atributos de <i>Persea lingue</i> según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación Cercana y (4) Plantación Lejana. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.....	53
Tabla 9: Resumen de medianas de atributos de <i>Persea lingue</i> según plantación de y <i>Eucalyptus</i> spp. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.....	53
Tabla 10: Resumen de medianas de Estrés 2020 y 2021 de <i>Persea lingue</i> según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) <i>P. radiata</i> y (2) <i>E. spp.</i> Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.....	54
Tabla 11: Resumen de medianas de crecimiento (diámetro, altura y crecimiento de <i>Persea lingue</i> según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) <i>P. radiata</i> y (2) <i>E. spp.</i> Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.....	54

I. Introducción

El presente trabajo de investigación concierne a la actividad curricular final, como requisito para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales en la Universidad de la Frontera. Esta actividad fue realizada en la modalidad de “Diseño, Formulación y/o Ejecución de Proyecto” en el marco del proyecto de investigación Fondecyt de iniciación Nro.11170987 “Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration”. El investigador responsable del proyecto es el Dr. Rodrigo Vargas Gaete, docente que pertenece al Laboratorio de Biometría, centro de investigación donde se desarrolló esta actividad de titulación, que se encuentra adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de la Frontera. Este centro tiene como labor principal generar conocimiento de carácter científico-técnico sobre los recursos naturales, los sistemas biológicos y el medioambiente, a través la aplicación de diversos modelos estadísticos y matemáticos.

El proyecto al que se adscribe la actividad de titulación tiene como objetivo general identificar los atributos de los parches de bosque nativo que se encuentran rodeados de plantaciones exóticas, que contribuyen a retener la biodiversidad de plantas en el sotobosque de plantaciones adyacentes. Además sus objetivos específicos son (1) evaluar los atributos de bosque nativo dentro de una matriz de plantación que influyen en la riqueza y abundancia de especies de plantas vasculares en plantaciones exóticas adyacentes, (2) evaluar los atributos de sitio de las plantaciones adyacentes que promueven el establecimiento de las especies nativas en su sotobosque y también, (3) Analizar la supervivencia y el crecimiento de especies nativas dentro de plantaciones.

La fragmentación y modificación del paisaje es un fenómeno clave en la pérdida global de especies (Fischer y Lindenmayer, 2007), y comprender cabalmente sus efectos sobre la biodiversidad y avanzar en la búsqueda de mecanismos de mitigación y conservación, constituye un desafío para disminuir sus efectos negativos sobre la biodiversidad y la población humana y para poder tomar decisiones informadas sobre el uso del paisaje y la biodiversidad que contiene (Grez *et al.*, 2016).

En la actualidad se han definido 35 hotspots, entre los cuales el hotspot «Chilean winter rainfall-Valdivian forests» se caracteriza por albergar un total de 3,893 especies de plantas vasculares nativas, el 50% de ellas endémicas del propio hotspot y contener más de la mitad de los bosques templados del hemisferio sur (Mittermeier *et al.*, 2011)

Uno de los paisajes más singulares, menos protegidos y más alterados del hotspot chileno es aquel presente en la cordillera de Nahuelbuta («cordillera», de aquí en adelante). A pesar de su alto valor para la conservación de la biodiversidad, diversos procesos antrópicos, tales como la sustitución de bosque nativo por plantaciones de especies exóticas, incendios forestales, extracción de leña, agricultura intensiva y sobreexplotación de especies nativas, han sido asociados a la degradación y pérdida de los bosques naturales de esta «cordillera» (Smith-Ramírez, 2004).

Los bosques nativos son conocidos por mantener o poseer dentro de su composición una gran diversidad de especies. En contraparte las plantaciones forestales generalmente se consideran "desiertos biológicos" ya que tienden a mantener grupos empobrecidos de la biota original, siendo generalmente una amenaza para la biodiversidad nativa (Hartley, 2002). No obstante, en los últimos años ha surgido evidencia que las plantaciones forestales serían capaces de mantener mayor biodiversidad que lo supuesto (Brockerhoff *et al.*, 2008). Por ejemplo, plantaciones de coníferas exóticas pueden presentar una variada diversidad de especies de plantas (Brockerhoff *et al.*, 2003, Ramírez *et al.* 1984), y vertebrados nativos, la cual a su vez estaría directamente relacionada a la presencia de sotobosque bajo el dosel de las plantaciones (Simonetti *et al.*, 2012).

En base a estos antecedentes, y con fin de aportar en el cumplimiento del tercer objetivo del proyecto, se hace interesante analizar diferentes variables referentes a las especies nativas que crecen bajo el dosel de bosque nativo, como también bajo las plantaciones exóticas adyacentes, para de esta forma aumentar el conocimiento de las condiciones en las que crecen estos individuos, aportando de esta manera información útil para mejorar las prácticas de restauración que consideren los remanentes de bosque nativo y las plantaciones exóticas, no como ecosistemas antagonistas, sino más bien que puedan

coexistir a través de buenas prácticas de manejo que consideren las plantaciones como zonas potenciales para conservar biodiversidad, mientras que cumplen sus objetivos de producción de manera eficiente.

Para el cumplimiento de este objetivo, se trabaja específicamente con datos referentes a *Persea lingue*. En este caso, el diámetro y la altura como medidas de tamaño de los individuos, el *shoot* o crecimiento de elongación lineal como medida de crecimiento anual y el estrés a través de la relación Fv/Fm (Fluorescencia variable sobre fluorescencia máxima) como indicadora del estado fisiológico de los individuos.

Medir el crecimiento de las plantas a través de la elongación lineal de los brotes terminales tiene sus ventajas, esta variable se puede medir directamente y de manera no destructiva en plantas individuales y representan una expresión ecológicamente relevante de la carrera competitiva por la altura. Como tal, se sugiere que la extensión lineal de los brotes terminales es una evaluación particularmente significativa de la capacidad de una especie para alcanzar la altura y alcanzar rápidamente ambientes de alta radiación (Gleason *et al.*, 2017).

La medición de la fluorescencia de la clorofila es una herramienta fisiológica importante, que se ha utilizado para detectar y cuantificar las respuestas de las plantas al estrés al brindar información sobre la eficiencia del sistema fotosintético de las hojas (Fraser y Percival, citado en Johnstone y Sepúlveda, 2018). El parámetro más estudiado es la razón entre la fluorescencia variable a 2 ms (Fv) y la fluorescencia máxima (Fm), denominado como Fv/Fm , que es proporcional a la máxima eficiencia fotoquímica primaria de las hojas (Demming-Adams y Adams, citado en Ceacero *et al.*, 2011). En general, cualquier proceso de estrés como altas y bajas temperaturas, sequía o exceso de luz pueden registrar una disminución de la máxima eficiencia fotoquímica primaria (Ceacero *et al.*, 2011). Dados estos antecedentes se hace evidente la utilidad del parámetro Fv/Fm en el estudio del estado fisiológico de los individuos.

Por lo tanto, esta actividad de titulación se enfoca en la evaluación de la influencia de la condición donde se desarrollan (bosque nativo, ecotono y plantación) en el tamaño y desempeño de individuos de especies nativas, aplicando análisis estadísticos, con el fin último de aportar en la investigación del comportamiento de las especies nativas en ecosistemas fragmentados.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General:

- Evaluar la influencia del ecosistema circundante (bosque nativo, ecotono y plantación) en el tamaño y desempeño de individuos de especies nativas, aplicando análisis estadísticos.

2.2 Objetivos específicos:

- Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila), crecimiento (i.e., *shoot*) y tamaño (i.e., diámetro y altura) en individuos de *Persea lingue*, contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación.
- Identificar relaciones entre las variables de *Persea lingue* previamente analizadas (estrés, tamaño y crecimiento) con el fin de predecir el desempeño en términos de estrés y crecimiento en función de ellos mismos y del tamaño de los individuos.

III. Descripción del Entorno de Investigación

3.1 Antecedentes Generales

La actividad de titulación se realizó en la modalidad de “Diseño, Formulación y/o Ejecución de Proyecto” trabajando dentro del proyecto de investigación Fondecyt Iniciación N.º 11170987 “*Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration.*”, además esta se desarrolló a cargo del Laboratorio de Biometría de la Universidad de la Frontera. Este corresponde a un centro de investigación el cual forma parte del Departamento de Ciencias Forestales el cual a su vez pertenece a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de la Frontera.

3.2 Descripción detallada la empresa/institución

La Universidad de La Frontera (UFRO) corresponde a una institución de educación superior de carácter público y estatal, que se encuentra ubicada en la ciudad de Temuco, capital de la región de la Araucanía. La universidad se encuentra entre las mejores del país y actualmente pasa por su tercer proceso de acreditación institucional, concedido por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) por seis años (2018-2024), para sus 5 áreas estratégicas: Gestión Institucional, Docencia conducente a título, Investigación, Docencia de postgrado y Vinculación con el medio. La Universidad imparte 45 carreras de Pregrado, 10 programas de Doctorad, 28 programas de Magíster y 35 programas de especialidad. Tiene sobre 8500 estudiantes en sus programas de pregrado, distribuidos entre sus seis facultades, y más de 800 estudiantes en sus programas de postgrado. Dentro de las seis facultades se encuentra la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales (FCAF) unidad académica que tiene como misión *“La formación de profesionales y posgraduados, la generación y transferencia del conocimiento científico-tecnológico en los ámbitos agropecuario, forestal, recursos naturales renovables y biotecnología, con el propósito de contribuir con el crecimiento y desarrollo sustentable de la región”*. Cada facultad se encuentra constituida por unidades o departamentos académicos. Para el caso de la FCAF, cuenta con tres departamentos que son: Departamento de Producción Agropecuaria, Departamento de Ciencias Agronómicas y de Recursos Naturales y Departamento de Ciencias Forestales. Estos departamentos a su vez tienen a su cargo laboratorios de investigación y vinculación con el medio, que se dedican principalmente a la investigación científica y al desarrollo tecnológico del tema de estudio. Como es el caso del Laboratorio de Biometría, centro de investigación en el cual fue desarrollada esta actividad de titulación, el cual depende del Departamento de Ciencias Forestales mencionado previamente.

3.3 Clasificación y producto/servicio principal de la institución/centro de investigación

Las universidades en Chile son consideradas organizaciones multiproducto, es decir, generan simultáneamente más de un bien: el conocimiento, producido mediante la investigación, y la difusión de ese conocimiento, por la enseñanza. (Améstica *et al.*, 2014). Dentro de las bases conceptuales para la clasificación de una universidad, se consideran 3 aristas principales: la propiedad de la universidad, la jurídica (i.e., constitución legal) y los productos que ofrece (Parada, 2010). La Universidad de La Frontera se constituye como una institución de educación superior de propiedad estatal con personalidad jurídica pública, que entrega a la comunidad por consiguiente bienes públicos. Estos bienes son: a) títulos profesionales; b) grados académicos, que incluyen licenciaturas, magíster y doctorados; y c) investigación científica, que incluye investigación básica, investigación aplicada y desarrollo de experimentos. En el Laboratorio de Biometría del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de La Frontera se trabaja para generar conocimiento cuantitativo de carácter científico-técnico sobre sistemas biológicos, recursos naturales y el medio ambiente, aplicando diversos modelos estadísticos y matemáticos. Son parte importante de éstos, la aplicación de modelos dinámicos, simulación estocástica, estrategias de muestreo y análisis espacio-temporal para la conservación y uso sustentable de estos recursos.

3.4 Influencia del medio externo a la institución/centro de investigación

La institución o centro de investigación es susceptible a las influencias del medio externo que pueden afectar positiva o negativamente el quehacer de la institución. Dentro de estos aspectos podemos considerar: a) Político, ej. modificaciones en las políticas públicas en relación con el manejo, conservación, restauración de los recursos naturales; b) Económico, ej: Disminución en los presupuestos destinados a financiar proyectos de investigación que tengan relación con la Universidad; c) Social, ej. La participación ciudadana y la educación ambiental cobran importancia al momento de desarrollar proyectos de ejecución relacionados con los recursos naturales, ya que son agentes

claves al momento de la toma de decisiones y de implementar medidas; d) Ambiental, ej. La implementación de políticas medioambientales puede modificar parcial o totalmente la forma de trabajar con los recursos naturales.

Por otra parte, la competencia con otras instituciones de educación superior también ejerce influencia en el rubro. La Universidad de La Frontera es considerada la institución de educación superior líder de la región de La Araucanía, pero su principal competencia en el ámbito de enseñanza y generación de conocimiento sobre las ciencias agropecuarias, recursos naturales renovables y sus afines, es la Universidad Católica de Temuco, que imparte programas de pre y postgrado, que al igual que la UFRO postulan y desarrollan proyectos de investigación.

3.5 Estructura organizacional de la institución/centro de investigación

Según el Estatuto de la Universidad D.F.L. N°156 y el D.U. N°017 del año 2006, establece que la base de su organización académica son los departamentos y las facultades. La Facultad corresponde a la estructura fundamental, encargada de desarrollar la enseñanza, la investigación, la creación y la extensión en áreas afines del conocimiento superior. Se organiza en Departamentos Académicos y es dirigida por un Decano. El Decano cuenta con un cuerpo consultivo denominado Consejo de Facultad. Cada unidad y/o departamento cuenta con una definición y función establecida en el mismo estatuto y se organiza estructuralmente como muestra la siguiente figura:

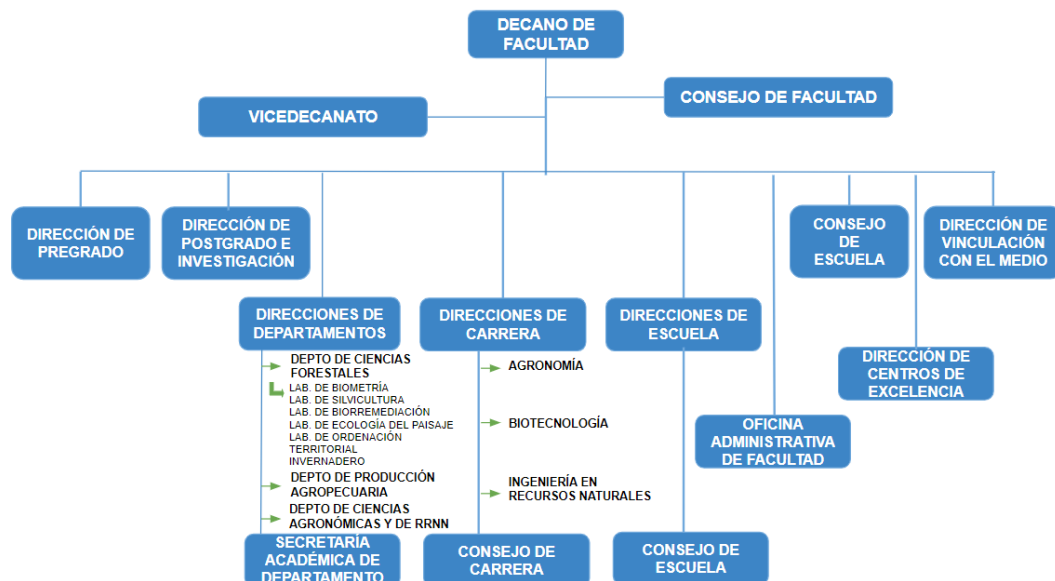


Figura 1: Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Fuente: Córdova, 2020.

3.6 Descripción de la unidad/departamento

El Departamento de Ciencias Forestales es el encargado del desarrollo de investigación científica y utilización de tecnología aplicada a la restauración, manejo, conservación de recursos naturales principalmente ecosistemas forestales. Su misión está orientada al desarrollo sustentable de estos ecosistemas, como asimismo a la gestión ambiental, el ordenamiento del territorio y el uso múltiple de la pequeña propiedad (UFRO, 2020).

Dependen de él seis laboratorios y/o centros de investigación, entre los que figuran: Laboratorio de Biorremediación, Laboratorio de Silvicultura, Laboratorio de Ecología del Paisaje, Laboratorio de Ordenación y Planificación territorial, Invernadero y el Laboratorio de Biometría.

El laboratorio de Biometría es una unidad académica que se encarga de generar conocimiento cuantitativo de carácter científico-técnico sobre sistemas biológicos, recursos naturales y el medio ambiente, esto mediante la aplicación de diversos modelos

estadísticos y matemáticos. Son parte importante de éstos, la aplicación de modelos dinámicos, simulación estocástica, estrategias de muestreo y análisis espacio-temporal para la conservación y uso sustentable de estos recursos. Donde trabajan en conjunto académicos, profesionales del área y estudiantes de pregrado y postgrado desarrollando proyectos de investigación.

3.7 Descripción del proyecto en el que se enmarca la investigación

El proyecto Fondecyt 11170987: “*Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration*”, investiga el rol que cumplen parches o islas de bosque nativo, sobre la conservación de especies de plantas vasculares, además de determinar los atributos clave de estos parches de bosque natural rodeados de plantaciones exóticas que contribuyen a la retención de biodiversidad de plantas dentro de las plantaciones de pinos y eucalipto adyacentes, así como explorar potenciales mecanismos que favorezcan el establecimiento de especies nativas en plantaciones forestales exóticas. Sirviendo de esta manera como información crucial para la implementación de planes de restauración forestal en el centro-sur de Chile.

IV. Descripción de la Investigación Desarrollada

4.1 Marco Teórico

Fragmentación del paisaje

La modificación del paisaje y la fragmentación del hábitat son factores clave de la pérdida global de especies (Fischer y Lindenmayer, 2007). La fragmentación de bosques es definida como el cambio en la estructura y configuración de los hábitats dentro de un paisaje determinado (Wilcove *et al.*, 1986). Este proceso conlleva la transformación de un hábitat, inicialmente dominante y relativamente continuo, en un conjunto de parches pequeños, denominados fragmentos, que quedan insertos en un nuevo hábitat,

cualitativamente muy distinto al original, denominado matriz (Lindenmayer y Fischer, 2013).

El fenómeno de fragmentación de los bosques puede ser causado por diferentes factores y/o procesos naturales inducidos por disturbios y cambios ambientales naturales. Alguno de estos son el clima, procesos geológicos, desastres naturales, incendios forestales, plagas y enfermedades. Esto también, puede darse debido a factores antropógenos, como la conversión del uso de la tierra, la expansión agrícola o la explotación forestal, que ha dado espacio a la sustitución de bosques naturales por plantaciones forestales, la conversión a pastizales para la ganadería, habilitación de terrenos para asentamientos humanos, la urbanización y el desarrollo de infraestructura (Food and Agriculture Organization [FAO] citado en Córdova, 2020). Aún así, «*los científicos han llegado a un consenso, determinando que el principal agente perturbador es el hombre*» (Bustamante y Grez, 1995, p.58).

En Chile los bosques de la zona centro han sido sometidos a una creciente y extensa deforestación y fragmentación, inicialmente debido a la apertura de terrenos para actividades agrícolas y posteriormente debido al reemplazo del bosque nativo por plantaciones exóticas, principalmente *Pinus radiata* (Lara *et al.*, 1996). Específicamente en la cordillera de Nahuelbuta, este proceso ocurre principalmente debido a la alta demanda por productos madereros (Wolodarsky-Franke *et al.*, 2011). Esto ha conllevado al aumento de plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento, la cual es una de las principales fuentes de reemplazo del bosque nativo en esta zona (Altamirano *et al.* citado en Córdova 2020). El incremento en la superficie de las plantaciones en Nahuelbuta ha generado una disminución sustancial del bosque nativo que persiste hasta la fecha. Prueba de esto es que en la actualidad de las 620.000 ha que posee Nahuelbuta, el 22,2% corresponde a bosque nativo y el 40,5% a plantaciones forestales (Otavo y Echeverría, 2017).

En la actualidad, y pese a las diversas transformaciones antrópicas sufridas, Nahuelbuta es considerada por algunos científicos como una reserva mundial de biodiversidad por

sus altos niveles de diversidad y de especies, endemismo y características físicas que favorecieron la persistencia de algunas especies, incluso durante la última glaciación (Smith-Ramírez, 2004; Wolodarsky-Franke y Díaz citado en Otavo y Echeverría, 2017). Los bosques templados presentes en esta zona, denominada Ecoregión Valdiviana, han sido identificados como una de las 25 áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad claves en el mundo (Myers *et al.*, 2000). Se estima que esta área prioritaria contiene 3.892 especies de plantas vasculares, de las cuales el 50% serían endémicas del propio *hotspot*. (Arroyo *et al.*, 2006).

Asociado a esto, las mayores porciones de bosque nativo se conservan en áreas silvestres protegidas (Simonetti, 2006; Miranda *et al.*, 2017), es probable, sin embargo, que éstas no sean suficientemente grandes para asegurar la provisión de hábitat o recursos para las especies protegidas frente a cambios climáticos globales (Hannah *et al.*, 2002), por tanto, se hace necesario considerar la conservación a nivel de paisaje, incorporando las áreas actualmente “desprotegidas” al proceso de conservación (Pimentel *et al.*, 1992). Esto es, incluir tanto los remanentes de vegetación nativa que subsisten fuera de las áreas protegidas (e.g., “islas” de bosque nativo), como la matriz antropogénica de hábitat que los rodea. De esta forma, se aumentaría el hábitat disponible para las especies nativas, permitiendo que estas alcancen tamaños poblacionales viables y los remanentes de 18 vegetación se conectarían mediante la matriz en la cuál están inmersos, haciendo de esta un sitio menos hostil.

Esta aproximación requiere al menos que los fragmentos de vegetación fuera de las áreas protegidas mantengan especies nativas y que la matriz no sea absolutamente impermeable a la presencia y movimiento de estas especies (Simonetti, 2006). Para esto se requiere del apoyo de los dueños y usuarios de las tierras, de modo que permitan o faciliten la conservación de especies nativas en sus tierras (Revilla *et al.*, 2004; Gadd, 2005). Disminuyendo de esta forma, la fragmentación y segregación, biológica y social, asociadas a la conservación de biodiversidad en ambientes fragmentados.

Comprender cabalmente los efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad y avanzar en la búsqueda de mecanismos de mitigación y conservación, constituye un desafío para disminuir sus efectos negativos sobre la biodiversidad y la población humana y para poder tomar decisiones informadas sobre el uso del paisaje y la biodiversidad que contiene (Grez *et al.* citado en Manriquez, 2019).

***Persea lingue* bajo plantaciones forestales en el centro sur de Chile**

Las plantaciones forestales, especialmente aquellas basadas en especies exóticas, han sido consideradas como “desiertos biológicos”, capaces de sostener una muy reducida o ninguna biodiversidad nativa (Brockhoff *et al.*, 2008). No obstante, en los últimos años ha surgido evidencia que las plantaciones forestales serían capaces de mantener mayor biodiversidad que lo supuesto (Brockhoff *et al.*, 2008).

Estas afirmaciones pudieron ser evidenciadas en las campañas de terreno iniciales del proyecto de investigación Fondecyt Iniciación Nro.11170987 “*Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration.*”. En conjunto a estas observaciones se lograron identificar diversas especies nativas que se desarrollaban bajo las plantaciones forestales, donde la densidad arbórea de las especies en general presenta valores de aproximadamente 1258 y 1475 árboles por hectárea (arb/ha) en los sectores de Caramavida y Cayucupil respectivamente. Las especies exóticas de *P. radiata* y *E. spp* suman 1016 arb/ha para Caramavida, mientras que las especies nativas más frecuentes, *Aristotelia chilensis*, *Gevuina avellana* y *Persea lingue* presentan densidades de 69, 49 y 69 arb/ha respectivamente. En el caso de Cayucupil la sumatoria de densidades de *P. radiata* y *E. spp* entrega un total de 1018 arb/ha, por otra parte, las especies nativas mas recurrentes en este sector corresponden a *Dasyphyllum diacanthoides*, *Gevuina avellana* y *Persea lingue*, con valores de 36, 98 y 185 arb/ha. Estos datos, identifican a *Persea lingue* como la especie nativa que presenta aquellos valores más altos de densidad en ecosistemas de plantaciones forestales, por lo que se decide utilizar como objeto de estudio basados en su constante presencia en las zonas de plantación.

Persea lingue

Lingue (*Persea lingue* (R. et Pav.) Nees ex Kopp) es una especie endémica de Chile, perteneciente a la familia Lauraceae, que se distribuye naturalmente desde el río Aconcagua hasta Chiloé (33° a 41° LS), siendo más común en los bosques de Malleco, Cautín y Valdivia (Rodríguez *et al.*, 1983).

Se trata de un árbol siempreverde de fuste recto que puede alcanzar hasta 30 m de altura y hasta 80 cm de diámetro. La corteza es gruesa y rugosa de color café a ceniciento, con protuberancias distribuidas uniformemente en su superficie. Su follaje es denso, pero con escasas ramas. Generalmente no forma bosques puros, es una especie semitolerante que se asocia en su área de distribución con los tipos forestales Esclerófilo y Palma chilena en el área norte y participa en los tipos forestales Siempreverde y Roble-Raulí-Coihue hacia el sur. Sus hojas son muy características, similares a las del palto (*Persea americana* Mill.), de igual familia y género, de color verde oscuro y revés blanquecino. La copa es compacta y sus hojas son perennes, de forma elíptica con 6 a 7 cm de largo y 3,5 cm de ancho, tienen una disposición alterna en las ramillas, con el nervio medio prominente. Al secarse toman un color escarlata brillante. Las flores son hermafroditas, dispuestas en panojas laxas, amarillas. El fruto es una drupa ovalada, lisa, de 12 a 15 mm de largo, negro-violácea en la madurez, rica en taninos y de gusto amargo (Suárez y Navarrete, 2015).

En el área norte se la considera una especie vulnerable, aquí crece en las quebradas, asociándose con peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser), canelo (*Drimys winteri* J.R. et G. Forst.), arrayán (*Luma apiculata* (DC.) Burret) y boldo (*Peumus boldus* Mol.). En el área sur se asocia con roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.), laurel (*Laurelia sempervirens* (R. et P.) Tul.) y mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna* D. Don.); en el área que comprende desde la región del Maule hacia el Sur se la considera una especie fuera de peligro (Rodríguez *et al.*, 1983).

Se le atribuye a la especie un crecimiento lento, aun cuando este puede ser muy variable según las condiciones del sitio. En situaciones favorables su tronco puede alcanzar dimensiones madereramente utilizables antes de los 100 años (Cuevas citado en Suárez y Navarrete, 2015).

P. Lingue además presenta diferentes usos, sus hojas son empleadas en medicina popular como astringente, su corteza tiene un gran contenido de taninos (cerca de 25%), por lo que se la empleó ampliamente en curtiduría y también como material tintóreo para teñir de café, u madera es de color amarillo o rojizo, liviana, compacta y de gran estabilidad dimensional. Es de excelente calidad para mueblería y construcciones, liviana, pero compacta y fácil de trabajar. Lamentablemente la especie se ha usado en forma intensa, de modo que los ejemplares maderables son muy escasos, quedando en los bosques naturales solo renovales remanentes de talas anteriores. La madera de lingue fue muy utilizada en mueblería, pisos (tablas y parquets), revestimientos interiores, puertas, ventanas, enchapados y también en otros usos como embarcaciones, mangos de herramientas y otros (Suárez y Navarrete, 2015).

Crecimiento y rendimiento de *P. lingue*

En el presente trabajo se evalúa el tamaño y rendimiento de *P. lingue* en paisajes dominados por plantaciones en Nahuelbuta, se incluyen como indicadores del tamaño el diámetro de los individuos y su altura mientras que el rendimiento considera como variables, la extensión o elongación lineal de los brotes (*shoot*) y asimismo se emplea la fluorescencia de la clorofila como indicador del estado fisiológico de los individuos tomando en cuenta que ésta puede ser empleada como herramienta para obtener información acerca del estrés sobre el estado fisiológico del aparato fotosintético de las plantas. Consecuentemente su respuesta será indicadora del daño o alteración en el sistema fotosintético de los individuos (Jiménez-Suancha, Ávarado y Balaguera-López, 2015).

En particular para el caso de estudio se utiliza la medida de fluorescencia variable sobre fluorescencia máxima o F_v/F_m , esta relación corresponde a una estimación de la eficiencia cuántica máxima de la actividad fotoquímica del fotosistema II (PSII) cuando todos los centros de reacción del PSII están abiertos (Baker y Rosenqvist, 2004). Teniendo en cuenta que una disminución en la relación F_v/F_m indica una reducción en la eficiencia fotoquímica del PSII y una perturbación o daños en el aparato fotosintético (Percival y Fraser, 2001). A modo de resumen, se puede señalar que los valores menores de F_v/F_m representan un mayor estrés de los individuos y viceversa. Finalmente, las medidas de estas variables serán útiles para aumentar el conocimiento en torno a las condiciones en las cuales se desarrollan individuos de especies nativas bajo el dosel de plantaciones forestales en Chile, lo que conllevará una mejor toma de decisiones y representará una puerta abierta a nuevas oportunidades de restauración, conservación y/o manejo sustentable en estos ecosistemas fragmentados tan representativos de la zona centro-sur del país.

4.2 Justificación del proyecto

La fragmentación del hábitat ha sido reconocida como una de las principales amenazas para los ecosistemas (Armenteras *et al.* citado en Córdova 2020), manifestando sus principales efectos a través de la reducción de la biodiversidad y aumentando el aislamiento de hábitats (Skole & Tucker, 1993). Este proceso también puede tener efectos negativos sobre poblaciones amenazadas modificando la dinámica de las especies, lo cual puede conducir a alterar la persistencia de las poblaciones en el tiempo (Tomimatsu & Ohara 2003).

Existen diversas causas que darán origen a la fragmentación, entre las que se encuentran las de origen natural, sin embargo, como lo señalan Bustamante y Grez (1995) "los científicos han llegado a un consenso, determinando que el principal agente perturbador es el hombre" (p.58).

Los bosques templados de Chile no se encuentran ajenos a las perturbaciones antrópicas que también causan la fragmentación (Aguayo, 2001). Actualmente el área de los bosques templados chilenos se ha reducido en una magnitud similar a la disminución experimentada durante la última edad glacial, debido al impacto humano ocurrido en los últimos 200 años (Armesto *et al.*, 1994).

En este mismo escenario, cabe señalar que las mayores porciones de bosque nativo se conservan en áreas silvestres protegidas (Simonetti, 2006; Miranda *et al.*, 2017), no obstante, es probable que éstas no sean suficientemente grandes para asegurar la provisión de hábitat o recursos para las especies protegidas frente a cambios climáticos globales (Hannah *et al.*, 2002), pero tampoco es una alternativa disponer de nuevas áreas silvestres para su protección, puesto que ello compite por la asignación de superficies para satisfacer las necesidades de la población humana (Muñoz *et al.*, 2000). Parece necesario considerar la conservación a nivel de paisaje, incorporando las áreas actualmente “desprotegidas” al proceso de conservación (Pimentel *et al.*, 1992).

Tomando esto en cuenta se hace interesante el hecho de que las grandes empresas forestales han comenzado a desarrollar iniciativas de restauración ecológica como parte de sus compromisos de certificación FSC, y específicamente como compensación a la superficie de bosque nativo sustituida por plantaciones forestales. Sin embargo, mucha de la inversión en compensación y reparación no resulta en éxitos ni sigue los objetivos de una restauración ecológica (Smith-Ramírez *et al.* 2015).

Por lo tanto, incluir nuevas estrategias de conservación, donde el foco no sólo se centre en los parches remanentes de bosque nativo, sino también en las plantaciones forestales adyacentes, puede resultar beneficioso en términos de retención de especies y un avance para la coexistencia de ambas condiciones (Córdova, 2020). Considerar prácticas silvícolas es clave en el proceso de razonamiento previo a la implementación de acciones de restauración y/o rehabilitación, ya que contempla estrategias y técnicas validadas para la regeneración de especies arbóreas, basadas en el conocimiento de la autoecología de las especies presentes, y de la ecología y dinámica de los bosques (Bannister *et al.* 2016).

Considerando estos antecedentes se plantea la inquietud por conocer el estado y desarrollo de los individuos de especies nativas que se desarrollan en el sotobosque de islas de bosque nativo rodeadas de plantaciones, y además lograr dilucidar las diferencias que existen entre estos individuos y aquellos que logran desarrollarse bajo el dosel de las plantaciones adyacentes. Por ello, el presente estudio enfoca sus esfuerzos en la especie *Persea lingue* considerando variables de crecimiento y estrés, por ser una de las más repetidas bajo el dosel de plantaciones y bosque nativo durante las campañas de terrenos del proyecto.

La hipótesis del estudio plantea que los individuos de lingue crecerán más y tendrán menores niveles de estrés al interior de los parches de bosque nativo, en contraste con la matriz de plantaciones que les rodea e incluso con las zonas de transición entre ambas condiciones o también denominado ecotono, dado que los bosques nativos debiesen presentar las condiciones naturales para el desarrollo de esta especie nativa, mientras que en el caso de las plantaciones y/o ecotono presentan condiciones de mayor antropización e intervención por parte de las empresas forestales.

En consecuencia, el objetivo general de este estudio es: evaluar la influencia del ecosistema circundante (bosque nativo, ecotono y plantación) en el tamaño y desempeño de individuos de especies nativas, aplicando análisis estadísticos, con el fin último de aportar en la investigación del comportamiento de las especies nativas en ecosistemas fragmentados.

Para el cumplimiento de este objetivo principal, se dividirá este en dos objetivos específicos: (1) Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila), crecimiento (i.e., *shoot*) y tamaño (i.e., diámetro y altura) en individuos de *Persea lingue*, contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación.

(2) Identificar relaciones entre las variables de *Persea lingue* previamente analizadas (estrés, tamaño y crecimiento) con el fin de predecir el desempeño en términos de estrés en función del tamaño y crecimiento de los individuos.

De esta manera, se aumentará el conocimiento de las condiciones de desarrollo de especies nativas en ecosistemas fragmentados, lo cuál será útil a futuro en la toma de decisiones y aportará información para la mejora de las iniciativas de restauración asociadas tanto a la obtención de certificaciones por parte de las empresas forestales como en proyectos de conservación y restauración particulares que se realicen en ecosistemas similares.

4.3 Metodología

Área de Estudio

El área de estudio comprende un polígono de 250.000 hectáreas ubicado en el límite costero entre las regiones del Bío-Bío y la Araucanía (37-38° S), el cual abarca principalmente en su extensión a la comuna de Cañete, y se encuentra dominada por plantaciones de pino y eucalipto. En cuanto a sus características climáticas y ecológicas, el área se identifica como una zona de transición entre condiciones de dominio mediterráneo y templado húmedo. El efecto transicional del clima facilita el desarrollo de especies esclerófilas en su parte septentrional que dan paso a formaciones típicas del bosque templado del sur (Aguayo *et al.*, Altamirano *et al.* citado en Manríquez, 2019). El sector se caracteriza por presentar un clima templado húmedo, con precipitaciones constantes que fluctúan entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN] citado en Córdova, 2020).

Las características climáticas promueven el desarrollo de vegetación correspondiente a formaciones típicas de bosques templados del sur. (Donoso, 1994). El bosque nativo presente en el área es dominado principalmente por el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe (i.e., RO-RACO; *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus alpina*, *Nothofagus dombeyi*). Bosque de segundo crecimiento que lo componen comúnmente especies como: *Aextoxicon punctatum*, *Gevuina avellana*, *Luma apiculata*, *Weinmannia trichosperma*, *Lomatia hirsuta*, *Persea lingue*, *Dasyphyllum diacanthoides*, *Podocarpus saligna*, *Laureliopsis philippiana*, *Laurelia sempervirens*, *Lomatia dentata*, entre otras (Donoso, 1994). Las plantaciones

forestales de monocultivo de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* dominan grandes extensiones del paisaje, constituyendo a la región del Biobío como la región con mayor extensión de plantaciones forestales del país (Corporación Nacional Forestal [CONAF] citado en Córdova, 2020).

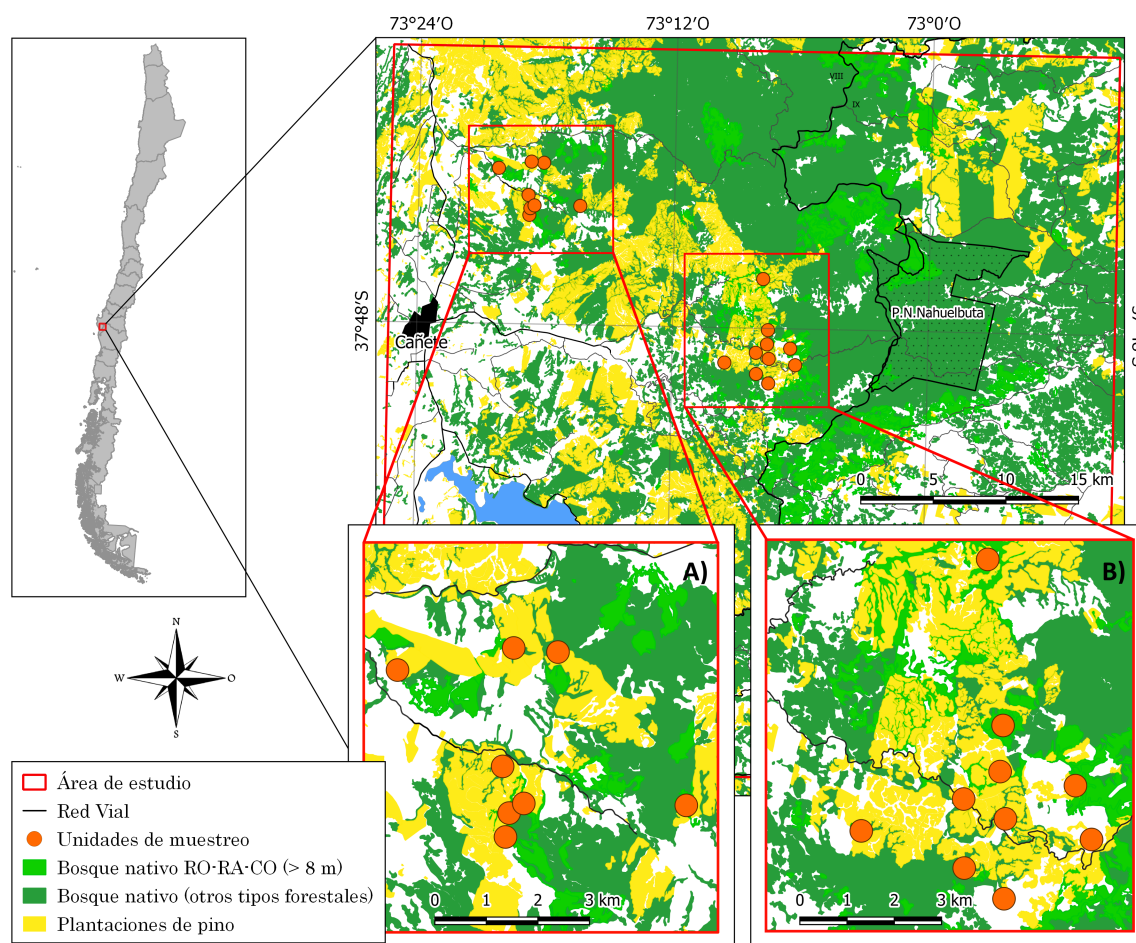


Figura 2: Mapa referencia de ubicación de área de estudio, incluyendo ambas zonas de muestreo: (A) Caramavida y (B) Cayucupil, comuna de Cañete región del Biobío.

Diseño de Muestreo

En el área de estudio (250 mil ha) se seleccionaron parches de bosque nativo (> 0,5 ha) rodeados o adyacentes a plantaciones de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp. Para la cobertura de Bosque Nativo la selección fue de acuerdo a i) Tipo Forestal: Ro-Ra-Co, ii) Sub-tipo

Forestal: Ro-Ra-Co, iii) Estructura: Bosque Adulto, Renoval y Adulto-Renoval, iv) Cobertura: Denso y 15 Semidenso y v) Altura: > 8 metros. Para la cobertura de plantaciones la selección fue de acuerdo a i) Especie: *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp*, ii) Estructura: Plantación adulta y iii) Edad: ~10-20 años. De las 250.000 ha, 37.168 ha corresponden a bosque nativo de tipo Ro-Ra-Co (~14,8% de la superficie total) y 48.118 ha corresponden a plantaciones forestales de la especie *P. radiata* (~ 19,3% de la superficie total; Manriquez, 2019). En total, se identificaron 97 parches que cumplen con los criterios antes mencionados, de estos se seleccionaron aleatoriamente como zona de muestreo 18 parches de bosque nativos dentro del patrimonio de Forestal Arauco, considerando un gradiente de tamaños y formas. Según el tamaño que se denominó “Categoría pequeña” para parches con una superficie entre 0,5 y 3,5 ha, “Categoría intermedia” mayor a 3,5 ha y menor a 11 ha y “Categoría grande” mayor a 11 ha (Córdova, 2020).

Una vez identificados los parches o *islas* de bosque nativo rodeados por plantaciones, se seleccionaron 18 parches asociados a *P. radiata* que fueron dispuestos de manera aleatoria, incluyendo un rango de tamaños variable de parches de bosque nativo, considerando parches pequeños (~ 0.5-3 ha), intermedio (~5-10 ha), y parches grandes (> 12 ha). En el caso de los parches asociados a *Eucalyptus sp*, se seleccionaron 9 parches que de igual manera fueron dispuestos de forma aleatoria considerando parches pequeños (~ 0.5-10 ha), intermedio (~10-20 ha), y parches grandes (> 20 ha). La altitud de los sitios seleccionados varía desde los 500-900 msnm, también se consideraron aspectos como pendiente, distancia, accesibilidad de caminos secundarios <4 km, entre otros, para intentar homogeneizar lo máximo posible los sitios muestrales.

Con un total de 27 parches de bosque nativo seleccionados, se establecieron transectos lineales de 140 metros de largo que contienen 9 parcelas de 5 x 5 metros (n=243) en un gradiente de distancia de 20 metros entre sí, desde el interior del parche de bosque nativo hacia la plantación. La distribución de estas parcelas es: 2 parcelas para la zona de bosque nativo, 2 parcelas para la zona ecotonal y 5 parcelas para la zona de plantación

forestal. En estas parcelas se levantó información sobre composición florística y se registraron datos de la radiación fotosintéticamente activa que infiltra al sotobosque.

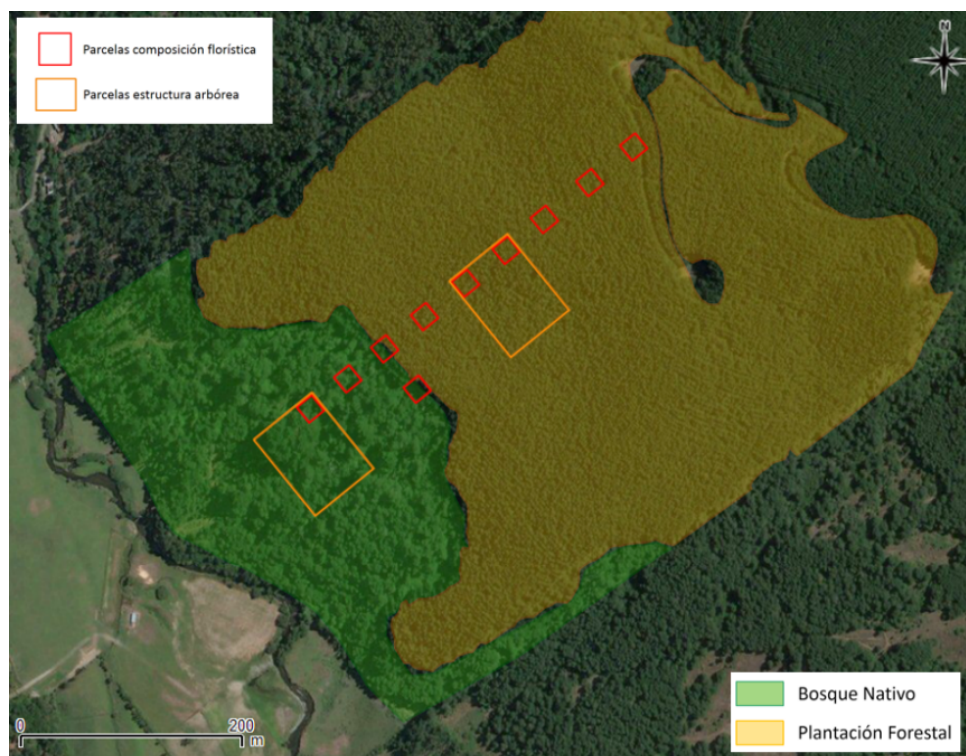


Figura 3: Diseño de muestreo. Se observan figuras de color rojo que corresponden a parcelas de 25 m² pertenecientes al transecto longitudinal. Figuras de color naranja corresponden a parcelas de 500 m².

Se establecieron 162 unidades muestrales (18 transectos x 9 parcelas) para parches de BN asociado a *P. radiata* y 81 (9 transectos x 9 parcelas) unidades muestrales asociadas a *Eucalyptus sp.*, donde se realizaron mediciones convencionales para flora vascular y atributos de parcelas como cobertura de suelo mineral (%), hojarasca (%), necromasa (%), forma de la pendiente (Cóncava, Convexa, Plana).

Estrés y Crecimiento Anual de P. Lingue

Durante la Campaña del año 2020, posterior a establecimiento de los 18 transectos en los parches de bosque nativo asociados a *P. radiata*, se levantó información sobre la

fluorescencia de la clorofila en individuos de *Persea lingue*. Para realizar la medición se escogieron 8 transectos al azar, y se midieron datos sobre fluorescencia de la clorofila , como indicador de estrés, en 4 parcelas (BN2, EC1, PL2, y PL4) por cada transecto (n=36), para intentar homogeneizar lo máximo posible la información obtenida en cada transecto (ver Fig 4.).

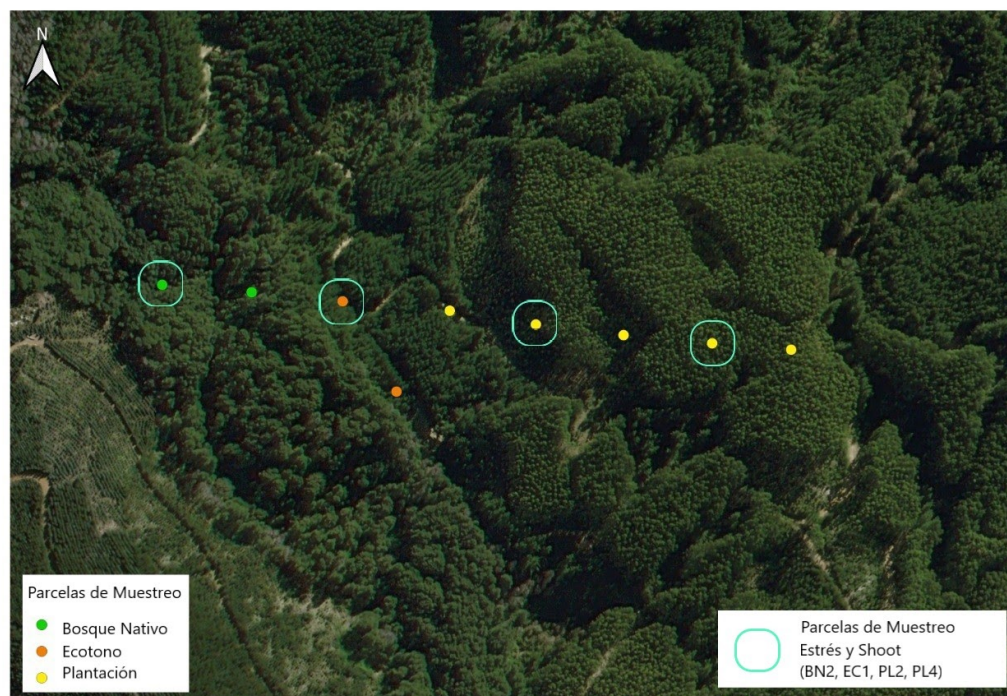


Figura 4: Diseño de muestreo. Se observan recuadros de color celeste que representan aquellas parcelas donde se obtuvieron datos de Estrés y Crecimiento anual de *P. lingue*.

En cada unidad muestral se escogieron 3 individuos de *P. lingue* al azar, que estuvieran no más allá de 10 metros desde el centro de la parcela (ver Fig 5.)

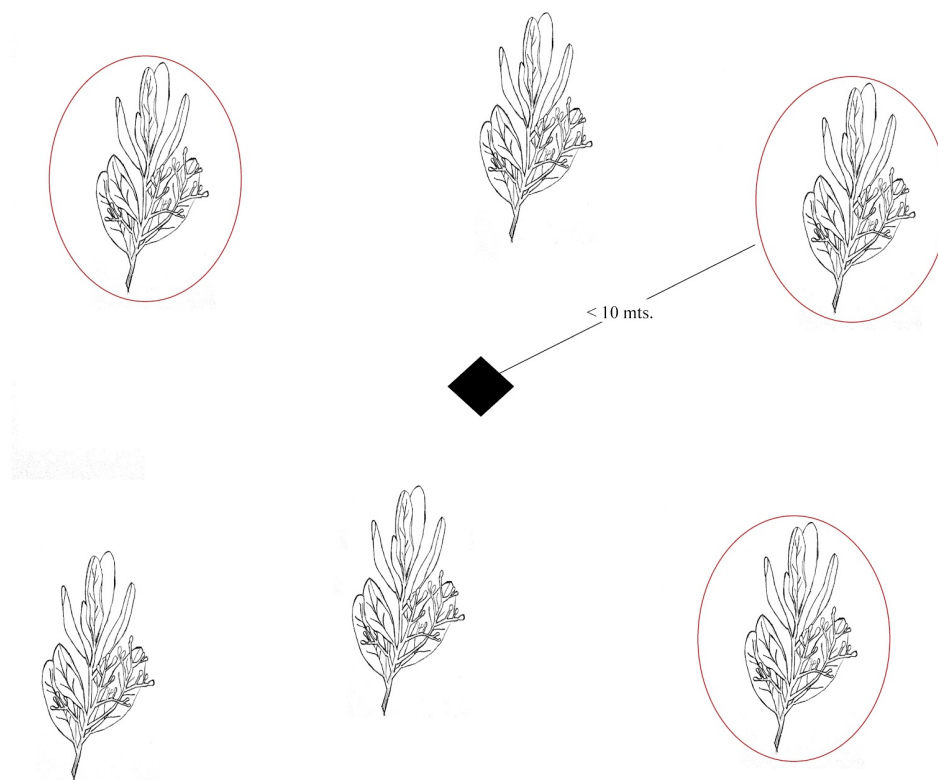


Figura 5: Diseño de selección de individuos de *Persea lingue* para medición de Estrés (Fv/Fm) y Crecimiento (Diámetro, Altura, Crecimiento Anual).

Se seleccionaron 2 hojas por cada individuo, con la condición que estuvieran orientados hacia el Sur, y se instalaron clips de oscurecimiento en cada hoja durante un periodo de 15 minutos. Transcurrido este tiempo se expuso a la luz a 627 nm por 1 segundo con una intensidad de hasta 3,500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Para esto se utilizó el fluorímetro de clorofila Pocket PEA HANDSATECH (ver Fig 6). Además, se les midió el *shoot* o elongación de brotes lineal, el diámetro y la altura para cada uno de los individuos de *P. lingue* etiquetados. En el caso del diámetro, para individuos con diámetros menores a 5 centímetros se midió el diámetro a la altura del cuello o DAC y en casos con diámetros mayores 5 centímetros se registró el diámetro a la altura del pecho o DAP.

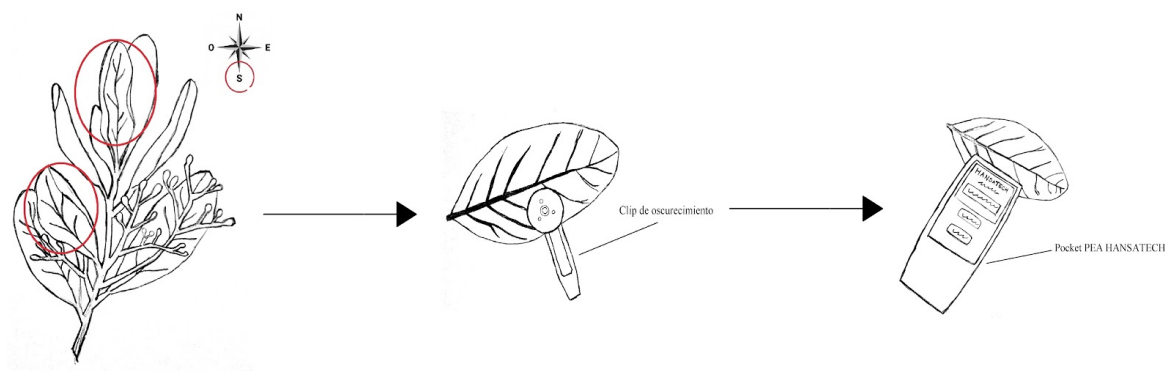


Figura 6: Proceso de medición de estrés (Fv/Fm) a través del instrumento “Pocket PEA HANSATECH” en hojas de individuos de *Persea lingue*.

Posterior al establecimiento de los 9 transectos en los parches de bosque nativo asociados a *Eucalyptus spp.* se levantó información en 8 de estos, seleccionados al azar, sobre fluorescencia de la clorofila, diámetro, altura y *shoot*, elongación lineal o crecimiento anual en individuos de *Persea lingue*, cuya metodología de toma de datos se realizó de la misma forma que para los transectos de *P. radiata*.

Finalmente, el año 2021 se remidieron los datos de fluorescencia de clorofila asociados a plantación de pino y eucalipto, por lo que en total se levantó información en 16 transectos y se etiquetaron 192 individuos de lingue en total. De esta manera se podrá evaluar la *performance* o rendimiento de los individuos de una de las especies arbóreas nativas más frecuentes y abundantes, contrastando las zonas (BN, EC y PL), logrando encontrar relaciones entre el estrés y las medidas de crecimiento y tamaño de los individuos (*shoot*, diámetro y altura).

Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico R versión 4.0.3 (R Development Core Team, 2020). Para analizar la normalidad de las variables en estudio se utilizó el Test de Shapiro-Wilk (función `shapiro.test` en stats versión 4.0.3), para la comparación de diferencias estadísticamente significativas se aplicó el test de t de

Student para datos normales (función t.test en stats versión 4.0.3) y el test de Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para datos no paramétricos (función wilcox.test en stats versión 4.0.3).

Tratamiento de datos atípicos

El tratamiento de datos atípicos se realizó determinando un umbral superior y un umbral inferior, correspondiente a 1,5 veces el rango intercuartílico por encima de Q3 o por debajo de Q1 respectivamente. Los valores fuera de los umbrales fueron considerados como datos atípicos y se reemplazaron por la media para los valores bajo el umbral inferior y por la mediana para aquellos que se encuentran sobre el umbral superior (Cuadras, 2012).

Estrés, Tamaño y Crecimiento Lingue

Para la comparación de estrés (Fv/Fm) , tamaño (Diámetro y Altura) y crecimiento (Crecimiento anual/Elongación lineal) de *P. lingue*, las parcelas de muestreo fueron agrupadas en cuanto a su distancia desde el Bosque Nativo, se definió el inicio del transecto (i.e., distancia 0) desde el parche de bosque nativo hacia la plantación y se agruparon los datos en 4 categorías: Bosque nativo (BN), ubicada a 0 metros (BN2, n=1 parcela); Ecotono (EC), ubicada a 40 metros (EC1, n=1 parcela); Plantación cercana (PLC, n=1 parcela), ubicada a 80 metros (PL2, n=1 parcela); Plantación lejana (PLL), ubicada a 120 metros (PL4, n=1 parcela).

Para el análisis de los datos de estrés en los años 2020 y 2021 (Fv/Fm), crecimiento anual del año 2020 (cm), diámetro (DAP/DAC) y altura (HT) se contrastaron las medias/medianas entre las diferentes categorías (i.e., BN, EC, PLC y PLL) para los datos en general, es decir, los datos de transectos asociados a plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* en conjunto.

Por otra parte, se compararon los datos de estrés, tamaño y crecimiento entre las plantaciones a las cuales se asociaban los transectos, entonces se generó un contraste entre los datos de transectos relativos a *P. radiata* y *E. spp* para cada una de las variables.

Finalmente, se realizó el mismo análisis pero con los subconjuntos de datos de transectos asociados a *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* por separado y también se generó un contraste entre las categorías previamente establecidas (BN,EC,PLC y PLL) usando como base de comparación la plantación a la cual se asociaban.

Análisis de Correlación

Para reconocer la relación existente entre las variables en estudio (Estrés, Crecimiento anual, DAP y Altura) de los individuos de *P. Lingue* a nivel general se aplicó el análisis de correlación de rangos de Spearman (función `chart.Correlation` en `PerformanceAnalytics` versión 2.0.4).

La función opera mostrando las distribuciones de cada variable en gráficos en las zonas superior izquierda e inferior derecha. En la zona inferior izquierda se aprecia el diagrama de dispersión bivariada con una línea ajustada. La parte superior derecha expone el valor de la correlación más el nivel de significancia como estrellas de color. Cada nivel de significancia está asociado a un símbolo: cuando los valores de p toman los valores de (0, 0.001, 0.01, 0.05, 0.1, 1) = los símbolos correspondientes serán: ("***", "**", "*", " ", " ").

4.4 Descripción de resultados

Resultados generales

En total fueron obtenidos datos de 64 parcelas de 25 m² de las cuales, 32 pertenecían a transectos asociados a *P. radiata* y 32 a transectos asociados a plantaciones de

Eucalyptus spp., considerando un total de 192 individuos de *P. lingue* y 384 mediciones de estrés.

En cuanto a los atributos de sitio de estudio, las parcelas de los transectos asociados a *Eucalyptus spp.* tienden a presentar valores más altos de pendiente y edad de la plantación. Contrariamente, las plantaciones de *Eucalyptus spp.* presentan valores más bajos en términos porcentuales asociado a las variables de micrositio (i.e, Porcentaje de Necromasa, Hojarasca y Suelo Mineral).

Tabla 1: Resumen de medianas de atributos de sitio y variables de micrositio según plantación de *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.

Atributos de sitio	Plantación de Pino (N=32)	Plantación de Eucalyptus (N=32)
Pendiente (%)	32.00(±0.45)	40.00(±0.33)
Edad Plantación(años)	15.50(±0.10)	31.00(±0.20)
Exposición	SO	NE
Atributos de micro-sitio		
Hojarasca (%)	85.00(±0.17)	60.00(±0.22)
Suelo mineral (%)	11.00(±0.72)	5.00(±0.89)
Necromasa (%)	32.50(±0.64)	30.00(±0.51)

Estrés y Crecimiento de Lingue

Comparación en general entre condiciones (BN,EC,PLC y PLL)

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas en el estrés y elongación lineal de lingue desde el punto de vista estadístico entre las diferentes zonas. Sin embargo, existe una tendencia a valores menores a medida que los individuos se alejan del Bosque Nativo.

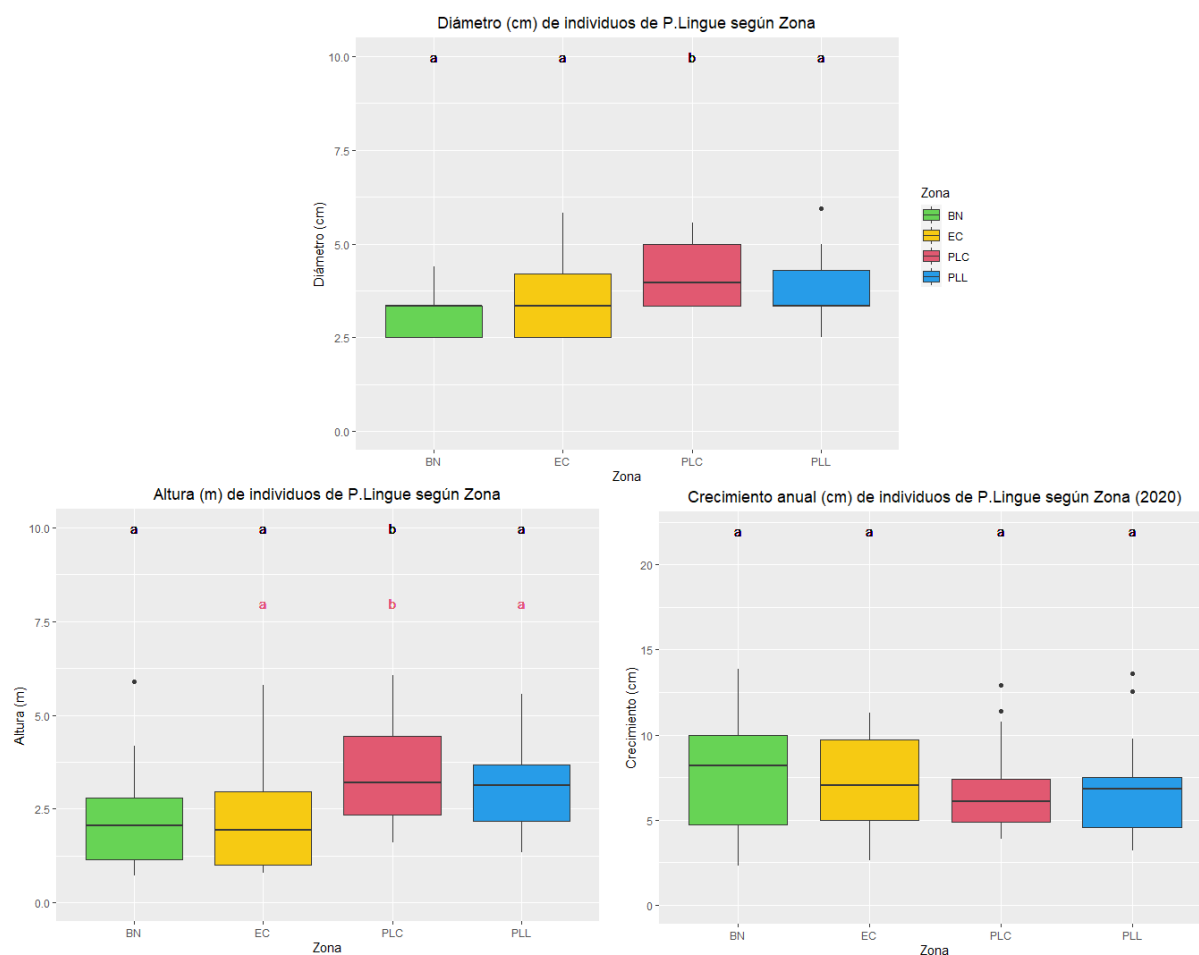


Figura 7: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de P. lingue según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana

A diferencia del estrés, las medidas de tamaño (diámetro y altura) muestran diferencias significativas entre las zonas. En este caso, el diámetro y la altura tienden a ser mayores en las parcelas establecidas al interior de las plantaciones, en la figura 7 se aprecia este fenómeno con diferencias significativas en el diámetro de los individuos entre las parcelas de bosque Nativo y plantación cercana. De igual forma, en la figura 7, el bosque nativo y el ecotono presentan valores de altura significativamente menores a los de plantación cercana.

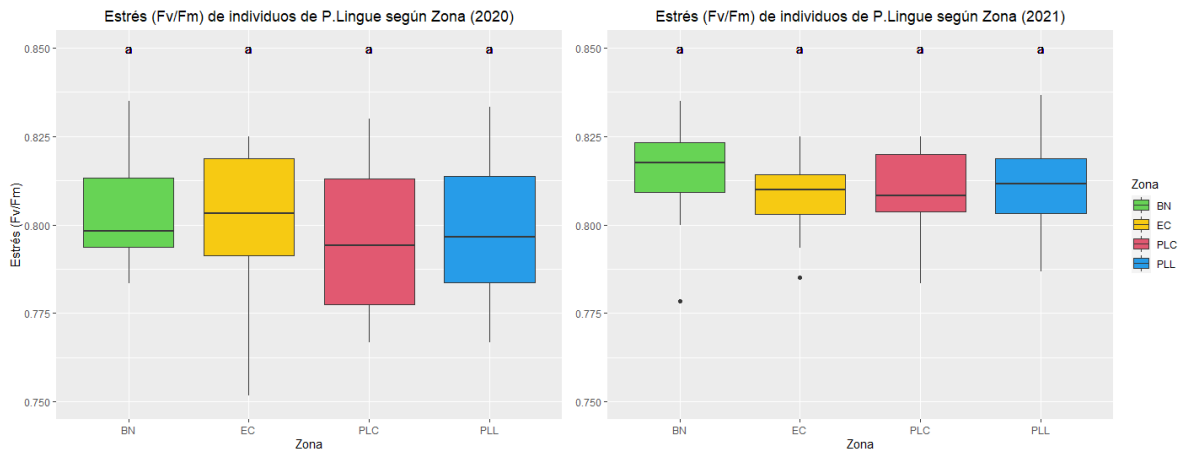


Figura 8: Estrés (Fv/Fm) de individuos de *P. lingue* según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana. A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.

Comparación entre transectos (*P. radiata* y *E. spp*)

En términos generales la comparación del estrés entre los transectos asociados a diferentes plantaciones muestra que los valores de Fv/Fm tienden a ser mayores en los transectos de *P. radiata*. Aún así, los valores para el año 2020 no muestran diferencias estadísticamente significativas, a diferencia de los valores de estrés del año 2021. Por lo tanto, es posible dilucidar que en general, los individuos de *P. lingue* tienden a sufrir de un mayor estrés en las plantaciones de *E. spp*.

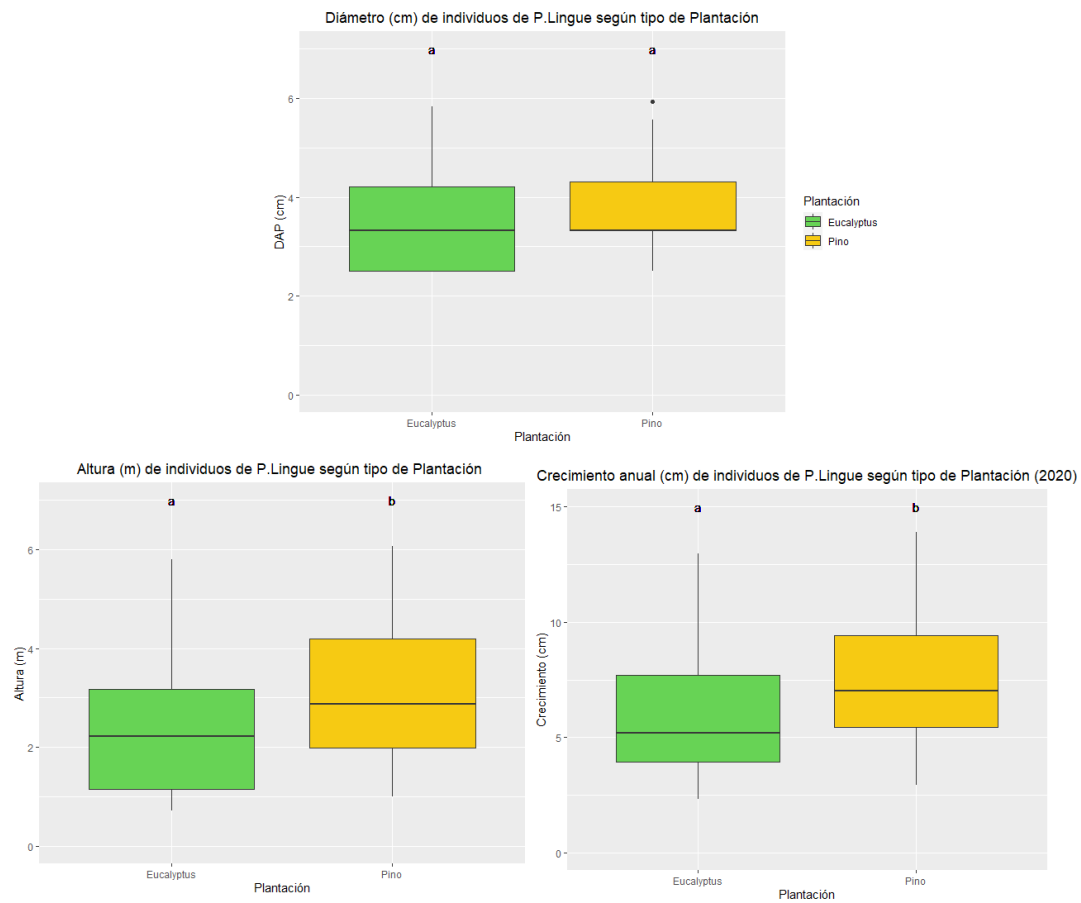


Figura 9: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de P. lingue según plantación circundante al transecto: (1) Eucalyptus spp. y (2) Pinus radiata.

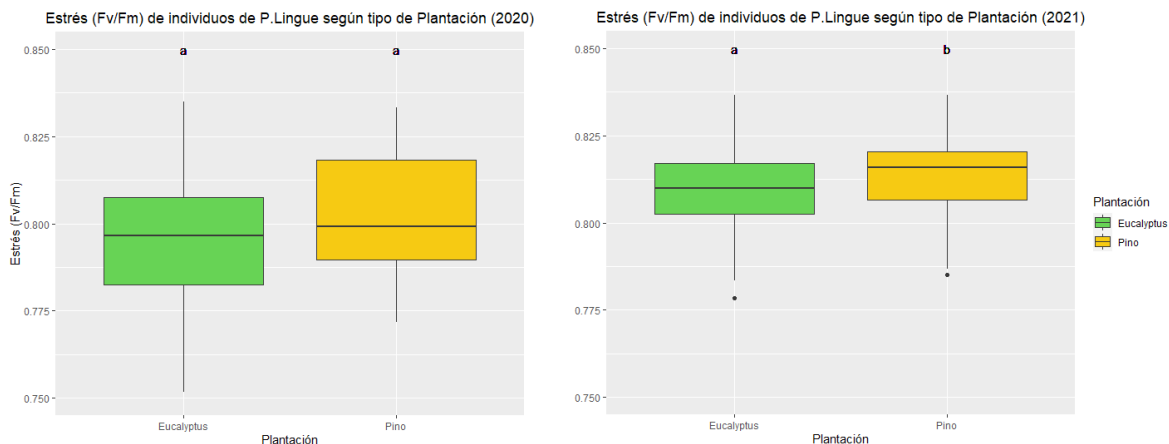


Figura 10: Estrés (Fv/Fm) de individuos de *P. lingue* según plantación circundante al transecto: (1) *Eucalyptus* spp y (2) *Pinus radiata*. A mayores valores de Fv/Fm menor estrés

En el caso de las medidas de tamaño y crecimiento (Diámetro, Altura y Crecimiento Anual), el diámetro no presenta diferencias significativas. En cambio, los valores de altura y crecimiento anual son significativamente mayores en los transectos de bosque nativo rodeado de *P. radiata*.

Comparación en general entre condiciones por transectos (BN, EC, PLC y PLL) (*P. radiata*, *E. spp*)

En este caso, no existen diferencias significativas entre el estrés de las diferentes condiciones para los transectos de ambas plantaciones. Sin embargo, en transectos de *E. spp*. los valores tienden a disminuir a medida que los individuos se encuentran más alejados del Bosque Nativo, tanto para el año 2020 como para el año 2021.

En cuanto a los datos de tamaño, el diámetro en el caso de los transectos de pino es significativamente mayor en las parcelas de plantación cercana, así como lo es también la altura para estas mismas parcelas. Por otro lado, las demás variables y comparaciones no demuestran una existencia de diferencias estadísticas.

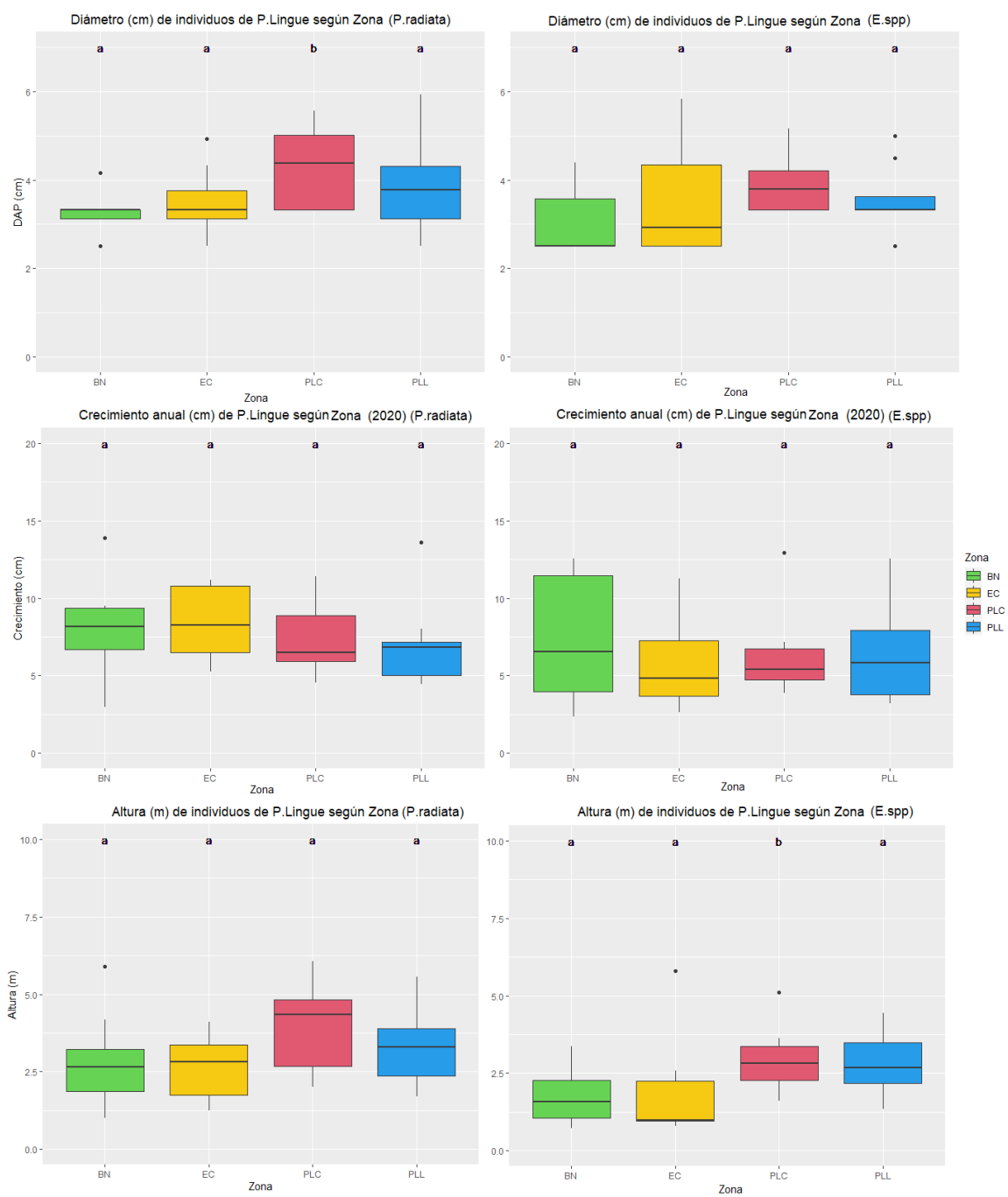


Figura 11: Diámetro (cm), Altura (m) y Crecimiento anual (cm) de individuos de *P. lingue* según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) *P. radiata* y (2) *E. spp.*

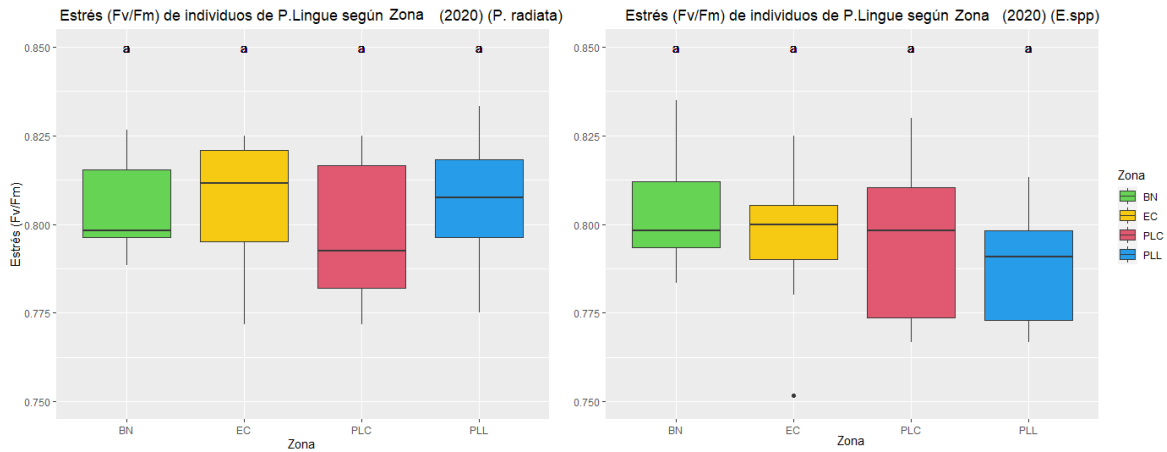


Figura 12: Estrés 2020 (Fv/Fm) de individuos de P. lingue según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) P. radiata y (2) E. spp. A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.

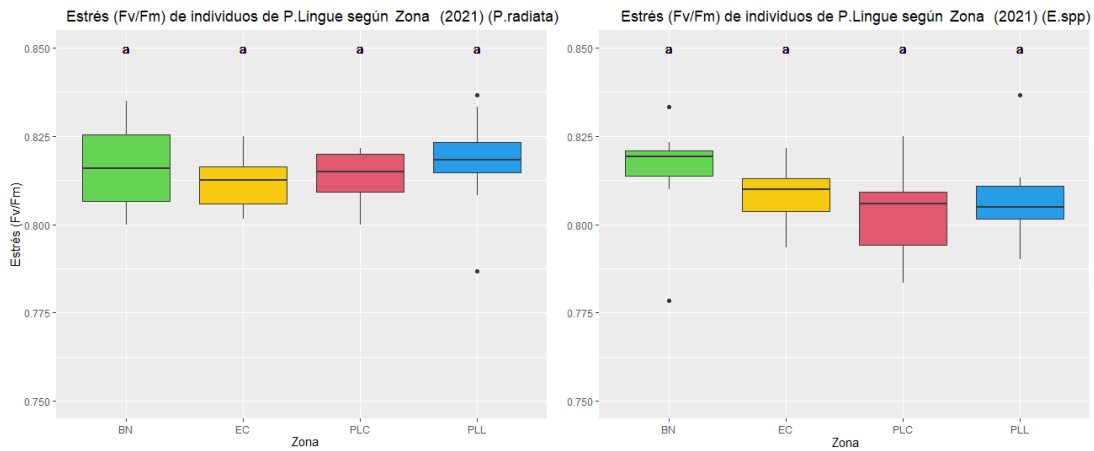


Figura 13: Estrés 2021 (Fv/Fm) de individuos de P. lingue según Zona: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) P. radiata y (2) E. spp. A mayores valores de Fv/Fm menor estrés.

Correlación

El análisis de correlación señala que los atributos estudiados de *P. Lingue* en general no muestran una relación lineal fuerte entre ellos. Con valores de correlación menores a 0.25 y valores de p mayores a 0.1, lo que denota baja significancia estadística.

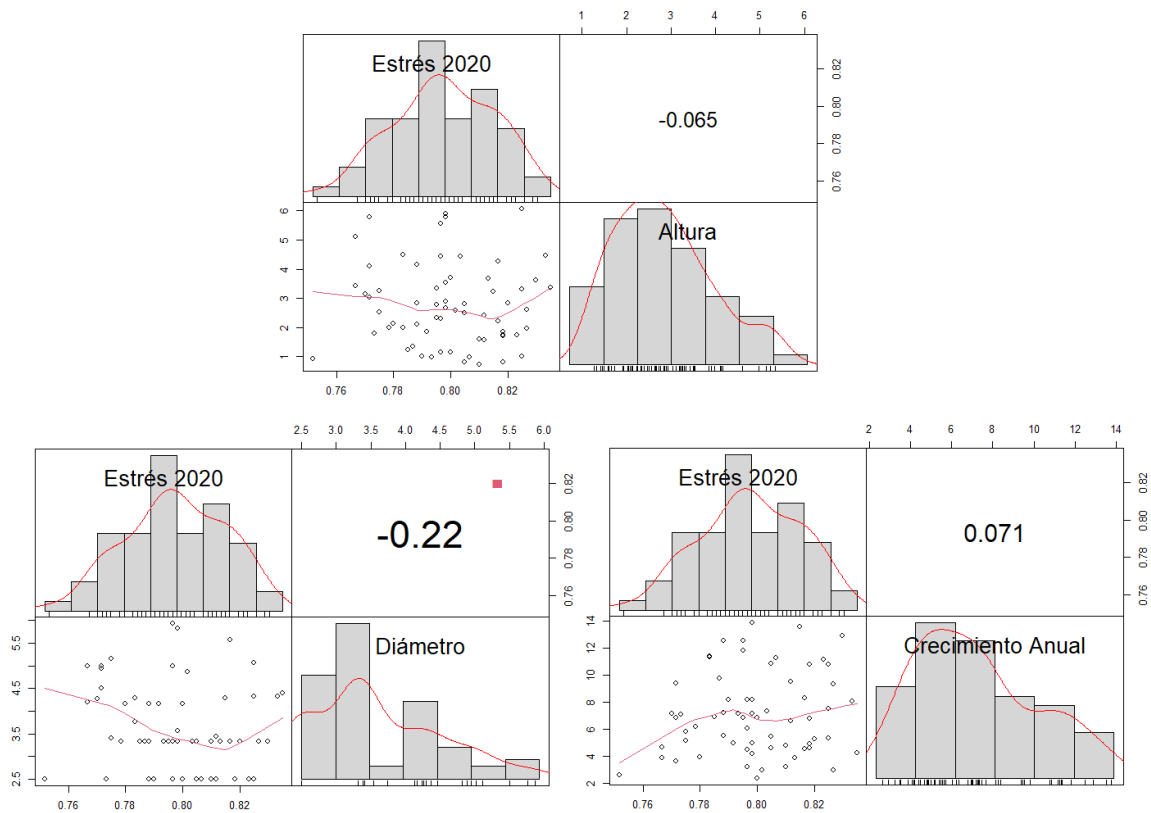


Figura 14: Gráficos de correlación de rangos de spearman: (1) Estrés 2020 y Altura, (2) Estrés 2020 y Diámetro y (3) Estrés 2020 y Crecimiento anual.

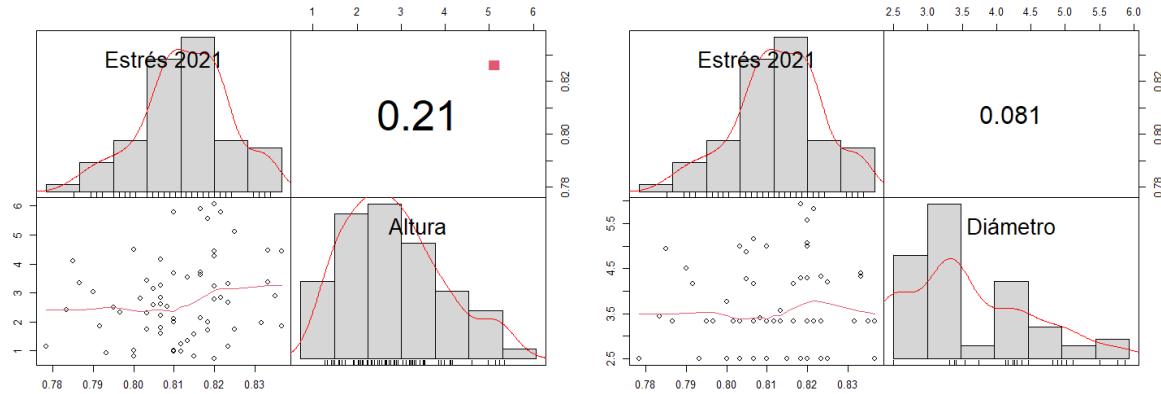


Figura 15: Gráficos de correlación de rangos de spearman: (1) Estrés 2021 y Altura, (2) Estrés 2021 y Diámetro y (3) Estrés y Crecimiento anual.

4.6 Discusión

Al analizar la influencia de la zona donde crecen los individuos de *P. lingue* en el estrés, crecimiento y tamaño de estos, no es posible dilucidar la existencia de diferencias estadísticamente significativas. A pesar de ello, si es evidente que existe una clara tendencia que apunta a que los lingues crecen más estresados bajo condiciones más antropizadas o menos naturales (i.e Ecotono, Plantación cercana y Plantación lejana) denotando que esto se hace más fuerte a medida que los individuos están más alejados del Bosque nativo, fenómeno que se ve acentuado en transectos rodeados de *Eucalyptus spp.* Por otra parte, los valores ideales de Fv/Fm para plantas no estresadas se encuentran entre 0.78 y 0.85, con valores óptimos alrededor de 0.83 para la mayoría de las plantas (Maxwell y Johnson, citado en Sepúlveda y Johnstone 2018), lo que apuntaría a que los lingues tienden a crecer en buenas condiciones sin importar realmente el ecosistema al que se enfrenten dentro del área de estudio, ya que las medianas de los valores no bajan más allá de 0.79, sin embargo, no llegan a niveles óptimos pues solamente alcanzan medianas de 0.81.

Desde el punto de vista del crecimiento y tamaño de los individuos, estos tienen mayores alturas y diámetros en las parcelas de plantación cercana, mientras que su crecimiento anual (elongación lineal) no presenta diferencias en torno a las zonas, aún cuando tiende

a crecer más y tener mayores alturas en los transectos asociados a *Pinus radiata*, por lo tanto sería interesante considerar estas áreas como un hábitat que puede retener especies nativas.

Estos resultados, de la mano de la gran variedad de usos que presenta *Persea lingue*, tales como los que son mencionados en Suárez y Navarrete (2015) entre los que se encuentran, su utilización en medicina popular, la gran cantidad de taninos en su corteza que lo hacen útil en curtiduría, y la excelente calidad de su madera para el uso en mueblería y construcción, hacen de esta especie una excelente oportunidad para ser aplicada en planes que satisfagan tanto las necesidades de conservación y restauración de especies nativas en las plantaciones forestales, como aquellos objetivos que apuntan netamente a la producción.

Finalmente, es fundamental tener en cuenta que este estudio es una aproximación inicial en el estudio del desarrollo de especies nativas bajo ecosistemas dominados por plantaciones forestales, por lo que debe ser complementado con mayores análisis asociados a otras especies nativas que se desarrollen en este tipo de ecosistemas y dentro de lo posible con una mayor cantidad de datos y que se encuentren distribuidos en el tiempo de forma que se incluyan otras condiciones (e.g. estaciones del año).

4.5 Conclusiones

En torno a la investigación desarrollada, se determinó que los individuos de *Persea lingue* que se desarrollan en ecosistemas fragmentados, dominados por plantaciones exóticas no tienden a presentar diferencias significativas que dependan de la condición (bosque nativo, ecotono y plantación) en la cual se desarrollan, sin embargo, el desarrollo de estos si se ve influenciado principalmente por el tipo de plantación que rodea los parches de bosque nativo, siendo mayor su altura, elongación lineal (crecimiento anual) y menor su nivel de estrés en los transectos rodeados de *Pinus radiata*

El análisis de correlación expone valores muy bajos de correlación, además de poco o de plano, no significativos desde el punto de vista estadístico, por lo tanto, no se puede especular en torno a la existencia de alguna relación entre las variables, sino más bien se puede mencionar que el crecimiento y tamaño de los individuos no dependerá necesariamente del estrés al que estos se encuentren sometidos.

V. Análisis crítico y Plan de mejora

5.1 Fortalezas y debilidades del centro de investigación

Luego del desarrollo de la actividad de titulación bajo la tutela del laboratorio de Biometría, fue posible identificar fortalezas y debilidades que presenta el centro de investigación.

La fortaleza principal hace alusión a la capacidad y disposición presentada por parte de los profesionales y del equipo del laboratorio en general para integrar estudiantes de carreras relacionadas al medio ambiente y los recursos naturales, generando de esta manera oportunidades tanto para el desarrollo de tesis, trabajos de título o incluso continuar la carrera profesional y laboral de estos estudiantes, promoviendo además el trabajo colaborativo entre los estudiantes y profesionales del centro, logrando de esta manera aumentar la red de contactos y la divulgación del conocimiento entre los miembros del laboratorio.

Como debilidad se destaca sobre todo la poca divulgación de las actividades y temas de investigación en desarrollo que tiene el laboratorio, ya que, a pesar de poseer tanto una página web como páginas en redes sociales, estas tienden a estar prácticamente inactivas, pudiendo ser grandes medios para aumentar la divulgación científica, iniciativas de educación ambiental e incluso aumentar el interés de los estudiantes de carreras afines por participar en las actividades asociadas u organizadas por el laboratorio, sobre todo en estos tiempos en los que la pandemia imposibilita el contacto directo de manera presencial con el laboratorio.

Tabla 2: Resumen de fortalezas y debilidades del centro de investigación

Fortalezas	I. Disposición del centro de investigación por integrar
------------	---

	estudiantes de áreas relacionadas a los recursos naturales a sus filas de trabajo.
Debilidades	I. Falta de divulgación de las actividades del centro de investigación a través de herramientas digitales.

Propuestas para reforzar las fortalezas y superar las debilidades

Para potenciar las fortalezas se propone:

Tabla 3: Iniciativas para potenciar fortalezas

Iniciativa	Argumento
Generar jornadas de divulgación en relación a las actividades del laboratorio.	Poco conocimiento real de las actividades que se realizan en el laboratorio por parte de los estudiantes de carreras asociadas al medio ambiente y recursos naturales.

Propuestas para mejorar o superar debilidades

Para superar las debilidades se propone:

Tabla 4: Iniciativas para mejorar o superar debilidades

Iniciativa	Argumento
Mantener redes sociales y/o páginas del laboratorio constantemente actualizadas.	En el contexto de la pandemia del coronavirus, se ha potenciado en general el trabajo de manera remota y virtual. Además de esto el consumo de redes sociales (instagram, facebook, youtube) ha aumentado, por lo que mantener activas las redes sociales del laboratorio aumentarán el conocimiento de las personas en relación a los temas que el centro aborda en su trabajo

Generar material didáctico.	En conjunto con la iniciativa anterior, generar material ilustrativo y/o audiovisual como videos en plataformas como instagram, youtube u otras, aumentará el conocimiento científico que genera el centro.
-----------------------------	---

5.2 Propuesta plan de mejora

El plan de mejora busca resaltar aquellos aspectos positivos del laboratorio a medida que se aminoran las debilidades o aspectos negativos de este. Al realizar el análisis de las fortalezas y debilidades se plantea como objetivo principal el aumentar el conocimiento en torno a las actividades que se realizan dentro del Laboratorio de Biometría, y además generar campañas de divulgación que logren esparcir el conocimiento científico que este genera y así aumentar el interés y la participación de estudiantes afines a los recursos naturales en el laboratorio.

Para el cumplimiento de este objetivo, se plantean las siguientes iniciativas:

- Generar jornadas de divulgación en relación a las actividades del laboratorio: donde los integrantes del laboratorio expliquen las labores que cumplen y las ventajas que supone el participar en el laboratorio.
- Mantener redes sociales y/o páginas del laboratorio constantemente actualizadas: en este caso algún integrante del laboratorio o ellos en conjunto sumarán esfuerzos para lograr mantener las páginas activas para responder dudas o en conjunto con la siguiente iniciativa promover el conocimiento científico y las actividades que se realizan en el laboratorio.
- Generar material didáctico: finalmente esta iniciativa plantea crear contenido ilustrativo y audiovisual, tales como videos en youtube o en las páginas del laboratorio para seguir potenciando la divulgación del conocimiento científico.

Tabla 5: Resumen plan de mejora

Iniciativas	Plazo Ejecución de las tareas	Medio de verificación cumplimiento de las tareas	Responsable ejecución de las tareas
Jornadas de divulgación	Cada semestre académico	Material fotográfico.	Integrantes del laboratorio de biometría
Mantenimiento redes sociales y/o páginas web	Mensual	Revisión de material disponible en páginas del laboratorio.	Integrantes del laboratorio de biometría
Generación de material didáctico	Mensual	Revisión de material disponible en páginas del laboratorio.	Integrantes del laboratorio de biometría

VI. Evaluación del proceso

6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales

a) Fortalezas: En el transcurso de la actividad de titulación y tomando en cuenta el contexto de pandemia las principales fortalezas que pude identificar fueron, una buena capacidad de organización del tiempo de trabajo, una gran responsabilidad en el cumplimiento de los tiempos y tareas acordadas y finalmente una buena capacidad para realizar trabajo autónomo, siempre considerando los consejos y la ayuda de las personas del equipo de trabajo del laboratorio.

b) Debilidades: Dentro de las debilidades identificadas una de ellas fue la gran dificultad para tolerar la frustración ante adversidades que no pudiesen ser cambiadas o que fuesen generadas por las condiciones de trabajo en contexto de pandemia, es decir presentaba una baja flexibilidad ante los cambios en los objetivos o formas de trabajo frente a variaciones por diversos obstáculos presentados. Finalmente una sobre-exigencia para la obtención de resultados en plazos muy cortos de trabajo se plantea como debilidad, ya que esto generaba frustraciones innecesarias y consecuentemente retrasos y dificultades en el proceso de desarrollo de la actividad de titulación.

6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales

a) Fortalezas: Como principal fortaleza destaca el manejo de software de análisis estadístico de datos, y la capacidad posterior de interpretar los datos y resultados de estos análisis.

b) Debilidades: La debilidad principal identificada en el desarrollo de la actividad de titulación, considera el desconocimiento del funcionamiento de algunos análisis estadísticos y procesos ecológicos, ya que, estos pudieron ser adquiridos en los semestres previos de carrera universitaria.

VII. Aporte al Perfil Profesional

7.1 Dominios desarrollados

Tabla 6: Dominios desarrollados en la actividad de titulación

Uso, conservación y preservación de los recursos naturales renovables.	X
Planificación del territorio	X

7.2 Grado de cumplimiento de actividades comprometidas

Tabla 7: Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación

Objetivos Específicos	Tareas/actividades	Grado De	Respecto a la
-----------------------	--------------------	----------	---------------

		Cumplimen to	Propuesta Act. Titulación
Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila) y crecimiento (i.e., largo del último crecimiento anual, diámetro y altura) en individuos de <i>Persea lingue</i> , contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación)	Revisión bibliográfica	Totalmente	Planificada
	Análisis exploratorio de los datos.	Totalmente	Planificada
	Comparación de medias/medianas	Totalmente	Modificada
	Redacción de informe técnico	Totalmente	Planificada
Identificar relaciones entre las variables de <i>Persea lingue</i> previamente analizadas (estrés y crecimiento) con el fin de predecir el comportamiento de estos en función del otro.	Revisión bibliográfica	Totalmente	Adicional a la planificación
	Análisis de correlación de Spearman	Totalmente	Modificada
	Redacción de informe final actividad de titulación	Totalmente	Planificada

VIII. Conclusiones

Siendo la actividad de titulación el requisito final para un estudiante de ingeniería de recursos naturales, para poder obtener su título profesional, esta supone un desafío al generar una instancia para la realización de actividades que permiten el desarrollo e integración de los aprendizajes y habilidades obtenidas a lo largo de la carrera universitaria, acercando de esta forma al futuro profesional a la resolución de problemáticas y la aplicación de sus capacidades en labores a las cuales deberá

enfrentarse en el mundo laboral. En este contexto, la modalidad de “formulación y/o ejecución de un proyecto” desarrollada en el marco del proyecto de investigación Fondecyt Iniciación Nro.11170987 “*Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration*”, se presentó como una oportunidad para desarrollar estas habilidades previamente mencionadas además de servir para la práctica y mejora de diferentes herramientas vistas a lo largo de la carrera, tales como la utilización de software de análisis estadísticos, la interpretación de análisis, el manejo de tecnologías de la información y la capacidad de comunicarse efectivamente. Todo ello en línea con aportar en el aumento del conocimiento científico en torno a los recursos naturales y específicamente a través del proyecto, con la conservación y restauración ecológica de especies nativas en ecosistemas fragmentados, y la planificación del territorio en base a ello.

En torno a la investigación desarrollada, se determinó que los individuos de *Persea lingue* que se desarrollan en ecosistemas fragmentados, dominados por plantaciones exóticas no tienden a presentar diferencias significativas que dependan de la condición (bosque nativo, ecotono y plantación) en la cual se desarrollan, sin embargo, el desarrollo de estos sí se ve influenciado principalmente por el tipo de plantación que rodea los parches de bosque nativo, siendo mayor su altura, elongación lineal (crecimiento anual) y menor su nivel de estrés en los transectos rodeados de *Pinus radiata*. Por lo tanto, sería interesante considerar estas áreas como un hábitat que puede retener especies nativas, donde pueden ser realizados esfuerzos para conservar estos individuos mientras que en línea con los objetivos de las empresas forestales, se presentan nuevas ideas en base a estos resultados para conservar y restaurar ecosistemas nativos.

Por otra parte, el desarrollo de la actividad de titulación condujo a aprendizajes que permitieron desarrollar y potenciar habilidades útiles en un futuro profesional, mejorando el análisis crítico, el autoconocimiento, y la disposición ante adversidades o problemáticas desafiantes que pueden suscitarse en el ámbito laboral. Para finalizar, el desarrollar la actividad en un centro de investigación sobre recursos naturales, potencia la curiosidad y la creatividad ante las diferentes problemáticas ambientales que existen a día de hoy y

aumenta la motivación por aportar en el aumento del conocimiento y la divulgación de este siendo un agente de cambio en esta área de estudio.

IX. Bibliografía

Aguayo, M. (2001) Uso de los sistemas de información geográfica como herramienta de análisis de fragmentación del bosque nativo. El caso de Biobío. *Bosque Nativo* (30), 8-13.

Améstica, L., Gaete, H. & Llinas-Audet, X. (2014) Segmentation and classification of universities in Chile: disadvantages from the start and effects of public financing policies. *Revista Chilena de Ingeniería*, 22 (3), 384-397. Recuperado de: https://www.ingeniare.cl/index.php?lang=en&option=com_ingeniare&view=va&aid=378&vid

Armesto, J.; Villagran, C. Y Donoso, C. (1994) Desde la era glacial a al industrial. La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y desarrollo*, 66-72.

Bannister, J. R., Donoso, P. J., & Mujica, R. (2016). La silvicultura como herramienta para la restauración de bosques templados. *Bosque (Valdivia)*, 37(2), 229-235.

Baker, N. y Rosenqvist, E. (2004) Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55(403), 1607-1621. Doi: 10.1093/jxb/erh196

Brockerhoff, E., Jactel, H., Parrotta, J., Quine, C. y Sayer, J. (2008). Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity?. *Biodiversity and Conservation*, 17, 925-951. 10.1007/s10531-008-9380-x.

Bustamante, R. y Grez, A. (1995) Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 11(2), 58-63. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/286657285_Consecuencias_ecologicas_de_la_fragmentacion_de_los_bosques_nativos

- Ceacero, C., Díaz-Hernandez, J., Del Campo, A. y Navarro-Cerrillo, R. (2011) Evaluación temprana de técnicas de restauración forestal mediante fluorescencia de la clorofila y diagnóstico de vitalidad de brinzales de encina (*Quercus ilex* sub. *ballota*). *Bosque*, 33 (2), 191-202. doi: 10.4067/S0717-92002012000200009.
- Córdova, J. (2020) Islas de bosque nativo en un mar de plantaciones: análisis de la retención de especies vasculares nativas bajo plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp (Tesis de pregrado). Universidad de la Frontera, Chile.
- Cuadras, C. (2012). Nuevos Métodos de Análisis Multivariado. C.M. Cuadras Editions Manacor 3008023. Barcelona-Spain. p.20
- Donoso C. (1994). Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Segunda Edición. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 484 p.
- Fischer, J & Lindenmayer, D. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 265-280. doi:10.1111/j.1466-8238.2007.00287.
- Gadd, M. E. (2005). Conservation outside of parks: attitudes of local people in Laikipia, Kenya. *Environmental Conservation*, 32(1), 50-63.
- Gleason, S., Stephens, A., Tozer, W., Blackman, C., Butler, D., Chang, Y., Cook, A., Cooke, J., Laws, C., Rosell, J., Stuart, S. & Westoby, M. (2017) Shoot growth of woody trees and shrubs is predicted by maximum plant height and associated traits. *Functional Ecology*, 32 (2), 247-259. doi: 10.1111/1365-2435.12972

- Hannah, L., Midgley, G. F., Lovejoy, T., Bond, W. J., Bush, M. L. J. C., Lovett, J. C. & Woodward, F. I. (2002). Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology*, 16(1), 264-268.
- Jiménez, S., Alvarado, O. y Balaguera-López, H. (2015). Fluorescencia como indicador de estrés en *Helianthus annuus* L. Una revisión. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 9(1), 149-160. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3753>
- Lara, A., Donoso, C. y Aravena, J. (1996) La conservación del bosque nativo en Chile: problemas y desafíos. En: Armesto J, C Villagrán & M Arroyo (eds) *Ecología de los bosques nativos de Chile*: 335-362. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Lindenmayer, D y Fischer, J. (2013). Fragmentación del hábitat y cambio de paisaje: una síntesis ecológica y de conservación. Island Press.
- Manríquez, C. (2019) Islas de bosque nativo en un mar de plantaciones: Factores que influyen en la regeneración del paisaje original (Tesis de pregrado). Universidad de la Frontera, Chile.
- Maxwell, K. y Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence. A practical guide. *J. Exp. Bot* 51(345), 659-668.
- Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., y González, M. (2017). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*, 17(1), 285-297.
- Mittermeier, R., Turner, W., Larsen, F., Brooks, T. & Gascon, C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. En Zachos, F. & Habel, J. *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. doi: 10.1007/978-3-642-20992-5_1.

- Muñoz, M., Núñez, H., y Yáñez, J. (2000). Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile (p. 203). Santiago: Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G. y Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Otavo, S., y Echeverría, C. (2017) Progressive fragmentation and loss of natural forests habitat in one of the global biodiversity hotspot. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, 88(4), 924-935. doi: 10.1016/j.rmb.2017.10.041.
- Parada, R. (2010) Universidades Públicas y Privadas: Un enfoque tridimensional.
- Percival, G. y Fraser, S. (2001) Measurement of the salinity and freezing tolerance of *Crataegus* genotypes using chlorophyll fluorescence. *J. Arboriculture* 27(5), 233-245.
- Percival, G., Fraser, G. y Oxenham, G. (2003) Foliar salt tolerance of *Acer* genotypes using chlorophyll fluorescence. *J. Arboriculture* 29(02). 61-65.
- Pimentel, D., Stachow, U., Takacs, D. A., Brubaker, H. W., Dumas, A. R., Meaney, J. J., & Corzilius, D. B. (1992). Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience*, 42(5), 354-362.
- Pinilla, J. y Navarrete, K. (2015). Lingue (*Persea lingue* (R. et Pav.) Nees ex Kopp) en la región del BioBío. *Revista Ciencia e investigación Forestal*, 21, 71-96.
- Revilla, E., Wiegand, T., Palomares, F., Ferreras, P., & Delibes, M. (2004). Effects of matrix heterogeneity on animal dispersal: from individual behavior to metapopulation level parameters. *The American Naturalist*, 164(5), E130-E153.

- Rodríguez, R, Matthei, O. y Quezada, M. (1983) Flora Arbórea de Chile. Ed. Univ. de Concepción. 407 p.
- Sepúlveda, P. & Johnstone, D. (2018) A Novel Way of Assessing Plant Vitality in Urban Trees. *Forests*, *10* (1), 2-18. doi: 10.3390/f10010002
- Simonetti, J. (2006). Conservación de biodiversidad en ambientes fragmentados: el caso del bosque maulino. Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas, 213-229. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/291892250_Conseervacion_de_biodiversidad_en_ambientes_fragmentados_El_caso_del_bosque_maulino
- Skole, D. y Tucker, C. (1993) Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*, *260* (5116), 1905-1910. DOI: 10.1126/science.260.5116.1905
- Smith-Ramírez, C (2004). The Chilean coastal range: a vanishing center of biodiversity and endemism in South American temperate rainforests. *Biodiversity and Conservation*, *13*, 373-393.
- Smith-Ramírez, C., González, M. E., Echeverría, C., & Lara, A. (2015). Current state of ecological restoration in Chile: Perspectives and challenges. In *Anales del Instituto de la Patagonia*, *43* (1), 11-21. Universidad de Magallanes
- Tomimatsu, H. & Ohara, M (2003) Genetic diversity and local population structure of fragmented populations of *Trillium camschatcense* (Trilliaceae). *Biological Conservation*, *109*, 249-258.
- Wilcove, D., McClellan, C. & Dobson, A. (1986) Habitat fragmentation in the temperate zone;. Pp. 237-256 in M.E. Soule, ed. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Wolodarsky-Franke, A. y Díaz, S. (2011). Cordillera de Nahuelbuta. Reserva Mundial de Biodiversidad. Valdivia, Chile: WWF.

X. Anexos

Tabla 8: Resumen de medianas de atributos de *Persea lingue* según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación Cercana y (4) Plantación Lejana. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.

Atributos <i>P. Lingue</i>	Bosque Nativo (N=16)	Ecotono (N=16)	Plantación Cercana (N=16)	Plantación Lejana (N=16)
Diámetro (cm)	3.333(±0.2182)	3.333(±0.3005)	3.967(±0.1987)	3.333(±0.2568)
Altura (m)	2.050(±0.5969)	1.933(±0.6195)	3.200(±0.4072)	3.133(±0.3843)
Shoot (2020) (cm)	8.167(±0.4730)	7.028(±0.4241)	6.111(±0.3859)	6.806(±0.4510)
Estrés (2020) (Fv/Fm)	0.7983(±0.0193)	0.8033(±0.0258)	0.7942(±0.0261)	0.7967(±0.0242)
Estrés (2021) (Fv/Fm)	0.8175(±0.0171)	0.8100(±0.0132)	0.8083(±0.0146)	0.8117(±0.0185)

Tabla 9: Resumen de medianas de atributos de *Persea lingue* según plantación de *Eucalyptus* spp. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.

Atributos <i>P. Lingue</i>	Plantación de <i>Eucalyptus</i> (N=32)	Plantación de Pino (N=32)
Diámetro (cm)	3.333(±0.2652)	3.333(±0.2528)
Altura (m)	2.2167(±0.5530)	2.867(±0.4389)
Shoot (2020) (cm)	5.194(±0.5047)	7.028(±0.352)
Estrés (2020) (Fv/Fm)	0.7967(±0.0245)	0.7992(±0.0222)
Estrés (2021) (Fv/Fm)	0.8100(±0.0165)	0.8158(±0.0136)

Tabla 10: Resumen de medianas de Estrés 2020 y 2021 de *Persea lingue* según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) *P. radiata* y (2) *E. spp.*. Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.

Atributos <i>P. Lingue</i>	Estrés 2020 (Fv/Fm)	Estrés 2021 (Fv/Fm)
Plantación	<i>Pinus radiata</i>	
Bosque Nativo (N=8)	0.7983(±0.0188)	0.8158(±0.0152)
Ecotono (N=8)	0.8117(±0.02432)	0.8125(±0.0105)
Plantación cercana (N=8)	0.7925(±0.0251)	0.8150(±0.0098)
Plantación Lejana (N=8)	0.8075(±0.0226)	0.8183(±0.0188)
Plantación	<i>Eucalyptus spp</i>	
Bosque Nativo (N=8)	0.7983(±0.0211)	0.8192(±0.0198)
Ecotono (N=8)	0.8000(±0.0272)	0.8100(±0.0111)
Plantación cercana (N=8)	0.7983(±0.0287)	0.8058(±0.0168)
Plantación Lejana (N=8)	0.7908(±0.0211)	0.8050(±0.0171)

Tabla 11: Resumen de medianas de crecimiento (diámetro, altura y crecimiento de *Persea lingue* según condición: (1) Bosque Nativo, (2) Ecotono, (3) Plantación cercana y (4) Plantación lejana, y según Plantación: (1) *P. radiata* y (2) *E. spp.* Entre paréntesis se presenta el coeficiente de variación.

Atributos <i>P. Lingue</i>	Diámetro (cm)	Altura (m)	Crecimiento anual (cm)
Plantación	<i>Pinus radiata</i>		
Bosque Nativo	3.333(±0.1653)	2.642(±0.5468)	8.167(±0.4053)
Ecotono	3.333(±0.2388)	2.817(±0.3774)	8.278(±0.2977)
Plantación cercana	4.383(±0.2199)	4.350(±0.3840)	6.514(±0.3342)
Plantación Lejana	3.783(±0.2973)	3.283(±0.3966)	6.806(±0.4173)
Plantación	<i>Eucalyptus spp</i>		
Bosque Nativo	2.500(±0.2749)	1.575(±0.5511)	6.542(±0.5692)
Ecotono	2.917(±0.3680)	0.983(±0.9022)	4.806(±0.5160)
Plantación cercana	3.800(±0.1699)	2.817(±0.3810)	5.389(±0.4536)
Plantación Lejana	3.333(±0.2195)	2.683(±0.3717)	5.847(±0.5144)



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

OBSERVACIONES: (Uso EXCLUSIVO COORDINACIÓN ACADÉMICA DE PRÁCTICAS)

PROPUESTA ACTIVIDAD DE TITULACIÓN

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

PRÁCTICA PROFESIONAL CONTROLADA

FORMULACIÓN, DISEÑO Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTO

X

(El documento, considerando adjuntos, no debe superar las 10 páginas tamaño carta, letra Times New Roman 11 y espacio 1. Debe ser entregado en Secretaría de Carrera, al inicio de la actividad de titulación para su aprobación, según fechas establecidas en Calendario Actividad de Titulación).

I. IDENTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Nombre estudiante:	Francisco Javier Peña García	
Nº matrícula:	19765101616	
Carrera:	Ingeniería en Recursos Naturales	
Nº Teléfono móvil estudiante:	+56961239873	
Correo institucional estudiante:	f.pena08@ufromail.cl	
Correo no institucional del estudiante	fpenagarcia98@gmail.com	
Nombre profesor guía:	Rodrigo Vargas Gaete	Firma profesor guía:
Correo electrónico profesor guía	rodrigo.vargas@ufrontera.cl	

II. IDENTIFICACIÓN EMPRESA INSTITUCIÓN

Nombre empresa/institución donde desarrollará Act. Titulación:	Universidad de La Frontera
Unidad o departamento donde desarrollará Act. Titulación:	Laboratorio de Biometría
Nombres Supervisor Directo/Responsable proyecto:	Rodrigo Vargas Gaete
Cargo Supervisor Directo/ Responsable proyecto:	Academico, Laboratorio de Biometría, Depto de Cs. Forestales, Universidad de La Frontera.



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Correo electrónico Supervisor Directo/ Responsable proyecto: rodrigo.vargas@ufrontera.cl	Teléfono oficina supervisor directo/ Responsable proyecto: +56 45 232 5652 +569 66514669
--	---



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

III. OBJETIVOS:

Objetivo General: Evaluar la influencia del ecosistema circundante (bosque nativo, ecotono y plantación) en el tamaño y desempeño de individuos de especies nativas, aplicando análisis estadísticos

Objetivos Específicos

- Objetivo específico 1: Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila), crecimiento (i.e., *shoot*) y tamaño (i.e., diámetro y altura) en individuos de *Persea lingue*, contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación.
- Objetivo específico 2: Identificar relaciones entre las variables de *Persea lingue* previamente analizadas (estrés, tamaño y crecimiento) con el fin de predecir el desempeño en términos de estrés y crecimiento en función de ellos mismos y del tamaño (diámetro, altura) de los individuos.

IV. RELACION DOMINIOS Y COMPETENCIAS DE TITULACION A DESARROLLAR

Dominios que se desarrollarán durante la ejecución de la Actividad de Titulación:

- Dominio: Uso, conservación y preservación de los recursos naturales renovables.
- Dominio Planificación del territorio.

Competencias de Titulación que se desarrollarán durante la ejecución de la Actividad de Titulación:

- Competencias/s del Dominio Uso, conservación y preservación de los recursos naturales renovables:

- Resolver problemas relacionado con el uso de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación considerando las condiciones ambientales y utilizando de manera ética y responsable los principios de la sustentabilidad, la

tolerancia y el respeto por la diversidad, así como el uso adecuado y responsable de instrumentos, información,

metodologías y herramientas tecnológicas pertinentes al manejo sustentable y sostenible de los recursos

naturales y de las condiciones ambientales con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las

demandas del medio.

- Competencia/s del Dominio Planificación del territorio

- Diagnosticar los elementos biofísicos del territorio (uso actual y línea base) utilizando el conocimiento de las

ciencias naturales y matemáticas, modelos de datos y herramientas tecnológicas de manera responsable y ética

con el fin de cuantificar y cualificar adecuadamente los recursos y condiciones ambientales.

- Evaluar los impactos ambientales en el territorio del uso de los recursos a través de



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

variables biofísicas y/o
socioeconómicas, usando metodologías de monitoreo e impacto de estos, de manera
eficaz, ética y socialmente
responsable para resguardar la sustentabilidad de los recursos involucrados y las
demandas del medio

Tabla N°1 Relación entre dominios, Competencias de titulación y objetivos

Objetivo General: Evaluar la influencia del ecosistema circundante (bosque nativo, ecotono y plantación) en el tamaño y desempeño de individuos de especies nativas, aplicando análisis estadísticos

Dominio	Competencia Titulación	de Objetivo específico
Uso, conservación y preservación de los recursos naturales renovables.	(1) Resolver problemas relacionado con el uso de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación considerando las condiciones ambientales y utilizando de manera ética y responsable los principios de la sustentabilidad, la tolerancia y el respeto por la diversidad, así como el uso adecuado y responsable de instrumentos, información, metodologías y herramientas tecnológicas pertinentes al manejo sustentable y sostenible de los recursos naturales y de las condiciones ambientales con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.	Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila), crecimiento (i.e., shoot) y tamaño (i.e., diámetro y altura) en individuos de Persea lingue, contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación.
Planificación del territorio	(3) Diagnosticar los elementos biofísicos del territorio (uso actual y línea base) utilizando el conocimiento de las ciencias naturales y	Identificar relaciones entre las variables de Persea lingue previamente analizadas (estrés, tamaño y



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

matemáticas, modelos de datos y herramientas tecnológicas de manera responsable y ética con el fin de cuantificar y cualificar adecuadamente los recursos y condiciones ambientales.

crecimiento) con el fin de predecir el desempeño en términos de estrés y crecimiento en función de ellos mismos y del tamaño de los individuos.



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN Y DEPARTAMENTO/UNIDAD

El Laboratorio de Biometría del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de La Frontera apunta a la generación de conocimiento cuantitativo del tipo científico-técnico sobre los recursos naturales y el medio ambiente, mediante la aplicación de diversos modelos estadísticos y matemáticos que propenden a la conservación y al uso sustentable de los recursos naturales.

VI. EXPOSICIÓN GENERAL DEL TRABAJO O FUNCIÓN A REALIZAR:

El estudiante durante el período indicado realizará acciones propias de su rol profesional, poniendo en juego sus competencias profesionales y genéricas, desempeñándose en el área de: investigación en tópicos ecológicos. Específicamente, Francisco realizará su trabajo adscrito al proyecto Fondecyt N°11170987 “Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration.” Sus principales tareas serán:

- Análisis cuantitativos de datos asociados al crecimiento y estrés de individuos arbóreos.
- Identificación de variables que expliquen eventuales diferencias en el crecimiento y/o stress de individuos arbóreos.
- Generación de un informe científico-técnico ad-hoc.

VII. ANEXOS

a) Plan De Actividades



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

PLANTILLA PLAN DE ACTIVIDADES:

Plan de Actividades

Objetivo General	Objetivo Específicos	Producto/resultado Esperado	Tareas o Actividades	Periodicidad en que realizará la tarea o actividad (expresado en diario/semanal/mensual)
	Analizar las diferencias en el estrés (i.e., fluorescencia de clorofila) y crecimiento (i.e., largo del último crecimiento anual, diámetro y altura) en individuos de Persea lingue, contrastando zonas de Bosque Nativo, Ecotono y Plantación)	Gráficas de caja que relacionen las variables con la zona correspondiente y muestren las diferencias existentes entre ellas. (Bosque Nativo, Ecotono y Plantación)	Revisión bibliográfica	Semanal
			Análisis exploratorio de los datos.	Semanal
			Comparación de medias/medianas	Semanal
			Redacción de informe técnico	Semanal
	Identificar relaciones entre las variables de Persea lingue previamente analizadas (estrés y crecimiento) con el fin de predecir el comportamiento de estos en función del otro.	Gráficos y valores de correlación entre variables, para evidenciar la influencia que existe entre las variables de estudio. Informe técnico conteniendo los principales resultados y métodos empleados.	Revisión bibliográfica	Semanal
			Análisis de correlación de Spearman	Semanal
			Redacción de informe final actividad de titulación	Semanal

Firma y timbre Supervisor
Directo

Nombre Supervisor Directo

Rodrigo Vargas Gaete



CONSTANCIA AUTORIZACIÓN PRESENTACIÓN INFORME ESCRITO ACTIVIDAD DE TITULACIÓN

MODALIDAD DE ACTIVIDADES DE TITULACIÓN

PRÁCTICA PROFESIONAL CONTROLADA
FORMULACIÓN, DISEÑO Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTO

X

Rodrigo Vargas Gaete , profesor(a) guía del estudiante Sr **Francisco Peña García**, N° de Matrícula: 19765101616 de la Carrera Ingeniería en Recursos Naturales autoriza la entrega del Informe Escrito de la Actividad de Titulación denominada: Estrés y crecimiento de *Persea lingue* bajo plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp en la Cordillera de Nahuelbuta, para ser sometido a revisión por parte de la Comisión Evaluadora designada para el efecto.

Firma Profesor Guía: Rodrigo Vargas Gaete

Temuco, 15 de marzo de 2021.