



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
CARRERA 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: FACTORES QUE
INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN DEL PAISAJE ORIGINAL

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

Profesor Guía: Dr. Rodrigo Vargas Gaete
Evaluador: Dr. Andrés Fuentes Ramírez
Evaluador: Sr. Boris Fica Gallardo

CARLA NATALY MANRÍQUEZ MANRÍQUEZ
ENERO 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	7
2.1 Objetivo general.....	7
2.2 Objetivos específicos.....	7
III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA INSTITUCIÓN.....	8
3.1 Antecedentes Generales.....	8
3.2 Descripción detallada de la institución o centro de investigación.....	8
3.2.1 Clasificación de la institución/centro de investigación.....	10
3.2.2 Producto (líneas de productos) y/o servicio principal de la institución/centro de investigación.....	10
3.2.3 Macro entorno de la institución/centro de investigación (Tabla Nro 1).....	10
3.2.4 Estructura organizacional de la institución/centro de investigación.....	133
3.2.5 Descripción de departamentalización y organigrama de la institución/centro de investigación.....	133
3.2.6 Descripción de la unidad/departamento.....	144
IV. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	155
V. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	177
5.1 Justificación del proyecto.....	177
5.2 Descripción de las etapas del proyecto.....	188
5.2.1 Metodología.....	199
5.2.2 Resultados.....	244
5.2.3 Discusión.....	31
5.2.4 Conclusiones.....	322
VI. EVALUACIÓN DEL PROCESO.....	333
6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales.....	333
6.1.1 Fortalezas.....	333
6.1.2 Debilidades.....	333
6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales.....	333
6.2.1 Fortalezas.....	333
6.2.2 Debilidades.....	333

VII. APOORTE AL PERFIL PROFESIONAL.....	344
7.1 Dominio(s) en que desarrolló su Diseño, Formulación y/o Ejecución de un Proyecto.....	344
7.2 Grado de cumplimiento y posibles desviaciones de propuesta inicial de Actividad de Titulación.....	344
VIII. CONCLUSIONES GENERALES.....	366
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	377

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1: Resumen Macro entorno de la institución/centro de investigación	11
Tabla Nro. 2: Ordenamiento de datos de acuerdo a distancia y número de especies arbóreas regenerando.....	23
Tabla Nro. 3: Estadística descriptiva de la riqueza de especies totales para cada condición.....	29
Tabla Nro. 4: Estadística descriptiva de la riqueza de especies nativas para cada condición.....	30
Tabla Nro. 5: Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades de la Universidad de La Frontera	14
Fig. 2: Mapa ubicación área de estudio.....	21
Fig. 3: Criterios para la selección de parches a muestrear.....	22
Fig. 4: Diseño de muestreo para la colecta de datos en terreno.....	23
Fig. 5: Mapa usos/coberturas de suelo para área de estudio de 50x50 Km.....	25
Fig. 6: a) Frecuencia de la distribución de “islas” por superficie en ha, b) frecuencia de la razón perímetro/área de las “islas” de bosque nativo.	26

Fig. 7: Mapa ejemplo de selección de “islas” de bosque nativo categorizadas según tamaño.....	27
Fig. 8: Mapa selección de parches para toma de datos. Predio Chacay.....	28
Fig. 9: Mapa selección de parches para toma de datos. Predio Sector Caramávida.....	29
Fig. 10: Gráficos de comparación de riqueza de especies totales.....	30
Fig. 11: Gráficos de comparación de riqueza de especies nativas.....	31

I. INTRODUCCIÓN

La Actividad de Titulación de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales se define como la actividad curricular, a desarrollar durante el X nivel de la Carrera, que permite que los estudiantes integren las competencias de titulación y aborden, durante un semestre un tema bajo alguna de las modalidades existentes. Esta actividad de titulación se desarrolló bajo la modalidad “Diseño, Evaluación y/o ejecución de Proyecto” y fue ejecutada en el Laboratorio de Biometría perteneciente al Departamento de Ciencias Forestales, 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. Se describe, más adelante, en detalle la organización y funciones de este centro de investigación, así como también las características del macro y micro entorno en el que se encuentra inserto.

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*”. 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. Además pretende 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, también evaluar los atributos de sitio de las plantaciones adyacentes 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.

Para comprender los atributos de los parches de bosque nativo rodeados de plantaciones exóticas, se hace necesario revisar como se originan este tipo de fragmentos, cuáles son sus principales características, que funciones podrían entregar a la diversidad biológica, a la conservación del bosque nativo, a los procesos de restauración y/o rehabilitación de

ecosistemas que han sufrido perturbaciones, particularmente en este caso, de plantaciones exóticas.

Esta actividad de titulación, se desarrolla dentro de uno de los objetivos específicos del proyecto de investigación Fondecyt Iniciación Nro.11170987, donde se evalúan atributos de parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, particularmente analizando el establecimiento de especies arbóreas nativas, en el sotobosque de plantaciones adyacentes. A través de un detallado análisis cartográfico se identifican, caracterizan y analizan los distintos parches de bosque nativo y mediante análisis estadísticos se determina su influencia en las plantaciones forestales adyacentes.

Poder analizar la importancia de estos parches de bosque nativo y el efecto que pueden tener sobre las plantaciones forestales y más aún, en los paradigmas sobre el manejo de estas, es fundamental, considerando sobre todo, la realidad del paisaje de plantaciones forestales en el centro sur de Chile. Constituye también, un desafío para poder avanzar en la búsqueda de mecanismos que permitan la coexistencia de ambos ecosistemas, valorando el rol clave que pueden tener los parches de bosque nativo tanto para la conversión de plantaciones forestales, como para la restauración después de las perturbaciones.

II. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

2.1 Objetivo general

Evaluar atributos de parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, analizando el establecimiento de especies arbóreas nativas en plantaciones adyacentes.

2.2 Objetivos específicos

- Objetivo específico 1: Generar una zonificación de parches de bosque nativo rodeados por plantaciones de *Pinus radiata*, seleccionados en base a criterios objetivos, categorizando su tamaño y forma a nivel de paisaje.
- Objetivo específico 2: Generar una pre-selección de parches de bosque nativo para su muestreo en terreno en base a categorías de tamaño y forma contrastantes.
- Objetivo específico 3: Explorar el efecto de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* adyacentes, sobre la abundancia y riqueza de especies arbóreas nativas presentes en el sotobosque.

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA INSTITUCIÓN

3.1 Antecedentes Generales

Esta actividad de titulación modalidad “Diseño, formulación y/o ejecución de proyecto” se 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 del Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Serán estos tres estamentos de los que se realizará una descripción detallada de su organización, características y funciones, considerando su organización jerárquica, donde el Laboratorio de investigación, se encuentra supeditado al Departamento de Ciencias Forestales y este a su vez a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, sin embargo, será el Laboratorio de investigación, en este caso Laboratorio de Biometría, en el que se centrarán la mayoría de los análisis puesto que es la entidad principal en donde se desarrolla esta actividad de titulación.

3.2 Descripción detallada de la institución o centro de investigación.

La Universidad de La Frontera (UFRO), ubicada en Chile, Región de La Araucanía, es una institución de educación superior pública y estatal, considerada entre las mejores de país, por sus notables indicadores de calidad y excelencia (SIR 2018). La Universidad imparte 45 carreras de Pregrado, 10 programas de Doctorado, 28 programas de Magíster, 35 programas de especialidad en ámbitos de la medicina, odontología, enfermería, matronería, informática y física médica. Tiene sobre 8.500 estudiantes en sus programas de pregrado, distribuidos en seis facultades, y más de 800 estudiantes en sus programas de postgrado. Sus principales ejes de gestión tienen relación con el aseguramiento de la calidad y pertinencia de sus programas de pre y postgrado, el fortalecimiento de sus actividades de investigación, innovación y transferencia tecnológica, el fortalecimiento de

la vinculación con el medio, el potenciar la internacionalización y la sustentabilidad de la institución. 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.

Inserta en la Universidad de La Frontera se encuentra la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, esta unidad académica tiene como misión *“la formación de profesionales y posgraduados altamente calificados, la generación y transferencia del conocimiento científico-tecnológico en los ámbitos agropecuario, forestal, recursos naturales renovables y biotecnología, manteniendo una permanente vinculación con el medio con el propósito de contribuir al crecimiento y desarrollo sustentable de la comunidad de la región y del país.”* Actualmente, cuenta con tres Departamentos académicos (Ciencias Agronómicas y Recursos Naturales, Ciencias Forestales y Producción Agropecuaria); tres Carreras de Pregrado (Agronomía, Biotecnología e Ingeniería en Recursos Naturales); y tres programas de Postgrado (Doctorado en Ciencias Agroalimentarias y Medioambiente, Doctorado en Ciencias Mención Biología Celular y Molecular Aplicada y Magíster en Manejo de Recursos Naturales).

Adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales se encuentra el Departamento de Ciencias Forestales, unidad académica cuyo propósito principal es proveer servicios académicos de excelencia en las áreas de Ciencias Forestales y Ciencias de la Ingeniería de Recursos Naturales. Desarrolla investigación y utiliza tecnología aplicada a los recursos naturales, ecosistemas forestales y afines, en los siguientes ámbitos: clasificación, restauración, economía ambiental y de recursos naturales, manejo, conservación, métodos cuantitativos de recursos naturales y biotecnología. De igual forma, el Departamento está orientado a satisfacer las demandas de capacitación, asesoría y transferencia tecnológica, orientada a los actores relacionados con los recursos naturales y el bosque, en diferentes escenarios ambientales, socioeconómicos y culturales (FCAF 2018).

El Departamento de Ciencias Forestales cuenta con 5 laboratorios de investigación, uno de ellos es el Laboratorio de Biometría. Este laboratorio se dedica a 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 estos recursos. Está integrado por investigadores y académicos, junto a profesionales y estudiantes de pre y postgrado, quienes desarrollan en él diversos proyectos de investigación.

3.2.1 Clasificación de la institución/centro de investigación

Dado que la Universidad de La Frontera es una entidad pública no es posible otorgar una clasificación de acuerdo a criterios como rubro o tamaño, solo se puede enmarcar dentro del área de la educación superior y de acuerdo a la acreditación entregada por la CNA, también en el área de la investigación, categoría específica en donde se enmarca el laboratorio de investigación antes mencionado.

3.2.2 Producto (líneas de productos) y/o servicio principal de la institución/centro de investigación

Generación de conocimiento cuantitativo de carácter científico-técnico sobre sistemas biológicos, recursos naturales y medio ambiente, mediante modelos estadísticos y matemáticos.

3.2.3 Macro entorno de la institución/centro de investigación (Tabla Nro 1)

Tabla Nro. 1: Resumen Macro entorno de la institución/centro de investigación

Aspectos	Variables	En qué aspecto influye en el quehacer de la organización
Político	• Cambios de gobierno • Cambio en programas electorales	• Creación, modificación o eliminación de entidades que se relacionen con la investigación de los recursos naturales (Creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología).
Económico	• Modificación de presupuestos de los organismos públicos	• Disminución de presupuestos destinados a la investigación y/o educación por parte del Estado e instituciones públicas vinculadas a la Universidad.
Social	• Educación ambiental • Demanda por cuidado y protección del medio ambiente	• Las poblaciones que son el objetivo final de los servicios del laboratorio demandan cada vez más educación ambiental, lo que aumenta también la demanda por el cuidado y protección del medio ambiente lo que se puede traducir en un aumento en las investigaciones que puedan proporcionar estos servicios.
Tecnológico	• Uso de tecnologías	• Se puede traducir en una mejora en la investigación, como por ejemplo en la reducción de gastos, tiempo y/o personal.
Legal	• Regulación de sectores • Leyes de protección	• La promulgación de leyes y decretos que regulen

	y limiten las acciones de los sectores relacionados a los recursos naturales puede significar un aumento en la demanda de expertos que den, a través de la investigación, soluciones innovadoras a estas problemáticas
Ecológicos o Ambientales	• Políticas medioambientales • Requieren de profesionales capacitados en las ciencias de los recursos naturales tanto para promover como para ejecutar este tipo de políticas.

3.2.4 Estructura organizacional de la institución/centro de investigación

La Universidad de La Frontera tiene como misión “contribuir al desarrollo de la región y del país mediante la generación y transmisión de conocimiento, la formación integral de profesionales y postgraduados, y la promoción de las artes y de la cultura. Asume compromiso con la calidad y la innovación, con el respeto por las personas, el entorno y la diversidad cultural, con la construcción de una sociedad más justa y democrática.” Además en su visión considera “Ser una Universidad referente en calidad a nivel regional, nacional e internacional y acreditada en gestión institucional, pregrado, postgrado, investigación y vinculación con el medio.” (UFRO 2018)

3.2.5 Descripción de departamentalización y organigrama de la institución/centro de investigación

El Estatuto de la Universidad D.F.L. N°156 y el D.U. N°017 de 2006 definen los propósitos de la Universidad, fijan su estructura y determinan la organización académica. A partir de las definiciones incluidas en esos documentos se genera el organigrama presentado en la siguiente figura:

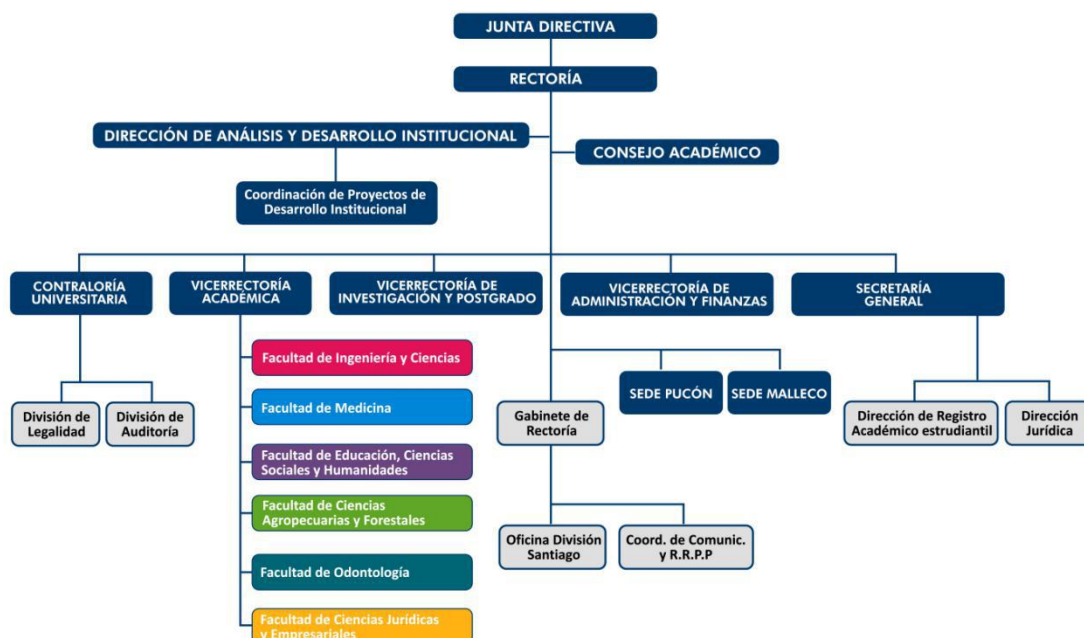


Fig 1 Organigrama descriptivo de la departamentalización de las unidades de la Universidad de La Frontera. En color verde la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales donde se encuentra adscrito el laboratorio de Biometría.

3.2.6 Descripción de la unidad/departamento

De acuerdo al organigrama anterior, la Facultad es la estructura fundamental en el campo académico. Encargada de desarrollar la enseñanza, la investigación, la creación y la extensión en áreas afines del conocimiento superior; se organiza en Departamentos Académicos, disciplinarios o profesionales, y está dirigida por un Decano, el que cuenta con un cuerpo consultivo denominado Consejo de Facultad. Dependientes de los Departamentos Académicos, se encuentran los laboratorios de investigación y vinculación con el medio, los que orientan su labor prioritariamente a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en torno a un área temática específica.

Dependiente de esta estructura (Facultad - Dpto. Académico), está el Laboratorio de Biometría, cuya función principal es 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 estos recursos. 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.

IV. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

La fragmentación de los bosques ha sido reconocida como una de las principales amenazas para los ecosistemas de todo el mundo (Armenteras *et al.*, 2003; Lindenmayer & Fischer, 2006). Esta consiste en tres fenómenos que se producen paralelamente: i) división de hábitat en porciones menores y discontinuas, ii) disminución del tamaño de los hábitats remanentes y iii) aislamiento progresivo de los parches dentro de una matriz generalmente hostil (Pauchard *et al.*, 2006).

Existen diversas causas que dan origen a la fragmentación, entre ellas se encuentran las de origen natural, como alteraciones climáticas, producidas cambios globales de la atmósfera (aunque en la actualidad, las investigaciones científicas han demostrado que el impacto por las actividades humanas contribuyen sustancialmente al calentamiento mundial, debido a las emisiones de gases con efecto invernadero), catástrofes naturales como lluvias torrenciales, deslizamientos de terreno, erupciones volcánicas y la predación por animales herbívoros (Tabarelli *et al.*, 2004). Sin embargo, *«los científicos han llegado a un consenso, determinando que el principal agente perturbador es el hombre»* (Bustamante y Grez, 1995). Lo mismo indica Aguayo (2001), explicando que el hombre ha provocado la transformación del paisaje natural a través de la intensificación del uso del suelo para su desarrollo económico. Estos cambios de uso, asociados a la expansión agrícola y explotación forestal, han acelerado la pérdida, fragmentación y degradación de hábitat silvestres en el último siglo, proyectándose esta tendencia hacia las próximas décadas (Fahrig, 2003).

Los cambios producidos por la fragmentación se ven reflejados en la estructura espacial del paisaje, como el tamaño, forma o posición de los fragmentos en el paisaje (Turner *et al.*, 2001). Históricamente, los estudios que analizan las consecuencias de la fragmentación del hábitat han sido fuertemente influenciados por la teoría de biogeografía de islas (Mac Arthur y Wilson, 2001). De esta forma, la discusión se ha centrado en atributos tales como el tamaño, forma y aislamiento de los fragmentos de bosque, usando estas variables para predecir patrones de diversidad de especies y las dinámicas poblacionales en los paisajes antropogénicos (Kerr, 1997).

Esta tendencia también se ha dado en Chile, especialmente en la zona centro-sur del país donde plantaciones de especies exóticas han determinado la fragmentación de los bosques naturales, alterando su estructura espacial original (Altamirano y Lara, 2010).

Actualmente en Chile existen más de 2.5 millones de ha de plantaciones forestales, principalmente de *Pinus radiata* (~58%). La región del Biobío posee 928.356 ha de plantaciones de las cuales más del 60% son de *P. radiata*. De manera similar, en La Araucanía hay 493.013 ha, de las cuáles un 52% corresponden también a *P. radiata* (INFOR, 2017). El tipo forestal Ro-Ra-Co, cubre 360.084 ha en el Biobío y 470.860 ha en La Araucanía (CONAF, 2016), quedando muchas veces rodeado por plantaciones de *Pinus radiata* lo que ha convertido estos parches de bosque natural fragmentados, en verdaderas “islas”, en un “mar” de plantaciones.

En Chile estudio de fragmentación de bosque nativo, han evaluado principalmente las características de los parches remanentes de bosques naturales, que influyen sobre la retención de la diversidad de especies dentro de los bosques remanentes (Bustamante et al. 2006). Se ha estudiado particularmente el bosque Maulino (35-36° S), considerando cómo ha afectado la fragmentación sobre la riqueza de avifauna y mamíferos nativos y especies arbóreas (Vergara y Simonetti 2004, Tomacevic y Estados 2008). Sin embargo, muy pocos estudios han considerado la importancia de la estructura, el manejo y las condiciones del sitio de las plantaciones, y como estas influyen en la presencia de especies de plantas nativas en su sotobosque (Estades et al. 2012)

V. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

5.1 Justificación del proyecto

La fragmentación de hábitats, además de la reducción y modificación antropogénica del paisaje y cobertura forestal, usualmente implican una degradación de los hábitats remanentes debido a la extracción de recursos o modificación del régimen natural de perturbaciones (Pickett y White, 1986; Laurance, 2000; Tabarelli et al., 2004).

En un escenario de grandes cambios globales, asociados principalmente al cambio climático, se hace necesario conocer los procesos y dinámicas que se dan en estos ambientes y condiciones. Debido a esto los estudios de fragmentación son cada vez más frecuentes, siendo una línea prioritaria de investigación por sus implicancias teóricas y aplicadas (Davies et al., 2001). En Chile, también se ha seguido esta tendencia y el número de estudios de fragmentación ha aumentado considerablemente a partir del año 2004 (Grez y Bustamante-Sanchez, 2016). La mayoría de estos estudios se ha realizado en bosques templados costeros entre las regiones del Maule y norte de la región del Biobío (Pauchard et al., 2006).

En este mismo escenario, pero ahora pensando en que las mayores porciones de bosque nativo se conservan en áreas silvestres protegidas (Simonetti, 2006; Miranda et al., 2017), 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). Esto es, incluir tanto los remanentes de vegetación nativa que subsisten fuera de las áreas protegidas (i.e., “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 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 (e.g., Revilla et al., 2004; Gadd, 2005). De esta forma se reduce la fragmentación y segregación, tanto biológica como social, que conlleva 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., 2016).

5.2 Descripción de las etapas del proyecto

Esta actividad de titulación se enmarca dentro del proyecto Fondecyt Iniciación N°11170987: *“Natural forest islands in a matrix of forestry plantations: a refuge of biodiversity and an opportunity for restoration.”* (Islas de bosque nativo en una matriz de plantaciones forestales: refugio de biodiversidad y una oportunidad para la restauración).

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. Los objetivos específicos de esta investigación son: (1) evaluar los atributos de bosque natural 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 (3) analizar la supervivencia y el crecimiento de especies nativas

dentro de plantaciones. El presente trabajo de titulación se enmarca dentro del objetivo específico 1 del mencionado proyecto.

5.2.1 Metodología

Área de estudio

El área de estudio es un polígono de 50x50 Km, que abarca una superficie de 250.000 ha y está ubicada en la zona costera de las regiones del Biobío y La Araucanía (37°37'28" S - 73°25'22" O y 38°04'32" S - 72°50'42" O), por lo que incluye las comunas de Curanilahue, Los Álamos, Cañete, Contulmo, Angol, Los Sauces y Purén (Fig. 2). 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 (di Castri y Hajek, 1976). 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., 2009; Altamirano et al., 2013). El área seleccionada es representativa de la zona costera tanto de la región del Biobío como de La Araucanía, donde se encuentra distribuida una gran concentración de plantaciones forestales (INFOR, 2017).

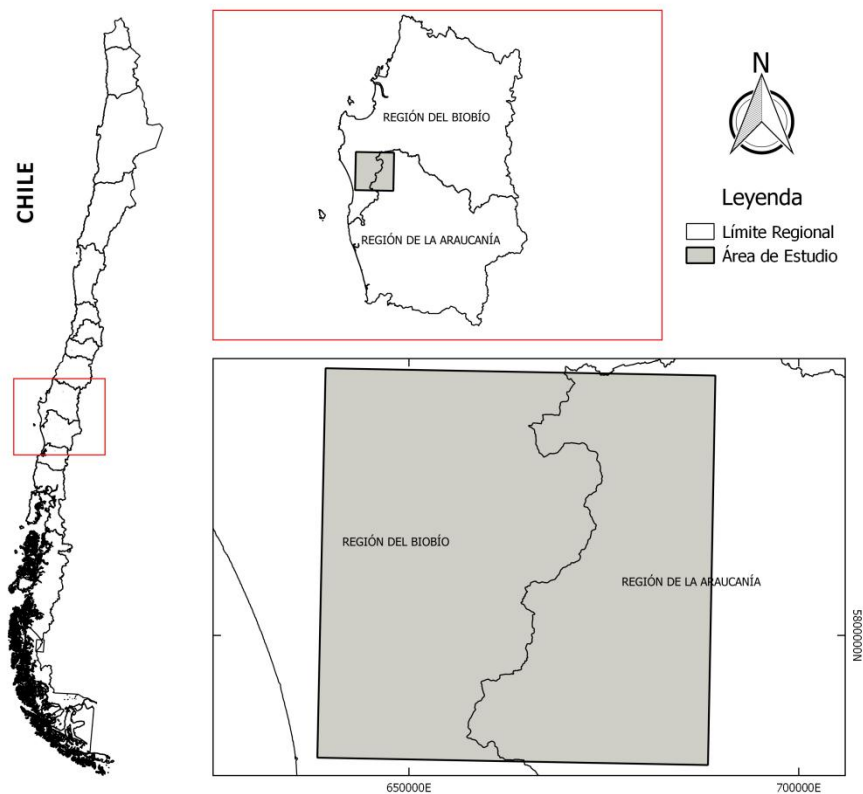


Fig. 2 Mapa ubicación área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Información base para procesamiento con Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Se utilizaron capas con información territorial de unidades geomorfológicas, límites regionales y comunales, red vial y centros urbanos, proporcionadas por el Ministerio de Bienes Nacionales a través de su plataforma de Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) que entrega información en distintos formatos de metadatos mediante el Catálogo Nacional de Información Geoespacial (IDE, 2017).

A esta información territorial, se le incorporaron bases de datos del Catastro de Bosque Nativo (CBN), elaborado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Cada base de datos de este catastro se elabora por región administrativa, por lo que para esta investigación fueron requeridas, la que corresponde a la región del Biobío, cuya última actualización es del año 2014 y de la región de La Araucanía, actualizada el año 2013.

El CBN provee información sobre los usos de la tierra y las formaciones vegetales, especialmente aquellas relacionadas al bosque nativo, las plantaciones forestales y los matorrales (CONAF 2014). Con este instrumento se elaboró una matriz de decisión para reconocer dentro del área de estudio, la distribución de bosque nativo dominado por *Nothofagus* (Ro-Ra-Co, sensu Donoso 1981) que se encuentra rodeada por plantaciones forestales que incluyan a la especie *Pinus radiata*.

Criterios de selección de parches

Se definieron criterios de selección de selección de parches de bosque nativo rodeados por una matriz de plantaciones de *P. radiata* para ambas coberturas (i.e., Bosque nativo y plantaciones forestales). Para la cobertura de Bosque Nativo se seleccionaron parches 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 se seleccionaron de acuerdo a i) Especie: *Pinus radiata*, ii) Estructura: Plantación adulta y iii) Edad: ~10-20 años (ver Fig. 3). Este último criterio fue obtenido de información entregada por la empresa Forestal Arauco S.A..

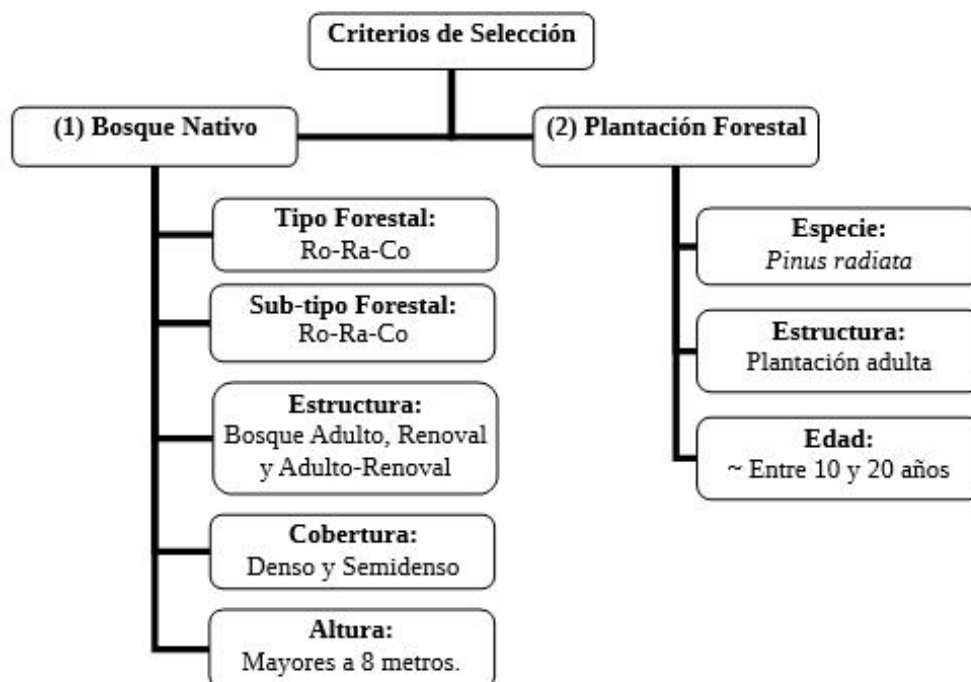


Fig. 3 Criterios para la selección de parches a muestrear. (1) Criterios para seleccionar parches de bosque nativo. (2) Criterios para seleccionar plantaciones forestales que colinden con los parches de bosque nativo seleccionados en paso (1).

Diseño de muestreo

Una vez identificado el parche de bosque nativo rodeado de plantación forestal de *P. radiata*, se estableció un transecto longitudinal con 8 parcelas de 5x5 metros cada una, ubicadas a una distancia de 20 metros entre sí. Estas parcelas fueron dispuestas de la siguiente manera: 1 en el ecotono (i.e., en la confluencia del parche de bosque nativo con la plantación forestal), 2 hacia el interior del parche de bosque nativo y 5 hacia el interior de la plantación, en ellas se tomaron datos de composición florística y regeneración de especies arbóreas. Se adicionó una parcela de las mismas dimensiones en otro punto de la línea ecotonal, distante entre 15 a 20 metros del ecotono anterior y considerando el mismo muestreo que en este. Se establecieron además, 2 parcelas de 20x25 metros ubicadas inmediatamente después de la segunda parcela de 5x5 m, hacia el interior, tanto del parche de bosque nativo, como de la plantación, a estas se le tomaron datos de estructura arbórea (ver Fig. 4).

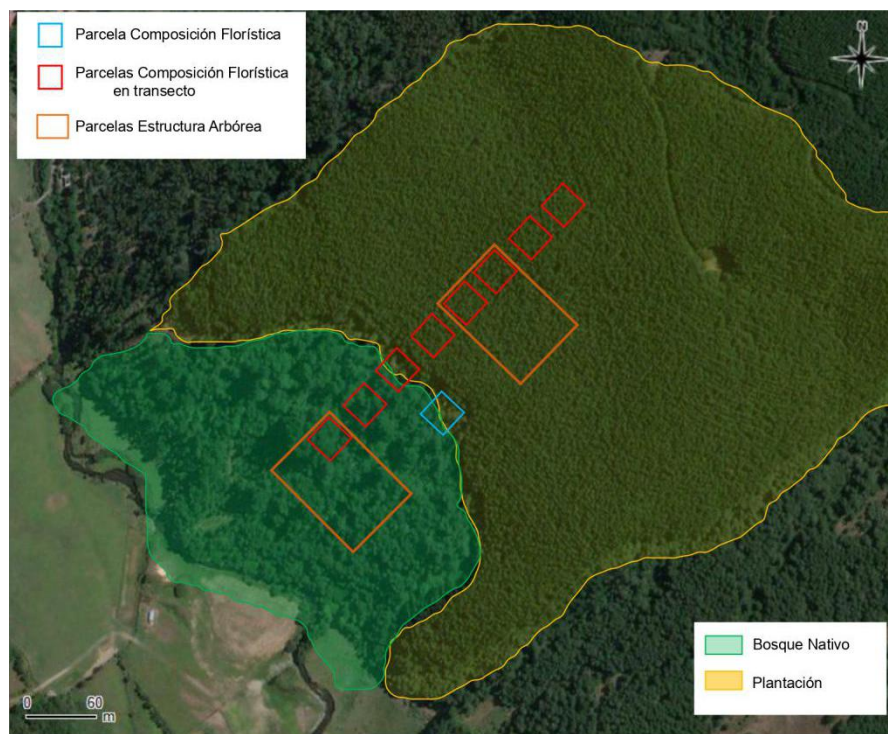


Fig. 4 Diseño de muestreo para la colecta de datos en terreno. Polígonos en color rojo corresponden a parcelas de 5x5 m pertenecientes al transecto longitudinal. Polígonos en color azul corresponde a parcela adicional de 5x5 m ubicada en la línea ecotonal. Polígonos en color naranja corresponden a parcelas de 20x25 m .

Toda la información recopilada anteriormente, fue procesada utilizando el software para Sistemas de Información Geográfica (SIG) Qgis *Las Palmas* v.2.18 y software de análisis estadístico R (R Core Team v.3.5.2., 2017).

Análisis de datos

Para cumplir con el objetivo específico 2 de este informe y utilizando el diseño de muestreo, se agruparon los datos de regeneración arbórea de acuerdo al número de individuos arbóreos regenerando (i.e., riqueza de especies) y distancia a la que estos se encuentran 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; Ecotono (EC), ubicadas a los 40 metros; Plantación Cercana (PLC), ubicadas a los 60 y 80 metros y Plantación Lejana (PLL), ubicadas a los 100, 120 y 140 metros. (ver Tabla Nro. 2).

Código ID parcela	Distancia (m)	Total especies	Total especies nativas	Total especies exóticas
Sector+EC/BN/PL+Nro.	X	N	A	B

Tabla Nro. 2 Ordenamiento de datos de acuerdo a distancia y número de especies arbóreas regenerando. X=distancia de las diferentes parcelas (de 0 a 140 metros), N=número total de especies, A=número total de especies nativas, B=número total de especies exóticas.

A los datos recopilados se les aplicó el test de Shapiro-Wilck para evaluar la normalidad de los datos y el test T de Student, para evaluar la existencia de diferencias significativas en la riqueza de especies dentro de las categorías establecidas anteriormente.

5.2.2 Resultados

En el área de estudio de 50x50 Km, se caracterizó que tan frecuente es la presencia de “islas” de bosque nativo del tipo forestal Ro-Ra-Co, rodeadas por plantaciones de *Pinus radiata*. 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) (Fig 5). La mayor concentración de “islas”, según tamaño, se presentó entre las 0,5 y 30 ha (Fig 6a). La evaluación de la razón perímetro/área mostró que esta varía entre 60 y 700, donde los valores más bajos corresponden a parches con formas más cercanas a polígonos regulares y por el contrario, valores más altos indican formas de parches más irregulares (Fig 6b).

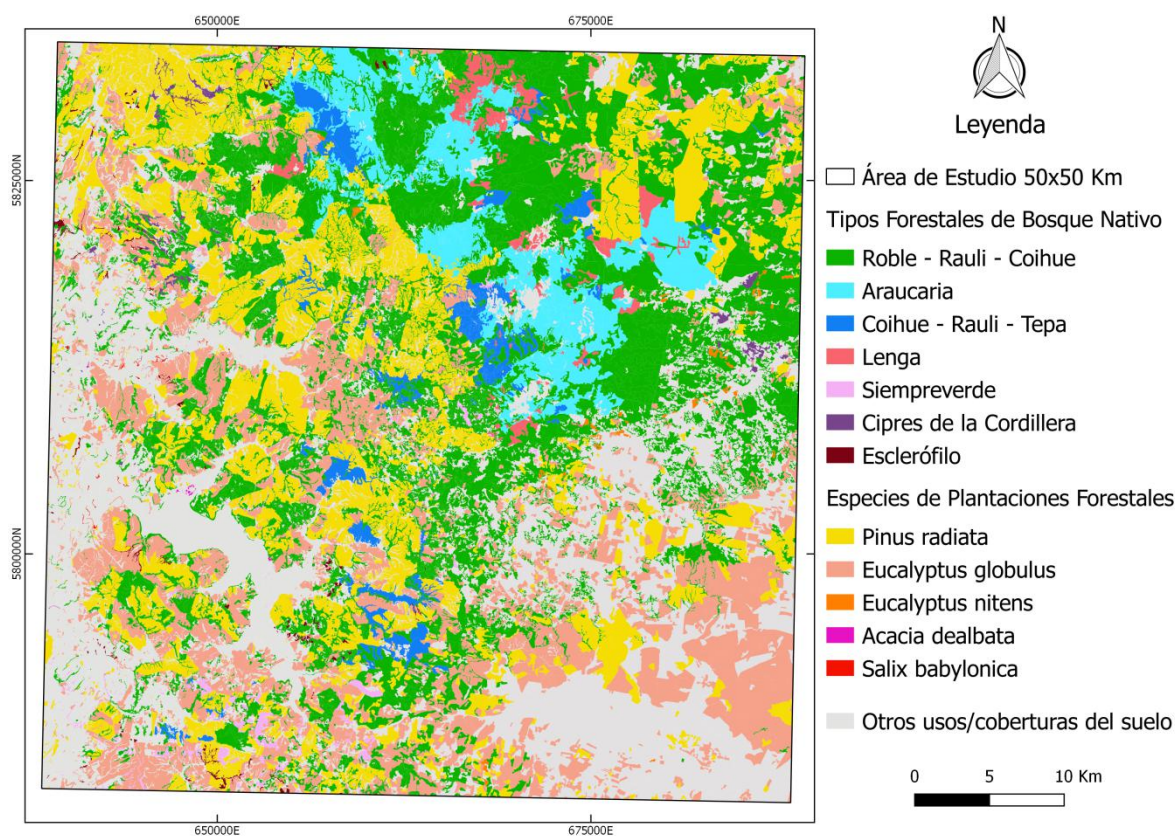


Fig. 5 Mapa usos/coberturas de suelo para área de estudio de 50x50 Km. Fuente: Elaboración propia.

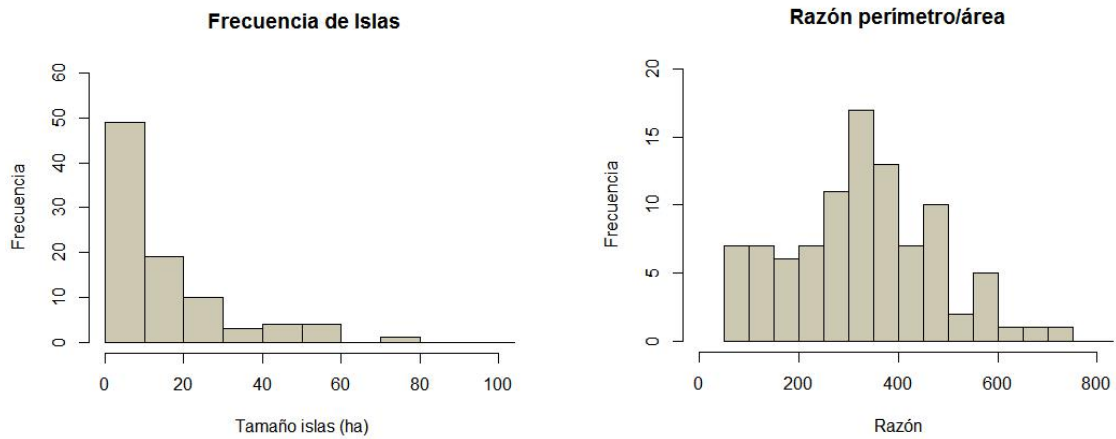


Fig. 6 a) Frecuencia de la distribución de “islas” por superficie en ha, b) frecuencia de la razón perímetro/área de las “islas” de bosque nativo.

De acuerdo a los criterios de selección de parches y la evaluación del rango de tamaños de estos, considerando el total de parches se han definido al menos tres categorías de acuerdo a su superficie en ha. Considerando el rango de tamaños reales, el total de parches se dividió en terciles (considerando el 33% de los datos para cada uno). De este modo la primera categoría, la que se denominó “Categoría pequeña” quedó definida 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 (ver Fig 6).

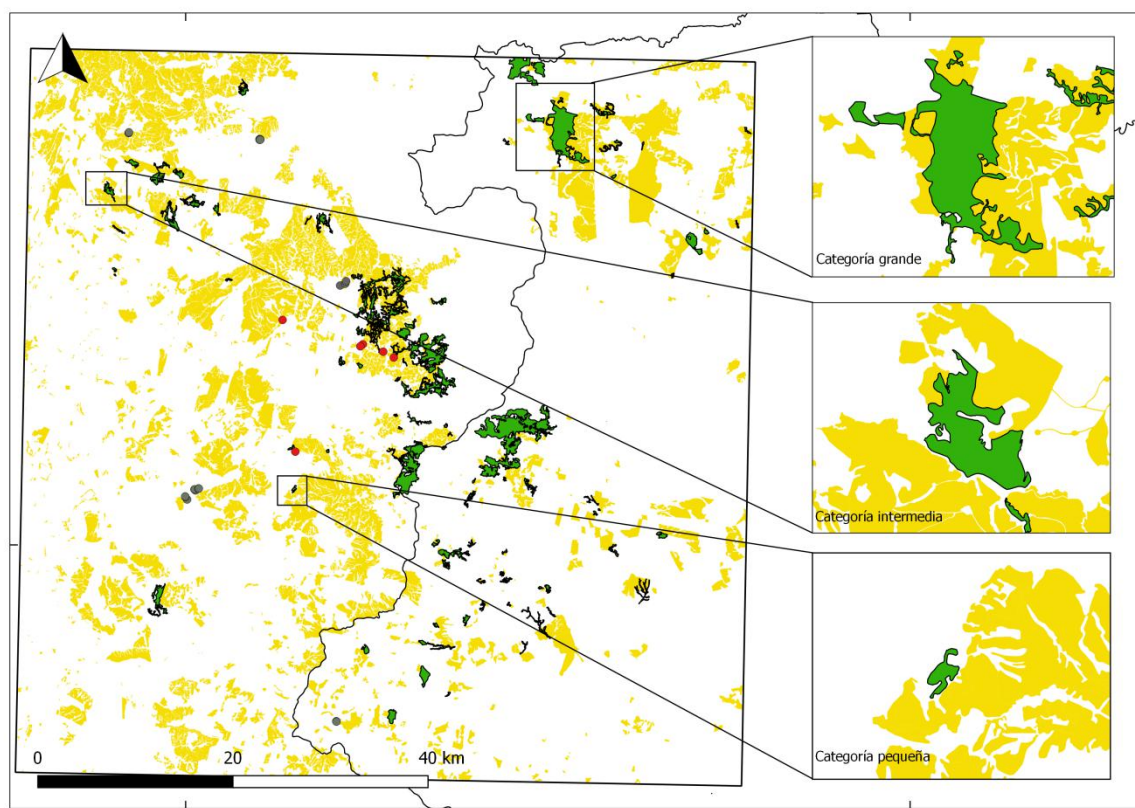


Fig. 7 Mapa ejemplo de selección de “islas” de bosque nativo categorizadas según tamaño. Fuente: Elaboración propia.

Para poder entender de mejor forma cómo estos parches de bosque nativo contribuyen sobre la retención de biodiversidad bajo las plantaciones forestales adyacentes, se utilizaron como zonas de muestreo predios de la empresa Forestal Arauco S.A. (FASA) para realizar toma de datos. Se utilizan estas zonas pertenecientes a FASA dado que: (1) la mayoría de las plantaciones en Chile, se concentran en el patrimonio de empresas forestales, (2) se cuenta con mayor información sistematizada respecto a la historia de las plantaciones y cartografía y (3) el acceso y logística es más simple al tratar sólo con un propietario.

Se escogieron dos sectores dentro del patrimonio de la empresa FASA; sector “Chacay” (37° 46’ 45” S - 73 06’ 48” O) de 7.268 ha y sector “Caramávida” (37° 42’ 33” S - 73° 18’ 18” O) de 9.509 ha. En estos sectores se realizó el mismo ejercicio de selección por criterios, ahora además considerando la edad de plantaciones e información más

detallada de la red vial e hídrica, otorgada por la empresa (Fig 8 y 9). En base a esto se seleccionaron en total 97 parches que cumplen con los criterios antes mencionados, para proceder a validar en terreno su viabilidad para muestreo. Tras la validación en terreno se seleccionan aleatoriamente 18 parches de Ro-Ra-Co, considerando un rango de tamaños de parches. Se prefieren sitios de más fácil acceso considerando al menos 6 parches de tamaño pequeño, 6 intermedios y 6 grandes.

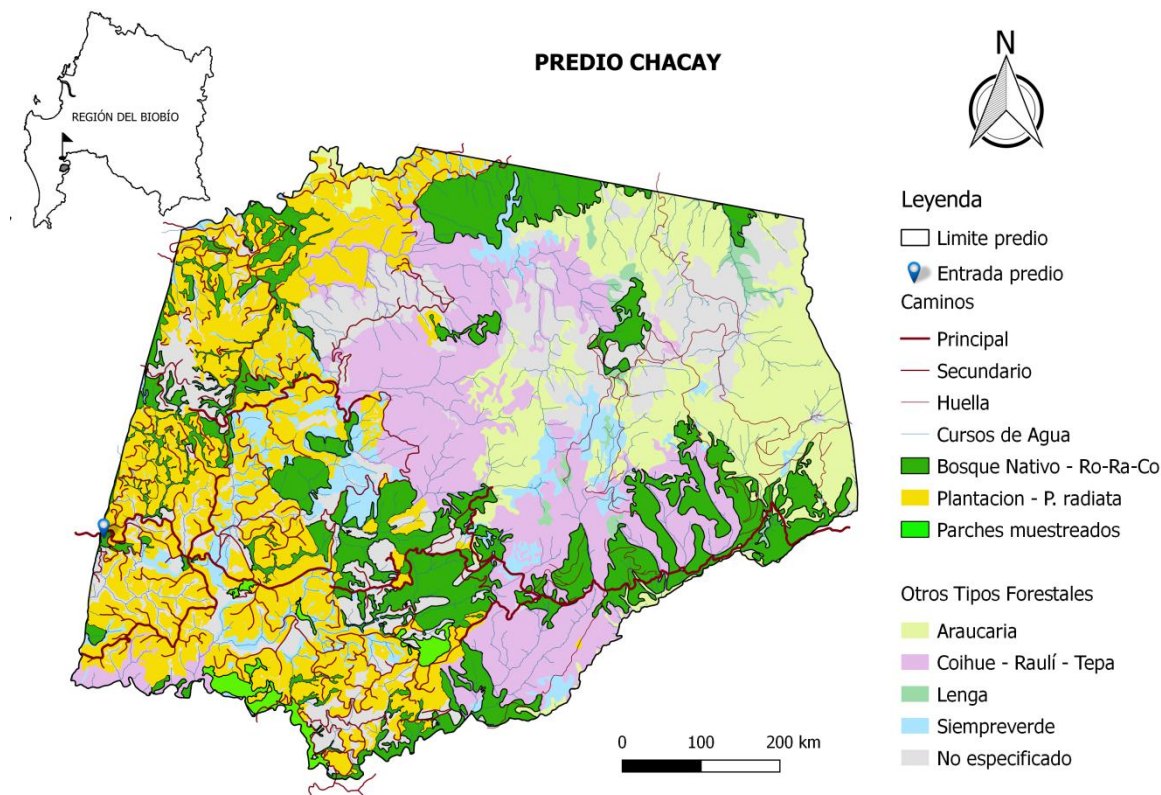


Fig. 8 Mapa selección de parches para toma de datos. Predio Chacay. Fuente: Elaboración propia.

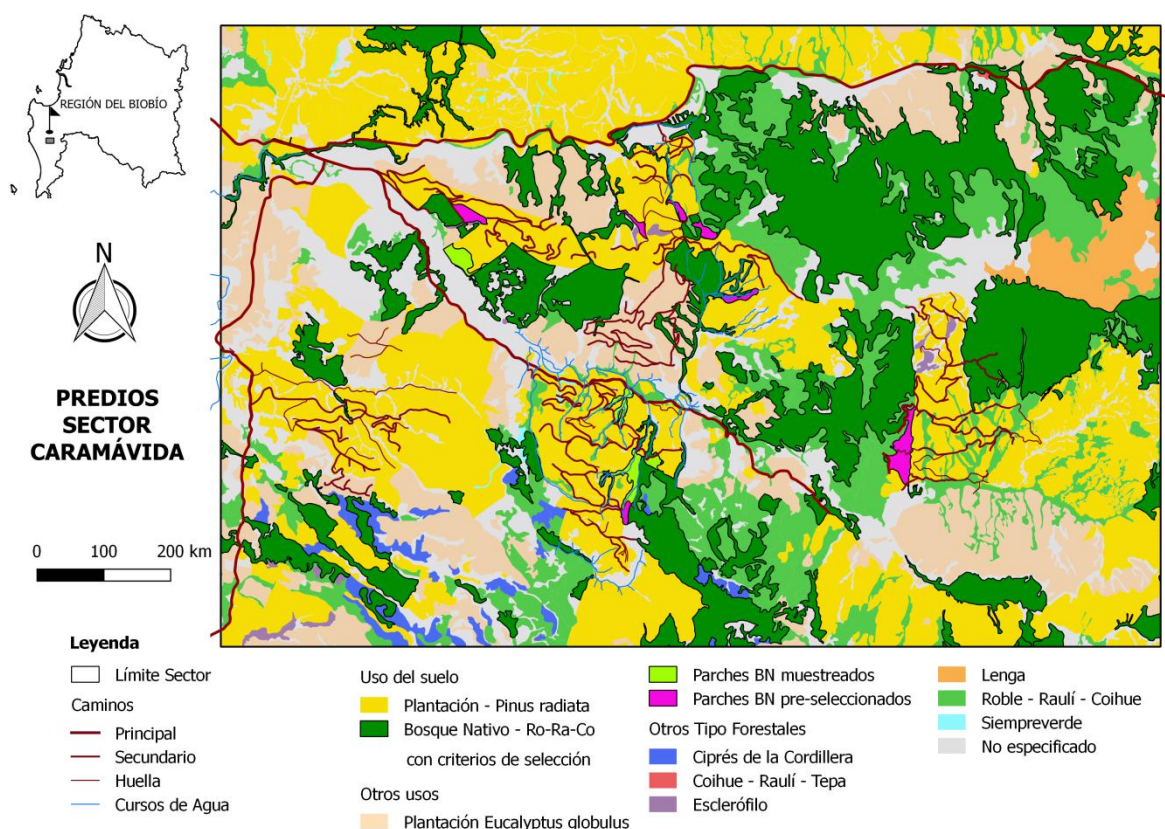


Fig. 9 Mapa selección de parches para toma de datos. Predio Sector Caramávida. Fuente: Elaboración propia.

Se evaluó la respuesta general en términos de riqueza de especies totales y riqueza de especies nativas para cada condición, contrastando la cantidad de especies diferentes encontradas en bosque nativo con la riqueza de especies encontrada por las diferentes condiciones (Ecotono, Plantación cercana y Plantación lejana). Los diferentes grupos poseían una distribución de tipo normal o gaussiana.

Para el caso de la riqueza de especies totales la comparación mostró que no existen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, entre la riqueza de especies del bosque nativo y las distintas categorías (Tabla Nro. 3 y Fig 10). Para la riqueza de especies nativas la comparación generada muestra que no existen diferencias significativas entre la riqueza de especies nativas entre el bosque nativo y el ecotono, sin embargo, estas si se presentan entre el bosque nativo y ambas condiciones de plantación, por lo que se encuentra una mayor riqueza de especies nativas en el bosque nativo que

en la plantación cercana y también mayor que en la plantación lejana (Tabla Nro. 4 y Fig 11).

Condición	Mínimo	Media	Máximo	SD
Bosque Nativo (BN)	7	11,85	20	2,94
Ecotono (EC)	6	13,19	22	3,84
Plantación Cercana (PLC)	4	11,04	19	4,38
Plantación Lejana (PLL)	4	11,31	19	4,00

Tabla Nro. 3 Estadística descriptiva de la riqueza de especies totales para cada condición.

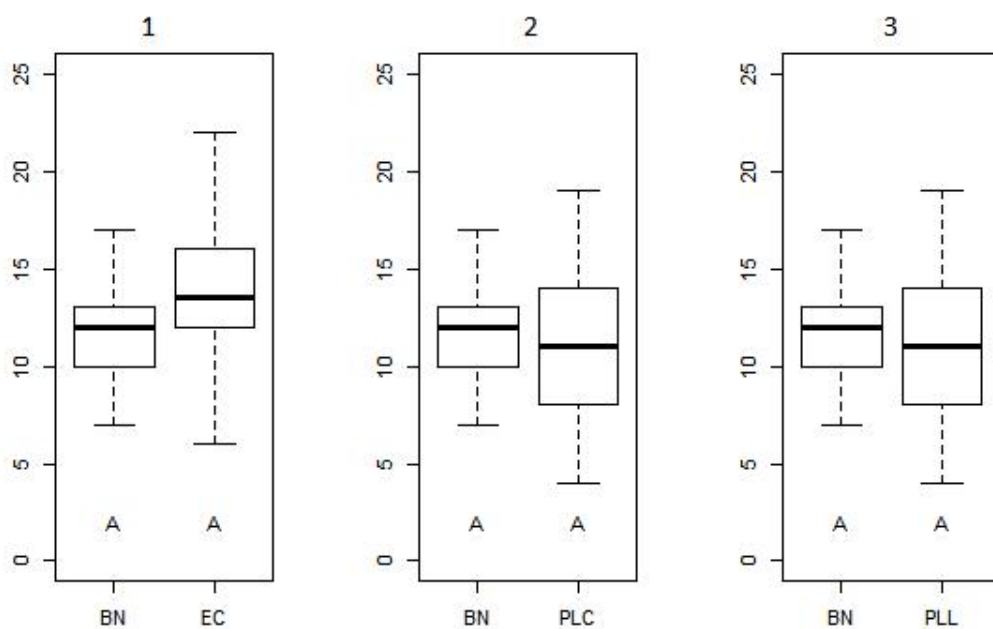


Fig. 10 Gráficos de comparación de riqueza de especies totales en bosque nativo comparadas con las distintas condiciones: (1) Bosque nativo vs ecotono, (2) Bosque nativo vs plantación cercana y (3) Bosque nativo vs plantación lejana.

Condición	Mínimo	Media	Máximo	SD
Bosque Nativo (BN)	6	10,88	19	2,70
Ecotono (EC)	3	10,19	17	3,23
Plantación Cercana (PLC)	3	8,62	17	3,78
Plantación Lejana (PLL)	2	8,61	16	3,41

Tabla Nro. 4 Estadística descriptiva de la riqueza de especies nativas para cada condición.

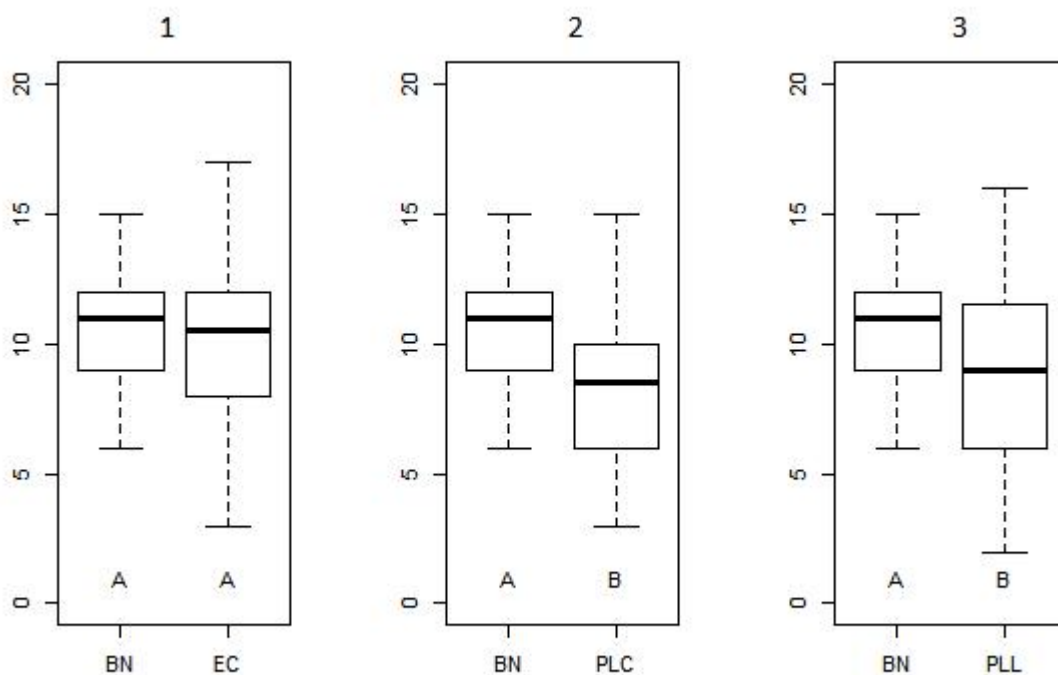


Fig. 11 Gráficos de comparación de riqueza de especies nativas en bosque nativo comparadas con las distintas condiciones: (1) Bosque nativo vs ecotono, (2) Bosque nativo vs plantación cercana y (3) Bosque nativo vs plantación lejana.

5.2.3 Discusión

De los primeros resultados se desprende que es una realidad validada por la cartografía, la existencia de “islas” de bosque nativo rodeadas de plantaciones forestales, donde predomina el tipo forestal Ro-Ra-Co para el caso de bosque nativo y la especie *Pinus radiata* en el caso de plantaciones forestales.

Estos parches de bosque nativo presentan principalmente superficies de no más 30 ha hectáreas y poseen una alta razón perímetro/área (P/A), lo que indica que tienen formas irregulares poco cercanas a polígonos regulares. Esto es posible corroborarlo en terreno, en particular, cuando se observan parches que se encuentran cercanos o protegiendo cursos de agua, donde la vegetación adopta la forma del curso del agua, obteniendo formas sinuosas similares a éste.

De acuerdo al análisis de la riqueza de especies nativas, esta se ve influenciada por la distancia, siendo cada vez menor a medida que aumenta la distancia desde el bosque nativo hacia la plantación. Para las distancias menores (hasta 40 metros), no existen diferencias significativas en términos de riqueza entre las condiciones de bosque nativo y ecotono, sin embargo, para las distancias mayores (desde los 60 hasta los 140 metros), si se presentan diferencias significativas entre las condiciones de bosque nativo y plantación cercana, y también entre bosque nativo y plantación lejana.

En general, los resultados muestran que existe una percolación de especies nativas bajo el dosel de plantaciones forestales adyacentes, la que se encuentra influenciada por la distancia que hay desde el parche de bosque nativo hacia la plantación. Podemos considerar entonces, a una plantación forestal como una serie de secciones, donde resaltan particularmente aquellas que se encuentran en contacto con parches de bosque nativo, puesto que presentan características distintas al resto de la plantación las que pueden ser favorables para procesos donde se requiera al menos la presencia de especies nativas (e.g., conservación de bosque nativo, restauración ecológica).

5.2.4 Conclusiones

La evaluación de atributos de parches de bosque nativo insertos en una matriz de plantaciones forestales, se realizó analizando el establecimiento de especies arbóreas nativas en plantaciones adyacentes. Para esto, se estableció la existencia de estos parches de bosque nativo en el área de estudio de 50x50 Km, desarrollando los objetivos específicos 1 y 2. El análisis cartográfico mostró que efectivamente en el área de estudio, es posible encontrar parches de bosque nativo rodeados por plantaciones forestales y que en su mayoría corresponden al tipo forestal Ro-Ra-Co y para el caso de las plantaciones, de la especie *Pinus radiata*. Esto revela la importancia de estudiar este tipo de interacciones, dado que se presentan de forma frecuente en esta zona de país.

Respondiendo al objetivo específico 3, el análisis de como influye la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* adyacentes, sobre la riqueza de especies arbóreas nativas presentes en el sotobosque es fue positiva, indicando que a medida que aumenta la distancia desde el bosque nativo hacia a plantación la riqueza de especies disminuye. Esto le atribuye una especial importancia a los parches de bosque nativo, debido a que una mejor comprensión de cómo interaccionan, puede ayudar en muchas de las iniciativas de restauración, pero además plantea la necesidad de un cambio en el manejo de las plantaciones que cuenten con características favorables para este mismo tipo de iniciativas.

VI. EVALUACIÓN DEL PROCESO

6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales

6.1.1 Fortalezas

De este proceso he podido obtener fortalezas en la perseverancia y resolución de problemas desafiantes. He adquirido también, nuevas herramientas que ayudan a promover la tolerancia y el respeto a la diversidad de opinión.

6.1.2 Debilidades

Ha sido una debilidad el exceso de auto-exigencia para cumplir con las labores adquiridas, puesto que muchas veces ha dificultado, o bien retrasado los objetivos y/o productos comprometidos al inicio del proceso.

6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales

6.2.1 Fortalezas

De este proceso se han podido obtener fortalezas en el manejo de tecnologías de sistemas de información geográfica (SIG) y software de análisis estadísticos. Se consideran también las experiencias adquiridas en el trabajo en equipo y planificación de actividades tanto dentro del laboratorio, como en el trabajo de campo.

6.2.2 Debilidades

Se podría considerar como una debilidad profesional, el hecho de aprender durante el transcurso de la actividad de titulación, el correcto manejo de SIG, ya que bien pudo ser adquirida durante los semestres lectivos anteriores.

VII. APOORTE AL PERFIL PROFESIONAL

7.1 Dominio(s) en que desarrolló su Diseño, Formulación y/o Ejecución de un Proyecto

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

7.2 Grado de cumplimiento y posibles desviaciones de propuesta inicial de Actividad de Titulación

Tabla Nro. 5: “Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas en propuesta Actividad de Titulación”

Objetivos Específicos	Tareas/actividades	Grado De Cumplimento	Planificada originalmente (Propuesta Act. Titulación)
Generar una zonificación de parches de bosque nativo rodeados por plantaciones de <i>Pinus radiata</i> , seleccionados en base a criterios objetivos, categorizando su tamaño y forma a nivel de paisaje.	Consideraciones establecidas para la elección de áreas potenciales de estudio.	Totalmente	Planificada
	Recopilación de información base para procesamiento con Sistemas de	Totalmente	Planificada

	Información Geográfica (SIG).		
Generar una pre-selección de parches de bosque nativo para su muestreo en terreno en base a categorías de tamaño y forma contrastantes.	Selección de sectores para zonificar.	Totalmente	Planificada
	Elaboración de póster con las consideraciones y resultados de las actividades anteriores.	Totalmente	Planificada
	Validación en terreno de sectores pre-seleccionados mediante zonificación.	Totalmente	Planificada
Explorar el efecto de la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de <i>Pinus radiata</i> adyacentes, sobre la abundancia y riqueza de especies arbóreas nativas presentes en el sotobosque.	Zonificación definitiva de sectores con criterios definidos para la identificación de islas de bosques naturales rodeados de plantaciones forestales.	Totalmente	Planificada
	Análisis de supuestos e hipótesis definidas en los objetivos general y específicos.	Totalmente	Planificada
	Elaboración de documento final para calificación de Ejecución de Proyecto de Investigación.	Totalmente	Planificada

VIII. CONCLUSIONES GENERALES

La realización de la actividad de titulación supone para el estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales, terminar su formación de manera desafiante, abordando algún problema real que permita estar más cerca de su futuro profesional. La modalidad “Diseño, Formulación y/o Ejecución de Proyecto” de esta actividad de titulación, desarrollada en el 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*” presenta todas las características antes mencionadas.

Considerando que el objetivo general del proyecto Fondecyt es comprender los atributos de los parches de bosque nativo rodeados de plantaciones exóticas, que contribuyen a retener la biodiversidad de plantas en el sotobosque de plantaciones adyacentes, este trabajo permitió desarrollar parte de este objetivo mediante análisis de sistemas de información geográfica y análisis estadísticos. El análisis más importante y que responde al objetivo general de este trabajo investigación, que es ¿cómo influye la distancia desde parches de bosque nativo hacia plantaciones de *Pinus radiata* adyacentes, sobre la riqueza de especies arbóreas nativas presentes en el sotobosque? en este caso, tuvo una correlación inversamente proporcional, indicando que a medida que aumenta la distancia desde el bosque nativo hacia la plantación, la riqueza de especies disminuye.

Poder analizar la importancia de estas variables de los parches de bosque nativo y el efecto que pueden tener sobre las plantaciones forestales ha sido de vital importancia para la formación de un Ingeniero en Recursos Naturales, ya que brinda la posibilidad de adentrarse en los paradigmas sobre la coexistencia de ambos ecosistemas y fomenta la búsqueda de nuevos mecanismos que permitan tener más alternativas para abordar los procesos, por ejemplo, de restauración o rehabilitación de ecosistemas después de haber sufrido alguna perturbación.

Finalmente, el incorporarse a este equipo de investigación, no hace si no fomentar el espíritu de curiosidad y creatividad y la motivación de realizar un aporte positivo en esta área de las ciencias.

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.
- Altamirano, A., & Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(1), 53-64.
- Altamirano, A., Aplin, P., Miranda, A., Cayuela, L., Algar, A. C., & Field, R. (2013). High rates of forest loss and turnover obscured by classical landscape measures. *Applied Geography*, 40, 199-211.
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological conservation*, 113(2), 245-256.
- 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.
- Collinge, S. K. (1996). Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and urban planning*, 36(1), 59-77.
- CONAF. (2016). Superficies de Catastros Usos de Suelo y Recursos Vegetacionales. Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales.
- Davies, K. F., Gascon, C., & Margulles, C. R. (2001). Habitat fragmentation, en Soulé ME & GH Orians (eds). *Conservation biology: research priorities for the next decade*. Island Press, Washington DC: 81-97.
- Di Castri, F., & Hajek, E. R. (1976). *Bioclimatología de Chile*.
- Estades, C. F., Grez, A. A., & Simonetti, J. A. (2012). Biodiversity in Monterey pine plantations. *Biodiversity conservation in agroforestry landscapes: challenges and opportunities*. Editorial Universitaria, Santiago, 77-98.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.
- Gadd, M. E. (2005). Conservation outside of parks: attitudes of local people in Laikipia, Kenya. *Environmental Conservation*, 32(1), 50-63.

Grez, A., & Bustamante-Sánchez, M. (2006). Aproximaciones experimentales en estudios de fragmentación. Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas, 17-40.

Grez, A. A., Simonetti, J., & Bustamante, R. O. (2006). Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas (p. 229). Santiago: Editorial Universitaria.

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.

INFOR (Instituto Forestal, CL). 2017. El sector forestal chileno 2017. Santiago de Chile, Instituto Forestal. 48 p.

Kerr, J. T. (1997). Species Richness, Endemism, and the Choice of Areas for Conservation: Riqueza de Especies, Endemismo y Selección de Areas para Conservación. *Conservation Biology*, 11(5), 1094-1100.

Laurance, W. F. (2000). Do edge effects occur over large spatial scales?. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(4), 134-135.

Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2013). Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis. Island Press.

MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (2001). The theory of island biogeography (Vol. 1). Princeton university press.

McCune, B., Grace, J. B., & Urban, D. L. (2002). Analysis of ecological communities (Vol. 28). MjM Software Design Gleneden Beach, Oregon.

Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., & González, M. (2017). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*, 17(1), 285-297.

Muñoz, M., Núñez, H., & 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.

Pauchard, A., Aguayo, M., & Alaback, P. (2006). Cuantificando la fragmentación del paisaje: las métricas y sus significados ecológicos. Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas, 41-67.

Pickett, S. T., & White, P. S. (Eds.). (2013). The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, San Diego.

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.

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.

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.

Tabarelli, M., Da Silva, J. M. C., & Gascon, C. (2004). Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity & Conservation*, 13(7), 1419-1425.

Tomasevic, J. A., & Estades, C. F. (2008). Effects of the structure of pine plantations on their “softness” as barriers for ground-dwelling forest birds in south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4), 810-816.

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: patterns and process*. EUA: Springer.

Wiens, J. A., Crawford, C. S., & Gosz, J. R. (1985). Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. *Oikos*, 421-427.

Vergara, P. M., & Simonetti, J. A. (2004). Avian responses to fragmentation of the Maulino Forest in central Chile. *Oryx*, 38(4), 383-388.