

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.

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.

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

Profesor Guía Dr. Rodrigo Vargas Gaete

JAVIERA CATALINA CÓRDOVA IBÁÑEZ

Octubre, 2020

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	3
II. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
2.1 Objetivo General.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE INVESTIGACIÓN	6
3.1 Antecedentes Generales	6
3.2 Descripción detallada de la institución o centro de investigación	6
3.2.1 Clasificación y servicio principal de la institución/centro de investigación.....	7
3.2.2 Influencia del medio externo a la institución/centro de investigación	7
3.2.3 Estructura organizacional de la institución/centro de investigación.....	8
3.2.4 Descripción de la unidad/departamento	9
IV. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA	9
4.1 Marco teórico.....	9
4.2 Justificación del proyecto.....	12
4.3 Metodología.....	13
4.4 Descripción de resultados	19
4.4.1 Comparación riqueza de especies vasculares nativas	20
4.4.2 Análisis regeneración especies arbóreas nativas	23
4.4.3 Exploración de variables micro-sitio y atributos de parches	25
4.5 Discusión.....	27
4.6 Conclusiones.....	29
V. ANÁLISIS CRÍTICO Y PLAN DE MEJORA	30
5.1 Fortalezas y debilidades del centro de investigación	30
5.2 Propuesta Plan de mejora	32
VI. EVALUACIÓN DEL PROCESO	33
6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales	33
6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales.....	33
VII. APOORTE AL PERFIL PROFESIONAL	33
7.1 Dominios desarrollados	33
7.2 Grado de cumplimiento de actividades comprometidas	34
VIII. CONCLUSIONES GENERALES	35
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	36
X. ANEXOS	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, UFRO	8
Fig 2. Mapa referencia de ubicación de área de estudio, incluyendo ambos sitios de muestreo Caramávida y Chachay, comuna de Cañete región del Biobío	14
Fig 3. Mapa diseño de muestreo para actividades de terreno.....	16
Fig 4. Gráfico de comparación de riqueza de especies vasculares nativas según condiciones.....	21
Fig 5. Gráfico de comparación de índice de diversidad de Shannon-Wiener medio según condición, en plantaciones de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp	22
Fig 6. Gráfico de comparación de índice de equidad de Pielou medio según condición en plantaciones de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp.....	22
Fig 7. Gráfico comparación de densidad de regeneración según categorías de distancia, para plantación de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp	24
Fig 8. Gráficos de comparación de riqueza de regeneración arbórea de acuerdo a las condiciones, contrastando plantaciones de <i>P. radiata</i> y plantaciones de <i>Eucalyptus</i> spp.....	25
Fig 9. Ordenación NMDS con datos florísticos de las parcelas en islas asociadas a plantación de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp.....	26
Fig 10. Gráficos de comparación de porcentaje de radiación incidente bajo dosel de las distintas condiciones de distancia a parches de bosque nativo.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de medianas de atributos de sitio, variables de micro-sitio y de riqueza de especies vasculares, según plantación de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp.....	20
Tabla 2. Regeneración mediana de especies arbóreas por ha presentes en plantación de <i>P. radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> spp según condición	23
Tabla 3. Cuadro resumen de fortalezas y debilidades del centro de investigación.....	30
Tabla 4. Iniciativas para reforzar las fortalezas del centro de investigación.....	31
Tabla 5. Iniciativas para superar/ mejorar las debilidades del centro de investigación.....	31
Tabla 6. Propuesta de Plan de mejora para el Laboratorio de Biometría.....	32
Tabla 7. Dominios desarrollados en la actividad de titulación.....	33
Tabla 8. Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación.....	34

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación corresponde a la última actividad curricular, como requisito para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales en la Universidad de la Frontera. Esta actividad fue desarrollado a través de la modalidad “Diseño, Formulación y/o Ejecución de Proyecto” en 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”*. El investigador responsable del proyecto es el Dr. Rodrigo Vargas Gaete, docente perteneciente 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.

Este proyecto tiene como objetivo general comprender los atributos de los parches de bosque natural rodeados de plantaciones exóticas, que contribuyen a retener la biodiversidad de plantas en el sotobosque de plantaciones adyacentes. Dentro de sus objetivos específicos, pretende (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.

Comprender cómo mitigar los efectos de la fragmentación de ecosistemas sobre la biodiversidad de los bosques naturales, es uno de los desafíos que enfrentan los investigadores a nivel mundial. Los bosques templados costeros de la zona centro-sur de Chile, sitio de estudio de esta investigación, es reconocido como uno de los 34 hotspots de biodiversidad, que han sido fuertemente fragmentados principalmente en las últimas décadas. A pesar de su alto valor para la conservación de la biodiversidad, diferentes actividades antrópicas como el cambio de uso de suelo y la conversión de bosques nativos por plantaciones forestales exóticas, han reducido considerablemente los bosques naturales siendo una amenaza para las especies que los habitan. Los bosques naturales de la región en estado óptimo se caracterizan por presentar una gran diversidad de especies y prestar diferentes servicios ecosistémicos. Por el contrario, se piensa que las plantaciones forestales de monocultivos son ambientes hostiles para el establecimiento de especies nativas, constituyendo ecosistemas pobres en términos de diversidad biológica. Sin embargo, esto

puede ponerse en discusión, ya que a pesar de que los bosques naturales pueden presentar una diversidad biológica mayor en contraste con las plantaciones forestales, esto no implica una carencia total. Analizar los atributos de los parches remanentes de bosque nativo insertos en esta matriz de plantaciones, que permiten la retención de la biodiversidad de plantas nativas en ecosistemas fragmentados, puede ser de interés si consideramos que existe una influencia positiva de estos parches en el establecimiento de especies nativas en las plantaciones adyacentes. De esta manera, conocer las características y funcionalidad de no sólo los parches remanentes, sino que también de las plantaciones forestales, pueden constituir oportunidades para elaborar estrategias de manejo informadas y contribuir a procesos de restauración y/o rehabilitación de ecosistemas perturbados por plantaciones forestales exóticas, colaborando con la coexistencia de ambas condiciones, que satisfagan tanto las necesidades de conservación, como la demanda de productos madereros.

Esta actividad de titulación aporta en la evaluación de la influencia de los parches de bosque nativo remanentes, sobre el establecimiento de especies vasculares bajo plantaciones forestales exóticas, mediante el análisis estadístico de la riqueza y abundancia de especies nativas y aplicando técnicas de muestreo de variables microclimáticas. Con el fin de aportar a la investigación de los efectos de la fragmentación y comprendiendo la importancia que tienen los parches de bosque nativo remanentes en la conservación de la biodiversidad.

II. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la influencia que poseen parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, sobre el establecimiento de especies vasculares en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus* spp. adyacentes.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar y comparar la riqueza de especies vasculares nativas en función de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus* spp. adyacentes.
- Analizar la abundancia de regeneración de especies arbóreas nativas asociadas a plantaciones forestales exóticas.
- Explorar variables de micro-sitio y atributos de parches, que influyen una mayor riqueza y abundancia de especies vasculares nativas en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Antecedentes Generales

Esta actividad de titulación se realizó bajo la modalidad de “Diseño, Formulación y/o Ejecución de Proyecto” enmarcada dentro 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.”* y fue desarrollada en el Laboratorio de Biometría de la Universidad de la Frontera. Este centro de investigación forma parte del Departamento de Ciencias Forestales perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. La descripción del entorno de investigación, se basará principalmente en estas tres entidades considerando su nivel de jerarquización y estructura organizacional, donde primeramente se encuentra la Universidad de la Frontera, institución pública que está conformada por seis facultades, entre ellas la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. A su cargo cuenta con tres departamentos, como es el caso del Departamento de Ciencias Forestales que le subyacen seis laboratorios, entre ellos en el que se pondrá principal énfasis al hacer la descripción detallada de sus características y funciones, el Laboratorio de Biometría.

3.2 Descripción detallada de la institución o centro de investigación

La Universidad de La Frontera (UFRO) es una institución de educación superior pública y estatal, ubicada en la ciudad de Temuco, capital de la región de La Araucanía. Es considerada entre las mejores del país y se encuentra en su tercera acreditación institucional otorgada por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) por seis años (2018-2024), en 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 Doctorado, 28 programas de Magíster y 35 programas de especialidad. Tiene sobre 8.500 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 (en adelante 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 académicos 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 donde se desarrolló esta actividad de titulación, que depende del Departamento de Ciencias Forestales antes mencionado.

3.2.1 Clasificación y 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. El Laboratorio de Biometría se enmarca dentro del área de investigación científica, generando conocimiento cuantitativo de carácter científico técnico sobre sistemas biológicos, recursos naturales y medio ambiente, mediante modelos estadísticos y matemáticos.

3.2.2 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.

3.2.3 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:



Fig 1. Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera.

3.2.4 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.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA

4.1 Marco teórico

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). Los cuales conllevan 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 & Fischer, 2013). La fragmentación de los bosques puede ser causada 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 (FAO, 2020).

En todo el mundo, la fragmentación de ecosistemas forestales es un proceso recurrente (Lindenmayer & Fischer, 2006). Se encuentra entre los principales causantes de la pérdida de biodiversidad a nivel global (Turner, 1996). Diversos estudios reconocen el papel de la fragmentación y la degradación de hábitats como responsables de los cambios de estructura y funcionalidad de los ecosistemas boscosos (Cayuela, 2006). En Chile, la fragmentación de los bosques naturales ha sido una perturbación constante, principalmente en la zona centro-sur entre la VII y X región del país. Específicamente en la cordillera de Nahuelbuta, este proceso ocurre principalmente debido a la alta demanda por productos madereros (Wolodarsky-Franke et al. 2011). Que 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. 2010).

La Cordillera de Nahuelbuta ha sido considerada como una de las áreas prioritarias de Chile y el mundo en lo que se refiere a la conservación de su biodiversidad. La importancia de esta región radica en los altos niveles de endemismo presente en sus bosques, reúne 690 especies de plantas vasculares nativas, donde 265 son endémicas y representan el 55% de las 480 especies endémicas que existen en todo Chile continental (Wolodarsky-Franke et al. 2011). 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). Las áreas prioritarias o hotspots de biodiversidad son aquellas que contienen al menos 1.500 especies de plantas vasculares endémicas (i.e., > 0,5% del total mundial) y que han perdido al menos un 70% de su hábitat original (Gil et al. 1999). Actualmente, esta área cubre casi el 40% del territorio chileno, extendiéndose desde la costa del Pacífico, hasta las cumbres andinas (25 y 47°S), incluyendo la estrecha franja costera (25 y 19°S), más la isla de Juan Fernández. Incluyendo Chile central, el Norte Chico, y parte del sur de Chile (IX hasta parte de la XI Región). 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).

La sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento, como *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, ha aumentado considerablemente su extensión en las últimas décadas (Lara et al. 2003). Actualmente existen más de 2.8 millones de ha de plantaciones forestales, de las cuales la especie forestal *P. radiata* cubre la mayor parte de esta superficie, con el 56%, seguidas por plantaciones de

Eucalyptus spp con el 38% (INFOR, 2019). Estas especies exóticas sustentan una economía centrada en las exportaciones y basada principalmente en la producción de fibra para celulosa y papel. Siendo el sector forestal, responsable del aporte de un 2,7% del PIB nacional (INFOR, 2015). Específicamente en la región del Biobío el 39% (895.648 ha) de la superficie de la región está destinada a plantaciones forestales, donde siguiendo la tendencia nacional, predominan las plantaciones de *P. radiata*, con más de la mitad del total regional (59%), seguidas por *Eucalyptus globulus* (27%) y *Eucalyptus nitens* (12%) (INFOR, 2019). Las opiniones sobre el real impacto que producen las cubiertas forestales sobre los recursos vegetacionales, hídricos, suelo, fauna, son variados y ampliamente discutidos. La sobreexplotación y prácticas forestales inadecuadas han repercutido en que sean consideradas una amenaza para los bosques naturales y los servicios ecosistémicos que estos proveen (Lara et al. 2003, Echeverría et al. 2006). Se ha observado un deterioro o disminución de la oferta de algunos de estos servicios, tales como la diversidad biológica y la provisión de agua en calidad y cantidad (Little et al. 2010). Esto, debido a la alta demanda hídrica que requieren estas especies, provocando la disminución del caudal y de la calidad del agua de cauces aledaños a cubiertas forestales. También han contribuido a la erosión del suelo debido a producción extensiva y periodos de rotación sin descanso, que resulta en un suelo empobrecido de nutrientes (FAO, 1987).

Los efectos de la fragmentación sumados a la sustitución de bosques nativos por plantaciones forestales, se traducen en amenazas para la riqueza y abundancia de especies nativas. Un alto grado de fragmentación puede generar la extinción local de especies amenazadas. Según García, (2011) el proceso de pérdida de diversidad biológica ocasionada por la fragmentación de bosques, se puede dar por medio de tres mecanismos: (1) la reducción directa del tamaño de las poblaciones, provocadas por la pérdida de hábitat; (2) la reducción indirecta del tamaño de las poblaciones, debido a la dificultad de dispersión entre poblaciones, impuesta por el aislamiento entre fragmentos de bosque naturales; y (3) la disminución en la eficacia biológica de las especies de los fragmentos, al verse cada vez más sometidas, debido al incremento en superficie de las condiciones hostiles presentes en la matriz circundante.

4.2 Justificación del proyecto

La pérdida y fragmentación de bosques es considerada actualmente uno de los principales agentes de amenazas para la conservación de la biodiversidad y la viabilidad de ecosistemas naturales (Dale & Pearson 1997, Armenteras et al. 2003). La división del hábitat continuo en fragmentos más pequeños y más aislados, ha modificado profundamente las características y la conectividad de los bosques y ha provocado graves pérdidas de biodiversidad (Haddad et al. 2015). En el escenario actual global, donde la superficie de bosque naturales disminuye y la extensión de plantaciones forestales aumenta, la búsqueda de soluciones a la crisis de biodiversidad ha estimulado a los científicos a enfocar sus investigaciones en explicar por qué la fragmentación repercute negativamente sobre la retención de las especies. Así mismo, surge la necesidad de comprender la diversidad y funcionamiento de los ecosistemas naturales y cómo los bienes y servicios que éstos proveen, se ven afectados por la fragmentación (García, 2011).

La cuantificación, determinación de causas y efectos de la fragmentación ha sido ampliamente reportada para ecosistemas tropicales, especialmente en regiones de la Amazonía. Sin embargo, en los bosques templados de Chile la investigación que contribuye a explicar este proceso es aún incipiente (Lara et al. 1989, Bustamante y Castor 1998, Olivares 1999, Echeverría et al. 2006, 2008). A pesar de que la tasa de deforestación de bosques naturales en Chile ha disminuido los últimos años (FAO, 2020) la pérdida de diversidad biológica persiste y las zonas destinadas a la conservación no están siendo suficientes para amortiguar el efecto de la pérdida de superficie de bosques naturales (Rozzi et al. 1994, Hannah et al. 2002). Un 92% de la superficie protegida en reservas del Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), se ubica fuera de las regiones de mayor diversidad y endemismo del bosque templado (Armesto et al. 1992; Mella & Simonetti, 1994) y las zonas inmediatamente adyacentes a las reservas se encuentran dominadas por plantaciones forestales exóticas y no están sujetas a ningún tipo de control o regulación del uso de la tierra (Rozzi et al. 1994). Específicamente para la Cordillera de Nahuelbuta, de las 200.000 ha de bosque nativo que se encuentran actualmente en la Cordillera, apenas 7.000 (3,5%) se encuentran bajo el amparo del SNASPE (Wolodarsky-Franke et al. 2011). Estos son el Parque Nacional Nahuelbuta y el Monumento Natural Contulmo, que son percibidos como bloques compactos dentro de un paisaje en el que se cuentan casi 12.000 fragmentos de bosque nativo, rodeados por extensas áreas de plantaciones forestales.

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 que 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. 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). Realizar análisis a nivel de paisaje, en conjunto con adoptar nuevas técnicas de manejo que permitan el proceso de sucesión ecológica natural, por parte de los tomadores de decisiones, puede contribuir al aumento del hábitat disponible de especies nativas y por ende su tamaño poblacional, mitigando de esta manera la amenaza que representa para la biodiversidad la fragmentación de bosques en la región.

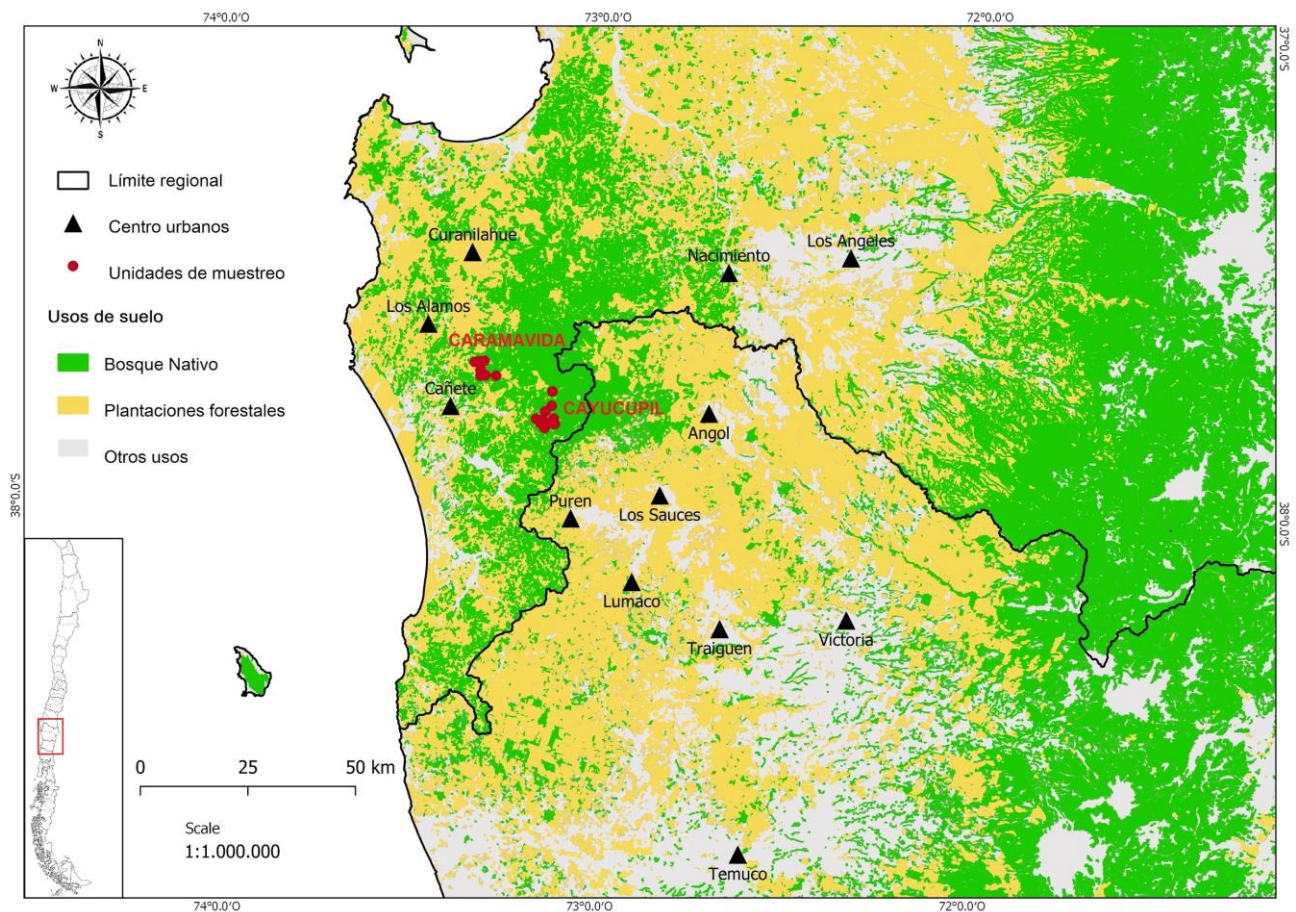
4.3 Metodología

4.3.1 Área de estudio

Como área de estudio se consideró un polígono de 250 mil ha ubicado en el límite regional costero, al sur de la región del Biobío y el norte de la región de La Araucanía (37-38° S), abarcando principalmente la comuna de Cañete. Específicamente se seleccionaron dos sitios de estudio en los sectores de Caramávida y Cayucupil, predios pertenecientes a la empresa Forestal Arauco S.A (Fig 2). El área de estudio se caracteriza por presentar un clima de transición entre mediterráneo cálido y subhúmedo en el norte, a uno templado húmedo y lluvioso en el sur (Wolodarsky-Franke et al. 2011). Las precipitaciones fluctúan entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales de norte a sur de la región (BCN, 2010).

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-RA-CO; *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 (CONAF, 2017).



Fuente: Cortez, 2020

Fig 2. Mapa referencia de ubicación de área de estudio, incluyendo ambas zonas de muestreo Caramávida y Cayucupil, comuna de Cañete región del Biobío.

4.3.2 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

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.

De los 18 parches seleccionados como zonas de muestreo, 9 corresponden a parches adyacentes o insertos en plantaciones de *P. radiata* y los otros 9 adyacentes plantaciones de *Eucalyptus* spp. Cada uno de estos parches de BN y sus plantaciones adyacentes se consideraron como sitios de estudio, donde se estableció un transecto de 140 m de longitud constituido por nueve parcelas de 5x5 m cada una, separadas por 20 metros de distancia entre sí. Estas parcelas fueron dispuestas de la siguiente manera: una parcela en la zona ecotonal (i.e., en la confluencia del parche de bosque nativo con la plantación forestal), dos parcelas hacia el interior del parche de bosque nativo y cinco hacia el interior de la plantación. Además, se adiciona perpendicular al transecto, una parcela de las mismas dimensiones siguiendo la línea de la zona de ecotono, a una distancia de 20 metros del ecotono anterior (Fig 3). En cada parcela se registró la composición florística, incluyendo la cobertura porcentual de cada una de las especies vasculares a través de la escala de Braun Blanquet (Braun-Blanquet, 1979). Además, en estas parcelas (5x5 m) se contó la regeneración arbórea presente, considerando como regeneración a los individuos arbóreos menores a dos metros de altura (DAP < 5 cm y < 2 m altura). Estos fueron contabilizados según clase de altura, que se agruparon de la siguiente forma: (1) individuos entre 0 a 0,5 m de altura, (2) 0,5 a 1m de altura y (3) 1 a 2 m de altura.

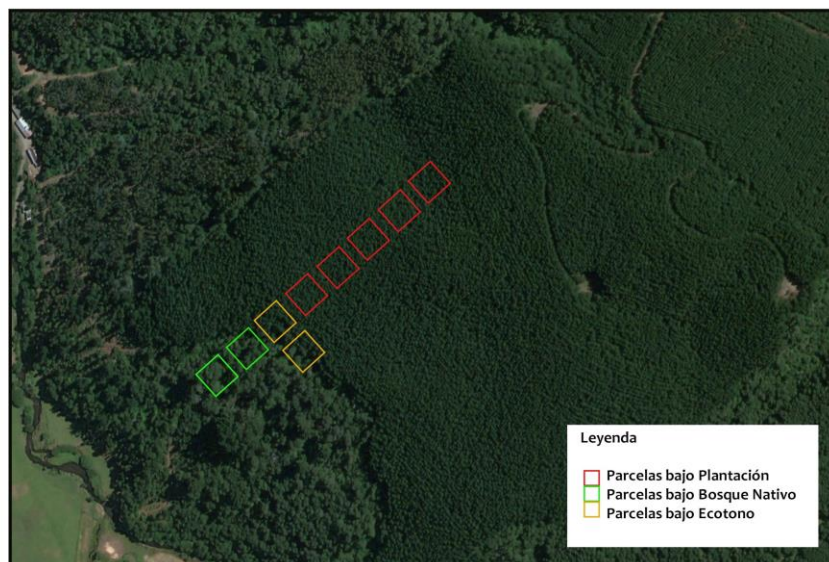


Fig 3: Diseño de muestreo para actividades de terreno. Los polígonos corresponden al transecto donde se colectaron datos de variables microclimáticas y de composición florística.

Por último, la obtención de variables microclimáticas se realizó en base a dos aproximaciones diferentes. El primer método consta de un piranómetro portátil (Apogee MQ-500) con el cual se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés), que infiltra el sotobosque de las distintas condiciones. La radiación PAR fue registrada en tres puntos de cada parcela, que fueron seleccionados según la cobertura de copa, dispuestos de la siguiente manera: 1 en zona abierta (i.e., sin cobertura arbórea o en su defecto cobertura semidensa), 1 en zona cerrada (i.e., con cobertura arbórea densa) y 1 en el centro de parcela (la cobertura arbórea es aleatoria).

El segundo método consta de la utilización de 3 registradores de datos o data loggers que se instalaron en 3 condiciones distintas: 1 bajo dosel en plantación de *P. radiata*, 1 bajo dosel de bosque nativo y 1 en una zona desprovista de vegetación (cancha de madereo). Estos fueron instalados 1.2 metros de altura, configurados para tomar datos cada 1 minuto. Cada data logger estaba conectado a 3 sensores externos que registraban mediciones de variables climáticas: radiación ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), humedad (m^3/m^3) y temperatura del suelo ($^{\circ}\text{C}$). Fueron instalados a fines de época de invierno (agosto, 2019) y retirados luego de 3 meses de registro de datos a fines de primavera (diciembre, 2019).

4.3.3 Análisis de datos

En el análisis de los datos se utilizó el software estadístico R (R core team, 2018). Las pruebas de normalidad de las variables analizadas se realizaron con Lilliefors test, la comparación de diferencias estadísticamente significativas se aplicó test de Kruskal-wallis para datos no paramétricos y test de t-student para datos con distribución normal o Gaussiana. Se complementó el análisis de la comparación de diferencias con la medición del tamaño del efecto a partir de la “d” de Cohen. 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).

Riqueza de especies vasculares y abundancia de regeneración arbórea

Para el análisis de datos, se contrastó la riqueza de plantas vasculares y la abundancia de regeneración arbórea por ha (< 5 cm DAP y < 2 m altura) presentes en las parcelas de muestreo, según un gradiente de distancia a la que estas se encontraban dentro del transecto. 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 3 categorías: Bosque Nativo (BN), ubicadas a los 0 y 20 metros (n= 2 parcelas); Ecotono (EC), ubicadas a los 40 metros (n = 2 parcelas); Plantación Cercana (PLC), ubicadas a los 60 y 80 metros (n= 2 parcelas) y Plantación Lejana (PLL), ubicadas a los 100, 120 y 140 metros (n = 3 parcelas).

Como indicadores de la diversidad de especies vasculares, se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Pielou. Se contrastaron las medias de las diferentes categorías (i.e., condiciones BN, EC, PLC y PLL) para los transectos pertenecientes a plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. El índice de diversidad de Shannon (H'), también conocido como Shannon-Wiener (Shannon y Wiener, 1949), muy común cuando se quiere determinar la diversidad de especies vegetales, refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Este índice se expresa en números positivos, siendo el límite inferior 0 (cuando presenta sólo una especie) y aumenta a medida que hay mayor riqueza de especies y equidad de abundancia entre ellas, sin tener límite superior. En la mayoría de los ecosistemas naturales, el valor de H' generalmente varía entre 1,5 y 3,5 y raramente sobrepasa el 5

(Somarriba, 1999), Magurran (1988), indica que los valores menores a 1,5 se consideran como de diversidad baja, los valores entre 1,6 a 3 como de diversidad media y los valores iguales o mayores a 3,1 como de diversidad alta. El índice de Shannon se define por la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln P_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon

S = Número total de especies (i.e riqueza de especies)

Pi = Abundancia relativa de especies

ln = Logaritmo natural

Además, se empleó el índice de equidad de Pielou J' para medir la uniformidad de la abundancia relativa de las especies proveniente del índice de *Shannon-Wiener*. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988). El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

J' = Índice de Pielou

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = Número total de especies (i.e riqueza de especies)

Exploración de datos microclimáticos

La exploración de las variables de micro-sitio, se realizó caracterizando las diferentes variables de acuerdo a las dos aproximaciones de muestreo anteriormente descritas en la metodología (i.e., Piranómetro y Registrador de datos). La primera aproximación correspondiente a la variable radiación, se describió calculando el porcentaje de radiación incidente medio por parcela. Además, se contrastaron las condiciones de bosque nativo (BN), ecotono (EC), plantación de pino (PLP) y plantación de eucalipto (PLE). La segunda aproximación correspondiente al registrador de datos de las variables radiación, humedad, temperatura de ambiente, y temperatura del suelo, se realizó contrastando los valores

medianos de las condiciones de bosque nativo (BN), plantación de pino (PLP) y una zona abierta (i.e., sin cobertura arbórea).

Por otra parte, para considerar el ensamble o composición de especies en los distintos sitios evaluados, se realizó una ordenación NMDS (non metric multidimensional scaling) utilizando los datos florísticos de cada una de las parcelas empleando la distancia Bray- Curtis (Oksanen et al. 2011). Este tipo de análisis multivariado permite visualizar en un punto cada una de las parcelas tras reducir la multidimensionalidad de los datos florísticos. Para identificar relaciones entre los atributos o características de los sitios de estudio (parches de BN, zonas de ecotono, plantaciones), y la composición florística, se correlacionaron ciertas variables explicativas sobre la ordenación NMDS generada (función envfit; Vegan, Oksanen et al. 2011). Las variables incluidas fueron los atributos de sitio: Tamaño del parche, Edad de plantación, Relación perímetro/área, Aislación, Pendiente, Exposición, Forma. Y también variables de micro-sitio: Radiación, Hojarasca (%), Necromasa (%), Altitud y Suelo mineral (%).

4.4 Descripción de resultados

En total, se midieron 243 parcelas de 25 m² de las cuales, 162 pertenecían a transectos adyacentes a plantaciones de *P. radiata* y 81 a transectos adyacentes a plantaciones de *Eucalyptus* spp. De los atributos de sitio evaluados, el tamaño de parche de bosque nativo, tiene un valor mediano de 7,1 y 16,9 ha para los transectos adyacentes a *P. radiata* y *Eucalyptus* spp respectivamente. Los valores medianos de la edad de las plantaciones se encuentran entre 16,5 y 31 años, siendo las plantaciones de *Eucalyptus* spp las con mayor edad. La plantación de *Eucalyptus*, presentó porcentajes medianos más bajos que las plantaciones de Pino, en términos de variables de micrositio como porcentaje de Necromasa, Hojarasca y Suelo Mineral.

Respecto a la riqueza total de especies vasculares encontradas se identificaron 160 especies distintas, de las cuales 134 corresponden a especies de origen nativo y 26 a especies exóticas. La riqueza de especies nativas (i.e., n° de especies) es similar para ambas condiciones, variando en promedio entre 8 a 12 especies por parcela, para el caso de plantación de Pino y entre 10 a 12 especies para Eucalipto. La ocurrencia de especies exóticas, fueron poco frecuentes en ambas condiciones, con un valor mediano máximo de 2 especies exóticas presentes por parcela. (Tabla 1)

Tabla 1. Cuadro resumen de medianas de atributos de sitio, variables de micrositio y de riqueza de especies vasculares, según plantación de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp adyacentes a parches de bosque nativo y según el tipo de parcela o condición (i.e., Bosque Nativo (BN), Ecotono (EC) y Plantación (PL)). Se presenta entre paréntesis el coeficiente de variación.

	Plantación de Pino (N=162)			Plantación de Eucalipto (N= 81)		
Atributos de sitio						
Tamaño del parche (ha)	7,1 (1,3)			16,9 (0,5)		
Relación perímetro/área	215,5 (0,4)			264,8 (0,3)		
Aislación de parches (m)	132,4 (0,7)			135,2 (0,5)		
Pendiente (%)	28 (0,5)			40 (0,3)		
Exposición	NE			SO		
Edad de plantación (años)	16,5 (0,1)			31 (0,2)		
Variables de micrositio	BN	EC	PL	BN	EC	PL
Necromasa (%)	37,5 (0,6)	30 (0,7)	50 (0,5)	20 (0,6)	30 (0,4)	30 (0,4)
Suelo Mineral (%)	11 (0,6)	12 (0,7)	8 (0,8)	5 (0,9)	7,5 (0,8)	5 (1,0)
Hojarasca (%)	85 (0,2)	84 (0,1)	90 (0,2)	62,5 (0,3)	60 (0,3)	60 (0,2)
Radiación (%)	2,0 (1,5)	11,1 (1,3)	10,5 (1,0)	1,2 (1,1)	4,1 (1,0)	9,8 (1,0)
Riqueza y diversidad florística	BN	EC	PL	BN	EC	PL
Riqueza de especies vasculares nativas	12 (0,3)	11 (0,3)	8 (0,4)	12 (0,4)	11 (0,3)	10 (0,3)
Riqueza de especies vasculares exóticas	1 (0,4)	2 (0,6)	2 (0,7)	1 (0)	1 (0,5)	2 (0,6)
Índice de Shannon	1,59 (0,2)	1,41 (0,3)	1,26 (0,4)	1,91 (0,2)	1,97 (0,2)	1,86 (0,2)
Índice de Pielou	0,65 (0,2)	0,56 (0,2)	0,56 (0,3)	0,78 (0,1)	0,79 (0,1)	0,79 (0,1)

4.4.1 Comparación riqueza de especies vasculares nativas

En términos generales, la comparación de riqueza de especies vasculares nativas presentes en las distintas parcelas agrupadas por categorías de distancia al parche de bosque nativo (i.e., BN, EC, PLC y PLL., n= 216), resultó en que no se encontraron diferencias desde el punto de vista estadístico entre bosque nativo y ecotono. Por el contrario, estas si se presentan entre las condiciones de bosque nativo - plantación cercana y bosque nativo-plantación lejana siendo superior en términos de riqueza la condición de bosque nativo (Fig 4). Los datos analizados presentaron una distribución de datos normal o gaussiana, exceptuando la riqueza de la condición de plantación lejana.

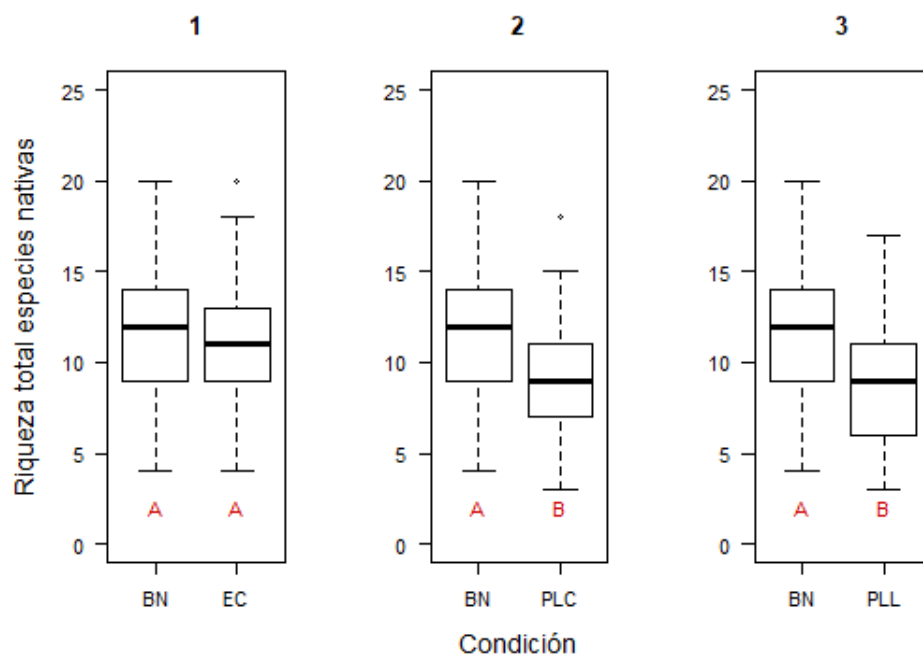


Fig 4. Gráficos de comparación de riqueza de especies vasculares nativas comparadas con las distintas condiciones: (1) Bosque nativo vs ecotono, (2) Bosque nativo vs plantación de cercana y (3) Bosque nativo vs plantación lejana

Por otra parte, al calcular el índice de diversidad de Shannon para cada condición, se obtuvo que no existen diferencias entre las diferentes condiciones (i.e., BN, EC, PLC y PLL) desde el punto de vista estadístico. Para el caso de la plantación de *Eucalyptus* spp el rango de medias fue entre 1.81 a 1.85, siendo la condición de bosque nativo la que presenta el índice de biodiversidad más alto. Por el contrario, la plantación de *P. radiata* obtuvo un rango de medias más bajo en contraste con la plantación de *Eucalyptus*, presentando valores medios entre 1.23 a 1.55, siendo la condición de bosque nativo la que presentó el índice de biodiversidad más alto (Fig. 5). Por su parte, el índice de equidad de Pielou se comportó de forma similar, con valores medios más cercanos a 1 para plantación de *Eucalyptus*, sin presentar diferencias entre condiciones (Fig. 6).

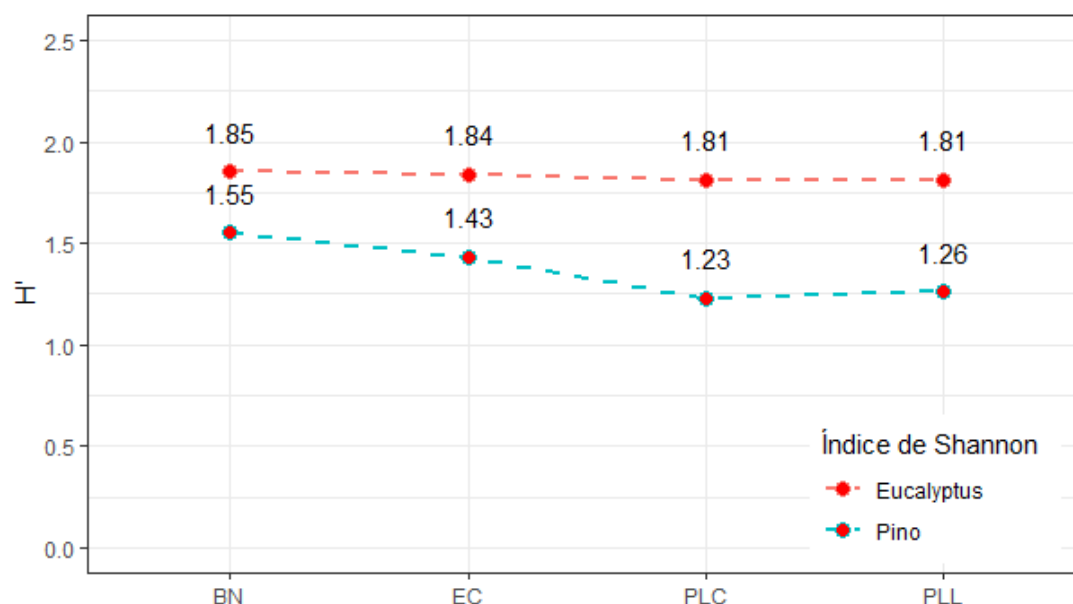


Fig 5. Gráfico de comparación de índice de diversidad de Shannon-Wiener medio según condición, contrastando diversidad de especies vasculares nativas, en base a su cobertura porcentual, en plantaciones de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp. Existe diferencias significativas entre plantaciones, para las condiciones de ecotono, plantación cercana y plantación lejana.

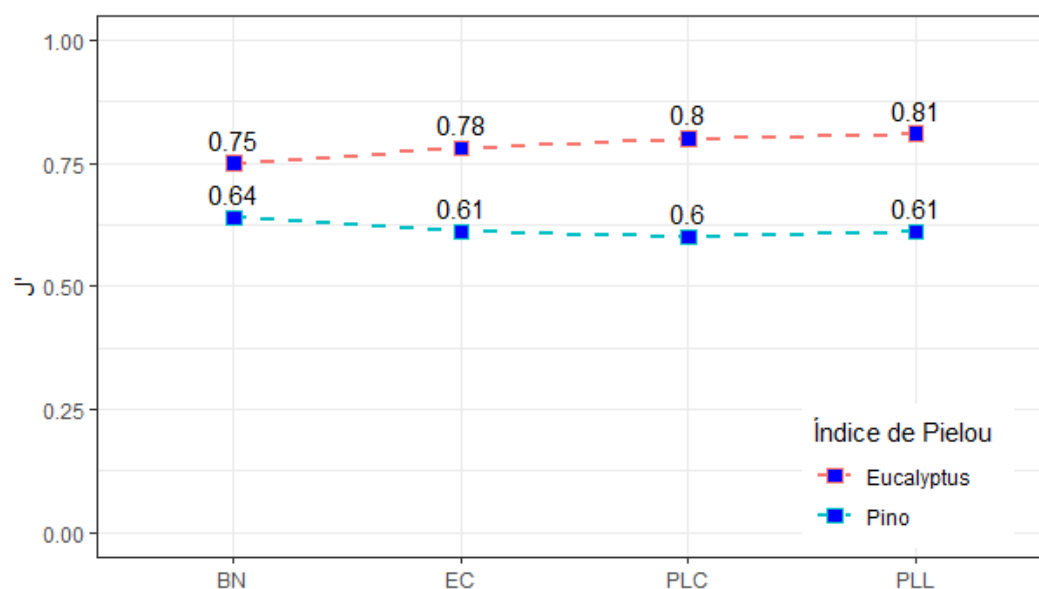


Fig 6. Gráfico de comparación de índice de equidad de Pielou medio según condición, contrastando diversidad de especies vasculares nativas, en base a su cobertura porcentual, en plantaciones de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp. Existen diferencias significativas entre plantaciones, para las condiciones de ecotono, plantación cercana y plantación lejana.

4.4.2 Análisis regeneración especies arbóreas nativas

El análisis de regeneración de especies arbóreas (DAP < 5 cm y < 2 m altura) resultó en una riqueza arbórea total de 28 especies presentes en los sitios de estudio, de las cuales 25 correspondieron a taxa de especies nativas asociadas principalmente al tipo forestal RO-RA-CO, y 3 de origen especies exóticas, coincidentes con las especies de las plantaciones forestales adyacentes a los parches de bosque nativo (i.e., *E. globulus*, *E. nitens* y *P. radiata*, revisar listado de regeneración arbórea en apéndice Tabla 1). Tanto en plantación de pino como en plantación de eucalipto se encontró regeneración arbórea en las 3 clases de alturas consideradas. Al analizar la abundancia de regeneración, para el caso de pino la clase con valor mediano mayor fue la de individuos < 0,5 m, con ~6000 individuos/ha. En plantación de eucalipto la clase intermedia, de altura entre 0,5 a 1 m fue la más abundante, con un valor mediano de ~5600 individuos/ha (Tabla 2).

La comparación de la densidad de regeneración arbórea por ha, según las categorías de distancia al parche de bosque nativo, resultó en que existen diferencias estadísticamente significativas para el contraste entre bosque nativo-plantación cercana y bosque nativo-plantación lejana. Por el contrario, no existieron diferencias entre bosque nativo y la zona ecotonal (Fig 7).

Tabla 2. Regeneración mediana de especies arbóreas por ha que ocurren en plantación de *P. radiata* y *Eucalyptus* spp según condición. Se presenta entre paréntesis el coeficiente de variación (%).

Condición/ Clase de altura	Plantación de Pino (N=162)			Plantación de Eucalipto (N= 81)		
	> 0 - 0,5 m	>0,5 - 1 m	>1 - 2 m	> 0 - 0,5 m	>0,5 - 1 m	>1 - 2 m
Bosque Nativo	1600 (1,1)	1600 (1,0)	1200 (1,6)	1600 (1,1)	1400 (0,5)	600 (1,1)
Ecotono	2000 (1,2)	1000 (1,3)	600 (1,5)	1200 (1,6)	1400 (1,3)	800 (1,0)
Plantación cercana	1200 (1,2)	1000 (1,1)	400 (1,4)	600 (1,1)	1200 (0,6)	1000 (1,1)
Plantación lejana	1200 (1,2)	800 (1,1)	400 (1,4)	800 (1,0)	1600 (0,8)	1600 (0,8)
Total	6000 (1,2)	4400 (1,1)	2600 (1,5)	4200 (1,2)	5600 (0,8)	4000 (1,0)

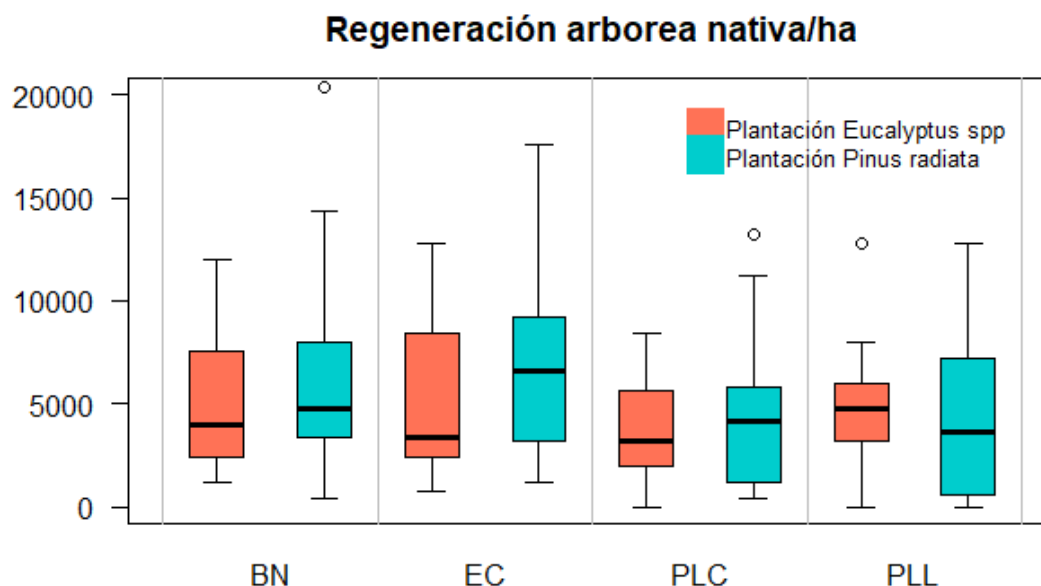


Fig 7 Gráfico comparación de densidad de regeneración según categorías de distancia para plantación de *P. radiata* (n= y *Eucalyptus* spp.

Por otra parte, se contrastaron las categorías de distancia al parche de bosque nativo, pero esta vez comparando la riqueza de especies arbóreas en regeneración, de los transectos adyacentes a plantación de *Pinus radiata* con los de plantación de *Eucalyptus* spp. El contraste de las condiciones (i.e., Bosque nativo, Ecotono, Plantación cercana y Plantación lejana) resultó que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre la riqueza de especies arbóreas presentes en pino y eucalipto, siendo este último el que presenta valores más altos (Figura 8).

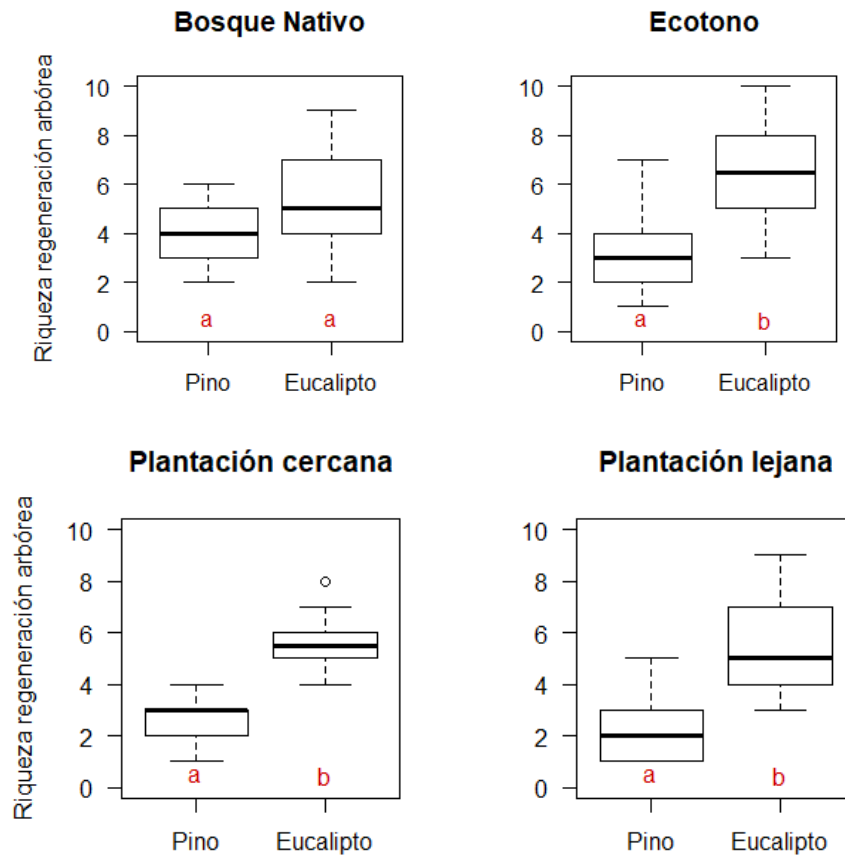


Fig 8 Gráficos de comparación de riqueza de regeneración arbórea de acuerdo a las condiciones de bosque nativo (BN), Ecotono (EC), Plantación cercana (PLC) y Plantación lejana (PLL) contrastando transectos adyacentes a plantaciones de *P. radiata* (n=81) y plantaciones de *Eucalyptus spp* (n=81).

4.4.3 Exploración de variables micro-sitio y atributos de parches

El análisis de ordenación multivariada de datos muestra que existe similitud en términos florísticos entre algunas parcelas ubicadas en plantaciones forestales de *Eucalyptus spp* y *P. radiata*, que se asemejan a la condición de bosque nativo (determinada por su proximidad). Dentro de los atributos de parches y variables de sitio, el atributo edad de plantación resultó un predictor fuerte ($p < 0,05$) que se correlaciona positivamente con la riqueza de especies nativas. También, la variable porcentaje de hojarasca mostró correlación, aunque con una asociación más débil que edad de plantación, respecto a la riqueza de especies. Disminuyendo la riqueza a medida que el porcentaje de hojarasca aumenta (Fig 9). Además, con un nivel de asociación menor, se identifica al atributo

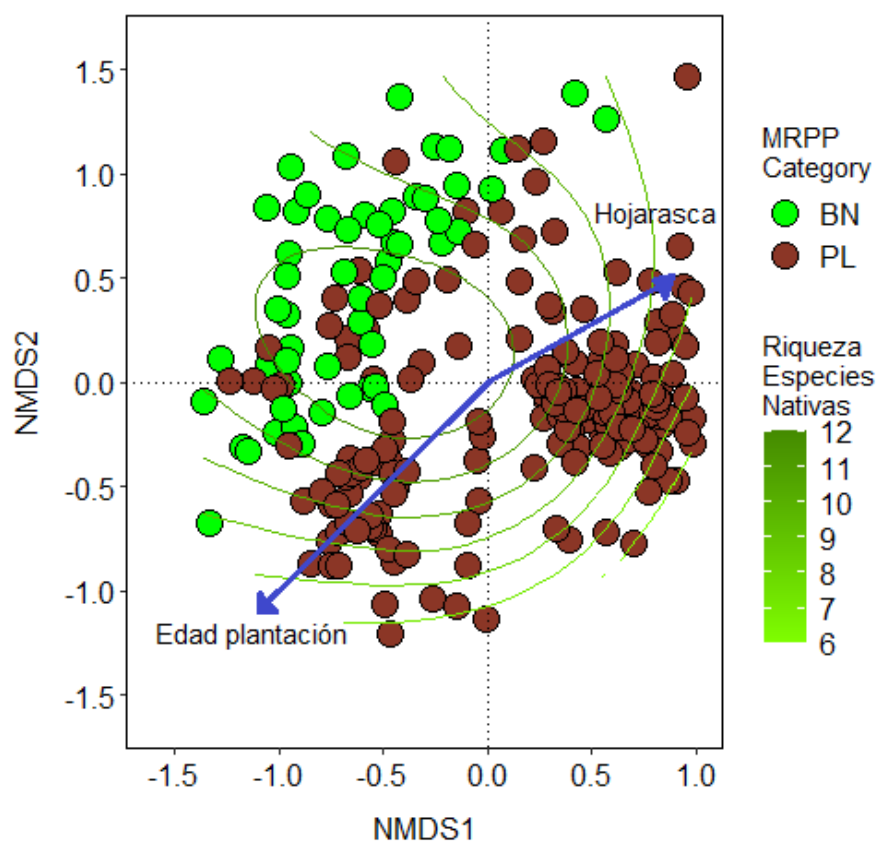


Fig 9. Ordenación NMDS con datos florísticos de las parcelas en islas asociadas a plantación de *P. radiata* (n=162) y *Eucalyptus spp* (n=81). No existieron diferencias florísticas entre zonas de plantación y zonas ecotonaes, por lo cual se consideran sólo zonas de BN (en verde) y PL= plantación (en café). Las líneas representan curvas de riqueza de especies nativas.

Descripción de variables microclimáticas según aproximaciones

La descripción de la variable radiación determinada por el método del piranómetro (n=162), resultó en que la condición con mayor porcentaje de radiación infiltrada en el sotobosque fue la zona ecotonal con un 16,2%, seguido por la condición de plantación de *Eucalyptus spp* con un 14,4%. Por el contrario, el bosque nativo presenta el porcentaje más bajo de radiación con una media de 7,5% de radiación incidente por parcela. Al comparar el porcentaje de radiación incidente para las distintas condiciones, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre bosque nativo-plantación de *Eucalyptus*, y entre bosque nativo-plantación de *P. radiata*. La zona ecotonal no presentó diferencias significativas desde el punto de vista estadístico (Fig 10).

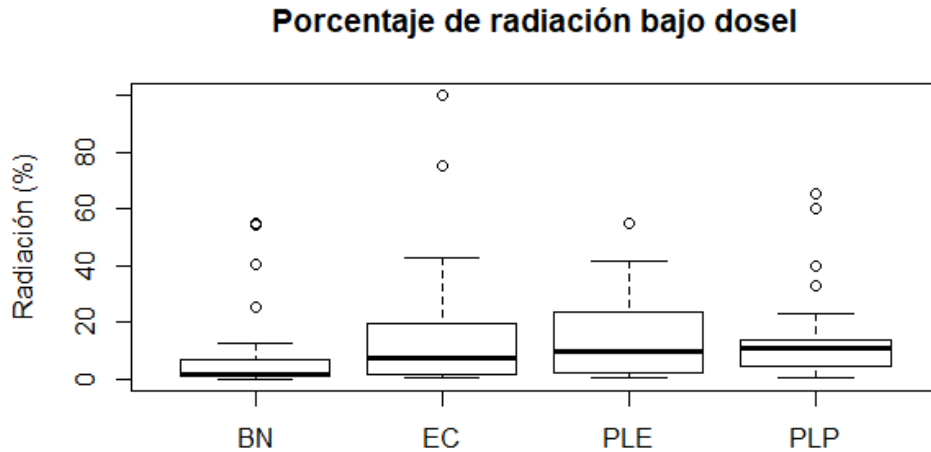


Fig 10. Gráficos de comparación de porcentaje de radiación incidente (PPFD) bajo dosel de las distintas condiciones (n = 162). Donde BN: Bosque nativo, EC: Ecotono, PLE: Plantación de *Eucalyptus* y PLP: Plantación de *P. radiata*

La segunda aproximación correspondiente al método del registrador de datos resultó en que, para el caso de la humedad, existen diferencias estadísticamente significativas entre bosque nativo-plantación y entre plantación-zona abierta, siendo superior la humedad en ambos casos para la condición de plantación. Para el caso de la temperatura del suelo y temperatura ambiente no se encontraron diferencias significativas entre condiciones.

4.5 Discusión

Al evaluar la influencia de la distancia desde bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* sobre la riqueza de especies vasculares nativas, se observó que existe una relación entre variables, donde a medida que aumenta la distancia al parche de bosque nativo, el número de especies que ocurren disminuye. Presentando diferencias estadísticamente significativas, las condiciones que se encuentran a 60 metros o más de lejanía al parche de bosque nativo (i.e., plantación cercana y plantación lejana). Sin embargo, el tamaño del efecto de la comparación de diferencias según d de Cohen es bajo para ambas condiciones, por lo que, a pesar de existir diferencias, el valor medio de especies diferentes encontradas no varía ampliamente. Respecto a los índices de diversidad evaluados, la interpretación del índice de Shannon-Wiener según Marrugan (1988) indica que las plantaciones de *Eucalyptus* spp presentan un nivel medio de diversidad, superando a las plantaciones de *Pinus radiata* que presentan un nivel bajo de diversidad, exceptuando la condición de bosque nativo, que como es de esperar, es similar en ambas plantaciones. El comportamiento de la equidad de Pielou fue similar al del indicador de diversidad, obteniendo

valores medios más cercanos a 1 (correspondiente a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes) en los sitios asociados a plantación de *Eucalyptus* spp.

Dentro de los atributos de los parches de bosque nativo remanentes, se destaca la diferencia entre *P. radiata* y *Eucalyptus* spp, en los valores medios de la edad de las plantaciones y el tamaño de los parches. Estos son significativamente superiores para las plantaciones de *Eucalyptus* spp, que pueden explicar las diferencias de diversidad y abundancia de especies entre plantaciones. Diversos estudios coinciden en que el tamaño de los fragmentos o parches, se relaciona positivamente con la riqueza de especies, de modo que, a medida que la superficie del parche aumenta, la riqueza también (Galanes y Thomlinson, 2009; Echeverría, 2007; Heegaard et al. 2007). Esto se explicaría debido al aumento de heterogeneidad del hábitat en fragmentos de tamaño grande versus fragmentos pequeños. Así, hábitats estructuralmente más complejos y heterogéneos ofrecerían más recursos para el establecimiento de un mayor número de especies (Pincheira-Ulbrich et al. 2009).

El análisis de la regeneración arbórea según clases de altura, destaca la gran cantidad de individuos que germinan en las distintas clases y que la diferencia entre la densidad de regeneración entre bosque nativo y las demás condiciones no varían ampliamente. Es posible que la mayor abundancia de individuos de clase de altura > 1m, para el caso de plantaciones de *Eucalyptus* spp sean reflejo de un estado sucesional avanzado, que se puede relacionar con la edad mediana de las plantaciones forestales muestreadas (~31 años), lo que ha permitido el establecimiento de los individuos en el tiempo. Por lo que considerar acciones de manejo y mecanismos de cosecha alternativos, que permitan el establecimiento de los individuos es vital para la retención de diversidad bajo plantaciones forestales. Mayoritariamente las iniciativas de restauración son extremadamente costosas en recursos económicos, y los resultados son casi siempre inciertos (bannister et al. 2015), por lo que la aplicación de estrategias de restauración ecológica basadas en el conocimiento de la dinámica de la regeneración natural, puede ser una herramienta efectiva y de bajo costo, en áreas donde exista la oportunidad de tener un mayor impacto en la conservación de la diversidad (García, 2015).

El entendimiento de los factores que influyen la retención de especies nativas y la comprensión de cómo la fragmentación forestal puede influenciar la viabilidad de las poblaciones, son esenciales para gestionar adecuadamente las áreas que albergan especies con objetivos de conservación. Los resultados que aquí se detallan proporcionan información útil para ser consideradas en la gestión de hábitats forestales y para calibrar el efecto de la fragmentación y algunas acciones de manejo sobre la conservación de la biodiversidad.

En general, los datos evaluados en este trabajo, determinan que existe una percolación de especies nativas bajo dosel de plantaciones forestales adyacentes, que se ve influenciada por la distancia hacia el parche de bosque nativo. El contraste entre plantaciones mostró que *Eucalyptus spp* presenta mayor capacidad de retención de especies ya que, según el análisis, presenta un nivel de diversidad y equidad superior a plantaciones de *Pinus radiata*. Además, el análisis de riqueza de regeneración natural de especies arbóreas, destaca a las plantaciones de *Eucalyptus spp* cercanas a los parches de bosque nativo, como áreas favorables para realizar iniciativas de restauración ecológica donde se requiera al menos la presencia de especies nativas.

4.6 Conclusiones

Respondiendo a los objetivos de la investigación, se puede concluir que si existe una retención de especies vasculares nativas bajo dosel de plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp*. Y esta se ve influenciada por la presencia de parches de bosque nativos remanentes que, a base de dispersión y regeneración natural, promueve la percolación de especies nativas bajo estas plantaciones. Se observó que el efecto de la distancia al parche de bosque nativo influye en la riqueza y abundancia de especies nativas disminuyendo a medida que la distancia aumenta, y resalta el hecho de que no existe una variación drástica entre categorías de distancia. El contraste en términos de diversidad biológica entre las condiciones, posiciona a las plantaciones de *Eucalyptus spp* adyacentes a parches de bosques nativo, como áreas con mayor retención de riqueza de especies nativas. Considerar estas áreas y sus atributos, pueden constituir oportunidades para realizar acciones de restauración o rehabilitación de ecosistemas, con objetivos de conservación de biodiversidad. Se destaca el atributo edad de la plantación como un factor determinante en términos de riqueza de especies nativas, que debe ser considerado al momento de optar por mecanismos de cosecha que propicien la mantención de esta diversidad.

Finalmente, es importante tener en cuenta que esta aproximación es un punto inicial en el estudio de la retención de especies bajo plantaciones forestales. Este debe ser complementado con análisis acabados de la dinámica, estructura y estado de conservación de los parches de bosque nativo remanentes y plantaciones forestales adyacentes.

V. ANÁLISIS CRÍTICO Y PLAN DE MEJORA

5.1 Fortalezas y debilidades del centro de investigación

Al analizar el desarrollo de esta actividad de titulación dentro del laboratorio de Biometría, se pudieron identificar fortalezas y debilidades que presenta el centro de investigación. Dentro de sus principales fortalezas está la capacidad que tienen de incluir estudiantes de carreras afines a los recursos naturales, tanto de pregrado como de postgrado, ofreciendo la oportunidad de participar en diferentes proyectos de investigación, aumentando la red de contactos de sus integrantes y promoviendo el trabajo colaborativo entre estudiantes, profesionales y docentes. Adicionalmente, tiene la capacidad de facilitar herramientas y espacios para que los estudiantes puedan ejercer sus funciones y disponer de los recursos necesarios para eso, constituyéndose como un centro amigable para el desarrollo de prácticas y proyectos de título.

Por otra parte, considerando el contexto actual que imposibilita el desarrollo habitual de las funciones dentro del laboratorio, teniendo que pasar por el proceso de adaptación a las nuevas condiciones de trabajo remoto, se pudo identificar como debilidad la falta de divulgación del conocimiento científico generado en el laboratorio, que permite incentivar a los estudiantes y a la comunidad a participar e informarse en los trabajos de investigación que se desarrollan. Esto se refleja también en las pocas instancias de vinculación con el medio que en el contexto actual pueden traducirse a realizar jornadas de divulgación como: seminarios, conversatorios, utilización y constante actualización de redes sociales, entre otros, que pueden ser muy útiles como herramienta para realizar iniciativas de educación ambiental.

Tabla 3: Cuadro resumen de fortalezas y debilidades del centro de investigación

Fortalezas	I. Capacidad de integración constante de estudiantes fortaleciendo redes de contacto y trabajo colaborativo. II. Facilitación de espacios y herramientas para un adecuado desarrollo de funciones.
Debilidades	I. Divulgación del conocimiento generado y vinculación con el medio externo al laboratorio.

a) Propuestas para reforzar las fortalezas

Dentro de las propuestas de mejoras que permiten potenciar las fortalezas del Laboratorio de Biometría como centro de investigación, mencionadas anteriormente (Tabla 8) se propone lo siguiente:

Tabla 4: Iniciativas para reforzar las fortalezas del centro de investigación.

Iniciativa	Argumento
Dar a conocer a nivel de facultad el quehacer del laboratorio de Biometría con el fin de promover la participación.	Esta iniciativa surge debido al desconocimiento que presenta el estudiantado de las labores y proyectos que se desarrollan dentro del laboratorio y la red de contactos que tiene con otras instituciones y/o centros de investigación.
Habilitar más herramientas web y fortalecer las ya existentes.	La utilización de páginas web y la difusión de información por medio de redes sociales y plataformas de transmisión directa, es una oportunidad para ampliar el rango de divulgación de las actividades desarrolladas en el laboratorio e incluir al medio externo en las temáticas de investigación actual.

b) Propuestas para mejorar/superar las debilidades

Tabla 5: Iniciativas para superar/ mejorar las debilidades del centro de investigación.

Iniciativa	Argumento
Propiciar jornadas de divulgación científica	En el contexto actual, iniciativas como la realización de seminarios y/o conversatorios, ya sea presenciales o de forma remota (en línea) pueden resultar una herramienta útil como medio de traspaso de información y de participación ciudadana.
Generar material ilustrativo	Generar material didáctico como pósters o material audiovisual, pueden ser una estrategia de propaganda eficiente, debido a que resulta más llamativo y puede ser difundido tanto en las dependencias de la universidad

	como en plataformas web teniendo un mayor y más efectivo alcance a la comunidad.
--	--

5.2 Propuesta Plan de mejora

El plan de mejora propuesto busca potenciar aún más las fortalezas y mejorar las debilidades identificadas del Laboratorio de Biometría como centro de investigación en el desarrollo de esta actividad de titulación. Para esto se consideró la misión del laboratorio de investigación, los recursos humanos y tangibles que tiene para el desarrollo de las iniciativas y un plazo máximo de un año para poder realizarlas. Dentro de las iniciativas se encuentra propiciar jornadas de divulgación científica, donde los integrantes del laboratorio realicen seminarios o conversatorios en plataformas de transmisión directa, sobre los proyectos que se estén desarrollando en el laboratorio. También se propone la generación de material ilustrativo (pósters o material audiovisual) como propaganda de las actividades que se realizan en el laboratorio, que quede a disposición de la comunidad universitaria en murales y sitios web. Y una actualización constante de las plataformas digitales que posee el laboratorio y la incorporación del uso de redes sociales para la divulgación de información. En el siguiente cuadro se resume la propuesta de plan de mejora para el Laboratorio de Biometría.

Tabla 6. Propuesta de Plan de mejora para el Laboratorio de Biometría.

Iniciativas	Plazo de ejecución	Medio de verificación de cumplimiento	Responsable de ejecución de las tareas
Jornadas de divulgación científica	1 año académico	Registro de asistencia y material fotográfico	Integrantes del laboratorio de biometría
Generación de material ilustrativo	1 año académico	Revisión de material disponible	Integrantes del laboratorio de biometría
Actualización de página web y redes sociales.	Mensual	Revisión de información entregada en las plataformas digitales	Integrantes del laboratorio de biometría

VI. EVALUACIÓN DEL PROCESO

6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales

a) Fortalezas: En el proceso de esta actividad de titulación pude identificar como fortalezas la capacidad de trabajo en equipo, colaborando con propiciar un ambiente laboral amigable, disposición para realizar tareas y resolver problemas desafiantes.

b) Debilidades: Dentro de las debilidades personales identificadas, el proceso de adaptación al ritmo de trabajo al comienzo de esta actividad de titulación junto con la planificación de horarios para el trabajo autónomo fue un desafío debido al contexto actual y las adversidades que se presentaron.

6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales

a) Fortalezas: Dentro de las fortalezas profesionales identificadas se puede resaltar el manejo de software de análisis estadísticos de datos, la planificación de actividades de terreno y aplicación de metodologías de muestreo.

b) Debilidades: Dentro de los aspectos profesionales se identificaron debilidades en la redacción y expresión de ideas siendo un obstáculo para la realización de informes técnicos solicitados. Y también el desconocimiento de algunas aplicaciones de herramientas SIG que pudieron contribuir de mejor forma a la realización de esta actividad de titulación.

VII. APOORTE AL PERFIL PROFESIONAL

7.1 Dominios desarrollados

Tabla 7. 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 8. Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación.

Objetivos específicos	Tareas o Actividades	Grado de cumplimiento	Respecto a la propuesta de actividad de titulación
Objetivo específico 1: Evaluar la influencia que poseen parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, sobre el establecimiento de especies vasculares en plantaciones de <i>Pinus radiata</i> D.Don y <i>Eucalyptus</i> spp. adyacentes.	1.Revisión bibliográfica	Totalmente	Planificada
	2.Obtención de datos en trabajo de campo	Totalmente	Planificada
	3.Procesamiento de datos colectados	Totalmente	Planificada
	4. Análisis e interpretación de datos	Totalmente	Planificada
Objetivo específico 2: Analizar la abundancia de regeneración de especies arbóreas nativas asociadas a plantaciones forestales exóticas.	5.Revisión bibliográfica	Totalmente	Planificada
	6.Obtención de datos en trabajo de campo	Totalmente	Planificada
	7.Procesamiento de datos colectados	Totalmente	Planificada
	8. Análisis e interpretación de datos	Totalmente	Planificada
Objetivo específico 3: Explorar variables de micro-sitio y atributos de parches, que influyen una mayor riqueza y abundancia de especies vasculares nativas en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.	9. Descripción de metodología a utilizar	Totalmente	Planificada
	10. Aplicación de metodología en actividades de campo	Parcialmente	Planificada
	11. Procesamiento de datos colectados	Totalmente	Planificada
	12. Análisis e interpretación de datos	Totalmente	Planificada
	13. Redacción de informe técnico	Parcialmente	Planificada
	14. Redacción de informe de actividad de titulación.	Totalmente	Planificada

VIII. CONCLUSIONES GENERALES

La actividad de titulación corresponde al requisito final para la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales, y supone la realización de actividades que permitan al estudiante integrar y aplicar los aprendizajes obtenidos durante la formación profesional, resolviendo problemáticas desafiantes que se acerquen a las labores que deberá cumplir en su futuro laboral. De acuerdo a eso, 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*”, representó una oportunidad de desarrollo de habilidades profesionales, como la utilización de software de análisis de datos, herramientas SIG, metodologías de muestreo, entre otros. Como también habilidades blandas, principalmente de trabajo en equipo, planificación de actividades y expresión oral y escrita. Esto con el fin de aportar a la investigación de los recursos naturales, específicamente a la conservación de la biodiversidad en ecosistemas fragmentados y a la planificación del territorio, ambos dominios de un Ingeniero en Recursos Naturales de la Universidad de la Frontera.

Respondiendo a los objetivos de esta investigación, se pudo determinar que si existe retención de especies vasculares nativas bajo dosel de plantaciones forestales de *Eucalyptus spp* y *Pinus radiata*. El contraste entre condiciones posiciona a las plantaciones de *Eucalyptus spp* adyacentes a los parches de bosque nativo, como áreas menos hostiles en términos de riqueza y abundancia de especies nativas. Por lo que considerar estas áreas y sus atributos, puede constituir una oportunidad para el desarrollo de acciones de restauración o rehabilitación de ecosistemas perturbados con objetivos de conservación de la biodiversidad.

Finalmente, el desarrollo de esta actividad de titulación, fue un proceso enriquecedor en términos de aprendizaje, que permitió potenciar habilidades profesionales y personales, y fomentar el análisis crítico, respecto a problemáticas reales y desafiantes. Promoviendo la búsqueda de alternativas para la resolución de problemas por medio de la investigación de los recursos naturales.

IX. BIBLIOGRAFÍA

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*, vol. 22 N° 3, 2014, pp. 384-397

Arroyo, M. T., Marquet, P. A., Marticorena, C., Cavieres, L. A., Squeo, F. A., Simonetti Zambelli, J. A., & Massardo, F. (2006). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. *Diversidad de ecosistemas, ecosistemas terrestres*.

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.

Bustamante R, C Castor. 1998. The decline of an endangered temperate ecosystem: the rui (Nothofagus alessandrii) forest in central Chile. *Biodiversity and Conservation* 7: 1607-1626.

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

Bustamante, R. O., Grez, A. A., & Simonetti, J. A. (2006). Efectos de la fragmentación del bosque Maulino sobre la abundancia y diversidad de especies nativas. *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: Patrones y procesos a diferentes escalas*. Editorial Universitaria, Santiago, 83–97.

Bustamante, R., Simonetti, J., Grez, A. & San Martín, J. (2004) Fragmentation and regeneration dynamics of the Maulino forest: present status and future prospects.

Donoso C., & Lara A. (1997). Utilización de los bosques nativos en Chile: pasado, presente y futuro. En: *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Armesto J., C. Villagrán & M.K. Arroyo (Eds). Editorial Universitaria S.A. Santiago, Chile. 477.

Donoso C. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Segunda Edición. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 484 p.

Echeverría C, D Coomes, J Salas, JM Rey-Benayas, A Lara, A Newton. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130: 481-494.

Echeverría C, D Coomes, M Hall, AC Newton. 2008. Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling* 212: 439-449.

FCAF (2013). Plan de Desarrollo 2013-2019 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera.

García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas* 20(2-3):1-10.

Herrera, J.M. (2011) El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20 (2): 21-34

Huber, A; Oyarzun, C; Alvarez, L & Araya, E. (1988) Características de la radiación solar en un bosque de *Pinus radiata*, en Valdivia, Chile.

Lara A, L Araya, J Capella, M Fierro, A Cavieres. 1989. Evaluación de la destrucción y disponibilidad de los recursos forestales nativos en la VII y VIII Región. Santiago, Chile. 22 p. (Informe Técnico CODEFF).

Lindenmayer, DB y Fischer, J. (2013). *Fragmentación del hábitat y cambio de paisaje: una síntesis ecológica y de conservación* . Island Press.

Manriquez, C. (2019) Islas de bosque nativo en un mar de plantaciones: Factores que influyen en la regeneración del paisaje original.

Montenegro, L. (2001) Dinámica temporal y espacial de la fragmentación del bosque nativo en el sur de Chile. *Colombia forestal*. 7(14)

Otavo, S., & Echeverría, C. (2017) Progressive fragmentation and loss of natural forests habitat in one of the global biodiversity hotspot. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, vol 88 pp. 924-935

- Parada, R. (2010) Universidades Públicas y Privadas:Un enfoque tridimensional.
- Plá, L. (2006) Biodiversidad: Inferencia Basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Inci.* 31(8)
- Promis, A; Caldentey, J & Ibarra, M. (2010) Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración.
- Promis, A. (2013) Measuring and estimating the below-canopy light environment in a forest.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rozzi, R, Armesto, J & Figueroa, J. (1994) Biodiversidad y conservación de los bosques nativos de Chile: una aproximación jerárquica. *Bosque* 15(2): 55-64
- Santos, T., & Tellería, J.L (2006) Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12.
- 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* (Vol. 43, No. 1, pp. 11-21). Universidad de Magallanes.
- Somarriba, E. (1999) Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*. Vol 6(23): 72-74
- Wilcove, D.S., C.H. McClellan, and A.P. Dobson 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. & Díaz, S. (2011). Cordillera de Nahuelbuta. Reserva Mundial de Biodiversidad. Valdivia, Chile: WWF.

X. ANEXOS

Apéndice 1: Cuadro resumen de regeneración de especies arbóreas. Se presenta el estado de conservación según el Ministerio del Medio Ambiente donde, VU= Vulnerable, LC= Preocupación menor, NE = No evaluado. Adicionalmente, se clasifican según la condición de ocurrencia donde, BN= Bosque nativo, EC= Ecotono, PLP= Plantación de Pino y PLE= Plantación de Eucalipto

N°	Especie	Origen	Estado de conservación	Condición de ocurrencia
1	<i>Aextoxicon punctatum</i> Ruiz & Pav.	Nativo	LC	BN, EC, PLP, PLE
2	<i>Amomyrtus luma</i> (Molina) D. Legrand & Kausel	Nativo	NE	BN, EC, PLP
3	<i>Aristotelia chilensis</i> (Molina) Stuntz	Nativo	NE	BN, EC, PLE
4	<i>Caldcluvia paniculata</i> (Cav.) D. Don	Nativo	NE	BN
5	<i>Citronella mucronata</i> (Ruiz & Pav.) D. Don	Nativo	VU	BN, EC
6	<i>Dasyphyllum diacanthoides</i> (Less.) Cabrera	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
7	<i>Drimys winteri</i> J.R. Forst. & G. Forst.	Nativo	LC	BN, PLP, PLE
8	<i>Embothrium coccineum</i> J.R. Forst. & G. Forst	Nativo	NE	BN, EC
9	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Exótico		EC
10	<i>Eucalyptus nitens</i> H. Deane & Maiden	Exótico		EC, PLE
11	<i>Eucryphia cordifolia</i> Cav.	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
12	<i>Gevuina avellana</i> Molina	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
13	<i>Laurelia sempervirens</i> (Ruiz & Pav.) Tul.	Nativo	NE	BN, EC, PLE
14	<i>Laureliopsis philippiana</i> (Looser) Schodde	Nativo	NE	BN, PLE
15	<i>Lomatia dentata</i> (Ruiz & Pav.) R. Br.	Nativo	NE	BN, EC, PLE
16	<i>Lomatia ferruginea</i> (Cav.) R. Br.	Nativo	NE	BN
17	<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
18	<i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
19	<i>Myrceugenia exsucca</i> (DC.) O. Berg	Nativo	NE	BN
20	<i>Nothofagus alpina</i> (Poepp. & Endl.) Oerst.	Nativo	NE	BN, EC, PLE
21	<i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst.	Nativo	NE	BN, EC
22	<i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst.	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
23	<i>Persea lingue</i> (Ruiz & Pav.) Nees	Nativo	LC	BN, EC, PLP, PLE
24	<i>Peumus boldus</i> Molina	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE

25 <i>Pinus radiata</i> D. Don	Exótico		EC, PLP
26 <i>Podocarpus saligna</i> D. Don	Nativo	NE	BN, EC, PLP, PLE
27 <i>Saxegothaea conspicua</i> Lindl.	Nativo	NE	BN, EC
28 <i>Weinmannia trichosperma</i> Cav.	Nativo	NE	BN, EC



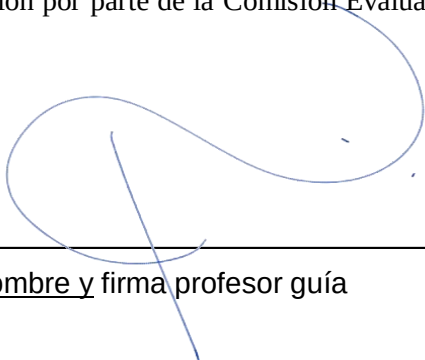
CONSTANCIA AUTORIZACIÓN PRESENTACIÓN INFORME ESCRITO ACTIVIDAD DE TITULACIÓN

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(ita). Javiera Cordova Ibañez, N° de Matrícula: 19076558k14 de la Carrera Ingeniería en Recursos Naturales, autoriza la entrega del Informe Escrito de la Actividad de Titulación denominada: “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., para ser sometido a revisión por parte de la Comisión Evaluadora designada para el efecto.



Nombre y firma profesor guía

Temuco, 12 de Octubre de 2020



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

I. IDENTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE

I. DENTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE		
Nombre estudiante:	Javiera Catalina Córdova Ibañez	
Nº matrícula:	19076558k14	
Carrera:	Ingeniería en Recursos Naturales	
Nº Teléfono móvil estudiante:	+56965051250	
Correo institucional estudiante:	j.cordova01@ufromail.cl	
Correo no institucional del estudiante:	javiera.catalina.c.i@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: Laboratorio de Biometría	
Unidad o departamento donde desarrollará Act. Titulación: Departamento de Ciencias Forestales y Ambientales	
Nombres Supervisor Directo/Responsable proyecto: Rodrigo Vargas Gaete	
Cargo Supervisor Directo/ Responsable proyecto: Académico Departamento de Ciencias Forestales y Medio Ambiente	
Correo electrónico Supervisor Directo/ Responsable proyecto: rodrigo.vargas@ufrontera.cl	Teléfono oficina supervisor directo/ Responsable proyecto: +569 66514669 +56 45 232 5652



III. OBJETIVOS:

Objetivo General:

“Evaluar la influencia que poseen parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, sobre el establecimiento de especies vasculares nativas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus* spp. adyacentes”.

Objetivos Específicos

- **Objetivo específico 1:** Evaluar y comparar la riqueza de especies vasculares nativas en función de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus* spp. adyacentes.
- **Objetivo específico 2:** Analizar la abundancia de regeneración de especies arbóreas nativas asociadas a plantaciones forestales exóticas.
- **Objetivo específico 3:** Explorar variables de micro-sitio y atributos del paisaje, que influyen a una mayor riqueza y abundancia de especies nativas en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.

IV. RELACION DOMINIOS Y COMPETENCIAS DE TITULACION A DESARROLLAR

- Competencias del dominio:

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

Objetivo General: “Evaluar la influencia de parches de bosque nativo en el desarrollo de especies vasculares en el sotobosque de plantaciones forestales, analizando atributos de paisaje y micro-sitio”.

Dominio	Competencia de Titulación	Objetivo específico
Dominio 1 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	Objetivo específico 1: Evaluar y comparar la riqueza de especies vasculares nativas en función de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de <i>Pinus radiata</i> D. Don y <i>Eucalyptus</i> spp. adyacentes. Objetivo específico 2: Analizar la abundancia de regeneración de especies arbóreas nativas asociadas a plantaciones forestales exóticas.



Dominio 2

Planificación de territorio

recursos naturales y de las condiciones ambientales con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.

3. 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.

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

Objetivo específico 3:

Explorar variables de micro-sitio y atributos del paisaje, que influyen una mayor riqueza y abundancia de especies nativas en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN Y DEPARTAMENTO/UNIDAD

Esta actividad de titulación se desarrollará bajo la modalidad “Diseño, Evaluación y/o ejecución de Proyecto” y será ejecutada en el Laboratorio de Biometría perteneciente al Departamento de Ciencias Forestales, que se encuentra dentro de los departamentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Esta entidad dedicada a la investigación tiene como función principal, generar conocimiento cuantitativo de carácter científico-técnico sobre sistemas biológicos, recursos naturales y 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 los recursos naturales. Este laboratorio está integrado por investigadores y académicos, junto a profesionales y estudiantes de pre y postgrado, quienes desarrollan en él diversos proyectos de investigación.



II. EXPOSICIÓN GENERAL DEL TRABAJO O FUNCIÓN A REALIZAR:

Esta actividad de titulación se enmarca dentro 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”. Que tiene como objetivo general comprender los atributos de los parches de bosque natural rodeados de plantaciones forestales, que contribuyen a retener la biodiversidad de plantas en el sotobosque de plantaciones adyacentes. Además, pretende evaluar los atributos de bosque nativo dentro de una matriz de plantaciones que influyen en la riqueza y abundancia de especies de plantas vasculares en plantaciones forestales adyacentes, como también evaluar los atributos de sitio de las plantaciones adyacentes como: radiación, humedad, temperatura del suelo, nutrientes del suelo, entre otros; que promueven el establecimiento de las especies nativas en su sotobosque y finalmente, analizar la supervivencia y el crecimiento de especies nativas dentro de plantaciones.

El rol a desempeñar dentro del proyecto será como asistente de investigación, donde ejecutare acciones de planificación y ejecución de actividades de terreno para la colecta de datos necesarios para el proyecto de investigación, desarrollando y aplicando diferentes metodologías de obtención de información. También, análisis de datos e interpretación de resultados, utilizando herramientas TIC como softwares estadísticos y SIG. Estas actividades contribuyen en mi formación profesional tanto en el adquirir nuevos conocimientos como en la posibilidad de aplicar la teoría ya aprendida durante mi formación, esperando con esto contribuir en el proyecto de investigación. Además, podré fortalecer habilidades de trabajo en equipo, organización de actividades, resolución de problemas, utilización de herramientas tecnológicas, entre otras competencias genéricas.



III. ANEXOS: Adjunte los siguientes documentos a su Propuesta de Titulación:

a) 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)
Evaluar la influencia que poseen parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, sobre el establecimiento de especies vasculares en plantaciones de <i>Pinus radiata</i> D. Don y <i>Eucalyptus</i> spp. adyacentes.	Objetivo específico 1: Evaluar y comparar la riqueza de especies vasculares nativas en función de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de <i>Pinus radiata</i> D. Don y <i>Eucalyptus</i> spp. adyacentes.	Informe técnico conteniendo la comparación de riqueza y abundancia de especies vasculares nativa bajo plantaciones forestales.	Tarea 1: Revisión bibliográfica y recopilación de datos preliminares del proyecto.	Semanal
			Tarea 2: Obtención de datos en actividades de terreno.	Semanal
			Tarea 3: Procesamiento y sistematización de información obtenida.	Semanal
			Tarea 4: Análisis e interpretación de resultados.	Semanal
			Tarea 5: Redacción de informe técnico	Semanal
	Objetivo específico 2: Analizar la abundancia de regeneración de especies arbóreas nativas asociadas a plantaciones forestales exóticas	Informe técnico con el análisis de la regeneración arbórea que ocurre en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.	Tarea 6: Obtención de datos en actividades de terreno	Semanal
			Tarea 7: Procesamiento y sistematización de información obtenida.	Semanal
			Tarea 8: Análisis e interpretación de resultados.	Semanal
			Tarea 9: Redacción de informe técnico	Semanal
	Objetivo específico 3:	Informe técnico conteniendo el	Tarea 10: Describir métodos de toma de datos de variable radiación según	Semanal



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

	Explorar variables de micro-sitio y atributos del paisaje, que influyen una mayor riqueza y abundancia de especies nativas en el sotobosque de plantaciones forestales exóticas.	análisis y resultados de las variables de sitio que influyen el establecimiento de especies nativas bajo plantaciones forestales.	aproximaciones.	
			Tarea 11: Desarrollar la metodología y aplicarla en la toma de datos en terreno.	Semanal
			Tarea 12: Procesamiento y sistematización de información obtenida.	Semanal
			Tarea 13: Análisis e interpretación de resultados.	Semanal
			Tarea 14: Redacción informe técnico	Semanal
			Tarea 15: Redacción informe final actividad de titulación	Semanal

Firma y timbre Supervisor Directo

Nombre Supervisor Directo

Dr. Rodrigo Vargas Gaete