

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
INGENIERIA 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.**

**Propuesta de conversión a bosque nativo de una plantación de
Pinus radiata adulto en el Parque Ecológico y Cultural
Rucamanque.**

Profesor Guía: Rodrigo Vargas Gaete.

**EMERSON ORLANDO SALDÍAS TORRES
II SEMESTRE 2020**

I. Índice de contenido

I.	Índice de contenido	1
II.	Introducción	4
III.	Descripción del Entorno de investigación.....	6
3.1	Antecedentes Generales	6
3.2	Descripción detallada la empresa/institución	7
3.2.1	Producto (líneas de productos) y/o servicio principal que producen o generan.....	7
3.2.2	Normativa vigente:	7
3.2.3	Aspectos del ambiente interno	8
3.2.4	Descripción de aspectos estratégicos de la Organización:.....	8
3.2.5	Estructura organizacional:	9
3.2.6	Organigrama institucional.....	10
3.2.7	Descripción de la unidad/departamento.....	11
3.3	Descripción del proyecto en que ha enmarcado la investigación	11
IV.	Descripción de la investigación desarrollada.....	12
4.1	Justificación del proyecto	12
4.1.1	OBJETIVOS.....	14
4.1.2	Área de Estudio	14
4.2	Marco teórico de la investigación.....	16
4.2.1	Restauración ecológica según “Society for Ecological Restoration International” (SER)	16
4.2.2	Desde plantación forestal a bosque nativo, adaptación en la actualidad.....	16
4.2.3	Experiencias Internacionales en conversión de plantaciones forestales	17
4.2.4	Estructura de la vegetación.....	18
4.2.5	Estructura horizontal o patrón espacial.	18
4.2.6	Nicho de regeneración.....	19
4.2.7	Bosque templado y Rucamanque	19
4.4.7.1.-	Ecosistema de referencia	20

4.3	Metodología.....	22
4.3.1	Delimitación de las parcelas de estudio	22
4.3.2	Análisis de la estructura horizontal de <i>P. radiata</i> y especies nativas en Rucamanque.....	23
4.3.3	Análisis bivariado entre <i>P. radiata</i> y las especies nativas bajo su dosel.....	24
4.3.4	Zonificación	24
4.4	Resultados	25
4.4.1	Estructura y regeneración.....	25
4.4.2	Regeneración arbórea	26
4.4.3	Análisis Univariado	26
4.4.4	Análisis bivariado.....	28
4.4.5	Propuesta de conversión	31
4.4.5.1	Extracción de es especies exóticas.....	32
4.4.5.2	Extracción de restos leñosos y apoyo regeneración nativa.....	35
4.4.5.3	Apertura del dosel / Raleo de <i>Pinus radiata</i>	33
4.5	Discusión de resultados	38
4.6	Conclusión investigación	45
V.	Análisis crítico y Plan de mejora	46
5.1	Fortalezas y debilidades centro de investigación	46
5.2	Iniciativas que permiten potenciar las fortalezas	46
5.3	Iniciativas que permitan mejorar/superar debilidades.....	47
5.4	Plan de mejora.....	47
VI.	Evaluación del proceso.....	48
6.1	Evaluación del proceso en aspectos personales.....	48
6.2	Evaluación del proceso en aspectos profesionales	48
VII.	Aporte al Perfil Profesional	49
7.1	Dominios(s) desarrollados	49
7.2	Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas	49
VIII.	Conclusiones.....	51
IX.	REFERENCIAS.....	53

X.	Anexos.....	61
10.1	Anexo N°1: Atributos de los Ecosistemas Restaurados según SER (2004).	61
10.2	Anexo N°2: Tablas de rodal para Pinus radiata y las principales especies nativas.....	62
10.4	Anexo N°4 Tabla resumen para regeneración arbórea.....	64
10.3	Anexo N°3: Gráficos Distribución diamétrica.....	65
10.4	Anexo N°4: Distribución espacial y análisis PCF.....	66
10.5	Anexo N°5: Análisis bivariado entre los pinos y la regeneración arbórea nativa	72
10.6	Anexo N°6: Distribución de Pinus radiata y todas las especies arbóreas.....	76
		78

II. Introducción

Los ecosistemas forestales concentran la mayor parte de la biodiversidad terrestre en nuestro planeta. Según el informe del “Estado de los Bosques del Mundo”, estos ocupan en la actualidad el 30,8% de la superficie terrestre mundial (4060 millones de hectáreas). Sin embargo, se estima que se han perdido 420 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo debido a la deforestación desde 1990 (FAO, 2020). El cambio de uso de suelo y la fragmentación de hábitats son las amenazas más graves actuales y futuras para la conservación de la biodiversidad (Pereira et al., 2010; Sala et al., 2000). En Chile, la sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales ha determinado en diversos casos pérdida de biodiversidad, concentrándose principalmente entre los 35° y 41°S. Consecuentemente esta zona del país se considera dentro de los 35 puntos críticos de biodiversidad del mundo, dada la alta presión antrópica y por ser uno de los mayores centros de biodiversidad y endemismo (Mittermeier et al., 2004; Myers et.al, 2000).

En épocas anteriores, las categorías de uso de suelo con mayor superficie en Chile eran los bosques nativos (28.5 millones de ha) y el matorral (25.8 millones ha) (Luebert & Pliscoff 2017). Contrastando con esto, en la actualidad 14.4 millones de ha corresponden a bosques nativos, 3.1 millones de ha de plantaciones forestales y 170 mil ha de bosques mixtos de especies nativas y exóticas (CONAF 2017a). Las principales causas de cambio han sido el reemplazo de bosque nativo a pradera y matorral por extracción de su madera, cambio a uso agrícola y el desarrollo de plantaciones forestales (sustitución) (Lara et al. 2012).

Las primeras acciones de Chile por reforestar y recuperar suelos degradados empiezan hacia fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, considerando el establecimiento de plantaciones forestales con la introducción de especies exóticas de rápido crecimiento (Camus 2006). A principios de 1900, el gobierno de Chile contrató al silvicultor alemán, Federico Albert, quien recomendó plantar pinos y eucaliptos para controlar la grave erosión del suelo, que afectaba a localidades costeras de la región del Maule. El gran éxito en esta acción, sumado al rápido desarrollo de estas especies, llevó al estado a promover programas de plantación alrededor del año 1910 (Mead, 2013).

La política forestal comenzó por el año 1931, y se intensificó luego de la implementación del Decreto Ley 701 (DL-701) de 1974 y la Ley 19.561 de 1998, que renovó el DL-701 (Reyes et al. 2014). Este fomento entregó subsidios que cubrieron entre el 75 y el 90% de los costos de establecimiento y manejo de las plantaciones forestales, además de beneficios tributarios.

¿Cuánto costó esto para el estado? una inversión de 474 millones de dólares durante los años 1976 y 2010 (~13.5 millones de dólares anuales); lo que en terreno se graficó en una superficie superior a 1.4 millones de ha plantadas principalmente con *Pinus radiata* (Cabaña Chávez ,2011). Decreto que dejó de regir desde el año 2013, y no ha vuelto a prorrogarse.

Esta política forestal llevó al sector, a representar un 2.1% del PIB nacional, con exportaciones que ascienden a 6.838 millones de dólares al año (INFOR 2019). Sin embargo, este éxito en el crecimiento macroeconómico ha estado puesto en duda, debido a las externalidades negativas que deja la industria forestal, a nivel ambiental y también social. (Parra ,2019). Desde esta perspectiva, aunque el sector forestal genera cerca de 114 mil empleos (INFOR, 2019), las comunas con mayor pobreza del país corresponden a aquellas con mayor proporción de plantaciones forestales (Reyes et al., 2014).

Con el cambio global, y sus consecuencias, hace aproximadamente 30 años se empezó a desarrollar un concepto llamado restauración ecológica. Lo que empezó siendo una combinación de diversas disciplinas, entre ellas la ecología, la ingeniería y las ciencias sociales pasó a ser considerada con el tiempo una ciencia independiente con una base científica basada en principios claramente definidos (Hobbs & Norton 1996; SER 2004; Aronson & Van Andel, 2006). Sin embargo, el término “restauración” es usado indiscriminadamente y es difícilmente definible ya que abarca muchas situaciones encontradas en la literatura y en la práctica como son entre otras la “rehabilitación”, “reclamación”, “recuperación”, “creación” e “ingeniería ecológica” (Stanturf, 2005).

El presente proyecto tiene por objetivo proponer un plan de conversión a bosque nativo de una plantación de *Pinus radiata* adulta (edad aprox. entre 35-40 años) en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque. En primera instancia, (a) se analizará el patrón espacial (estructura horizontal) de *Pinus radiata* y las especies nativas arbóreas que ocurren bajo su dosel. Posteriormente (b) se analizará el patrón espacial de los individuos arbóreas de la plantación en relación con el patrón espacial de especies nativas que ocurren en el sotobosque. Por último , (c) se propondrá un ensayo considerando una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y monitoreo la regeneración natural.

III. Descripción del Entorno de investigación

3.1 Antecedentes Generales

El Parque Ecológico y Cultural Rucamanque (en adelante Rucamanque) posee una superficie de 408,13 hectáreas y se sitúa a 12 kilómetros al noroeste de la ciudad de Temuco en la Región de la Araucanía, en el sector Trabunco - Los Copihues. Se ubica en el denominado cordón montañoso Huimpil - Ñielol, en el que Rucamanque se conecta con el Monumento Natural Cerro Ñielol. Presenta una altitud máxima de 550 msnm. y una mínima de 300 msnm.

Desde el año 1986 el predio es administrado por la Universidad de la Frontera con el compromiso de destinar el predio a la investigación, educación y preservación de su patrimonio natural. El año 2013, luego de un período de 9 años de juicios entre el Consejo de Defensa del Estado y la Universidad de la Frontera, el predio es regresado al Ministerios de Bienes Nacionales quienes lo administraban antes de 1986. Sin embargo, ese mismo año se suscribe un convenio de colaboración entre la Universidad y la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Bienes Nacionales de la Región de la Araucanía. Posteriormente, mediante Resolución Exenta N° 270 de marzo de 2014 de La SEREMI de Bienes Nacionales, Región de la Araucanía, se otorga una concesión de Uso Gratuito del Inmueble a La Universidad, por cinco años, con el fin de que ésta lo destinase exclusivamente al desarrollo del Proyecto denominado “Parque Ecológico y Cultural Rucamanque, Plan de Manejo Integral 2014-2019” (Núñez P. et. al., 2015).

Finalmente, el año 2016, las dos entidades anteriormente mencionadas colaboran en un nuevo convenio mediante el Decreto exento N° E-547 de noviembre de ese año, se aprueba un contrato de Concesión de Uso Gratuito de Largo Plazo, es decir, la Universidad de la Frontera continuará administrando el predio Rucamanque por 25 años más a partir de la notificación de este decreto (Decreto Exento N° E-547).

3.2 Descripción detallada la empresa/institución

3.2.1 Producto (líneas de productos) y/o servicio principal que producen o generan

El principal producto que entrega Rucamanque, es la protección de la biodiversidad, preservando en forma efectiva los ecosistemas naturales del predio, con el fin de garantizar la provisión permanente de bienes y servicios ambientales que éstos generan, entre los que se pueden nombrar: recursos medicinales, protección de los suelos y el flujo libre y seguro de genes y especies nativas (Núñez et. al, 2015).

Según la WWF, son múltiples los servicios que entregan las áreas silvestres protegidas tales como la producción de agua, conservación de valores culturales, salud y recreación, conocimiento e Investigación científica, polinización y mitigación del cambio climático (Duddley y Stolton, 2008). En el plan de manejo integral del año 2015 menciona lo siguiente respecto a lo que puede otorgar Rucamanque: *“Preservar la Formación Vegetacional “Bosque Caducifolio del Sur”, como una muestra representativa de la biodiversidad natural de Chile y, en especial, de la Región de La Araucanía. Preservar los rasgos escénicos asociados a la presencia de ecosistemas boscosos en un sector del cordón montañoso Huimpil–Ñielol, con el fin de garantizar el disfrute de estos recursos por parte de los habitantes de la ciudad de Temuco y alrededores y de los numerosos visitantes de otras zonas del país y del extranjero, que recorren la región de La Araucanía. Brindar oportunidades para que la sociedad pueda desarrollar en este espacio natural actividades de recreación, turismo e investigación basadas en la conservación de la naturaleza”* (Núñez et. al., 2015).

3.2.2 Normativa vigente:

El año 2002, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), declara al predio Rucamanque como Sitio Prioritario de Conservación debido a su vegetación relictas y rica en endemismos, característica de la depresión intermedia del centro sur de Chile (*Registro de Áreas Protegidas*), en base a lo expuesto en el artículo 11, letra de La Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

El 23 de noviembre de 2016, a través del Decreto Exento Nº E-547, se aprueba el Contrato de Concesión Gratuita, celebrado por Escritura Pública entre la Universidad de la Frontera y el

Ministerio de Bienes Nacionales, que otorga un plazo de 25 años a la universidad de la Frontera para desarrollar el proyecto “Parque Ecológico y Cultural Rucamanque”

3.2.3 Aspectos del ambiente interno

Rucamanque está abierto tanto para personas naturales cómo también para investigadores, instituciones y/o agrupaciones. En base a lo mencionado en el sitio web de Rucamanque, los visitantes al lugar se dividen en tres grandes grupos: con **finés recreativos** (caminatas, fotografía, Trail-running), **educacionales** (escuelas, instituciones públicas, juntas de vecinos, agrupaciones con intereses en la educación ambiental), o **finés científicos** (trabajos de grado, prácticas profesionales o proyectos y actividades de investigación).

Áreas protegidas de similares características, encontramos El Monumento Natural Cerro Nielol, el cual alberga un ecosistema similar al de Rucamanque, pero en una menor superficie (89 ha) y aledaña a la zona urbana. Ambas son relictos vegetacionales de la depresión intermedia, siendo las únicas Áreas Silvestres Protegidas que conservan y preservan este tipo de ecosistemas (Núñez *et.al*, 2015) .

3.2.4 Descripción de aspectos estratégicos de la Organización:

Debido a que actualmente el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque no especifica misión, visión ni valores corporativos, el estudiante propuso como visión: “...*preservar el ecosistema relictos del predio como un testigo representativo de la biodiversidad de la Región de la Araucanía, Chile y el mundo.*” y como misión: “...*acercar el ecosistema del predio a la comunidad por medio de la Investigación científica, la educación ambiental y la recreación*”, ambos extraídos en lo expuesto en la página oficial del Parque Ecológico y Cultural Rucamanque (parquerucamanque.ufro.cl). De este mismo sitio web, se proponen los valores corporativos que posee el equipo de trabajo del parque;

1. Respeto a la Naturaleza: La conformación del predio Rucamanque se creó por la necesidad de cuidar uno de los pocos relictos vegetacionales representativos de la depresión intermedia de los bosques templados del sur, procurando su protección y cuidado mediante investigación científica y educación ambiental.

2. Responsabilidad Social: Rucamanque cumple la función de relacionarse con la comunidad, otorgando un espacio de recreación, de educación ambiental y cultura, a través de actividades con establecimientos educacionales del sector y de la ciudad de Temuco, como también con particulares y personas naturales.
3. Compromiso: El equipo de trabajo del predio se ha comprometido a trabajar en proteger y conservar el ecosistema al interior de Rucamanque, de manera responsable tanto con sus labores como la incidencia de éstas en el predio, sin perder el objetivo principal de la creación del parque.
4. Evaluación Autocrítica: El equipo de trabajo tiene clara noción de que las acciones a realizar siempre pueden ser mejor, aprendiendo de los errores y perfeccionando las actividades de conservación del lugar y las relacionadas con la vinculación con la comunidad y la población de la ciudad de Temuco.
5. Constancia: Muy relacionado con la evaluación autocrítica, el equipo de trabajo se mantiene firme frente a la adversidad y desafíos que puedan presentarse. Por ello, persevera en pro de alcanzar los objetivos de la conformación de Rucamanque pese a las dificultades que existan para alcanzarlo.

3.2.5 Estructura organizacional:

La estructura organizacional del Parque Ecológico y Cultural Rucamanque, depende principalmente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de la Frontera, y se divide en 4 grupos: **Comité Directivo, Comité Operativo, Equipo Profesional y Equipo de Trabajo.**

-Comité Directivo, está conformado por: Adison Altamirano Navarrete (Decano Facultad), René Montalba Navarro (Vicedecano Facultad), Rodrigo Vargas Gaete (Administrador General) y Andres Fuentes Ramirez (Director de Carrera Ingeniería en Recursos Naturales).

-Comité Operativo, conformado por Rodrigo Vargas Gaete (Administrador General), Andrés Fuentes Ramirez (Director de Carrera Ingeniería en Recursos Naturales), Leonardo Almonacid

Muñoz (Consejero Científico), Alejandro Herrera Aguayo (Consejero Aspectos Sociales) y Claudia Bassaber Escarate (Directora de Vinculación con el medio).

-Equipo Profesional, constituido por Daniela Pérez Paz (Encargada de operaciones) y Christian Barrón Moya (Encargado de línea base y monitoreo).

-Equipo de Trabajo, constituido por José Luciano Figueroa Acuña (Cuidador), Rosalino Torres Espinoza y Aladino Canio Tripailao (Encargados de mantenimiento y reparaciones).

3.2.6 Organigrama institucional

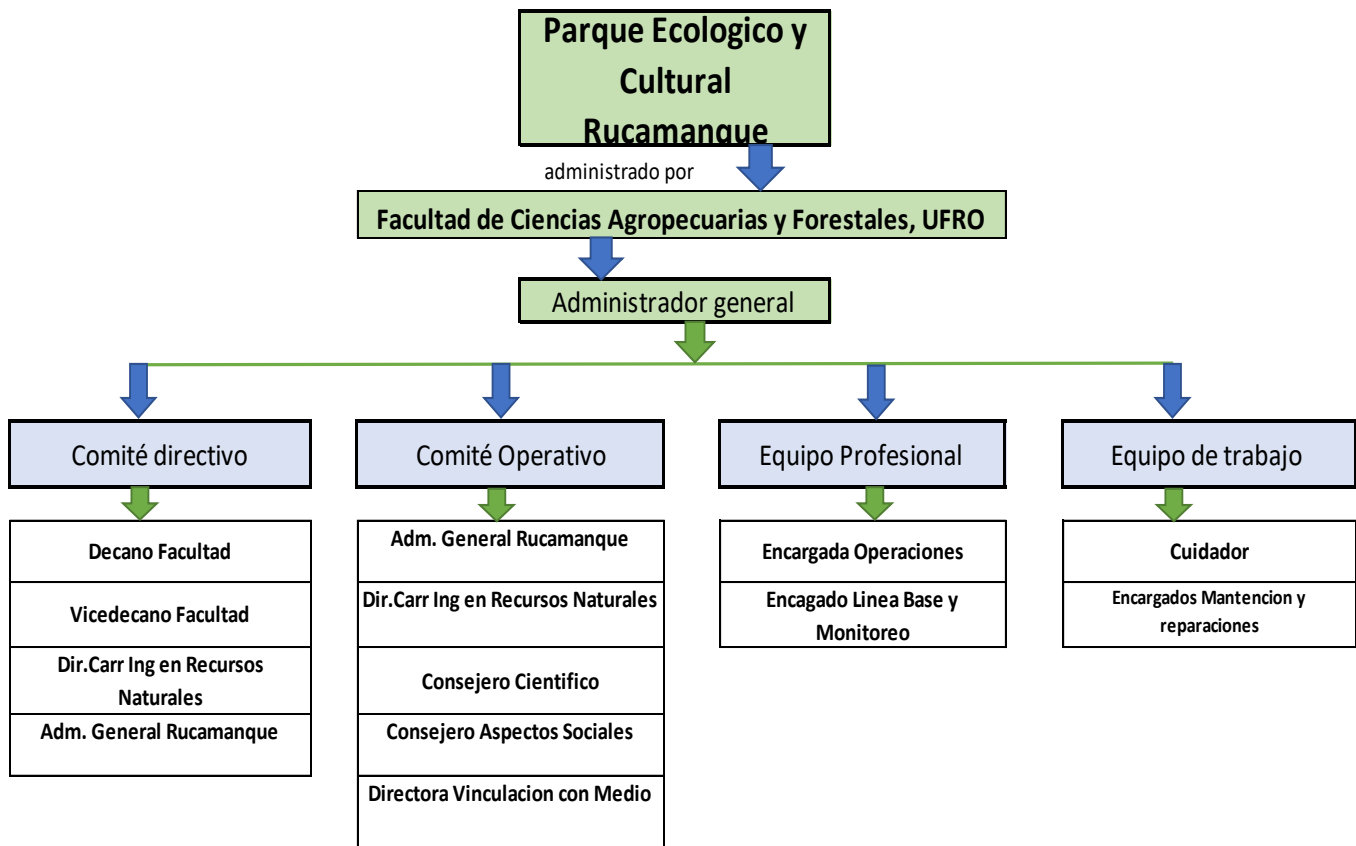


Figura N° 1: Organigrama institucional con los cargos de los actuales funcionarios del parque.

3.2.7 Descripción de la unidad/departamento

La actividad se realizará junto al equipo profesional y de trabajo, dirigido por el comité operativo. El estudiante, realizara visitas a terrenos para la colecta de datos y el muestreo en la plantación. Analizará su distribución espacial, y finalmente propondrá una serie de tratamientos silvícolas para la eventual conversión hacia bosque nativo. Estos tratamientos serán evaluados por el comité operativo, para la posterior ejecución encargada de los profesionales y equipo de trabajo.

3.3 Descripción del proyecto en que ha enmarcado la investigación

El proyecto se divide en 4 etapas:

- Revisión bibliográfica y elaboración de metodologías.
- Toma de datos.
- Análisis de datos, resultados y discusión.
- Propuesta de conversión y conclusiones.

En cada una de estas etapas el estudiante participará, con el apoyo del comité operativo, equipo profesional y equipo de trabajo cada vez que corresponda. Por ejemplo, en la colecta de datos necesitó del apoyo de algunos de ellos.

IV. Descripción de la investigación desarrollada

4.1 Justificación del proyecto

Las plantaciones forestales realizadas en Chile, fueron principalmente con especies exóticas de rápido crecimiento, tales como *P. radiata* y del género *Eucalyptus* (Salas et al., 2016). La justificación inicial de estas actividades, fue disminuir la erosión y degradación de los suelos, causada por la histórica deforestación para habilitar terrenos agrícolas; el abastecimiento de leña para generar energía y calefacción; cómo también para la construcción (Camus, 2006). Sin embargo, en la práctica, entre los años 1986 y 2001, el aumento de las plantaciones forestales, se debió principalmente a la sustitución del bosque nativo y matorral (Lara et al., 2003; Echeverría et al., 2006; Heilmayr et al., 2016).

Chile se comprometió, en diferentes acuerdos internacionales, a restaurar el 15% de sus ecosistemas degradados para el año 2020, reforestar al menos 100 mil ha para el año 2030, forestar 500 mil ha en terrenos de aptitud preferentemente forestal e incorporar a procesos de restauración otra superficie similar en áreas prioritarias para el año 2035 (Bannister et al., 2018). A estas cifras se le deben agregar la recuperación de 284 mil ha de plantaciones forestales y 105 mil ha de bosques nativos quemados durante los incendios de la temporada verano 2016-2017 (CONAF, 2017b).

Si bien la existencia de estos acuerdos, permite reconocer la tendencia y mayor preocupación por mejorar el actual modelo forestal, aún no es una certeza que estos objetivos se cumplan. Es un riesgo el que sigan realizándose las mismas prácticas, que degradan el suelo, arrasan con la biodiversidad, disminuyen los servicios ecosistémicos que nos podrían seguir entregando (Donoso, 2009).

En las últimas décadas, la degradación y sustitución han afectado significativamente a los bosques nativos del sur de Chile, por lo que en la actualidad se requiere acciones urgentes y concretas para contrarrestar esta situación (Bannister et al., 2013a). Entre estas actividades de mayor urgencia para la restauración, se encuentra el desarrollo de metodologías para la conversión de monocultivos de especies arbóreas exóticas (*Pinus radiata* y *Eucalyptus*) a bosques nativos para aumentar el nivel de provisión de bienes y servicios de este tipo de bosques para el bienestar de la sociedad (Bannister, 2013b). Este es un tema nuevo en Chile,

pero no en otras partes del mundo, existiendo diversos ejemplos tanto en Europa (Loewenstein , 2005; Harmer et al., 2012) como en EEUU (O'Hara , 2001; Nyland , 2003).

- **Pregunta de investigación**

¿Cuál es el comportamiento de la regeneración natural de especies nativas bajo el dosel de *Pinus radiata* adulto en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque?

- **Hipótesis**

a) A mayor densidad de *Pinus radiata*, serán las especies más tolerantes a la sombra las que puedan reclutar nuevos individuos bajo el dosel de la plantación.

b) *Pinus radiata* generara una segregación de las especies nativas intolerantes a la sombra.

4.1.1 OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un plan de conversión a bosque nativo de una plantación de *Pinus radiata* adulta en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque.

Objetivos Específicos:

- 1.- Analizar el patrón espacial (estructura horizontal) de *Pinus radiata* y las especies nativas arbóreas que ocurren bajo su dosel.
- 2.- Evaluar el patrón espacial de los individuos arbóreos de la plantación en relación con el patrón espacial de especies nativas que ocurren del sotobosque.
- 3.- Proponer un ensayo que considere una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y monitoreo la regeneración natural.

4.1.2 Área de Estudio

El estudio se realizó en dependencias del Parque Ecológico y Cultural Rucamanque (PECR de aquí en adelante), ubicado en los 38° 39' latitud Sur y 72° 35' longitud Oeste, a 12 km al N de la comuna de Temuco, Chile, el cual posee una superficie de 408 ha. En términos climáticos el predio Rucamanque se encuentra en una zona de transición entre el clima mediterráneo y templado, las precipitaciones se concentran entre los meses de marzo y septiembre, con un verano bastante seco, lo que confiere cierto grado de aridez al clima local (Pacheco & Núñez 2010). La vegetación original está formada por las comunidades boscosas de olivillo (*Lapagerio-Aextoxiconetum punctatii*) y roble-laurel-lingue (*Nothofago-Perseetum*), la primera en el fondo y parte inferior de las laderas y la segunda, en la parte superior. El predio posee una topografía de relieve montañoso e irregular, por lo que las laderas cubiertas por las comunidades boscosas presentan pendientes variadas en extensión e inclinación (Donoso, 1981; Reyes et al., 2011). El predio corresponde a una quebrada con orientación sureste a noroeste, ubicada en la ladera oriental del cordón montañoso Huimpil-Ñielol, cuyas altitudes varían entre 191 msnm y 556 msnm (Ramírez et al., 1989). En los sectores más bajos predominan los suelos rojo arcillosos y

en sectores más altos, depósitos de trumao (CIREN-CORFO 1989). Específicamente, el proyecto se realizará en una plantación adulta de *Pinus radiata*, cercana a la casa del cuidador del predio, en una superficie aproximada de 2ha, de una edad entre 35 y 40 años, parte de la cual ya ha sido cosechada en épocas anteriores.

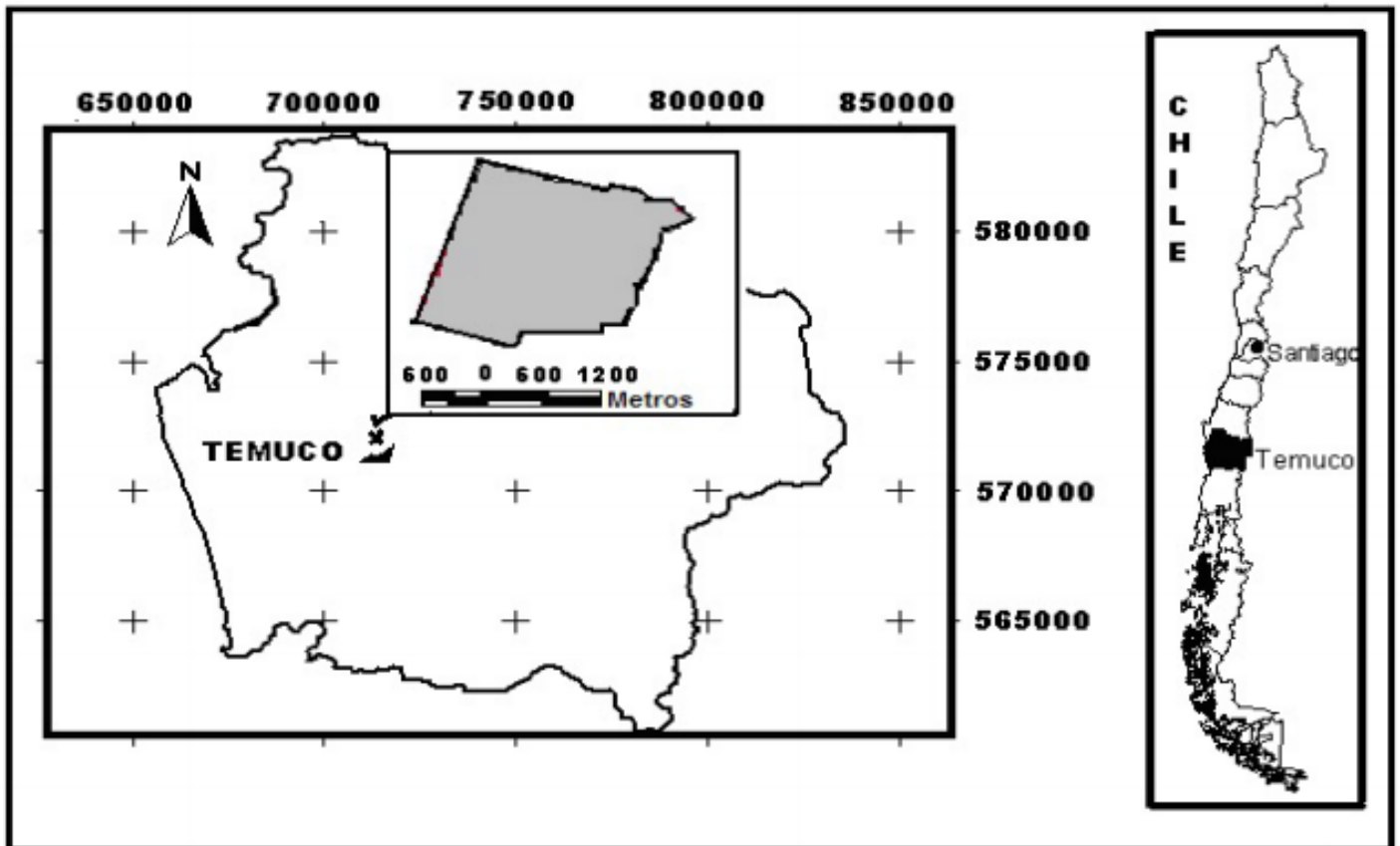


Figura N°2: Ubicación del parque. Fuente: (Zúñiga, 2014)

4.2 Marco teórico de la investigación

4.2.1 Restauración ecológica

Definida según SER en el año 2004, como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004). En este contexto, la restauración ecológica sería una actividad aparte de la reclamación, rehabilitación, mitigación, ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos naturales, entre ellos la silvicultura (SER 2004). Sin embargo, todas estas actividades pueden coincidir en parte con la restauración ecológica o pueden considerarse como tal si satisfacen los 9 atributos de ecosistemas restaurados (Anexo N° 1).

Existen diversas definiciones para restauración ecológicas, de las cuales, Bannister (2013a) destaca la realizada por Stanturf en el año 2005, el cual menciona que la **restauración**, abarca todas las intervenciones en ecosistemas degradados, es decir alterados más allá de mecanismo de autorrenovación. **Recreación**, representa el concepto de restauración ecológica definido por SER (2004). Tiene por objetivo recrear el ideal natural o histórico del ecosistema. **Rehabilitación**, se refiere a la restauración de bosques degradados. Tiene como inicio un punto intermedio, ya que no se ha cambiado el uso del suelo. Distintas formas pueden llevar a conversión o transformación. **Reclamación y reconstrucción**, la reconstrucción o reclamación abarca la restauración de bosques desde usos de suelo no boscosos. La reclamación es la restauración que empieza desde usos urbanos o contruidos y puede necesitar estabilización de sitios y forestación (temas mineros). La reconstrucción es la restauración de condiciones boscosas desde usos agrícolas a través de forestación o invasión natural.

4.2.2 Desde plantación forestal a bosque nativo, adaptación en la actualidad

Más allá de la definición de Restauración ecológica (RE), esta corresponde a una disciplina que ha llegado para quedarse, dado el contexto global y nacional de deterioro ambiental. En general la RE se ha clasificado en 2 tipos: Activa y Pasiva. La RE activa, busca modificar la estructura y componentes de un ecosistema (Quemas, clareos o raleos, eliminación de spp exóticas, plantación de spp nativas), con el objetivo de ayudar al ecosistema a volver a una estructura deseada, y poder seguir su trayectoria natural (SER, 2004). Por otra parte, la restauración pasiva, tiene por objetivo, eliminar los agentes negativos que impiden al ecosistema, avanzar hacia un estado deseado y seguir su trayectoria natural sin realizar acciones directas en el sitio.

Antes de decidir cuál de las dos técnicas se emplearán un lugar específico se debe estudiar la tasa de recuperación natural del bosque afectado (Bannister, 2012). En este contexto, Holl & Aide (2011) sugieren analizar ciertos aspectos antes de planificar una estrategia de restauración para poder identificar los objetivos de la actividad. Primero, si se tomara un enfoque de restauración pasiva, ¿qué resultados se pueden esperar?; si es que la intervención es necesaria, ¿cómo y cuándo debemos intervenir para lograr los objetivos del proyecto de restauración? y por último ¿Cómo pueden ser usados los recursos para la restauración de forma eficiente a escalas de paisaje o regionales? (Bannister, 2013a).

4.2.3 Experiencias Internacionales en conversión de plantaciones forestales

La conversión de monocultivos hacia bosques mixtos es una realidad en muchos lugares del mundo, sobre todo en Europa central. La concentración de la producción forestal en plantaciones monoespecíficas ya es historia de diversos países europeos en el período postguerra (Larsen & Nielsen 2007, citado en Bannister, 2013a). La conversión, es la transformación de superficies forestales que están fuera de su rango viable natural, en bosques mixtos, seminaturales o naturales en que operan procesos de autorregulación (Stanturf, 2005). Esto se realiza interviniendo la estructura y composición de los bosques mediante actividades de silvicultura.

La conversión de bosques puede tener como objetivos válidos tanto el desarrollar un bosque cercano al original (para preservación o manejo) como también un ecosistema novel de mayor complejidad que sea viable económicamente (bosques seminaturales productivos). Basado en la experiencia europea (plantaciones de coníferas), Fischer & Fischer (2006) han definido a nivel general dos estrategias silvícolas de mejoramiento que se diferencian en cuál es la variable que se pretende convertir, composición o estructura. Las técnicas silvícolas a ocupar dependerán de cuál de estas estrategias se pretende aplicar, siendo posible realizar ambas al mismo tiempo.

Las estrategias son: **Conversión**, cambio en la composición de especies. Por ejemplo, se convierten monocultivos de coníferas a rodales de especies nativas o seminaturales (exóticas y nativas), generalmente a través de regeneración avanzada artificial. **Transición**, cambio en la estructura vertical de los rodales. Se convierten rodales mono-estratificados a rodales multi-estratificados, por ejemplo, a través de pasar de un bosque coetáneo a uno multietáneo cambiando los períodos de rotación cambiando a manejo de cobertura continua.

Pese a existir una gran cantidad de reportes de experiencias de restauración ecológica en una gran variedad de zonas del planeta (zonas tropicales, mediterráneas, boreales y templadas), existe muy poca información sintetizada sobre experiencias prácticas de conversión de plantaciones exóticas hacia bosques nativos. Gran parte de la información existente sobre este tema consiste en propuestas teóricas o recomendaciones generales luego de realizar un diagnóstico en que se evidencian los problemas de los monocultivos exóticos. La única excepción a esto es la gran cantidad de experiencias de conversión de monocultivos de *Picea abies* o *Pinus sylvestris* existentes en Europa y especialmente en Alemania, donde existe ya una larga tradición al respecto (Bannister, 2013a).

4.2.4 Estructura de la vegetación

La estructura vegetal está definida por el ordenamiento en sentido vertical y horizontal de sus componentes. En sentido vertical, el atributo que mejor refleja el aspecto, es la estratificación mientras que, en sentido horizontal, aparecen la densidad, cobertura y el patrón de puntos (Rangel & Velázquez, 1997). Desde el punto de vista forestal es conveniente distinguir tres componentes fundamentales de la estructura (Donoso, 1993). Estructura cuantitativa, que expresa la abundancia de especies en una comunidad en un área determinada; generalmente en el área forestal se incluye la medición de otros parámetros como: la altura total de los árboles, DAP, área basal y la biomasa vegetal (Donoso, 1993). Estructura vertical, que indica el ordenamiento de la vegetación en capas o estratos, y la estructura horizontal, que se refiere a la distribución espacial de los individuos en el plano horizontal o superficie del rodal (Kershaw, 1973).

4.2.5 Estructura horizontal o patrón espacial.

Las plantas se distribuyen en la superficie del suelo siguiendo modelos particulares o patrones que dependen de la especie, la edad de esta, y de las relaciones interespecíficas con el medioambiente (Donoso, 1993). Se distinguen tres grandes tipos de patrones espaciales: agrupado (agregado), regular (uniforme) y aleatorio (al azar) (Donoso, 1993; Stange, 2004). La distribución horizontal de una población se ve determinada por factores medioambientales (relacionan con las condiciones que pueden influir en disponibilidad de agua, nutrientes, pH y profundidad del suelo), sociológicos (derivan de la interacción entre las plantas y de su capacidad competitiva, ya sea entre especies o individuos) y morfológicos (se relacionan con el mecanismo reproductivo de las plantas) (Kershaw, 1973).

4.2.6 Nicho de regeneración

En ecología el término nicho se emplea para expresar en una palabra cómo, cuándo y dónde una especie está genéticamente adaptada para persistir en un sitio determinado (Barnes et al., 1998). Se diferencian distintos tipos de nichos, referentes al hábitat, formas de vida, fenología y forma de regeneración de las especies. Nicho de regeneración algunos autores lo definen como el lugar donde se conjugan las condiciones necesarias para que una especie sea capaz de autorreemplazarse exitosamente (Grubb, 1977). Este lugar presenta condiciones dependientes (producción de semillas viables, hasta el establecimiento de la planta) e independientes (características geomorfológicas, de suelo, y a la presencia de otras plantas y/u organismos en el área) de la especie para su regeneración (Grubb, 1977).

Para caracterizar el nicho de regeneración de una especie es fundamental describir su modo de regeneración (Veblen, 1992). Este concepto se refiere a la escala espacial en la cual ocurre la regeneración, considerando las alteraciones, lo que permite describir el modelo o patrón general, que las especies desarrollan para perpetuarse en un área determinada (Veblen, 1992). Una especie indistintamente puede presentar diferentes modos de regeneración, dependiendo de sus características y de la historia de perturbación del rodal (Veblen, 1992, Villegas et al., 2003). Con respecto a los modos de regeneración, Veblen et al. (2004) indica que existen tres tipos, el primero denominado **catastrófico** que ocurre luego de una liberación repentina de recursos debido a disturbios devastadores en donde las especies se establecen en un período relativamente corto; el segundo por **apertura de claros** es aquel en donde ciertos árboles son capaces de alcanzar el dosel e través de claros pequeños que aparecen posterior a la caída de algunos individuos y finalmente existe el modo de **regeneración continuo**, por el cual se conoce a ciertas especies que son capaces de alcanzar el dosel y llegar a la madurez en ausencia de disturbios.

4.2.7 Bosque templado y Rucamanque

Chile posee una de las mayores superficies de bosques templados lluviosos del mundo, contiene la mayor parte del bosque templado de América del Sur y más de la mitad de los bosques templados del hemisferio sur (Donoso, 1993). Son ecosistemas que albergan una amplia variación de formaciones vegetales. En ellos es posible observar variaciones en los estados sucesionales, desde bosques jóvenes de segundo crecimiento hasta escasos remanentes de bosques antiguos. La alta heterogeneidad de ambientes en los que se

desarrollan estos bosques es producida por fuertes variaciones latitudinales y altitudinales y perturbaciones ambientales tales como vulcanismo, glaciaciones y deslizamientos de tierra, que contribuyen a elevar la riqueza biológica de estos bosques (Gajardo 1994).

Los bosques templados lluviosos del centro sur de Chile están compuestos por 443 especies de plantas vasculares, con 160 especies leñosas (44 especies de y 283 especies herbáceas (Salas 2001). Estos suelos son del tipo Andisol y derivan de cenizas volcánicas (Burgmann , 1998). Son suelos profundos, con una alta capacidad de retención hídrica, una gran capacidad de retención de fósforo altamente mineralizarle, muy baja densidad aparente, alto nivel de materia orgánica y alta capacidad de intercambio catiónico, lo cual permite el desarrollo de una gran variedad de asociaciones vegetales sobre ellos (CIREN-CORFO 1989). Otro factor trascendental es que en los ambientes en que se desarrolla este tipo de bosque, es donde mayor población hay, por lo que la presión por el cambio de uso y extracción de los mismo es mucho mayor (Ellis, 2011). Es por esto que se considera dentro de los 35 puntos críticos de biodiversidad.

4.4.7.1.- Ecosistema de referencia

El predio alberga una importante biodiversidad, siendo uno de las principales áreas de conservación de la región como se mencionó anteriormente en la descripción de la institución. Es posible encontrar distintos tipos forestales, dentro de los cuales, según las características del sitio y el análisis cartográfico, el tipo Roble-Laurel-Lingue correspondería al tipo forestal de referencia.

Nothofago-Perseetum lingue

Este bosque era la comunidad boscosa primitiva más abundante en la depresión intermedia del Centro-Sur de Chile (Ramirez, 1980). Prospera de preferencia en la parte superior de la quebrada de Rucamanque y en las colinas adyacentes. Se trata de un bosque parcialmente caducifolio, con abundancia de especies leñosas. Es más seco que el bosque de Olivillo y por ello, presenta pocos epífitos, en cambio, son abundantes las lianas (Ramirez et.al, 1989).

Según el estudio realizado por Ramirez y cooperadores en el año 1989, la especie dominante en este bosque es el árbol caducifolio *Nothofagus obliqua*, que forma el dosel superior y la segunda especie en importancia es *Chusquea quila*. Con menores valores aparecen los árboles

Persea lingue y *A. punctatum*, 7.9 y 7.0, respectivamente. Continúa *Aristotelia chilensis*, un arbusto con 100% de frecuencia. Esta especie aumenta mucho al disminuir la cubierta arbórea, formando matorrales secundarios llamados Macales (RAMIREZ, 1982). En el sexto lugar de importancia figura *Peumus boldus*, con sólo 37% de frecuencia y 11.6% de cobertura promedio, lo cual indica alta dominancia local. Los censos donde abunda corresponden a una subasociación más seca, el *Nothofago-Perseetum boldetosum*, que fuera descrita por Oberdorfer (1960) y estudiada en detalle por Ramirez & Romero (1974).

4.3 Metodología

4.3.1 Delimitación de las parcelas de estudio

Con una brújula y huincha métrica se delimitaron seis parcelas de 25x40 metros (1000 m²) en la plantación de *P. radiata* (PF). Para la delimitación se usaron estacas de madera y cinta flagging (Ver figura N°3). Dentro de las seis parcelas se midieron todos los individuos > 5cm Dap (a 1.3 m de altura) y se obtuvieron en el espacio las coordenadas X e Y de cada uno de estos. Se registró para cada individuo arbóreo las siguientes variables: especie, altura total (medida con hipsómetro) y su origen (nativa o exótica). Sólo para los individuos de *Pinus radiata* se evaluó, además: su forma, inclinación y dificultad para el volteo y extracción.

En 3 de las 6 subparcelas de 25x40m, se midió la totalidad de la regeneración natural de especies arbóreas y también los individuos ≥ 5 cm Dap. Cada uno de estos individuos será localizado en coordenadas (X, Y), para el análisis del patrón de distribución. Para facilitar la medición, luego de cuadrar las parcelas, se establecieron cuadrantes de 10x5 metros, teniendo en total cada 10 metros 5 cuadros. De esta forma, se facilitó la toma de datos en terreno.

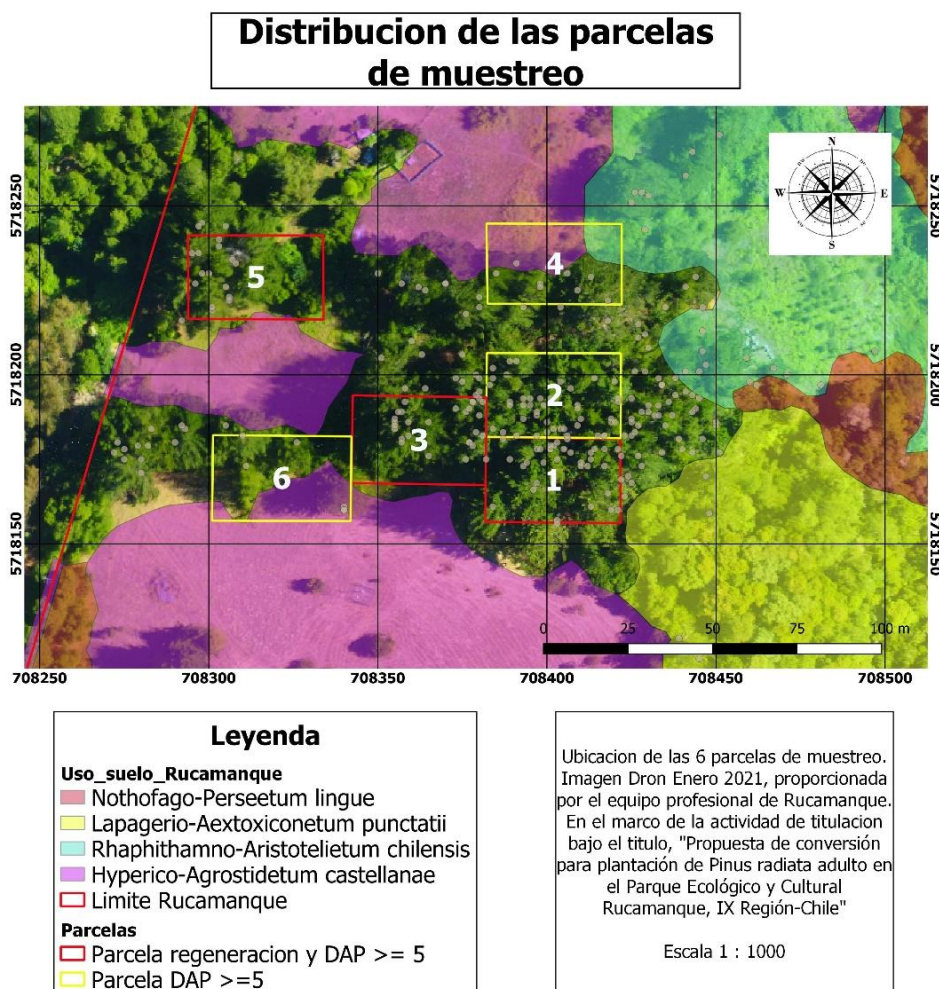


Figura N°3: Ubicación de las parcelas de muestreo dentro de la plantación de *Pinus radiata*.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos entregados por el equipo profesional de Rucamanque.

4.3.2 Análisis de la estructura horizontal de *P. radiata* y especies nativas en Rucamanque

Para el análisis del patrón espacial, se utilizaron los datos de posición de cada individuo (X, Y), calculándose la función de correlación de pares $g(r)$, Función K y La función K(r) (Ripley 1976). Esta puede estar definida para patrones estacionarios basándose en la cantidad λ K(r), que es el número esperado de puntos adicionales dentro de la distancia r del punto típico. Si el patrón no es estacionario, el punto típico no existe, pero el número medio de puntos adicionales dentro de la distancia r de los puntos del patrón aún puede ser calculado. La función de correlación de pares $g(r)$ (Stoyan & Stoyan 1994) es la contrapartida no acumulativa de la función K. Para los patrones estacionarios puede definirse utilizando la cantidad $g(r)$, que es la densidad esperada de puntos dentro de un anillo con radio r y anchura dr centrado en el punto típico. La estrecha relación entre la función K y la función de correlación de pares puede expresarse como $dK(r) / dr = 2 \pi r g(r)$.

El análisis del patrón espacial, se aplicó la función PCF (pair correlation function) o función $g(r)$, por medio del programa estadístico R, en su versión 4.0.2. Se realizó el estudio de análisis espacial solo para las parcelas con datos de la regeneración, por la cantidad de datos necesaria para realizar el mismo (n=30).

Para determinar si existían diferencias significativas entre el valor observado y el esperado para una distribución aleatoria, se realizaron 99 simulaciones por medio de la función *envelope* a un 95% de confianza para cada uno de los análisis de patrones de puntos. De esta forma el valor de la función $g(r)$ se puede comparar con el valor esperado a cualquier distancia t según un patrón de distribución al azar, considerando un t máximo de 12.5 m, dada las dimensiones de la parcela de muestreo (25x40m). El procedimiento se aplicó considerando de manera independiente, la distribución espacial de las principales especies arbóreas encontradas en el área de estudio: *Pinus radiata*, *Persea lingue*, *Aextoxicon punctatum*, *Aristotelia chilensis*, *Peumus boldus*, debido a una mayor frecuencia de estas. También se analizó *Acer pseudoplatanus* por la alta frecuencia que presentó. Sin embargo, dado el número menor de individuos muestreados con un $Dap > 5$, se optó por analizar la regeneración y los individuos con $Dap > 5$ cm juntos, para analizar su patrón espacial univariado.

4.3.3 Análisis bivariado entre *P. radiata* y las especies nativas bajo su dosel

Con el fin de analizar la relación de la plantación y la regeneración natural, se generó un análisis de interacción espacial bivariado entre los individuos mayores de *P. radiata* >5 cm Dap, y la regeneración natural de distintas especies arbóreas con un Dap < 5 cm. El estudio de distribución horizontal se orientó intentando distinguir los procesos de regeneración que emplean las principales especies arbóreas bajo el dosel de *P. radiata*. Para dicho efecto, de manera complementaria al análisis estadístico, se generaron esquemas del patrón horizontal para cada una de las especies, con el fin de distinguir visualmente el arreglo espacial de los individuos en cada área de estudio y un mapa de su distribución en la parcela (función “pcfcross” que es una función de correlación de pares multitypo del paquete “spatstat”) (R Core Team, 2020).

4.3.4 Zonificación

Para realizar la zonificación se utilizó el software de sistema de información geográfica (SIG) QGIS Madeira, versión 3.1. Este uso por criterio para poder ubicar las áreas en donde es más factible realizar los tratamientos de silviculturales orientados a la conversión. Para esto consideraron los individuos de *P. radiata* en base a su facilidad potencial de volteo y extracción (fácil, intermedio, difícil), así como la regeneración natural avanzada.

4.4 Resultados

4.4.1 Estructura y regeneración

La estructura vertical, es dominada por *Pinus radiata* en todo el rodal (225 ind/16 m altura promedio). Bajo su dosel, aparecen especies nativas, principalmente *Persea lingue* (54ind/ha, ~ 9.1 m altura) *Peumus boldus*(165ind/ha, ~ 6 m altura), para *Aristotelia chilensis* (62 arb/ha, ~4.5 m altura) y y *Aextoxicon punctatum* (35 ind/ha ,~2.7m altura) , en el estrato intermedio.. *Laurelia sempervirens* (77 ind/ha ,~9.1 m altura) (Figura N°4)

Pinus radiata es la especie que mayormente aporta en el área basal con 318 m²/ha. Se elaboraron dos gráficos, el primero con todas las clases diamétricas, incluyendo a todas las especies arbóreas estudiadas, y otro solo para las especies nativas (Anexo N° 3).

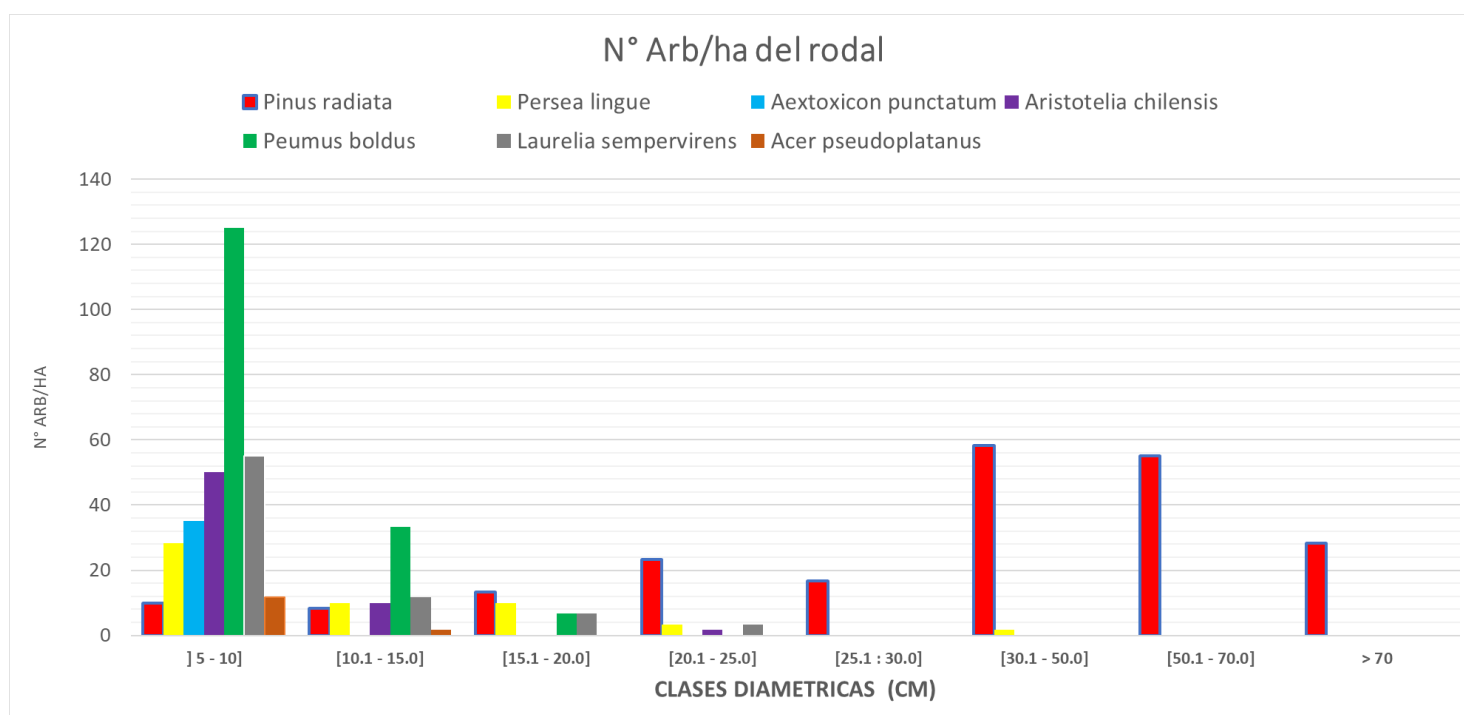


Figura N°4: Numero de árboles por hectárea del rodal de Pinus radiata.

El área basal para las especies nativa, es mucho menor que para *Pinus radiata* y las especies que mayor aporte hacen al área basal por hectárea corresponden a *Peumus boldus* con 0.447 m²/ha en la clase diamétrica entre 5 y 10 de Dap, seguido por *Laurelia sempervirens* con aproximadamente 0.24 m²/ha (Anexo N° 3).

4.4.2 Regeneración arbórea

Las especies arbóreas que presentaron mayor frecuencia y densidad, fueron *Aextoxicon punctatum* con 1750 plántulas/ha (30% del total de regeneración), *Acer pseudoplatanus* con 1313 plántulas/ha (22.5%), *Aristotelia chilensis* con 1233 plántulas/ha (21.1%) y *Persea lingue* con 1093 plántulas/ha (18.7 %). *Peumus boldus* y *Laurelia sempervirens* fueron las especies nativas que menor regeneración presentaron con 253 y 180 plántulas/ha (4.3 y 3.1 % respectivamente). Las especies exóticas *Pinus radiata* (la plantación) obtuvo una muy baja regeneración, contrastando con *Acer pseudoplatanus* que fue la segunda especie con mayor regeneración dentro del rodal (Figura N° 5).

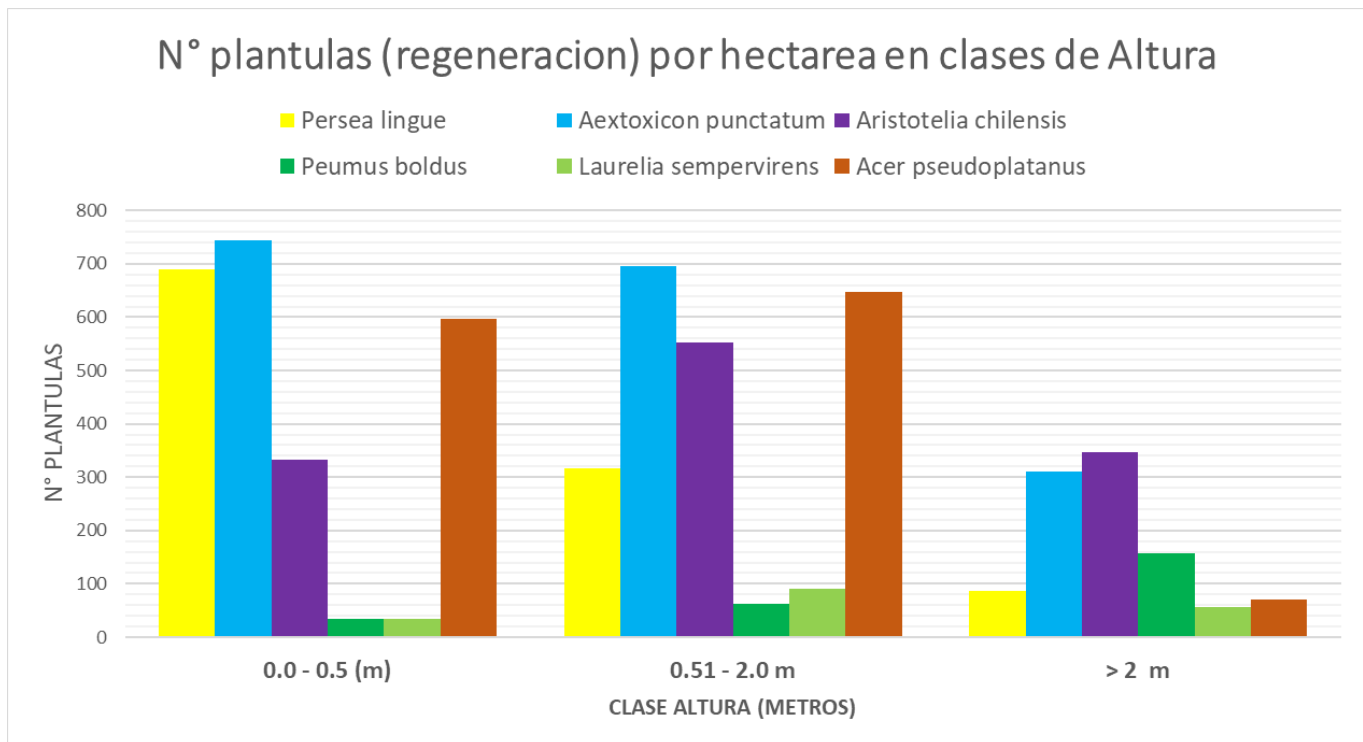


Figura N°5: Numero de plántulas por hectárea de la regeneración, principalmente nativas y *Acer pseudoplatanus*.

4.4.3 Análisis Univariado

Pinus radita se distribuye mayormente de manera aleatoria. Entre 0.5 a los 2.5 metros se observa una leve tendencia a agruparse. Desde los 2.5 metros de distancia en el radio, la distribución es aleatoria. ***Acer pseudoplatanus***, tienen una distribución agrupada entre los 3.8 y los 5.5 metros de distancia. Logro apreciarse en terreno, una gran capacidad de rebrote vegetativo. Principalmente se concentró en la parcela N°5 y N° 3°.

Aextoxicon punctatum, presentó comportamiento agrupado hasta los 3.2 y 4.5 metros aproximadamente. ***Persea lingue***, hasta los 6 metros presentó una distribución agrupada. Entre los 6 y los 10 metros, está muy cercano a la aleatoriedad, pero se mantiene por sobre el intervalo de confianza para una distribución aleatoria. ***Aristotelia chilensis***, tiene un patrón agrupado hasta los 3.1 metros. ***Peumus boldus*** tiene una leve tendencia a agruparse hasta los 4 metros, sin embargo, predomina una distribución del tipo aleatoria, siendo el único de las especies nativas analizadas con este patrón espacial.

La regeneración natural tiene un patrón agrupado, a excepción de *Peumus boldus*, que mostro un comportamiento aleatorio.



Figura N°7: a.-) *Acer pseudoplatanus*, cortado al metro de largo. Revegeto, volviendo a germinar las yemas durmientes; b.-) Cobertura de hojas de *Acer pseudoplatanus*.

4.4.4 Analisis bivariado

Relacion espacial entre *Pinus radiata* y regeneracion avanzada de especies nativas (<5cm Dap)

Al analizar el patrón espacial de *P. radiata* en relación al patrón espacial de la regeneración avanzada de especies nativas (i.e., **lingue-olivillo-maqui**) se observa: segregación hasta los 2 metros aproximadamente. Posterior a los 2 metros, adquieren un patrón de indiferencia.

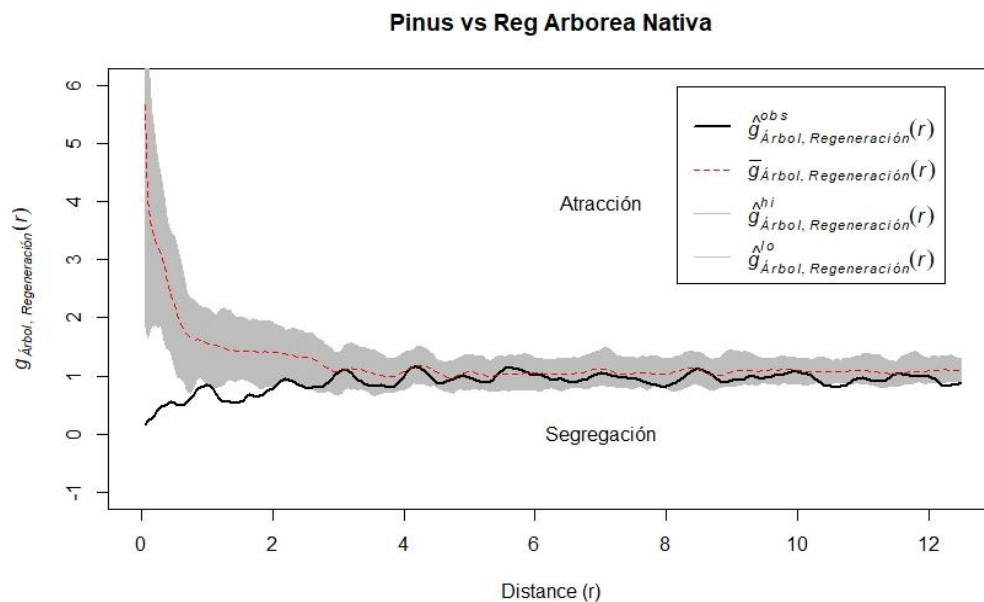


Figura N°8: Análisis bivariado entre *Pinus radiata* > 5 cm Dap y la regeneración arbórea nativa.

Patron espacial de *P.radiata* en relación a *P.lingue*

El análisis entre la distribución espacial de *Pinus radiata* y *Persea lingue*, en los primeros metros del análisis bivariado de PCF se puede observar segregación, hasta aproximadamente los 3.5 metros.

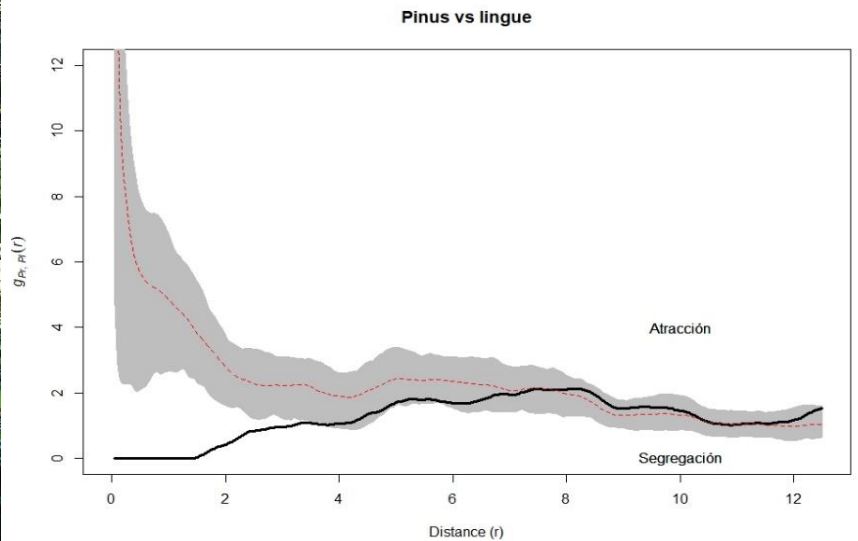
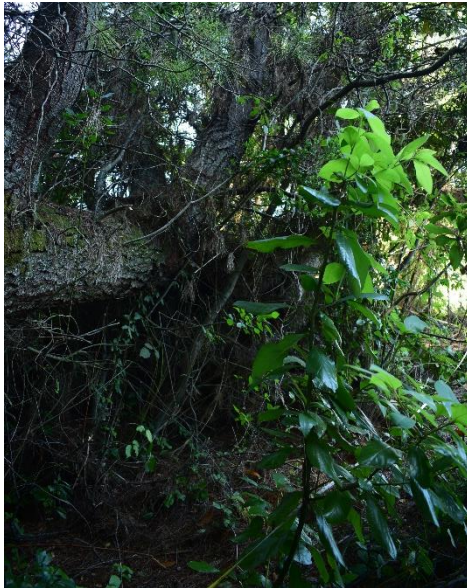


Figura N° 9: Análisis bivariado para *Pinus radiata* y *Persea lingue* y plántula de lingue cercana a Pinus radiata desraizado en parcela N°6.

Patron espacial de *P.radiata* en relación a *A. punctatum*

Para el caso de análisis bivariado para *Pinus radiata* y *Aextoxicon punctatum*, hasta 1 metro existe segregación. Desde el metro, no existe una relación (indiferencia) en su distribución y se mantiene con tendencia a la segregación hasta los 7 metros aprox.

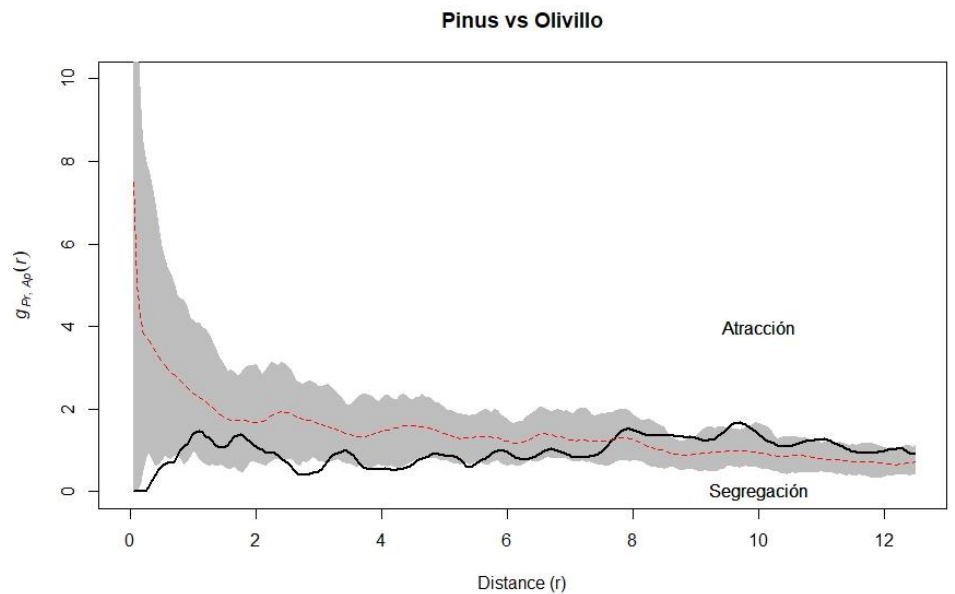


Figura N°10: Análisis bivariado para *Pinus radiata* versus *Aextoxicon punctatum*

Patrón espacial de *P. radiata* en relación a *A. chilensis*

El análisis bivariado para estas dos especies, se puede interpretar como una segregación marcada hasta los 2 metros de radio.

Posterior a los 2 metros, se mantiene sin relación, en la zona achurada que corresponde a indiferencia entre especies.

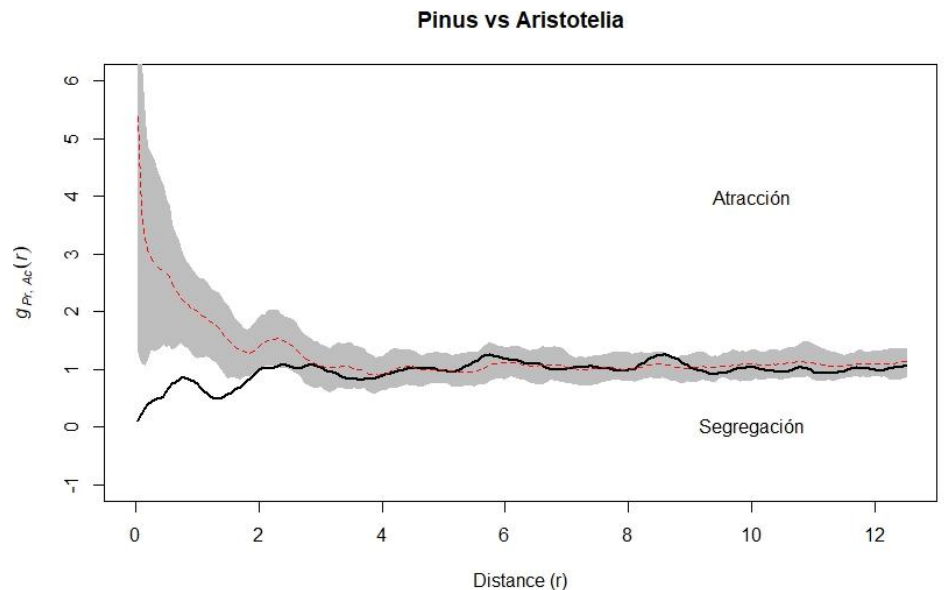


Figura N° 11: Análisis bivariado entre las especies *Pinus radiata* y *Aristotelia chilensis*. Área achurada, indica indiferencia.

Patrón espacial de *P. radiata* en relacion a *P. boldus*

En el análisis de la relación entre la distribución espacial de ***Pinus radiata*** y ***Peumus boldus***, el comportamiento permite interpretar una indiferencia entre ambas especies, a lo largo de la simulación por distancia del radio, se mantiene en la zona achurada.

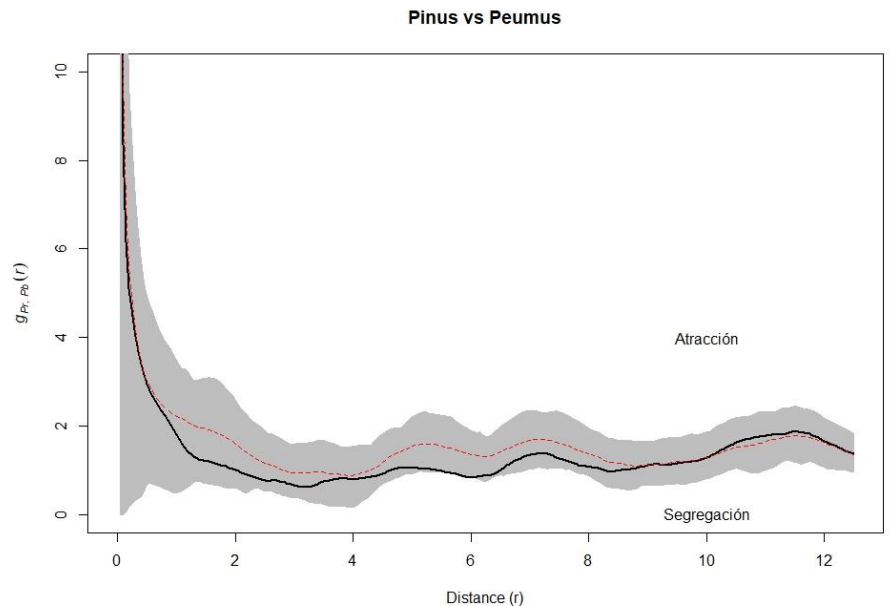


Figura N° 12: Análisis bivariado entre las especies *Pinus radiata* y *Aristotelia chilensis*. Área achurada, indica indiferencia.

Patrón espacial de *P. radiata* en relación a *A. pseudoplatanus*

Al realizar el análisis de la relación espacial entre *P. radiata* y *A. pseudoplatanus*, se puede interpretar que *Pinus radiata* genera una segregación, que está entre los 4 y los 6 metros. Y posterior a ese radio, se mantiene en una zona de indiferencia, pero siempre con una tendencia hacia la segregación.

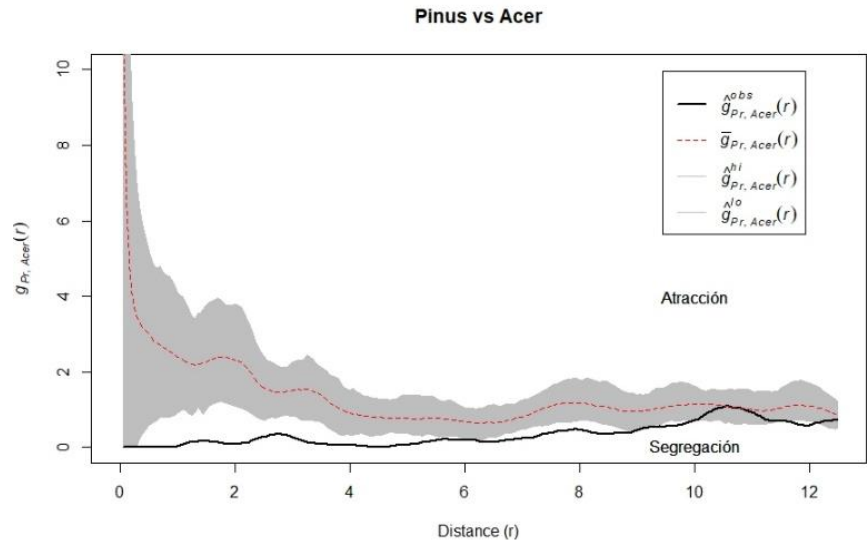


Figura N° 13: Análisis bivariado para *Pinus radiata* y *Acer pseudoplatanus*.

4.4.5.- Propuesta de conversión

La propuesta de conversión para la plantación de *P. radiata* del Parque Ecológico y Cultural Rucamanque involucra distintas actividades que derivan del análisis directo de los resultados y del muestreo y observación directa en el sitio. Por ejemplo, la “limpieza” o extracción de restos leñosos (ramas de poda natural) que mantiene aplastada a la regeneración natural (Figura N° 14); extracción manual de especies exóticas (*Acer spp* y *Rubus spp*); Apoyo regeneración natural (estacas o guías de crecimiento) y raleo de *Pinus radiata* en 3 de las 6 parcelas.

El área de estudio (2 ha aproximadamente), corresponde a una plantación de 35 años aproximadamente, la cual fue raleada, dejando una densidad de *P. radiata* de 225ind/ha. Las especies que mayor frecuencia tuvieron en nuestro muestreo, son tolerantes a la sombra y también tienen cualidades adaptativas que les permitieron establecerse bajo el dosel de esta antigua plantación. Por otra parte, los resultados muestran una segregación en los primeros 3 metros del radio, por lo que se propone realizar tratamientos silvícolas que imiten disturbios naturales de apertura del dosel, para potenciar la regeneración natural.

Según el estudio realizado por Ramírez et.al en el año 1989, en las partes altas de Rucamanque aparece el tipo forestal *Nothofago-Perseetum lingue*, el cual fue mayor mente degradado, y por ende se presume una cosecha de los mejores individuos (principalmente *Nothofagus obliqua*) y posteriormente sustituido a plantación de *Pinus radiata*. Las áreas colindantes se presumen en algún momento correspondieron a este mismo tipo forestal, pero que fueron quemadas y cultivadas con cereales, y que en la actualidad des dominada *Hyperico-Agrostidetum castellanae* (Oberdorfer, 1960).

La propuesta consiste en recomendar distintos tratamientos, para ayudar al sitio a volver gradualmente a una estructura y composición nativa, similar a la del ecosistema de diferencia. Estos tratamientos dependerán de las condiciones de cada parcela, y se presentarán desde el más simple hacia los con mayor dificultad. Según la revisión bibliografía, serán necesarios distintos tratamientos y se recomienda una corta gradual para heterogenizar el rodal de plantación, de esta forma se evitan cambios bruscos en el microclima del sitio, y se evalúa la respuesta que tienen las especies naturales ante los disturbios (apertura del dosel). Se propone acción para los primeros años, posterior a ello, se deberá evaluar la respuesta ante los tratamientos y decidir nuevos candidatos para seguir con la conversión.

4.4.5.1.- Extracción de es especies exóticas

Las invasiones biológicas son consideradas como la segunda causa de pérdida de biodiversidad, afectando la estructura y composición de los ecosistemas naturales (Vilá et al., 2011). Dentro de las 6 parcelas de muestreo, 3 especies exóticas se consideran una amenaza para el correcto curso del sitio a restaurar. La primera es ***Pinus radiata***, la cual será explicada en el apartado de Raleo. La segunda corresponde a ***Rubus spp*** y la tercera a ***Acer pseudoplatanus***. Estas especies compiten con la regeneración nativa, desplazándola. Se han observado desplazamientos de plantas nativas y pérdida de hábitats para animales en muchos ambientes invadidos por zarzamora (Williams et al., 2006). En específico, *Rubus* afectaría de forma negativa a los servicios de polinización y frugívora, dado que esta especie reemplaza a especies de frutos carnosos nativos, que establecen interacciones con la fauna frugívora y/polinizadores (PNUD, 2016).

La invasión de *Rubus spp* impide la regeneración y el crecimiento de especies nativas, dado su rápido crecimiento y su estrategia de dispersión afectando la composición, estructura y la

dinámica natural de los bosques y matorrales. (PNUD, 2016). Existen experiencias tanto en el país como en el extranjero, donde aplican tratamiento mecánico y químico obteniendo muy buenos resultados en el control de esta especie. Sin embargo, dada la superficie del estudio, que es menor, solo se recomendarán tratamientos mecánicos (corta y deslizamiento de *Rubus spp*) a pesar de que es mucho más probable que exista un rebrote (Mazzolari et al., 2011).

Para el caso de *Acer pseudoplatanus*, es un árbol caducifolio, que puede alcanzar hasta los 35 metros de altura, hojas simples, de 3-5 lóbulos, borde dentado, de 8-15 cm de largo. Flores amarillo-verdosas agrupadas en racimos. Frutos formados por dos nueces unidas y aladas (sámara), de 25-55 mm de largo y que tal como *Rubus spp* es considerada una especie invasora que compite. Y es su tipo de semilla, las que son dispersadas fácilmente por viento, gracias a que poseen una estructura alada (sámaras), lo que le permite desplazarse grandes distancias desde un árbol madre. Se establece rápidamente en sitios perturbados y en bosques abiertos. Impactos potenciales: Es capaz de producir un gran número de plántulas juveniles, las que pueden establecerse en el bosque, impidiendo el establecimiento de especies nativas. Hábitats invadidos: Se encuentra en sitios eriazos, orillas de caminos, jardines, borde e interior de bosque nativo (Fuentes et al., 2014).

Tanto para *Rubus spp* como para *Acer pseudoplatanus*, se recomienda una extracción de raíz y mantenimiento anual, para evitar la aplicación de químicos que puedan afectar negativamente a la regeneración nativa que se quiere potenciar.

4.4.5.2.- Apertura del dosel / Raleo de *P. radiata*

Existe evidencia que al abrir parcialmente el dosel en plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, muestra buenos resultados en comparación a la tala rasa la cual aumenta la erosión y disminuye la infiltración al mismo tiempo que afecta la biodiversidad. Para *P. radiata*, Kremer y colaboradores (2021), realizaron un estudio donde compararon la sobrevivencia y crecimiento de plantas nativas con distinta tolerancia a la sombra bajo *Pinus radiata*, obteniendo los mejores resultados en el tratamiento de cortes en fajas o abertura intermedia del dosel, que en tala rasa y control (sin abrir el dosel). Para *E. globulus*, en Reserva Costera Valdiviana, Región de Los Ríos, Chile, hubo una pérdida en la riqueza de especies al efectuar la



Figura N°14: Restos leñosos en las distintas parcelas de muestreo, aplastando y dificultando el crecimiento de la regeneración natural nativa.

conversión por medio de tala rasa entornos abiertos con su microclima extremo condiciones (por ejemplo, temperaturas extremas, radiación y exposición al viento) también puede resultar los niveles suficientes de luz para los árboles bajo el dosel de los dominantes. Puede ofrecer desventajas para la regeneración debido a las heladas o especies sensibles a la sequía (Childs y Flint, 1987; Keenan y Kimmins, 1993).

La apertura intermedia del dosel puede proporcionar condiciones más favorables para la regeneración de especies nativas con distintas características y requerimientos, proporcionando refugio contra el clima extremos y controlar el crecimiento de hierbas y arbustos competitivos (Keenan y Kimmins, 1993; Bourgeois et al., 2004). Esta heterogeneidad en los estratos, permite que la luz que logra atravesar también pueda ser aprovechada por especies con diferentes tolerancias de sombra, y, por lo tanto, de más comunidades ricas en especies y funcionalmente diversas (Canham et al., 1990; Tzu-Yang y otros, 2015). Estos efectos facilitadores de las aberturas parciales del dosel pueden resultar especialmente favorables bajo el clima mediterráneo de Chile central, que se caracteriza por una temporada de verano cada vez más seca y calurosa (Kremer et.al 2021, Gómez-Aparicio, 2009; Garreaud y otros, 2017).

Para los individuos de *Pinus radiata*, que sean fácil de volteo y extracción se reconocerán en terreno los candidatos. Se debe elaborar una línea de extracción para disminuir los impactos del volteo en la regeneración natural. Serán cortas graduales, para evitar un cambio brusco en las condiciones de sitio que pudieran afectar de forma negativa a la regeneración natural.

4.4.5.3.- Extracción de restos leñosos y apoyo regeneración nativa

Se realizará para las 6 parcelas, y se distribuirán a nivel con la pendiente. Con el objetivo de liberar la regeneración nativa de las principales especies tolerantes a la sombra. En todas las parcelas fue posible evidenciar esta situación, que dificulta y afecta fuertemente al crecimiento de la regeneración nativa (Ver la figura N°14). Por otra parte, al almacenar los restos leñosos en áreas localizadas y específicas, se fomenta la descomposición de la madera, permitiendo incorporación de insectos, los cuales entran a las cadenas tróficas para alimentar aves y otros organismos presentes en la plantación.

Para cada parcela, serán los individuos aserrables y de fácil extracción los primeros candidatos. Posteriormente a la extracción de estos, serán los de fácil volteo y extracción. Se busca imitar disturbios naturales que faciliten el crecimiento de las especies nativas que vienen bajo el dosel. Posterior a estas actividades, se evaluarán todos los individuos de *Pinus radiata* que estén a una cercanía entre 3 y 4 metros de otro individuo de la misma especie, con el objeto de abrir el dosel y evitar la segregación que según los resultados corresponde a un rango entre 2 y 4 metros según la tolerancia de la especie a la sombra. Por esta razón, al abrir parcial y gradualmente el dosel, se pretende apoyar la regeneración natural bajo el dosel de *Pinus radiata*.



Figura N°15: Pino desraizado hacia la pradera sur del sitio. Regeneración natural crece alrededor de este.

Como se menciono anteriormente, los tratamientos de extracción de especies exóticas, extracción de restos leñosos y apoyo a la regeneración serán aplicados a las 6 parcelas. Para el tratamiento de raleo, se propone para las primeras 3 parcelas, y a distinta densidad, el volteo de los individuos aserrables y de fácil extracción y volteo. Posteriormente, se propone extraer los individuos que menos impacto tengan en la regeneración natural y que estén cercanos entre 2 y 4 metros a otro pino. Estos tratamientos, se deben monitorear en el tiempo, para evaluar la respuesta de la regeneración ante



Figura N° 16: Legado biológico en parcela N°6. Tocón de *Pinus radiata*.

los disturbios o tratamientos de restauracion ecologica (apertura del dosel, extraccion de spp exoticas, etc). Se propone un monitoreo despues de 2 años luego de aplicados los tratamientos, donde se evalue nuevamente el reclutamiento y la regeneracion natural. Con este analisis, se evaluara la accion de un nuevo tratamiento de raleo, reconociendo los nuevos candidatos y la intensidad del mismo. Cada temporada debera evaluarse el repoblamiento o la respesta de la regeneracion natural a las actividades propuestas. Posterior a este, se propone un monitoreo a 5 años.

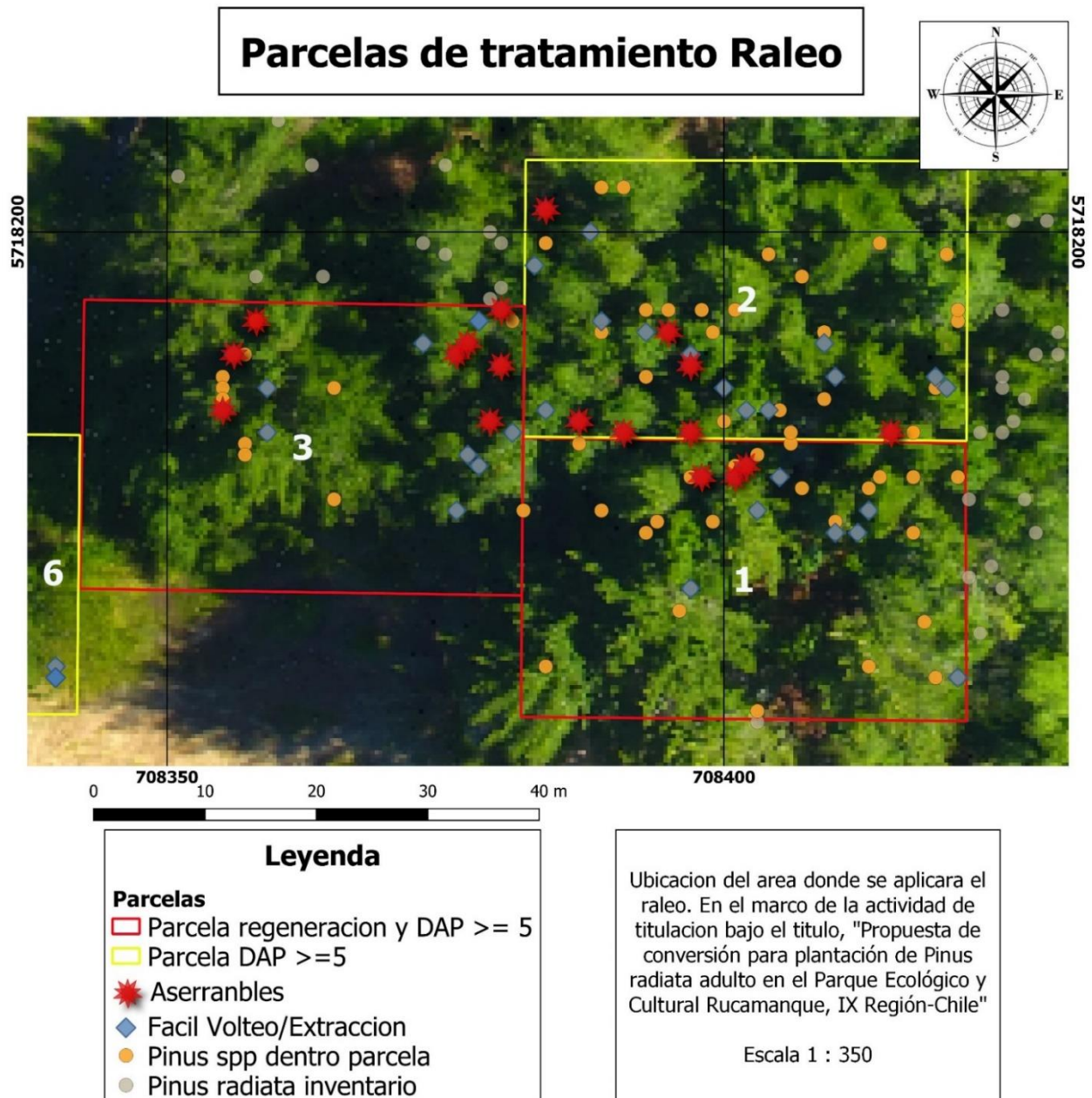


Figura N° 17: Parcela 1, 2 y 3, donde se aplicará raleo de *Pinus radiata*.

4. 5 Discusión de resultados

El análisis a la estructura del sitio, se realizó con el objeto de definir la mejor forma de convertir la plantación forestal en bosque nativo, ayudando gradualmente a que el área de estudio vuelva a su curso natural. Fue posible documentar que la regeneración nativa, tuvo un patrón agrupado, supuesto que, en ecología forestal, los árboles de pequeño tamaño presentan un patrón espacial agrupado, y los árboles de gran tamaño se distribuyen de forma aleatoria (Szwagrzyk & Czerwczak, 1993, Aldrich et al., 2003, Rozas, 2006), lo cual es respaldado por nuestros resultados. El proceso de cambio de un patrón agrupado (bosque joven) hacia uno aleatorio (bosque maduro y/o adulto) (Szwagrzyk & Czerwczak, 1993, Aldrich et al., 2003), es provocado por el proceso de mortalidad asociada a la competencia por recursos (Kenkel, 1988, Leps & Kindlmann, 1987).

Las especies nativas que mayor regeneración mostraron, son las especies que toleran de buena forma la sombra o semisombra, principalmente *Aextoxicon punctatum*, *Persea lingue*, *Aristotelia chilensis*, *Peumus boldus* y *Laurelia sempervirens*. Especies que aparecen luego que un área es dominada por especies pioneras que pueden desarrollarse bajo altas tasas de radiación e intensidad lumínica. El ecosistema de referencia del área de estudio, corresponde al tipo forestal Roble-Laurel-Lingue, donde *Nothofagus obliqua* sería el primero en dominar el área, pasando por etapas de autorraleo que permiten gradualmente que especies tolerantes a la sombra (olivillo, lingue, laurel) vallan colonizando el área dependiendo de la cercanía con fuentes de semillas y los tipos de dispersión que tengan cada especie. *Pinus radiata* estaría cumpliendo una función similar que *N. obliqua* en las etapas sucesionales sería la especie pionera que permite el establecimiento de otras más tolerantes a la sombra, y de esta forma diversificando la plantación forestal.

El tipo de fruto y semilla, y su forma de dispersión, determinan cuán lejos del árbol madre pueden establecerse los renuevos y como se van a distribuir sobre el suelo. Semillas pesadas y ovoides, por ejemplo, tienden a acumularse muy cerca del árbol madre o ruedan pendiente abajo, por lo cual se esperaría que presenten un patrón de distribución agregado. Especies de semillas aladas, en cambio, se distribuirán aleatoriamente a una mayor distancia del árbol madre, esperándose un patrón al azar (Donoso, 1993). La forma de reproducción también puede influir y reflejarse en el patrón horizontal de un rodal; en este sentido la regeneración vegetativa a partir

de rebrotes, puede dar origen a marcados patrones de agrupación (Oliver y Larson, 1990). Factores ambientales, sociológicos y morfológicos se vinculan directamente. Cambios en el medioambiente pueden aumentar o disminuir la capacidad competitiva de un individuo, así como existen especies o individuos que presentan la capacidad de modificar el medioambiente, determinando su distribución espacial y asociación con otras especies a través de alelopatías, condiciones locales de luminosidad, microtopografía, etc. (Donoso, 1993).

El segundo análisis de los datos, buscó establecer la relación que existía entre la regeneración natural de las principales especies nativas bajo el dosel de *Pinus radiata*, donde pudo documentarse una segregación entre los 2 y 4 metros de distancia para *Persea lingue* y *Aristotelia chilensis*. Para el caso de *Aextoxicon punctatum* fue menor esta segregación, debido a que olivillo tiene mayor tolerancia a la sombra y puede establecerse más cerca de los pinos. *Peumus boldus*, tuvo una distribución aleatoria e indiferente respecto a *Pinus radiata*, debido principalmente a que es la especie con mayor tolerancia a la sombra, pudiéndose encontrar en las mayores densidades de *Pinus radiata*, y alcanzando un desarrollo adulto a pesar de estar bajo el dosel de la plantación.

El análisis bivariado, para las especies nativas analizadas, mostro una segregación, que principalmente se puede deber a la cobertura del dosel (luz disponible); sin embargo, podría deberse a otros factores, uno de ellos el efecto alelopático que genera la acícula de *Pinus radiata*. Según Ballester et al., (1982), la composición y diversidad florística bajo plantaciones de *Pinus radiata* se ve afectado por la caída de las acículas de los árboles en crecimiento ya que éstas al descomponerse forman compuestos químicos denominados picnogenoles, el extracto acuoso de las hojas en descomposición inhibe el crecimiento del sistema radicular de otras especies vegetales. Para posteriores, se propone estudiar este fenómeno, por medio de fajas de 3 metros de ancho bajo el dosel de *Pinus radiata*, donde se extraerán sus acículas de forma mecánica (rastrillo). Con el objetivo de comparar si existe una mayor regeneración natural al aplicar este tratamiento.

Derivado de estos análisis, la propuesta consiste en abrir parcialmente el dosel de la plantación, extrayendo los individuos aserrables y de fácil extracción y volteo, simulando disturbios naturales donde los individuos que dominan el rodal mueren, mejorando las condiciones de las especies nativas que vienen regenerando y las que ya están establecidas. Posterior a la extracción de los candidatos descritos anteriormente, se evaluará la cercanía entre individuos de *Pinus radiata*, y

todos los que estén entre 3-4 metros de distancia entre ellos, se decidirá por el volteo del que menor impacto tenga a la regeneración natural. De esta forma los tratamientos se concentrarán en las primeras 3 parcelas, las cuales se encuentran contiguas.

Con el raleo de los individuos que menor impacto tengan en la regeneración natural, se imitan los procesos naturales donde las especies pioneras mueren y generan disturbios que benefician a ciertas especies. Muchos trabajos sobre dinámica forestal en climas templados mencionan que son las especies arbóreas pioneras (sombra-intolerantes) las que colonizan un área “desnuda” perturbada, y se desarrollan hacia un punto de alta competencia intraespecífica y de autorraleo, que posteriormente facilita el reingreso de la vegetación de especies sombra tolerantes y, consecuentemente, la diferenciación de copas hasta llegar a un estado de bosque adulto (Veblen & Ashton 1978, Oliver & Larson 1996, Veblen et al. 1978, 1981, 2004). El establecimiento y sobrevivencia de las especies está determinado por las estrategias de asignación de recursos (luz, agua, nutrientes) y otras variables de la historia de vida de las especies, las cuales definen el éxito en distintas condiciones ambientales (Soto *et al.* 2010)

La teoría de la sucesión forestal explica que el reemplazo de especies es un proceso dinámico de la comunidad o población, y determina su estructura presente y futura (Duncan 1991, Díaz y Armesto 2007). Los patrones de reemplazo de especies en una comunidad ocurren debido a la competencia intra e interespecífica que genera mortalidad de especies pioneras (generalmente especies sombraitolerantes) y oportunidades para el ingreso de nuevas especies sucesionales (generalmente sombratolerantes) dependiendo si existe una relación de facilitación o tolerancia entre las especies (Connell y Slatyer 1977).

En Sudamérica donde existen sobre 10 millones de hectáreas de plantaciones, casi no existan experiencias o propuestas documentadas de conversión hacia bosques nativos, mixtos o seminaturales (AIFBN & SILV, 2006), especialmente si se tiene en cuenta que los monocultivos son la base de la industria forestal de Chile, y sus efectos negativos como la reducción de la biodiversidad y los efectos en el sitio debido a los sistemas de cosecha a tala rasa, son frecuentemente temas de discusión (Bauhus et al. 2010). Efectos negativos tales como disminución de las reservas de agua del suelo (Oyarzún *et al.* 1999), y en el rendimiento en época estival (Huber *et al.* 2008; Lara *et al.* 2009, Little *et al.* 2009).

Según el inventario forestal continuo del INFOR, la superficie con plantaciones forestales en Chile a diciembre del año 2019 corresponde a 2.303.880 ha, con un incremento de 14.361 ha respecto al año 2018. De esta superficie el 48% se concentra en la región del Biobío con 634 654 ha (27.3%) y La Araucanía el 479.490 ha (20.7%). Del total de las plantaciones forestales de Chile, *P. radiata* cubre 1.285.635 ha (55.8%), y *E. globulus* 583.510 (25.3%). En la región de la Araucanía 249.199 ha corresponden a *P. radiata* (51.1 %); mientras que para la Región del Bio-Bio 350203 ha (55.6 %) están plantadas con *P. radiata*.

Según el análisis realizado por Bannister (2013a), las experiencias de conversión han sido llevadas a cabo principalmente en Europa, específicamente en Alemania y Escandinavia, y en Latinoamérica son muy pocas las experiencias existentes. En nuestro continente todavía estamos en una etapa en que la investigación y la discusión en general están enfocadas en los problemas ambientales relacionados a los monocultivos, más que en la solución o las formas para mejorar éstos.

En Chile, Kremer y colaboradores (2021) realizaron un estudio en la Cordillera de Nahuelbuta o de la Costa, donde realizaron distintos tratamientos silviculturales, donde plantaron distintas especies nativas bajo el dosel de *Pinus radiata* en 3 escenarios distintos: Corte en fajas, tala rasa, y control (sin cortar). La media de supervivencia fue significativamente mayor en los cortes en fajas (77%) y en el control (70%) que en los recortes (38%), mientras que la altura media y el crecimiento del diámetro del cuello de la raíz fueron significativamente mayores en los cortes en fajas (16 cm año⁻¹; 0,2 cm año⁻¹) y los cortes claros (16 cm año⁻¹; 0,2 cm año⁻¹) que en el control (5 cm año⁻¹; 0,1 cm año⁻¹). Las especies resistentes a la sombra y semitolerantes mostraron las respuestas de crecimiento más altas a las aperturas. El mayor rendimiento de las plántulas y el menor estrés hídrico en el tratamiento en fajas sugieren que la eliminación parcial del dosel es un método adecuado para la regeneración artificial de especies de árboles nativos con diferente sombra tolerancias para la restauración de los bosques nativos de las plantaciones de *P. radiata*.

Para el caso de estudio, se recomienda plantar activamente posterior a los tratamientos silviculturales en los claros que se generarán, las distintas especies que fueron posibles de muestrear. Sin bien no se analizó la distribución espacial de especies como *Nothofagus obliqua*, *Azara integrifolia*, *Rhaphithamnus spinosus*, entre otras, especies aparecieron en el sitio. Para el caso puntual de *N. obliqua*, es una especie candidata a ser plantada en los bordes y claros

que se establecerán, dado que es una especie pionera y sombraitolerantes y la que domina el dosel superior en nuestro ecosistema de referencia. Según los resultados de nuestro estudio, otras especies candidatas para acelerar la conversión al realizarse una plantación activa pueden ser *Nothofagus obliqua*, *Aextoxicon punctatum*, *Persea lingue*, *Peumus boldus* y *Laurelia sempervirens*.

Futuros estudios en el rodal, pueden ser diseñar un tratamiento para plantación con especies nativas bajo el dosel de la plantación y evaluar la respuesta de estas a distintos niveles de cobertura, como también en los bordes de esta combinando volteo dirigido hacia las praderas. Es posible recomendar evaluar los efectos de las acículas de en la regeneración natural y la cobertura de *Chusquea spp.* Para *Chusquea spp.*, según el muestreo realizado en nuestro estudio no se evaluó cobertura de esta por falta de tiempo, sin embargo, se observó directamente en 3 parcelas de muestreo, cobertura importante de esta especie nativa (*Chusquea quila* y *Chusquea culeu*), donde se pudo observar una menor regeneración natural. Según estudio realizado por Lusk en el año 2001, los matorrales de *Chusquea spp.*, que se desarrollan tras la formación de los claros, suprimen la regeneración de las especies arbóreas (Lusk, 2001).

Soto y Puettmann (2017) realizaron un estudio en la Reserva Biológica Huilo-Huilo, Neltume, Panguipulli, Región de los Ríos, Chile; donde eliminaron la capa superior del suelo con un buldócer (mini excavadora de 5400kg) para superar la sucesión detenida en los bosques antiguos de *Nothofagus* a una profundidad de 20-40 cm, favoreciendo la regeneración natural de *N. dombeyi*. Estos tratamientos tuvieron el objetivo de (1) controlar las entradas densas de *C. culeou* (eliminando tallos y rizomas) y eliminar la densa capa de hojarasca, (2) exponer el suelo mineral como lugares seguros para la germinación y el establecimiento de *Nothofagus spp.* y (3) crear zonas abiertas para la suplantación cuando se carece de fuentes de semillas (Soto et al., 2015), dado que en el se realizaron floreos o extracción de los individuos de mayor calidad. Los tratamientos se realizaron en época estival del año 2001/2002, (15 años luego del tratamiento) mejoró la regeneración de las especies arbóreas tempranas y limitó la presencia de *C. culeou*. En las zonas sin eliminación de la capa superior del suelo, la mayor abundancia de *C. culeou* se reflejó en una mayor radiación transmitida y cobertura de hojarasca.



Figura N°18: *Chusquea spp*, en la parcela N°4. Arriba, vista bajo cobertura de *Chusquea spp*. Abajo olivillo, al borde de un pequeño claro.

Este estudio se realizó en el marco de la actividad de titulación para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales de la Universidad de la Frontera, desde noviembre del año 2020 hasta marzo 2021. El contexto en pandemia, dificultó la toma de datos, sin embargo, se pudo realizar el estudio principal, y elaborar la propuesta para la conversión del sitio. Por otra parte, los resultados son interesantes respecto a las especies nativas que pueden regenerar bajo plantaciones de *Pinus radiata* y su distribución horizontal. La pregunta de investigación fue: ¿Cuál es el comportamiento de la regeneración natural de especies nativas bajo el dosel de *Pinus radiata* adulto en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque? Las hipótesis que se intentaron estudiar fueron: a) A mayor densidad de *P. radiata*, serán las especies más tolerantes a la sombra las que puedan reclutar nuevos individuos bajo el dosel de la plantación y b) *P. radiata* generara una segregación de las especies nativas intolerantes a la sombra.

La primera hipótesis se cumplió, dado que las especies nativa con mejor adaptabilidad a la sombra, pudieron alcanzar un estado “adulto” (Dap $\geq$ 5 cm), principalmente *Peumus boldus*, en cambio en la parcela con menor densidad de *Pinus radiata* fue posible encontrar una mayor regeneración. Por otra parte, la segunda hipótesis, se rechaza, dado que, según el estudio realizado, para la mayoría de las especies presentes bajo el dosel, *P. radiata* genera una segregación de entre 2 y 4 metros, siendo mayor para las especies intolerantes a la sombra.

4.6 Conclusiones investigación

Pinus radiata se distribuye mayormente de manera aleatoria. Por otra parte, *Acer pseudoplatanus*, tienen una distribución agrupada hasta entre los 3.8 metros de distancia. *Aextoxicon punctatum*, tiene un comportamiento agrupado hasta los 3.2 y 4.5 metros aproximadamente. *Persea lingue*, hasta los 6 metros tiene una distribución agrupada. Entre los 6 y los 10 metros, está muy cercano a la aleatoriedad, pero se mantiene por sobre el intervalo de confianza para una distribución aleatoria. *Aristotelia chilensis*, tiene un patrón agrupado hasta los 3.1 metros. *Peumus boldus* tiene una leve tendencia a agruparse hasta los 4 metros, sin embargo, predomina una distribución del tipo aleatoria, siendo el único de las especies nativas analizadas con este patrón espacial.

Al comparar la relación entre los árboles que dominan el sitio (*Pinus radiata*) en cobertura y biomasa, con la regeneración natural de las principales especies arbóreas, se obtuvieron los siguientes resultados: *Pinus radiata* versus regeneración nativa (lingue-olivillo-maqui), el patrón espacial muestra una segregación hasta los 2 metros aproximadamente. Posterior a los 2 metros, adquieren un patrón de indiferencia, con una tendencia hacia la segregación. El análisis entre la distribución espacial de *Pinus radiata* y *Persea lingue*, se puede observar una segregación, hasta aproximadamente los 3.5 metros. *P. radiata* presentó una aparente segregación con *A. chilensis*, lo cual se podría explicar dada la intolerancia a la sombra de *A. chilensis*, que tiende a no ocurrir a menos de 2 m de distancia de los individuos de *P. radiata*. Finalmente, al realizar el análisis de la relación espacial entre *Pinus radiata* y *Acer pseudoplatanus*, se puede interpretar que *Pinus radiata* genera una segregación, que está entre los 4 y los 6 metros.

Por último, la propuesta de conversión derivada de estos análisis, consiste en abrir parcialmente el dosel de la plantación, extrayendo los individuos de fácil extracción y volteo, simulando disturbios naturales donde los individuos que dominan el rodal mueren, mejorando las condiciones de las especies nativas que vienen regenerando y las que ya están establecidas. Posterior a la extracción de los candidatos descritos anteriormente, se evaluará la cercanía entre individuos de *Pinus radiata*, y todos los que estén entre 3-4 metros de distancia entre ellos, se decidirá por el volteo del que menor impacto tenga a la regeneración natural. De esta forma los tratamientos se concentrarán en las primeras 3 parcelas, las cuales se encuentran contiguas.

V. Análisis crítico y Plan de mejora

Para abordar este apartado es preciso que el estudiante efectúe un análisis de las fortalezas y debilidades que haya observado durante el período de ejecución de la actividad de titulación. A partir de lo anterior, deberá proponer un plan de mejora que permita corregir o contribuir a la eficiencia y gestión del departamento/unidad.

La descripción de las fortalezas y de las debilidades que haya observado durante a estadía en el centro de investigación, deben estar argumentadas o relacionadas los propósitos de la organización. Si no observa alguna fortaleza o debilidad puede indicar “no observado”

5.1 Fortalezas y debilidades centro de investigación

Tabla N°3: Cuadro resumen de fortalezas y debilidades centro de investigación	
Fortalezas:	-Cercanía (12 km aproximadamente) de Temuco. -Importancia del predio como relicto vegetacional de la región.
Debilidades:	-Falta de integrante de apoyo al equipo profesional y equipo de trabajo. -Control en el acceso a visitantes

5.2 Iniciativas que permiten potenciar las fortalezas

A partir de las fortalezas y debilidades detectadas y descritas en tabla anterior, realice la propuesta de mejora, proponga al menos dos iniciativas y descríbalas argumentando su elección, estas iniciativas puede presentarlas en una tabla como se muestra a continuación:

Tabla N°4: Iniciativas que permiten potenciar las fortalezas	
Iniciativa	Argumento
a.) Generar jornadas de visita para escuelas básicas del sector y de la región	La importancia de Rucamanque, como evidencia de lo que en el pasado dominaba el paisaje, permite a los estudiantes, jóvenes,

	adultos y personas en general que lo visitan, a valorar la naturaleza y su conservación.
b.) Producción de material Audiovisual de la riqueza natural del predio para su vinculación con el medio.	Elaboración de material e información valiosa que alberga el predio. Elaborar documentales que permitan compartir el conocimiento para así ir dándole el valor que urge devolverle.

5.3 Iniciativas que permitan mejorar/superar debilidades

Tabla N°5: Iniciativas o que permiten mejorar/superar debilidades	
Iniciativa	Argumento
Contratar otro profesional del área de los recursos naturales. Puede ser semestral, para apoyo cuando exige mayor demanda (época estival)	Apoyo para realizar los trabajos necesarios para el mantenimiento del predio. Realizar en menor tiempo las tareas necesarias, y también poder trabajar en distintas áreas al mismo tiempo.
Mejorar el control de acceso al predio	El acceso al predio, es un factor de riesgo tanto para el cuidador como sus padres, tal como es un riesgo por el deterioro del área, ya sea por incendio, basuras o atropellos a fauna silvestre.

5.4 Plan de mejora

En la tabla siguiente deberá incorporar las cuatro iniciativas (estrategias mencionadas en los puntos 3.2 y 3.3) junto a ellas los plazos estimados y responsables de su ejecución.

Tabla N°6: “Resumen Plan de Mejora”			
Iniciativas	Plazo Ejecución de las tareas	Medio de verificación cumplimiento de las tareas	Responsable ejecución de las tareas

a) Generar jornadas de visita para escuelas básicas del sector y de la región	Marzo 2022	Registro de asistentes	Por definir
b) Producción de material Audiovisual de la riqueza natural del predio para su vinculación con el medio.	Mayo 2022	Material Audiovisual	Por definir
c) Contratar otro profesional del área de los recursos naturales. Puede ser semestral, para apoyo cuando exige mayor demanda (época estival)	Diciembre 2021	Contratación de otro/a Profesional	Rodrigo Vargas Gaete
d) Mejorar el control de acceso	Diciembre 2021	Consulta al cuidador "Don Luciano"	Por definir

VI. Evaluación del proceso

En este apartado deberá explicitar de acuerdo con la experiencia vivida, cuáles fueron sus fortalezas y debilidades presentadas en el proceso de ejecución de la actividad de titulación en términos profesionales y personales.

6.1 Evaluación del proceso en aspectos personales

- a) Fortalezas: Compromiso con el proyecto, esfuerzo para la realización del mismo.
- b) Debilidades: Habilidades para el análisis de datos estadísticos autónomamente.

6.2 Evaluación del proceso en aspectos profesionales

- a) Fortalezas: La contingencia que tiene un cambio en el modelo forestal, y la obtención de servicios ecosistémicos de este. La conversión como estrategia de restauración ecológica.
- b) Debilidades: *Área de estudio excepcional, y en condiciones ideales. Falta de apoyo en la colecta de datos.*

VII. Aporte al Perfil Profesional

7.1 Dominios(s) desarrollados

En este apartado solo deberá marcar en tabla señalada, el/los dominios(s) desarrollado(s) a través de la ejecución de la actividad de titulación, los cuales fueron comprometido(s) en documento “propuesta actividad de titulación”. En caso de que se hayan producido modificaciones en relación lo comprometido en la propuesta actividad de titulación, favor indicar las razones de dicho cambio y marcar los dominios que finalmente fueron desarrollados. Los dominios de cada carrera se encuentran descritos en reglamento de carrera y en documento “Resumen Dominios y competencia de Titulación” disponible en curso campus virtual de esta actividad curricular.

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

7.2 Grado de cumplimiento de las actividades comprometidas

En tabla siguiente, indique el grado de cumplimiento de las tareas comprometidas en el plan de trabajo inicia, en función de los objetivos propuestos en documento “Propuesta actividad de Titulación”. En caso de no cumplimiento o modificaciones de estas tareas, indicar en dicha tabla esta desviación como muestra el ejemplo a continuación:

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

Objetivos Específicos	Tareas/actividades	Grado De Cumplimento	Respecto a la Propuesta Act. Titulación
Objetivo específico 1.- 1.- Analizar el patrón de puntos o distribución horizontal de Pinus radiata y la regeneración arbórea nativa bajo el dosel de la plantación.	Delimitación de parcelas	Totalmente	Planificada
	Muestreo de regeneración natural	Totalmente	Planificada
	Muestreo arbustivo y arbóreo y ubicación en el espacio (coordenadas (X, Y))	Totalmente	Planificada
Objetivo específico 2.- Evaluar el patrón espacial de la plantación y relacionarlo con los patrones espaciales de las especies arbóreas nativas del sotobosque.	Análisis datos	Totalmente	Modificada
	Evaluar patrones espaciales de la plantación y de la regeneración natural	Totalmente	Planificada
Objetivo específico 3.- Proponer un ensayo que incluya una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y monitoreo a largo plazo de la regeneración natural.	Definir actividades silviculturales (raleos, clareos, fajas,etc).	Totalmente	Planificada
	Reconocer posibles candidatos para volteo. De forma cilíndrica, rectos y fácil de extraer.	Totalmente	Adicional a la planificación

VIII. Conclusiones

Pinus radita se distribuye mayormente de manera aleatoria. *Acer pseudoplatanus*, presenta una distribución agrupada hasta entre los 3.8 metros de distancia. *Aextoxicon punctatum*, tiene un comportamiento agrupado hasta los 3.2 y 4.5 metros aproximadamente. *Persea lingue*, hasta los 6 metros tiene una distribución agrupada. *Aristotelia chilensis*, tiene un patrón agrupado hasta los 3.1 metros. *Peumus boldus* tiene una leve tendencia a agruparse hasta los 4 metros, sin embargo, predomina una distribución del tipo aleatoria, siendo el único de las especies nativas analizadas con este patrón espacial.

Pinus radiata en relación a la regeneración nativa muestra una segregación hasta los 2 metros. Posterior a los 2 metros, adquieren un patrón de indiferencia, con una tendencia hacia la segregación. El análisis entre la distribución espacial de *Pinus radiata* y *Persea lingue*, se puede observar una segregación, hasta aproximadamente los 3.5 metros. *P. radiata* presentó una aparente segregación con *A. chilensis*, lo cual se podría explicar dada la intolerancia a la sombra de *A. chilensis*, que tiende a no ocurrir a menos de 2 m de distancia de los individuos de *P. radiata*. Finalmente, al realizar el análisis de la relación espacial entre *Pinus radiata* y *Acer pseudoplatanus*, se puede interpretar que *Pinus radiata* genera una segregación, que está entre los 4 y los 6 metros.

Por último, la propuesta de conversión, entre otras actividades, se propone abrir parcialmente el dosel de la plantación, extrayendo los individuos de fácil extracción y volteo, simulando disturbios naturales donde los individuos que dominan el rodal mueren, mejorando las condiciones de las especies nativas que vienen regenerando y las que ya están establecidas.

Este proyecto, dado el contexto mundial y nacional de degradación ambiental derivado de malas prácticas en la industria forestal, es muy pertinente. Realizar distintos ensayos que busquen evaluar la respuesta de la regeneración natural bajo una plantación forestal, y de esta forma definir la mejor manera para volver a recibir los servicios ecosistémicos que nos brinda el bosque nativo.

En los aspectos personales, las dificultades se presentaron principalmente en el análisis de los datos y la estructura del informe, debido fundamentalmente en un manejo básico en muestreo de grandes volúmenes de datos y análisis estadístico autónomo. Sin embargo, gracias al apoyo del profesor guía y esfuerzo personal del estudiante, se lograron los análisis estadísticos pertinentes para los objetivos propuestos. De esta misma forma, una fortaleza frente a la adversidad o dificultad, fue la perseverancia personal y la motivación por entregar el mejor trabajo posible.

Un aprendizaje importante con esta actividad de titulación, fue el realizar una metodología y aplicarla en terreno, realizando múltiples parcelas, con el objeto de poder evaluar el sitio, y de esta forma tomar la mejor decisión para su conversión. Enfrentarse a una situación real, donde se busca potenciar los servicios ecosistémicos y mejorar la biodiversidad de un área, al mismo tiempo que se utilizan los recursos naturales que ahí se encuentran, es una importante característica de un Ingeniero en Recursos Naturales.

IX. REFERENCIAS

Aldrich , GR Parker, Js Ward & Ch Mxcxler (2003) Spatial dispersion of trees in an old-growth temperate hardwood forests over 60 years of succession. *Forest Ecology and Management* 180: 475-491.

Aronson, J., & van Andel, J. (2006). *Challenges for ecological theory* (pp. 223-233). Blackwell Publishing: Oxford, UK.

Bannister J. R. (2012). *Dynamics and restoration of Pilgerodendron uviferum forests on Chiloé Island, North Patagonia, Chile* (Doctoral dissertation, Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs Universität, Freiburg).

Bannister J. R, et al. 2013a. Experiencias de restauración en los bosques nativos del sur de Chile: una mirada desde la Isla Grande de Chiloé. *Revista Bosque Nativo* 52.

Bannister, J. R, R. Vargas-Gaete, J. F. Ovalle, M. Acevedo, A. Fuentes-Ramírez, P. J. Donoso, A. Promis, and C. SmithRamírez. 2018. Major bottlenecks for the restoration of natural forests in Chile. *Restoration Ecology* 26:1039-1044. <https://doi.org/10.1111/rec.12880>.

Bauhus J, Van der Meer P & Kanninen M. 2010. *Ecosystem goods and services from plantation forests*, London, UK: Earthscan.

Barnes, B. V.; D. R. Zak, S. R. Denton & S. H. Spurr. 1998. *Forest ecology*. 4th edition. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA. 774 p.

Basantes E.R. *Silvicultura y fisiología vegetal aplicada*. Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ISBN: 978-9978-301-36-4. (2016)

Ballester, A.; M. Arias; M. López & E. Vieitez. 1982. Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Santiago de Compostela, España

Bourgeois, L., Messier, C., Brais, S., 2004. Mountain maple and balsam fir early response to partial and clear-cut harvesting under aspen stands of northern Quebec. *Can. J. For. Res.* 34, 2049–2059. <https://doi.org/10.1139/x04-080>.

Canham, C.D., Denslow, J.S., Platt, W.J., Runkle, J.R., Spies, T.A., White, P.S., 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Can. J. For. Res.* 20, 620–631. <https://doi.org/10.1139/x90-084>.

Cabaña Chávez, C. 2011. Reseña histórica de la aplicación del DL 701, de 1974, sobre fomento forestal. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Santiago, Chile.

Camus, P. 2006. Ambiente, bosques y gestión forestal en Chile. 1541-2005. LOM Ediciones, Santiago, Chile.

Childs, S.W., Flint, L.E., 1987. Effect of shadeboards, shelterwoods, and clearcuts on temperature and moisture environments. *For. Ecol. Manage.* 18, 205–217. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(87\)90161-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(87)90161-7).

Cifuentes Lepimán, V. N. (2018). Distribución y condiciones ambientales asociadas a la invasión de *Rubus ulmifolius* schott (Zarzamora) en la Reserva Nacional Río Clarillo.

CONAF. 2017a. Superficie de uso de suelo regional (actualizado a agosto 2017). URL: tinyurl.com/yasyn97z.

CONAF. 2017b. Análisis del impacto de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile.

Connell JH & Slatyer (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* 111: 1119-1144.

Decreto Exento N° E-547. Aprueba Contrato de Concesión Gratuita, Celebrado por Escritura Pública entre la Universidad de la Frontera y el Fisco de Chile - Ministerio de Bienes Nacionales. 23 de noviembre de 2016.

Díaz Mf & JJ Aarmesto (2007) Limitantes físicos y bióticos de la regeneración en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13-26.

Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, estructura y dinámica. Ed. Universitaria. Santiago (Chile). 483 p.

Donoso P. 2009. Tala Rasa: desafío y perspectivas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 88 pp.

Duncan RP (1991) Competition and the coexistence of species in a mixed podocarp stand. *Journal of Ecology* 79: 1073-1084.

Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological conservation*, 130(4), 481-494.

FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 – Main report. (Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020 – Informe completo) Roma.

Fischer A & Fischer H. 2006. Restoration of forests. En: *Restoration Ecology*. Blackwell Publishing, pp. 124–140.

Fuentes N, P Sánchez, A Pauchard, J Urrutia, L Cavieres & A Marticorena (2014) Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile: Una Guía de Campo. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB), Concepción, Chile.

Garreaud, R., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D., Galleguillos, M., et al., 2017. The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 6307–6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>.

Gómez-Aparicio, L., 2009. The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems. *J. Ecol.* 97, 1202–1214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01573.x>.

Grubb, P. 1977. The Maintenance of Species-richness in Plant Communities: The importance of the Regeneration Niche. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 52: 107-145.

Harmer R, Kiewitt A & Morgan G. 2012. Effects of overstorey retention on ash regeneration and bramble growth during conversion of a pine plantation to native broadleaved woodland. *European Journal of Forest Research* 131: 1833–1843.

Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., & Lambin, E. F. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*, 75, 71-82.

Hobbs, R. J., & Norton, D. A. (1996). Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration ecology*, 4(2), 93-110.

Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558-1563.

Huber, A.; A. Iroumé; J. Bathurst. 2008. Effect of *Pinus radiata* plantation on water balance in Chile. *Hydrological Process* 22: 142-148

INFOR. 2019. Anuario Forestal 2019. Boletín Estadístico N° 168. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal, Santiago, Chile.

Kershaw, K.A. 1973. Quantitative and Dynamic Plant Ecology. American Elsevier Publishing Company, New York.

Keenan, R.J., Kimmins, J.P., 1993. The ecological effects of clear-cutting. Environ. Rev. 1, 121–144. <https://doi.org/10.1139/a93-010>. natural hardwood forests in Taiwan. Appl. Veg. Sci. 18, 591–602. <https://doi.org/10.1111/avsc.12178>.

Kenkel Nc (1988) Patterns in self-thinning in Jack pine: Testing the random mortality hypothesis. Ecology 69: 1017-1024.

Kremer, K. N., Bannister, J. R., & Bauhus, J. (2021). Restoring native forests from *Pinus radiata* plantations: Effects of different harvesting treatments on the performance of planted seedlings of temperate tree species in central Chile. Forest Ecology and Management, 479, 118585.

Leps J & P Kindlmann (1987) Models of the development of spatial patterns of an even-aged plant population over time. Ecological Modelling 39: 45-57.

Lara A., D. Soto, J. Armesto, P. Donoso, C. Wernli, L. Nahuelhual y F. Squeo (eds.). 2003. Componentes Científicos Clave para una Política Nacional

Lara A.; C. Little; R. Urrutia; J. Macphee; C. Alvarez; C. Oyarzún; D. Soto; P. Donoso; L. Nahuelhual; M. Pino; I. Arismendi. 2009. Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and Management of native forest in Chile. Forest Ecology and Management, 258: 415-424

Lara, A., M. E. Solari, M. del R. Prieto, and M. P. Peña. 2012. Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35° - 43°30' S). Bosque 33:13-23. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000100002>.

Ley 19.300. Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Diario Oficial de la República de Chile. Santiago, Chile. 9 de Marzo de 1994.

Little, C.; A. Lara; J. McPhee; R. Urrutia. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. Journal of Hydrology 374: 162–170

Loewenstein EF. 2005. Conversion of uniform broadleaved stands to an uneven-aged structure. *Forest Ecology and Management* 215: 103–112.

Luebert, F., and P. Pliscoff. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Lusk, Christopher H.. (2001). WHEN IS A GAP NOT A GAP?: LIGHT LEVELS AND LEAF AREA INDEX IN BAMBOO-FILLED GAPS IN A CHILEAN RAIN FOREST. *Gayana. Botánica*, 58(1), 25-30. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432001000100003>

Mazzolari, A. Comparatore, V. y Bedmar, F. 2011. Control of elmleaf blackberry invasion in a natural reserve in Argentina. *Journal For Nature Conservation*. 19(2011) 185–191.

Mead, D. (2013). Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. Roma, Italia: Food And Agriculture Organization of The United Nations.

Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., et al. (2004). Hotspots revisited: Earth's biologically wealthiest and most threatened ecosystems. Mexico D.F: CEMEX .

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Nigel Dudley and Sue Stolton (eds) (2008). Defining protected areas: an international conference in Almeria, Spain. Gland, Switzerland: IUCN. 220 pp.

Núñez P., Espinosa S. & Pacheco P. (2015). Parque Ecológico y Cultural Rucamanque Plan de Manejo Integral. Concesión de Uso Gratuito a Largo Plazo. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. 78 p.

Nyland RD. 2003. Even- to uneven-aged: the challenges of conversion. *Forest Ecology and Management*, 172: 291–300.

O'Hara KL. 2001. The silviculture of transformation — a commentary. *Forest Ecology and Management* 151: 81–86.

Oberdorfer, E. (1960): Pflanzensoziologische studien in Chile, Ein Vergleich mit Europa. *Flora et vegetatio Mundi*, 2: 1-208.

Oliver CD & BC Larson (1996) *Forest stand dynamics*. McGraw-Hill, New York, NY.
Oyarzún, C.; A. Huber. 1999. Water Balance in Young Plantations of *Eucalyptus globulus* Labill. and *Pinus radiata* in Southern Chile. *Terra* 1:36-44

Pabon-Zamora, L., J. Bezaury, F. Leon, L. Gill, S. Stolton, A. Groves, S. Mitchell y N. Dudley. 2008. "Valorando la Naturaleza: Beneficios de las áreas protegidas". Serie Guía Rápida, editor, J. Ervin. Arlington, VA: The Nature Conservancy. 34 pp.

Parra, P. 2019. Presentación. Pages 9-10 in L. Astorga, and H. Burschel (eds.). Chile necesita un nuevo modelo forestal: Ante los desafíos climáticos, sociales y ambientales. LOM Ediciones, Santiago Chile.

Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarrés, J. F. Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330(6010), 1496-1501.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2016. "Valoración económica del impacto de siete especies exóticas invasoras sobre los sectores productivos y la biodiversidad en Chile". Santiago de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago. 68-72.

Rangel-Ch, J. O., & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. *Colombia diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*, 59-82.

Ramirez, C. & M. Romero (1974): Zur Verbreitung und Artenzusammensetzung der südlichen Boldo-Wälder in Chile. *Oberhess. Naturw. Zeitschrift*, 41: 17'-24.

Ramirez, C. (1980): Conservación de la vegetación nativa en tierras bajas valdivianas. *Medio Ambiente*, 4(2): 82-89.

Ramirez, C. (1982): La vegetación nativa del sur de Chile. *Creces*, 3(6-7): 40-45.

Ramirez, C, M. Moraga & H. Figueroa (1984): La similitud florística como medida de degradación del bosque valdiviano. *Agro Sur*, 12(2): 127-139.

Ramirez, C, E. Haunstein, D. Contreras & J. San Martin (1988): Degradación de la vegetación en la depresión intermedia de la Araucanía, Chile. *Agro Sur*, 16(1): 1-14.

Ramirez, C, E. Haunsteun, J. San Martin & D. Contreras (1989): Study of the flora of Rucamanque, Cautín province, Chile. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 76(2): 625-655.

Reyes, R., C. Sepúlveda, and L. Astorga. 2014. Gobernanza del sector forestal chileno: Tensiones y conflictos entre las fuerzas de mercado y las demandas de la ciudadanía. Pp. 693-720 in C.

Ripley, B. D. 1976. The second-order analysis of stationary point processes. – J. Appl. Prob. 13: 255–266.

Rozas, V. (2006) Structural heterogeneity and tree spatial patterns in an old-growth deciduous lowland forests in Cantabria, northern Spain. *Plant Ecology* 185: 57-72.

Salas, C., P. J. Donoso, R. Vargas, C. A. Arriagada, R. Pedraza, and D. P. Soto. 2016. The forest sector in Chile: An overview and current challenges. *J For* 114:562-571. <https://doi.org/10.5849/jof.14-062>.

Sala, O. E., Chapin, I. F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., et al. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770e1774.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Soto, D. P., Salas, C., Donoso, P. & Uteau, D. (2010). Heterogeneidad estructural y espacial de un bosque mixto dominado por *Nothofagus dombeyi* después de un disturbio parcial. *Revista chilena de historia natural*, 83(3), 335-347. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2010000300002>

Soto, D. P., Donoso, P. J., Salas, C., & Puettmann, K. J. (2015). Light availability and soil compaction influence the growth of underplanted *Nothofagus* following partial shelterwood harvest and soil scarification. *Canadian Journal of Forest Research*, 45, 998–1005.

Soto, D. P., & Puettmann, K. J. (2018). Topsoil removal through scarification improves natural regeneration in high-graded *Nothofagus* old-growth forests. *Journal of applied ecology*, 55(2), 967-976.

Stanturf J. 2005. What is forest restoration? En: *Restoration of Boreal and Temperate Forests*. CRC Press.

Stoyan, D. and Stoyan, H. 1994. Fractals, random shapes and point fields. *Methods of geometrical statistics*. – Wiley.

Sawagrzyk J & M Czerwczak (1993) Spatial patterns of trees in natural forests of east-central Europe. *Journal of Vegetation Science* 4: 469- 476.

Tzu-Yang, L., Vadeboncoeur, M.A., Kuo-Chuan, L., Ming-Zhen, C., Huang, M.Y., Lin, T.C., 2015. Understorey plant community and light availability in conifer plantations and

Veblen TT & D Ashton (1978) Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes. *Vegetatio* 36: 149-167.

Veblen TT, C Donoso, FM Schlegel & B Escobar (1981) Forest dynamics in South- Central Chile. *Journal of Biogeography* 8: 211- 247.

Veblen T, T Kitzberger, R Villalba. 2004. Nuevos paradigmas en ecología y su influencia sobre el conocimiento de la dinámica de los bosques del sur de Argentina y Chile. Arturi M, J Frangi, F Goya. Mendoza, Argentina. 48 p.

Vilá, M., Espinar, J., Hejda, M., Hulme, P., Jarosik, V., Maron, J. y Pýsek, P. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology letters*,14(7), 702-708.

Williams K., Westrik L. y Williams B. 2006. Effects of blackberry (*Rubus discolor*) invasion on oak population dynamics in a California savanna. *Forest Ecology and Management* 228: 187– 196.

Zúñiga, A.H. 2014. Composición de un ensamble de aves en un fragmento boscoso del sur de Chile. *Gestión Ambiental* 27: 35-45.

X. Anexos

10.1. Anexo N° 1: Atributos de los Ecosistemas Restaurados según SER (2004).

- 1.** El ecosistema restaurado contiene un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad.
- 2.** El ecosistema restaurado consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible. En ecosistemas culturales restaurados, se puede ser indulgente con especies exóticas domesticadas y con especies ruderales, y arvenses que se supone que co evolucionaron con ellas. Las especies ruderales son plantas que colonizan los sitios alterados; las especies arvenses típicamente crecen entre plantas de cultivo.
- 3.** Todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema restaurado se encuentran representados o, si no, los grupos faltantes tienen el potencial de colonizar por medios naturales.
- 4.** El ambiente físico del ecosistema restaurado tiene la capacidad de sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada.
- 5.** El ecosistema restaurado aparentemente funciona normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no hay señales de disfunción.
- 6.** El ecosistema restaurado se ha integrado adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.
- 7.** Se han eliminado o reducido, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje que lo rodea a la salud e integridad del ecosistema.

8. El ecosistema restaurado tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema.

9. El ecosistema restaurado es auto sostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes. No obstante, los aspectos de su biodiversidad, estructura y funcionamiento podrían cambiar como parte del desarrollo normal del ecosistema y podrían fluctuar en respuesta a acontecimientos normales y periódicos aislados de estrés y de alteración de mayor trascendencia. Como con cualquier ecosistema intacto, la composición de las especies y otros atributos de un ecosistema restaurado podrían evolucionar a medida que cambian las condiciones ambientales.

10.2.- Anexo N°2: Tablas de rodal para *Pinus radiata* y las principales especies nativas

Pinus radiata

<i>Pinus radiata</i>			
Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)
] 5 - 10]	10	0.2248	8.44
[10.1 - 15.0]	8	0.7733	8.16
[15.1 - 20.0]	13	2.006	10.43
[20.1 - 25.0]	23	5.8685	10.64
[25.1 : 30.0]	17	6.0175	14.1
[30.1 - 50.0]	58	46.645	15.82
[50.1 - 70.0]	55	92.085	20.54
[70.1 - 90.0]	28	86.504	18.91
[90.1 - 110.0]	10	45.59	18.25
> 110	2	32.68	26
Total	225	318.39	15

Aristotelia chilensis* y *Peumus boldus

<i>Aristotelia chilensis</i>				<i>Peumus boldus</i>			
Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)	Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)
] 5 - 10]	50	0.150	3.1	] 5 - 10]	125	0.447	4.39615385
[10.1 - 15.0]	10	0.124	4.6	[10.1 - 15.0]	33	0.375	6.955
[15.1 - 20.0]				[15.1 - 20.0]	7	0.157	7.36
[20.1 - 25.0]	2	0.081	5.7	[20.1 - 25.0]			
[25.1 - 30.0]				[25.1 - 30.0]			
[30.1 - 50.0]				[30.1 - 50.0]			
[50.1 - 70.0]				[50.1 - 70.0]			
[70.1 - 90.0]				[70.1 - 90.0]			
[90.1 - 110.0]				[90.1 - 110.0]			
> 110				> 110			
Total	62	0.354	4.5	Total	165	0.989	6.2

Persea lingue* y *Laurelia sempervirens

<i>Persea lingue</i>				<i>Laurelia sempervirens</i>			
Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)	Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)
] 5 - 10]	28	0.106	2.7	] 5 - 10]	39	0.241	5.9
[10.1 - 15.0]	10	0.127	7.8	[10.1 - 15.0]	7	0.137	7.4
[15.1 - 20.0]	10	0.380	9.5	[15.1 - 20.0]	6	0.173	8.4
[20.1 - 25.0]	3	0.124	10.4	[20.1 - 25.0]	2	0.184	14.8
[25.1 - 30.0]				[25.1 - 30.0]			
[30.1 - 50.0]	2	0.129	15.2	[30.1 - 50.0]			
[50.1 - 70.0]				[50.1 - 70.0]			
[70.1 - 90.0]				[70.1 - 90.0]			
[90.1 - 110.0]				[90.1 - 110.0]			
> 110				> 110			
Total	53	0.866	9.1	Total	54	0.735	9.1

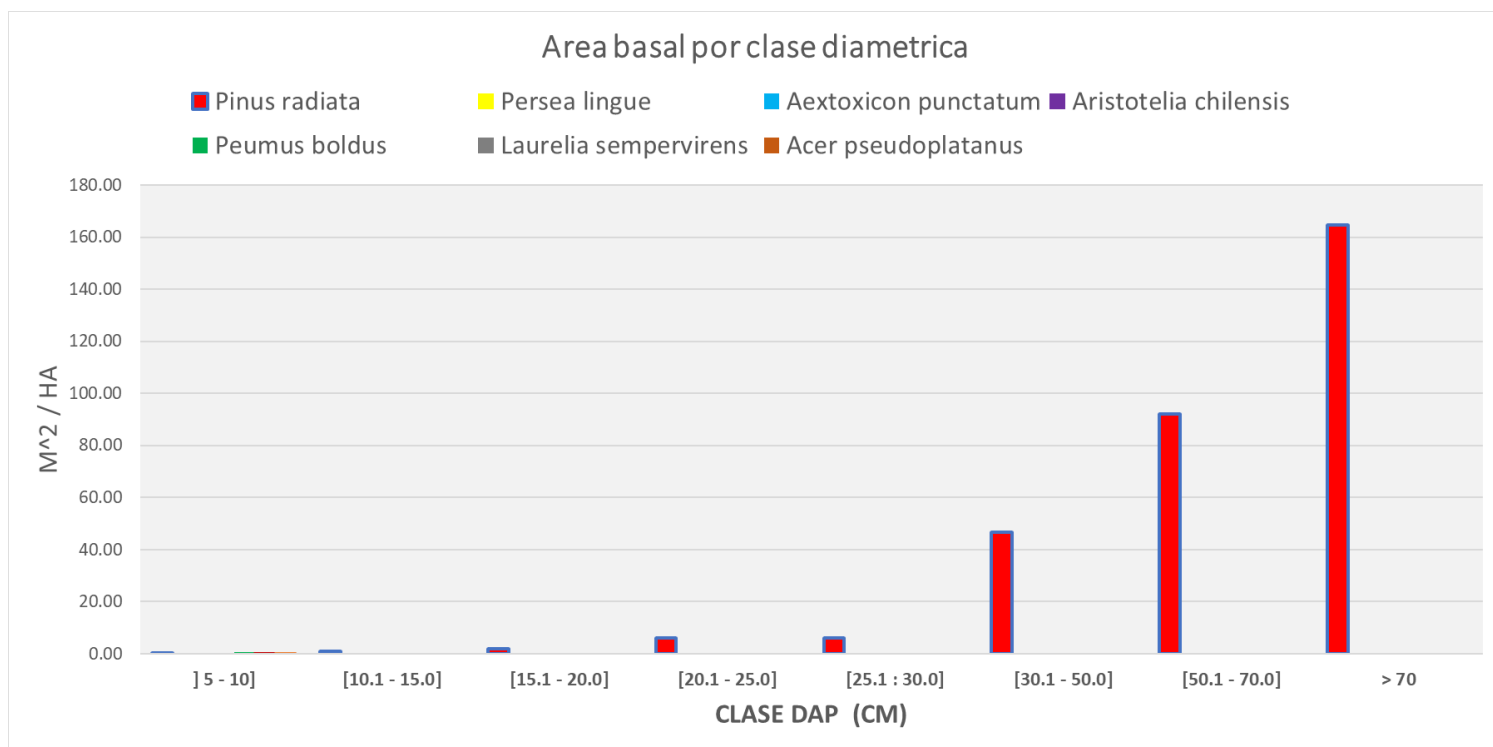
Aextoxicon punctatum* y *Acer pseudoplatanus

<i>Aextoxicon punctatum</i>				<i>Acer pseudoplatanus</i>			
Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)	Intervalo	N° arb / ha	Área basal (m²/ha)	Altura (m)
] 5 - 10]	35	0.103	2.7	] 5 - 10]	12	0.0386	5.27
[10.1 - 15.0]				[10.1 - 15.0]	2	0.0239	7.20
[15.1 - 20.0]				[15.1 - 20.0]			
[20.1 - 25.0]				[20.1 - 25.0]			
[25.1 : 30.0]				[25.1 : 30.0]			
[30.1 - 50.0]				[30.1 - 50.0]			
[50.1 - 70.0]				[50.1 - 70.0]			
[70.1 - 90.0]				[70.1 - 90.0]			
[90.1 - 110.0]				[90.1 - 110.0]			
> 110				> 110			
Total	35	0.103	2.7	Total	13	0.062	6.24

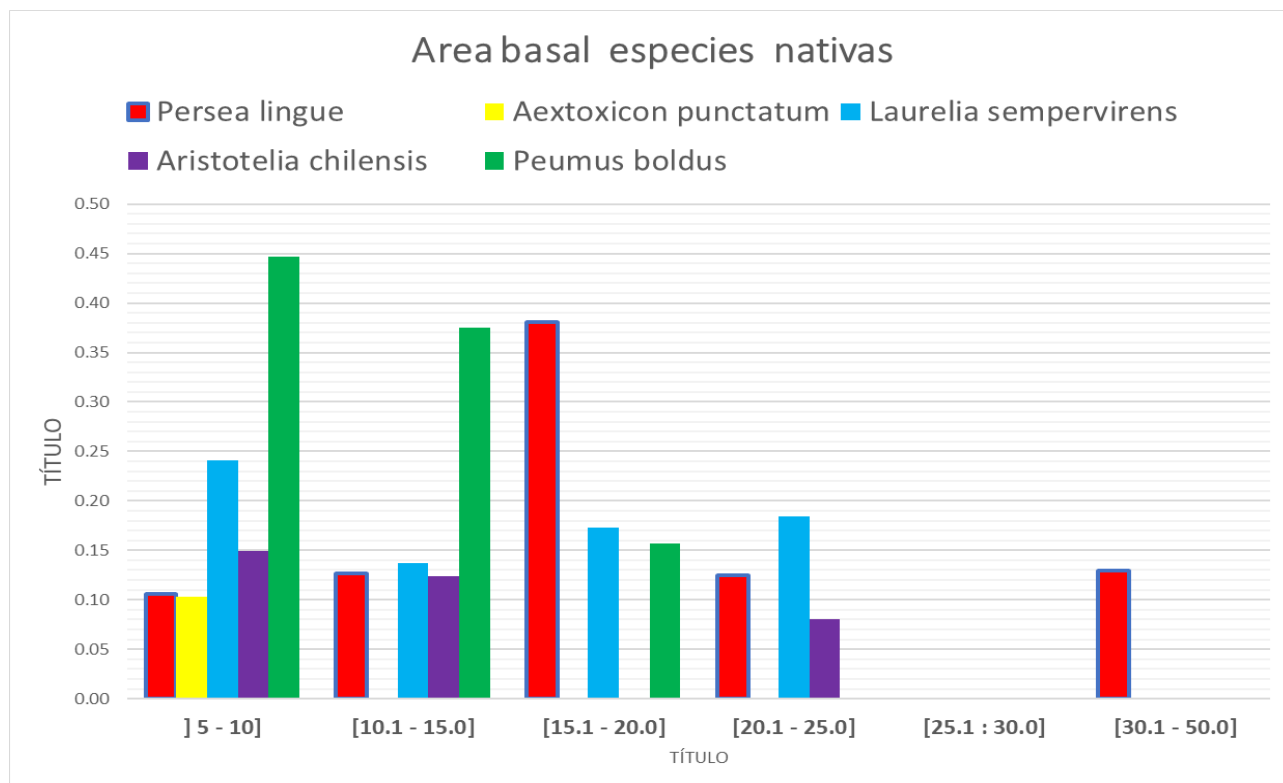
10.4.- Anexo N° 4 Tabla resumen para regeneración arbórea

ALTURA REGENERACION POR CLASES							
	0.0 - 0.5 (m)		0.51 - 2.0 m		> 2 m		
	N° plantulas/h a	Altura media (m)	N° plantulas/ha	Altura media (m)	N° plantulas/h a	Altura media (m)	Total
<i>Pinus radiata</i>	0	0.0	10	0.8	0	0.0	10
<i>Persea lingue</i>	690	0.3	317	1.0	87	3.0	1093
<i>Aextoxicon punctatum</i>	743	0.3	697	1.1	310	3.0	1750
<i>Aristotelia chilensis</i>	333	0.3	553	1.1	347	2.9	1233
<i>Peumus boldus</i>	33	0.4	63	1.2	157	3.4	253
<i>Laurelia sempervirens</i>	33	0.3	90	1.3	57	3.2	180
<i>Acer pseudoplatanus</i>	597	0.4	647	1.0	70	2.9	1313

10.3.- Anexo N°3: Gráficos Distribución diamétrica



Distribución diamétrica especies nativas



10.4.- Anexo N.º 4: Distribución espacial y análisis PCF

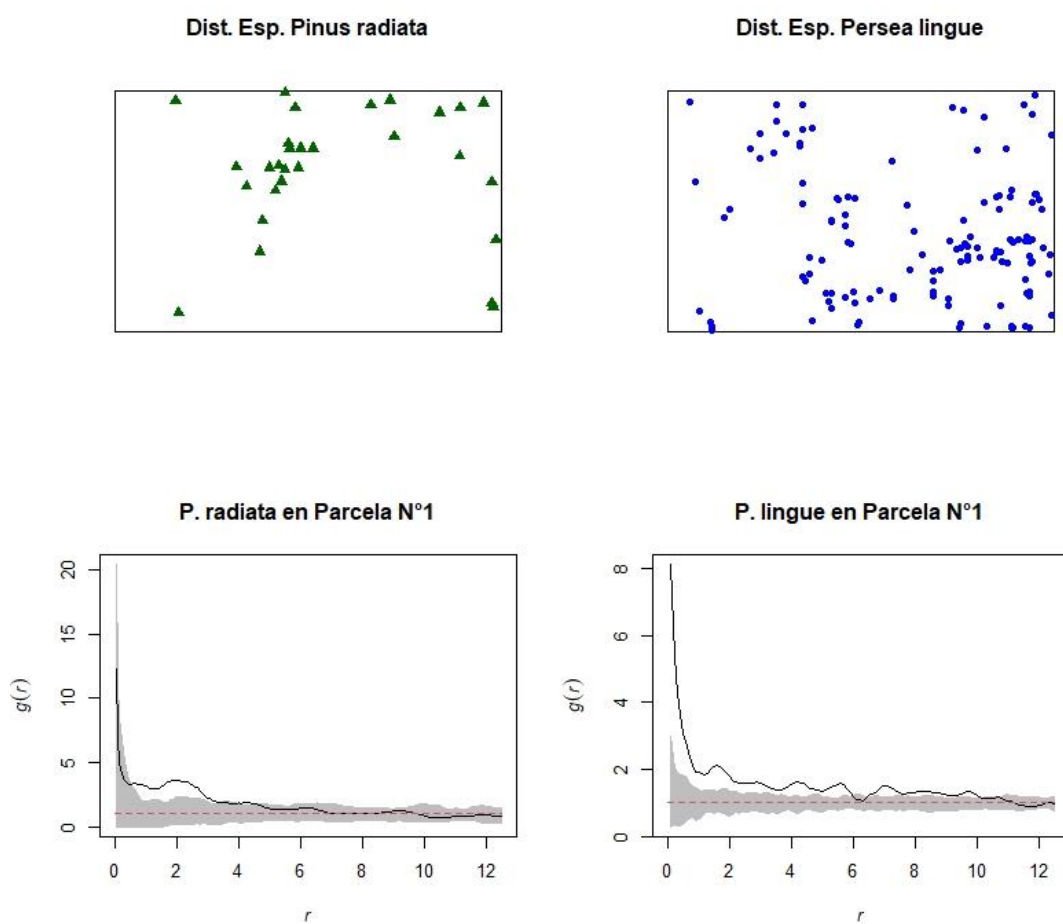


Figura N°19: Distribución espacial y análisis Univariado PCF *Pinus radiata* y *Persea lingue* en la parcela 1.

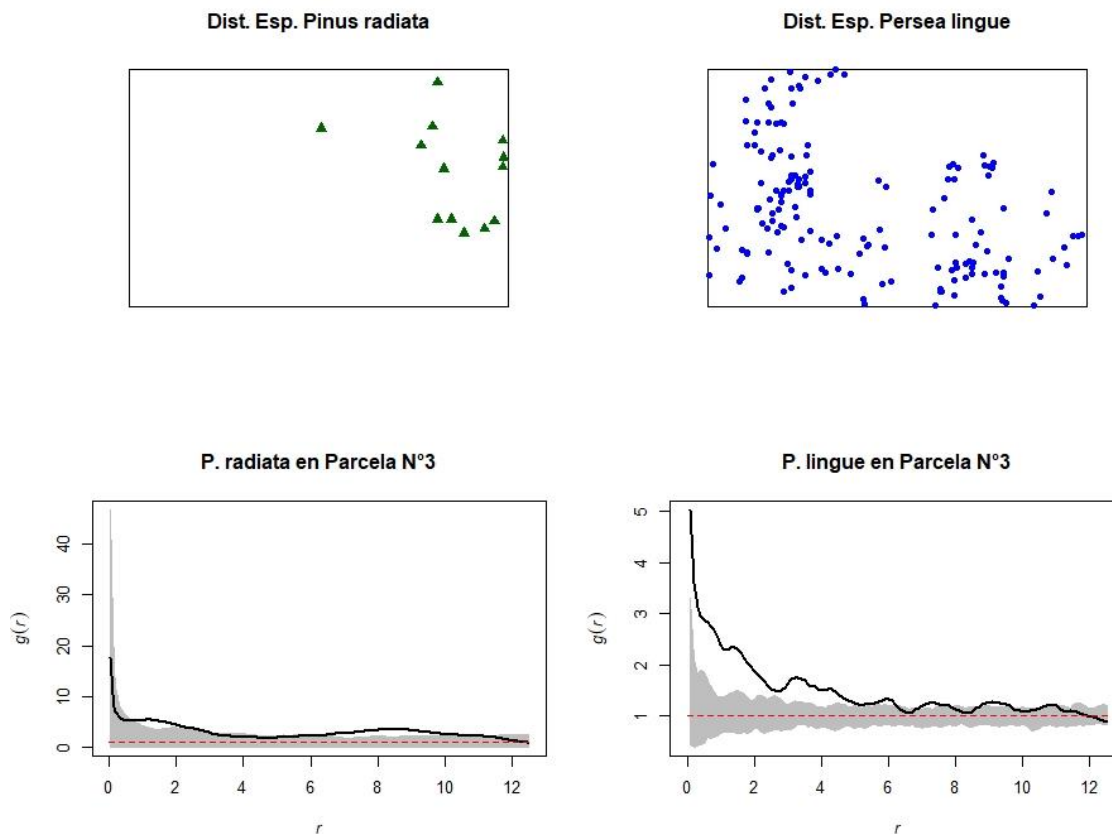


Figura N°20 : Distribución espacial y análisis Univariado PCF *Pinus radiata* y *Persea lingue* en la parcela 3

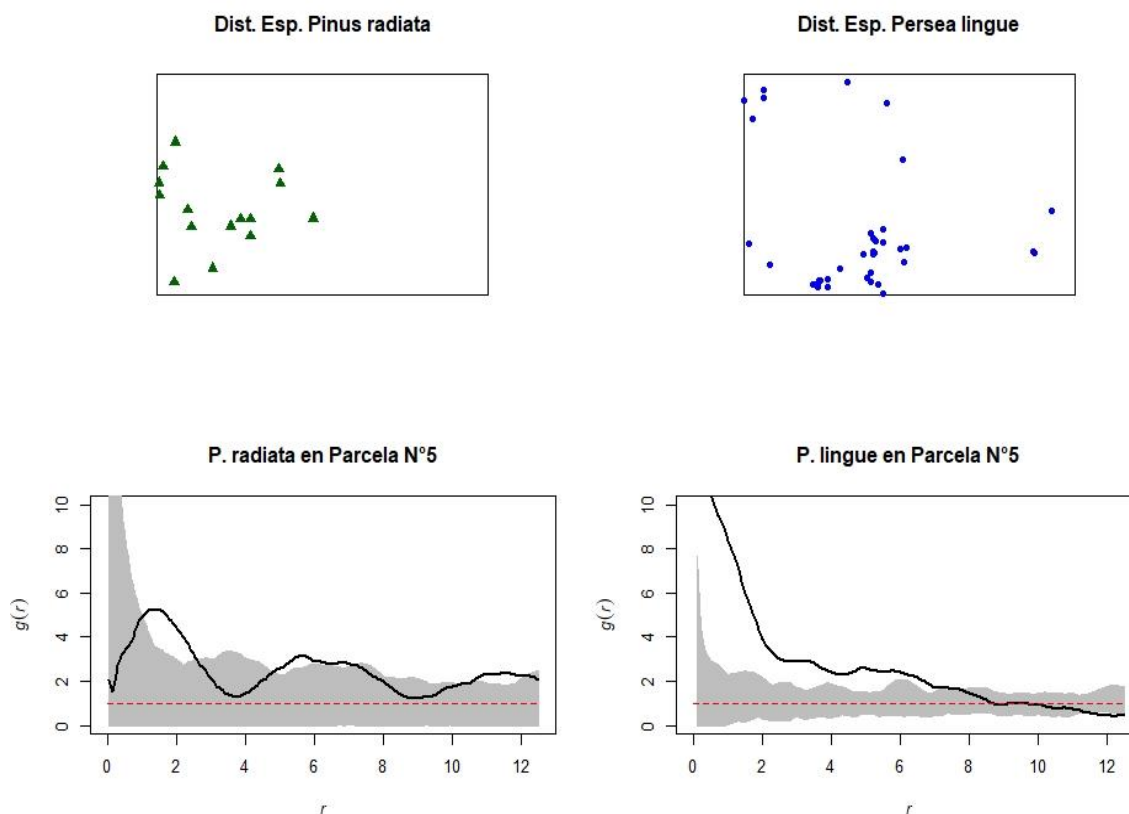


Figura N° 21: Distribución espacial y análisis Univariado PCF *Pinus radiata* y *Persea lingue* dentro de la parcela N° 5.

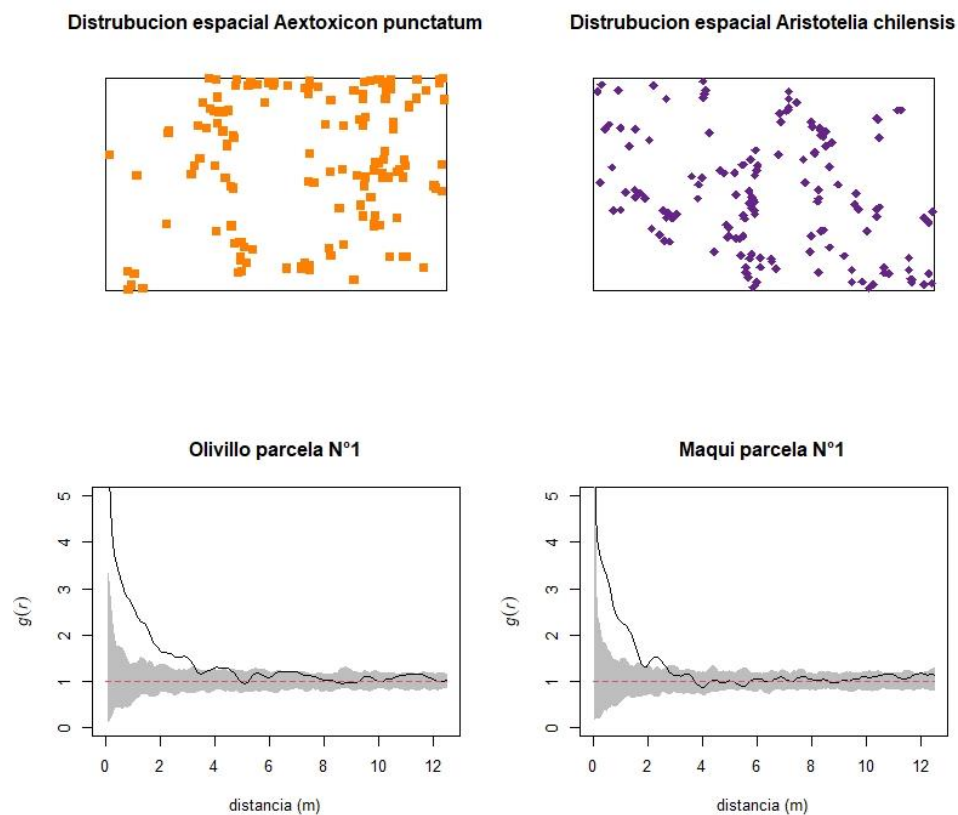


Figura N°22: Distribución espacial y análisis Univariado PCF para olivillo y maqui, en la parcela 1

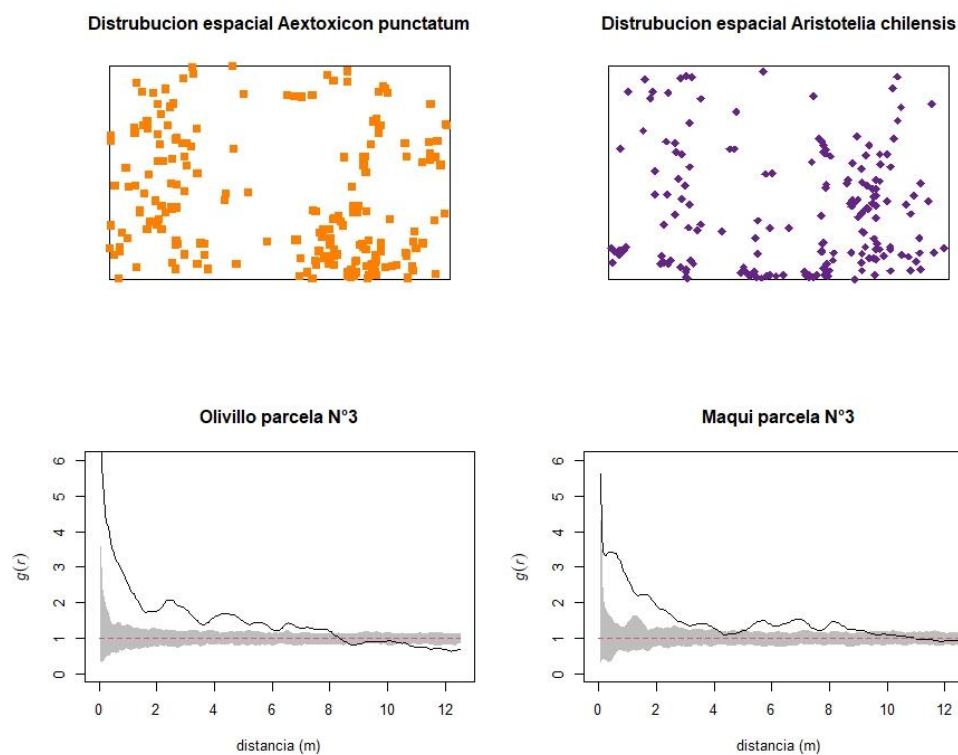


Figura N°23: Distribución espacial y análisis Univariado PCF para *Aextoxicon punctatum* y *Aristotelia chilensis* dentro de la parcela N° 3.

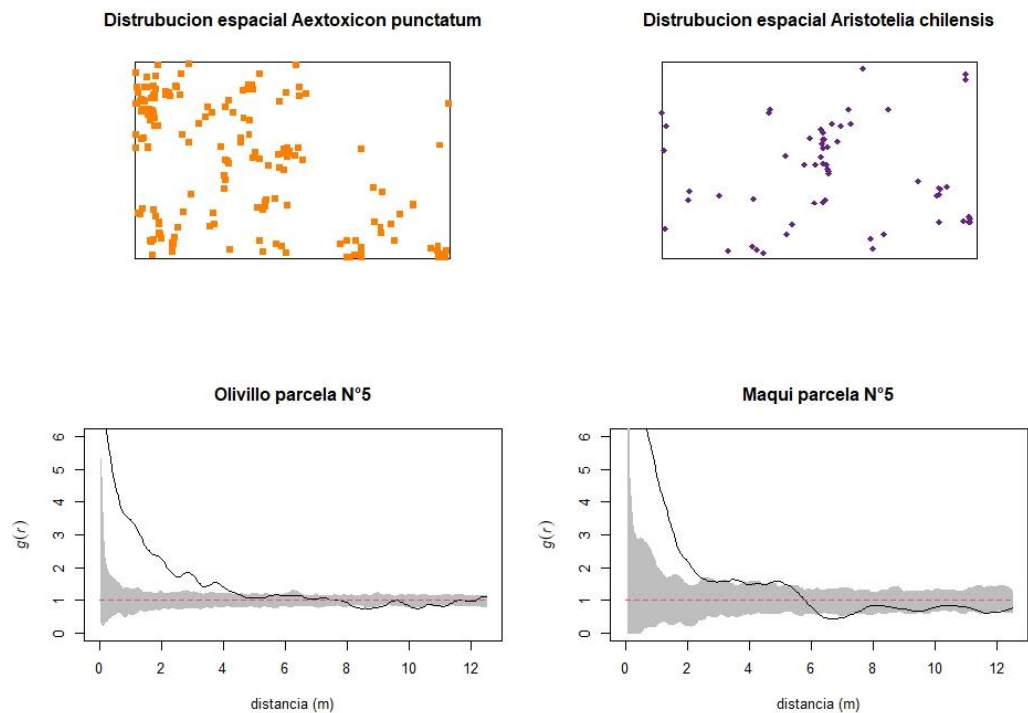


Figura N°24: Distribución espacial y análisis Univariado PCF *Aextoxicon punctatum* y *Aristotelia chilensis* para la parcela N°5.

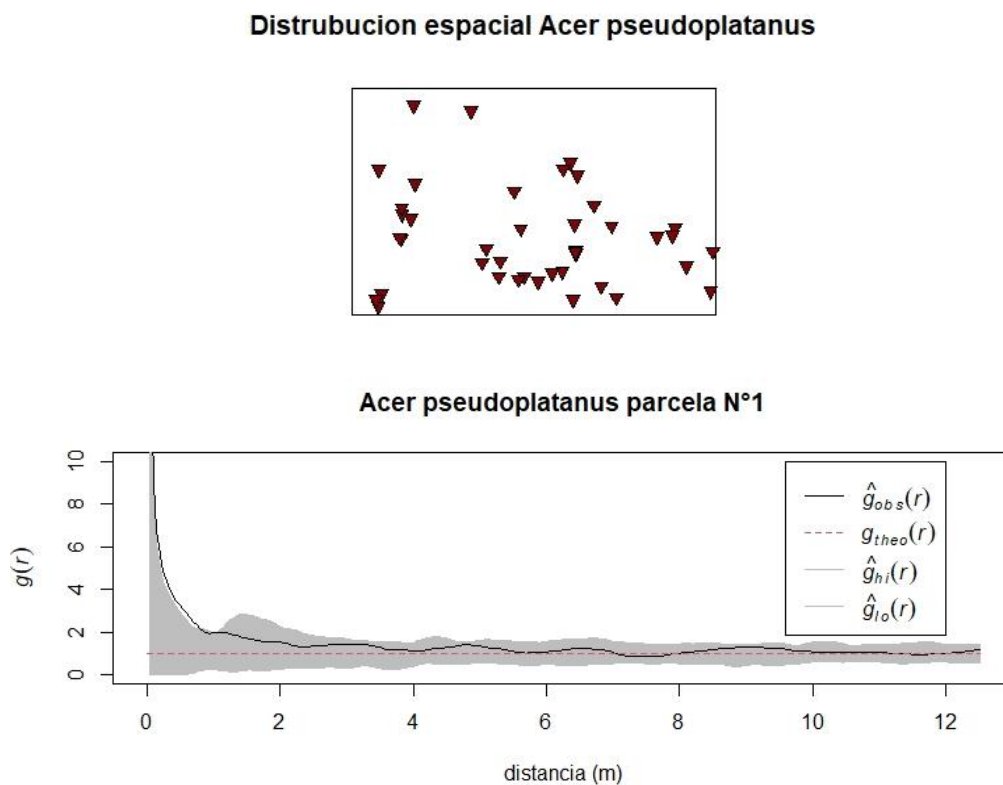


Figura N°25: Distribución espacial y análisis Univariado PCF para *Acer pseudoplatanus* dentro de la parcela N° 1.

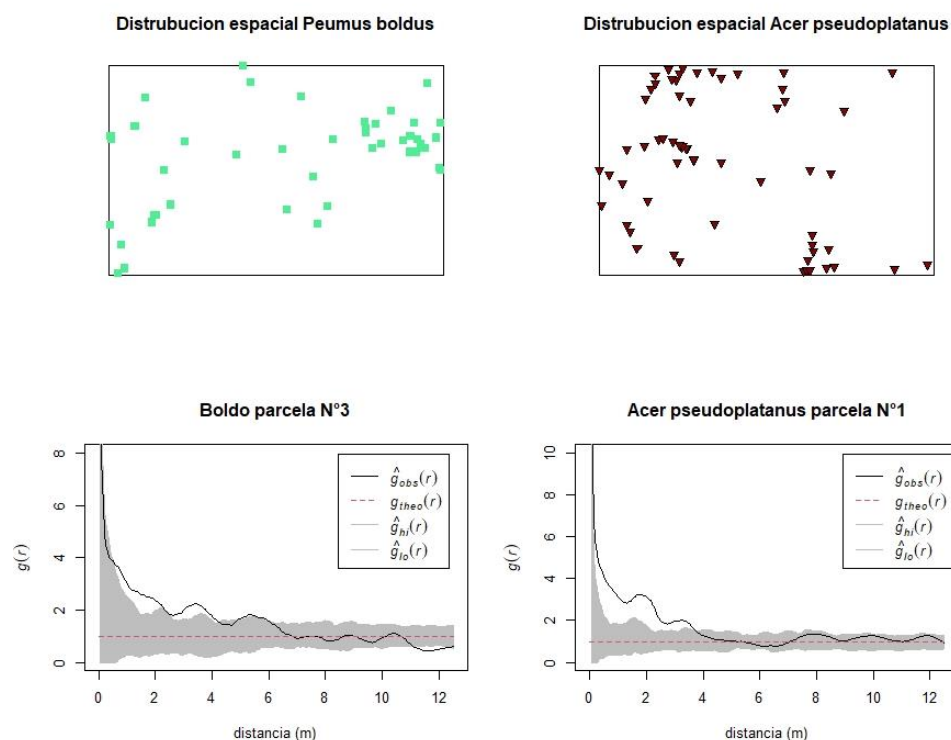


Figura N°26: Distribución espacial y análisis Univariado PCF para *Peumus boldus* y *Acer pseudoplatanus* dentro de la parcela N° 3.

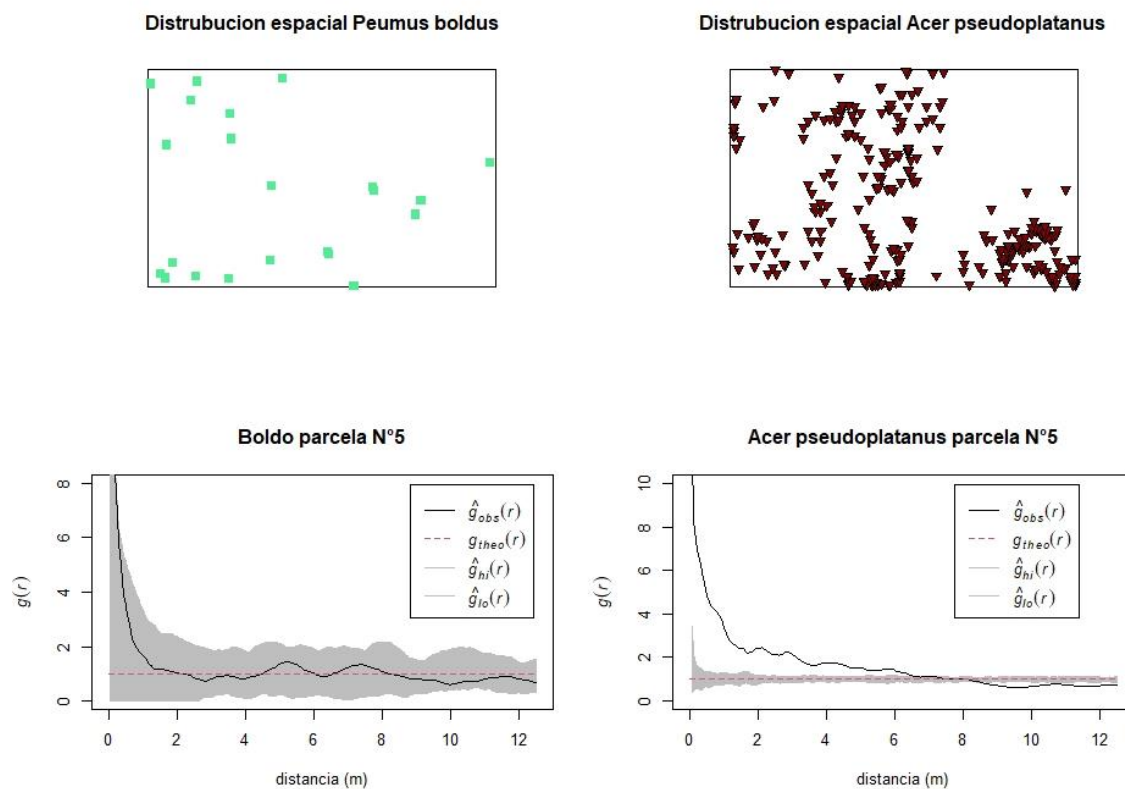


Figura N°27: Distribución espacial y análisis Univariado PCF para *Peumus boldus* y *Acer pseudoplatanus* dentro de la parcela N° 5.

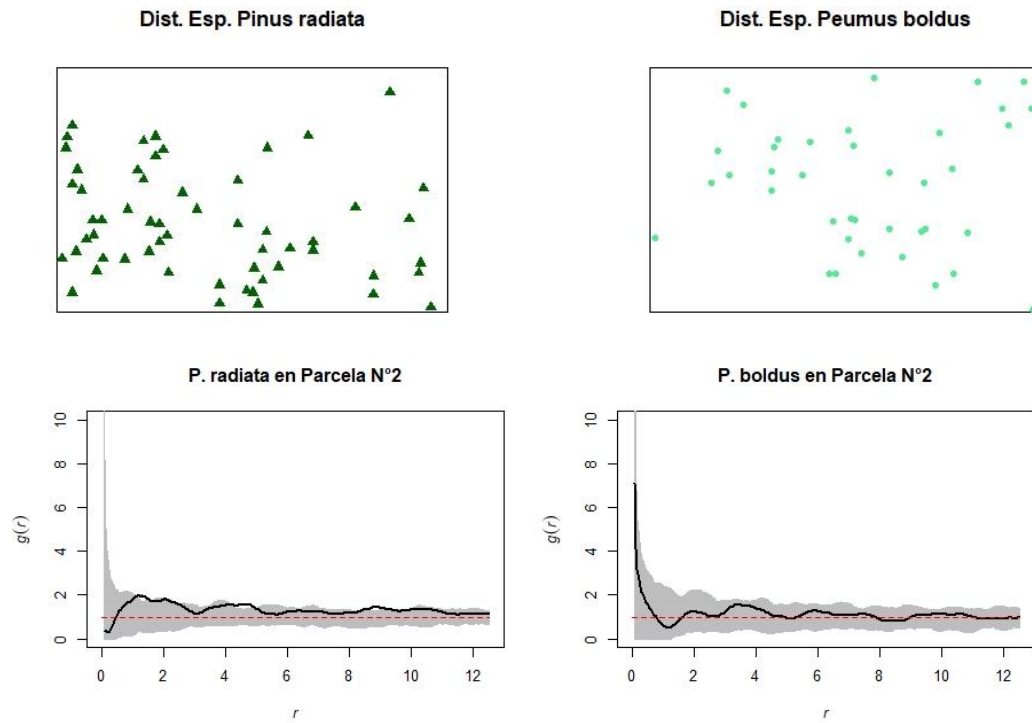


Figura N°28: Distribución espacial y análisis PCF Univariado para *Pinus radiata* y *Peumus boldus*, de la parcela N°2.

10.5 Anexo N°5: Análisis bivariado entre los pinos y la regeneración arbórea nativa.

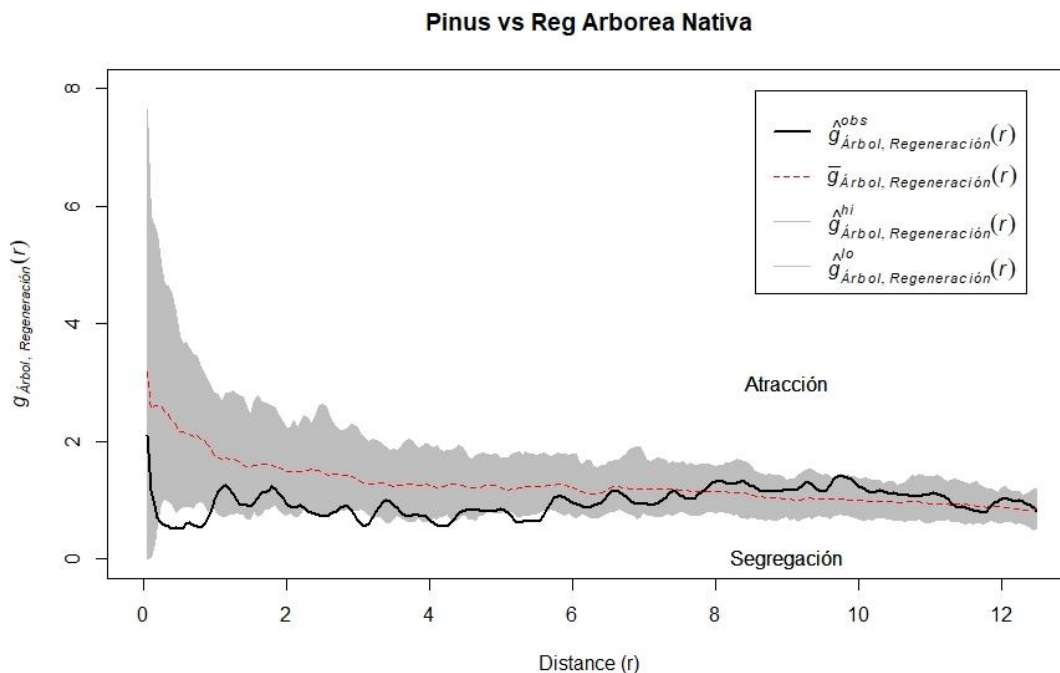


Figura N°29: Análisis bivariado PCF para *Pinus radiata* versus la **regeneración Arborea** dentro de la parcela N° 3.

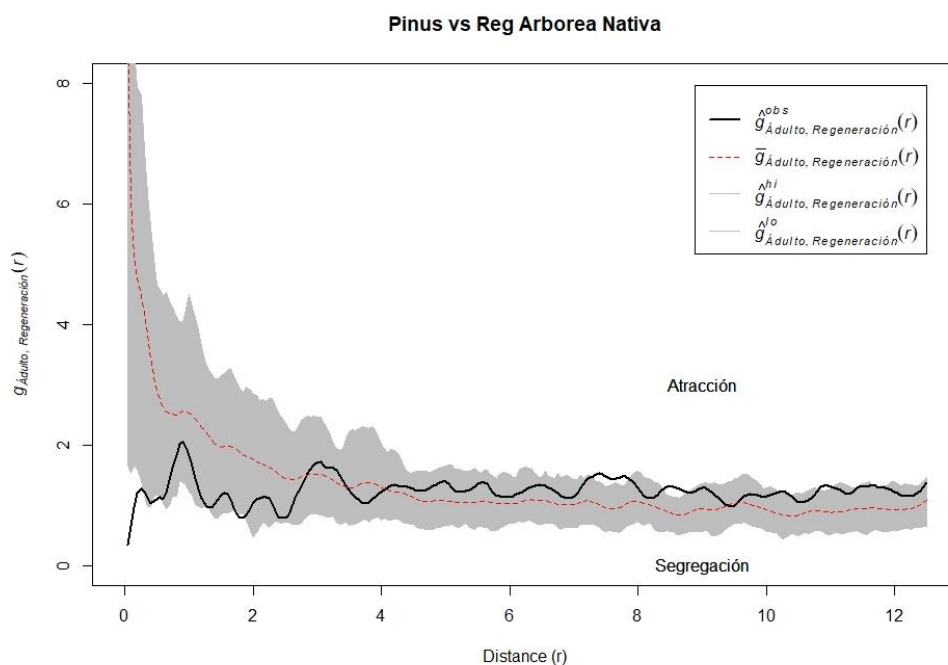


Figura N°30: Análisis bivariado para *Pinus radiata* y la **regeneración nativa** dentro de la parcela N° 5.

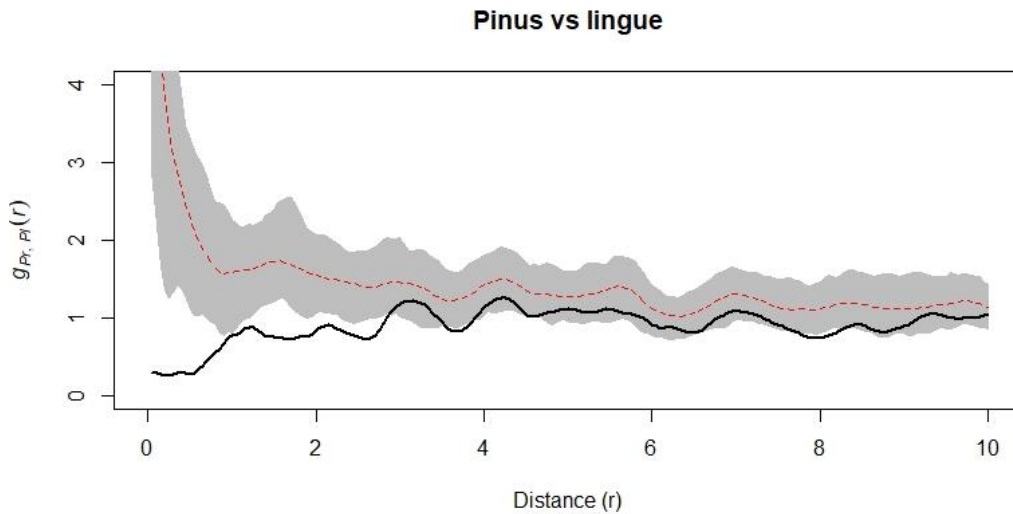


Figura N° 31: Análisis bivariado entre las especies *Pinus radiata* y *Persea lingue*. Área achurada, indica indiferencia. Sobre área achurada, atracción, y bajo esta segregación (repulsión)

Al analizar el comportamiento que tiene *Persea lingue* respecto a *Pinus radiata*, se puede observar en el grafico una segregación hasta los 3 metros aproximadamente. Posterior a los 3 metros, se mantiene una leve tendencia a la segregación, pero dentro del área achurada.

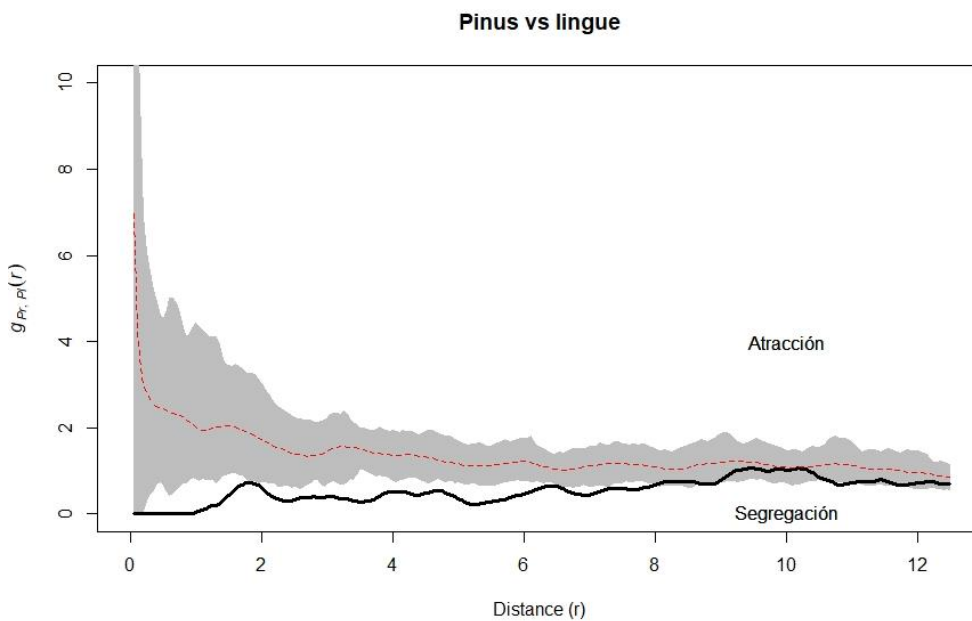
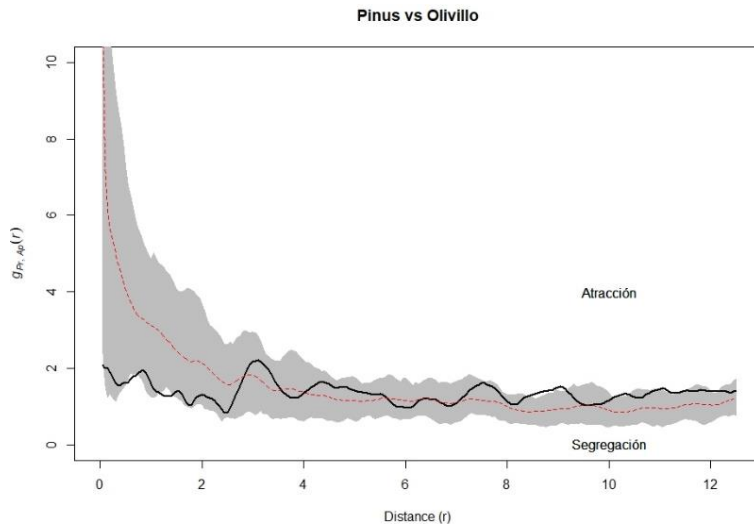


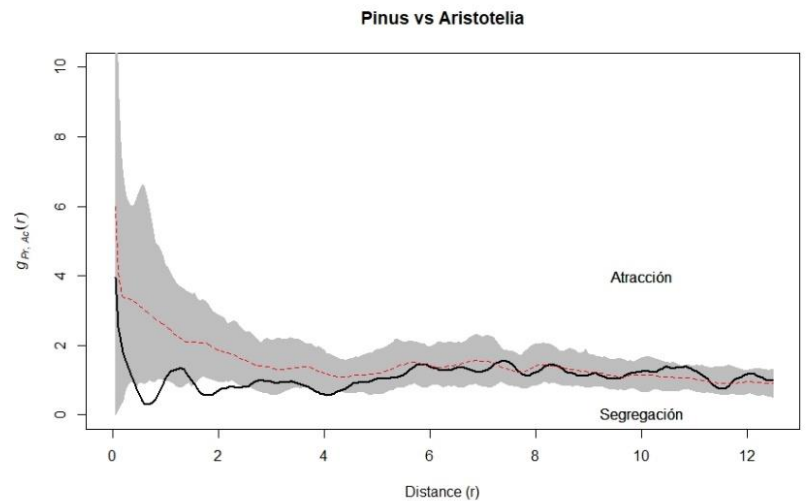
Figura N°32: Análisis bivariado para *Pinus radiata* y *Persea lingue* dentro de la parcela N° 3.



En la comparación de *Pinus radiata* y *Aextoxicon punctatum*, en los primeros metros del análisis bivariado PCF se puede observar que no existe mayor atracción o repulsión. Se mantienen una tendencia en los primeros metros hacia una segregación, pero luego vuelvo a random.

Pinus radiata V/S *Aristotelia chilensis*

En la comparación de *Pinus radiata* y *Aristotelia chilensis*, en los primeros metros del análisis PCF se puede observar segregación, hasta aproximadamente los 2.5 metros.



En la comparación de *Pinus radiata* y *Aristotelia chilensis*, en los primeros metros del análisis bivariado de la función PCF se puede observar una leve segregación, hasta aproximadamente los 2 metros.

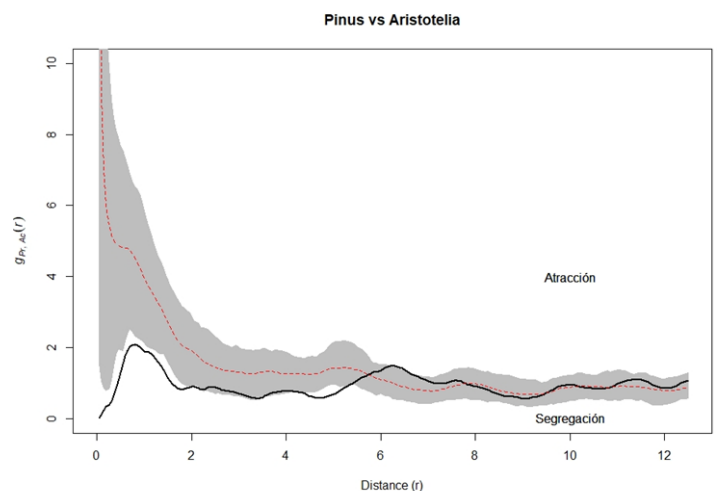


Figura N°33: Análisis bivariado para *Pinus radiata* y *Aristotelia chilensis*

Acer pseudoplatanus, en relación a *Pinus radiata*, es segregado hasta los 4 metros, posterior a eso, levemente segregado hasta los 6 metros de radio.

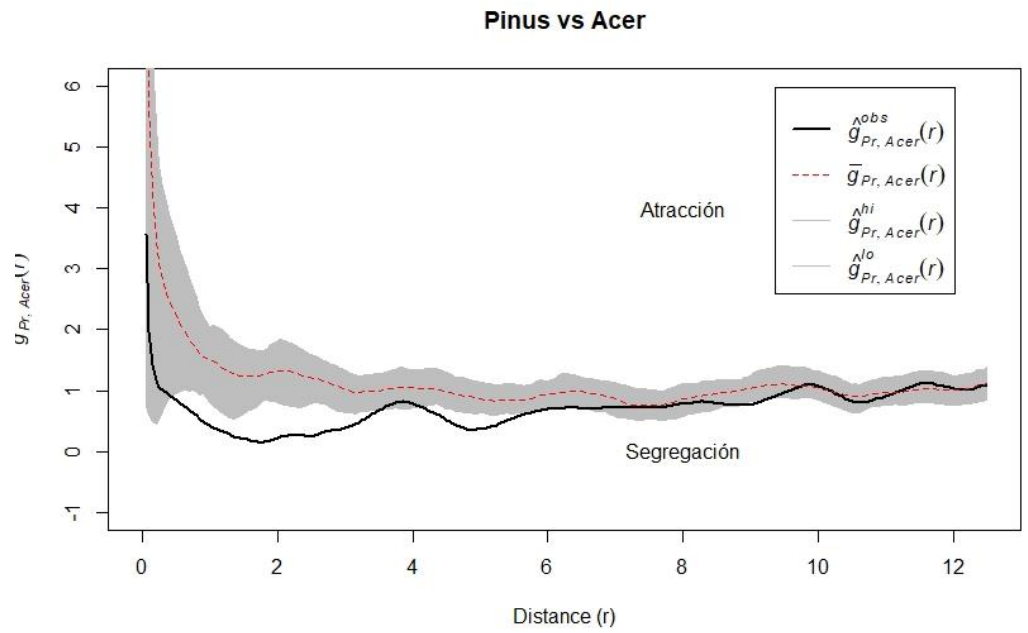


Figura N° 34: Análisis bivariado entre las especies *Pinus radiata* y *Acer pseudoplatanus*. Área achurada, indica indiferencia.

10.6.- ANEXO N° 6: Distribución de *Pinus radiata* y todas las especies arbóreas

Parcela N°1

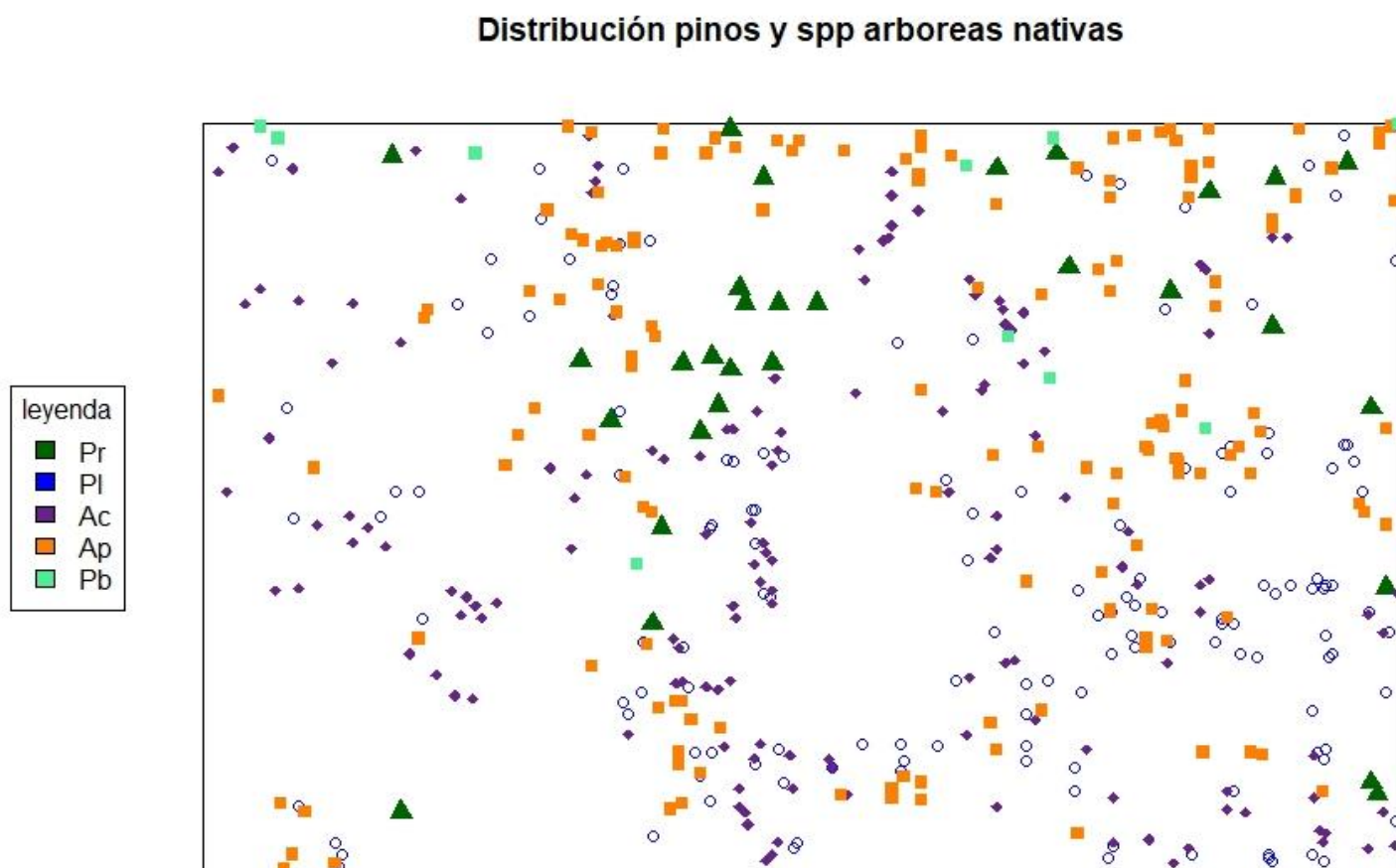


Figura N°35: Distribución espacial de las especies a analizar. *Pinus radiata*, *Persea lingue*, *Aristotelia chilensis*, *Aextoxicon punctatum* y *Peumus boldus*. Parcela N°1.

En esta parcela, la mayor regeneración fue de *Aextoxicon punctatum* con 139 individuos muestreados (29%). La segunda especie con mayor regeneración fue *Aristotelia chilensis* con 137 (27%). En 3er lugar *Persea lingue* con 131 plántulas (29%). Para el caso de los adultos, el primer lugar en frecuencia corresponde a *Pinus radiata* con 29 individuos (41%), *Aristotelia chilensis* con 11 (15%) y en 3er lugar *Persea lingue* con 10 (15%).

Parcela N°2

Distribución pinos y spp arboreas nativas

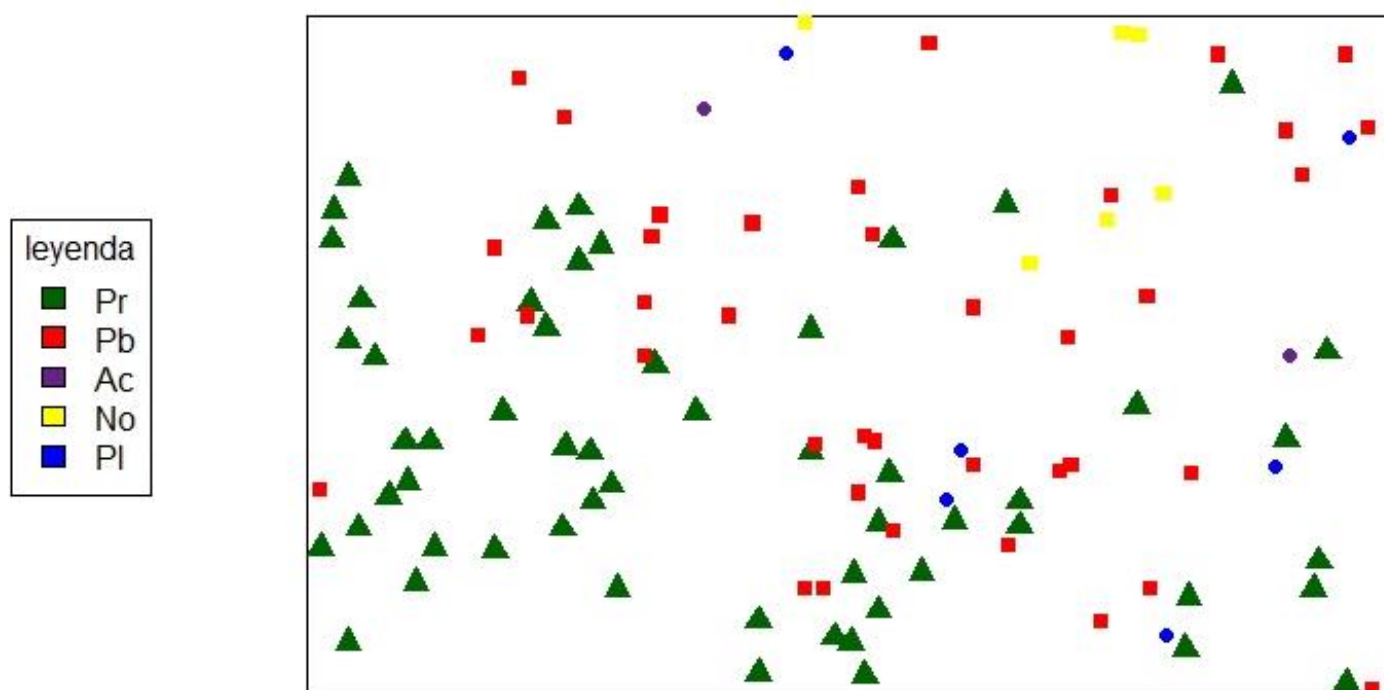


Figura N°36: Distribución de las especies a estudiar su patrón espacial. ***Pinus radiata*** (Pr) , ***Peumus boldus*** (Pb), ***Aristotelia chilensis*** (Ac) , ***Nothofagus obliqua*** (No) ,***Persea lingue*** (Pl), Parcela N° 2.

Debido al número de datos obtenidos en el muestreo de la parcela N°2, el análisis de la estructura horizontal o del patrón de puntos, solo fue posible ser realizado para *Pinus radiata* y *Peumus boldus*.

Para el análisis univariado, tanto *Pinus radiata* como *Peumus boldus* mostraron un comportamiento random. Mientras que en el análisis bivariado, el resultado muestra que son indiferentes y no existe una mayor relación entre ambos.

Parcela N°3

Distribución pinos y spp arboreas nativas

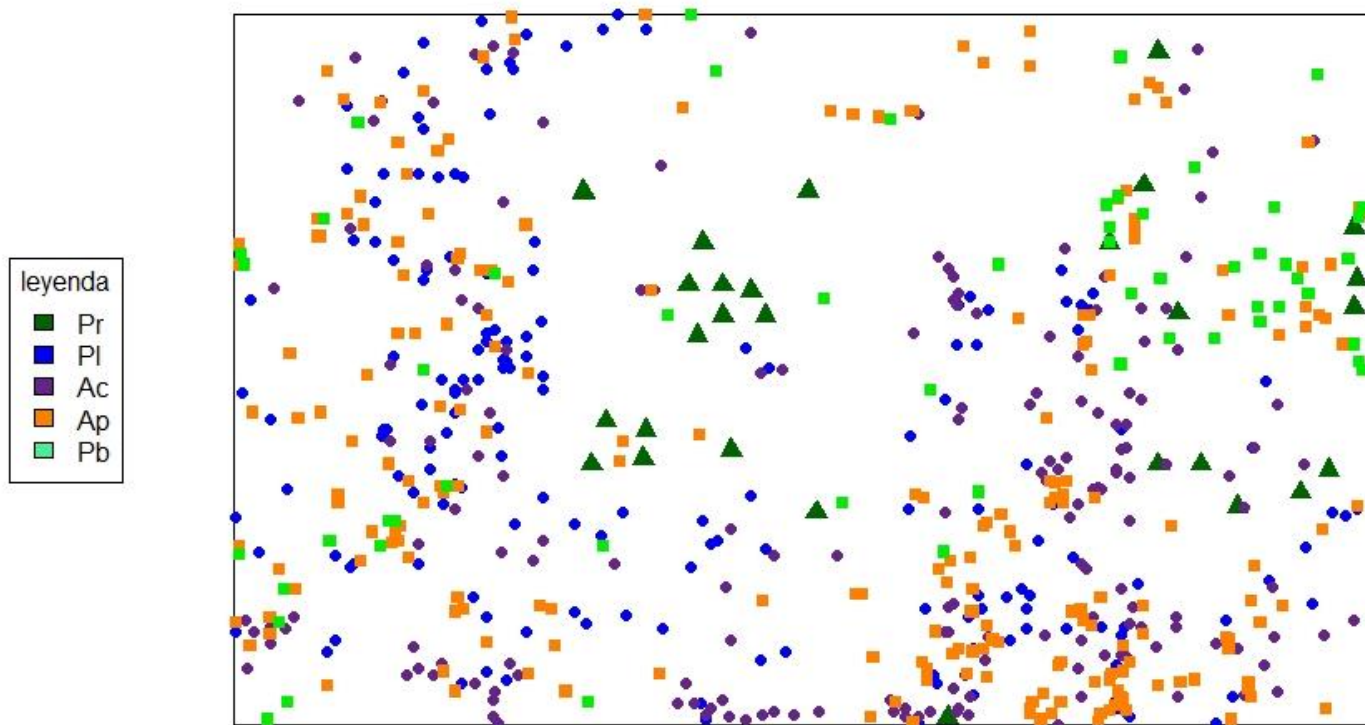


Figura N°37: Distribución de las especies a estudiar su patrón espacial. ***Pinus radiata*** (Pr) , ***Persea lingue*** (Pl) , ***Aristotelia chilensis*** (Ac) , ***Aextoxicon punctatum*** (Ap), ***Peumus boldus*** (Pb). Parcela N° 3.

En la parcela N°3, las 3 especies con mayor frecuencia correspondieron a *Aextoxicon punctatum* con 215 individuos (30.4 %) , segundo lugar a *Aristotelia chilensis* con 172 (24.3 %) y en 3er lugar *Persea lingue* 163 (23.0 %). Mientras que para los adultos o mayor o igual a 5cm de Dap, *Pinus radiata* 21 árboles (51.2 %) y *Peumus boldus* 9 (21.9 %)

Parcela N° 4

Distribución de *Pinus radiata* y especies arbóreas nativas

Distribución pinos y spp arboreas nativas

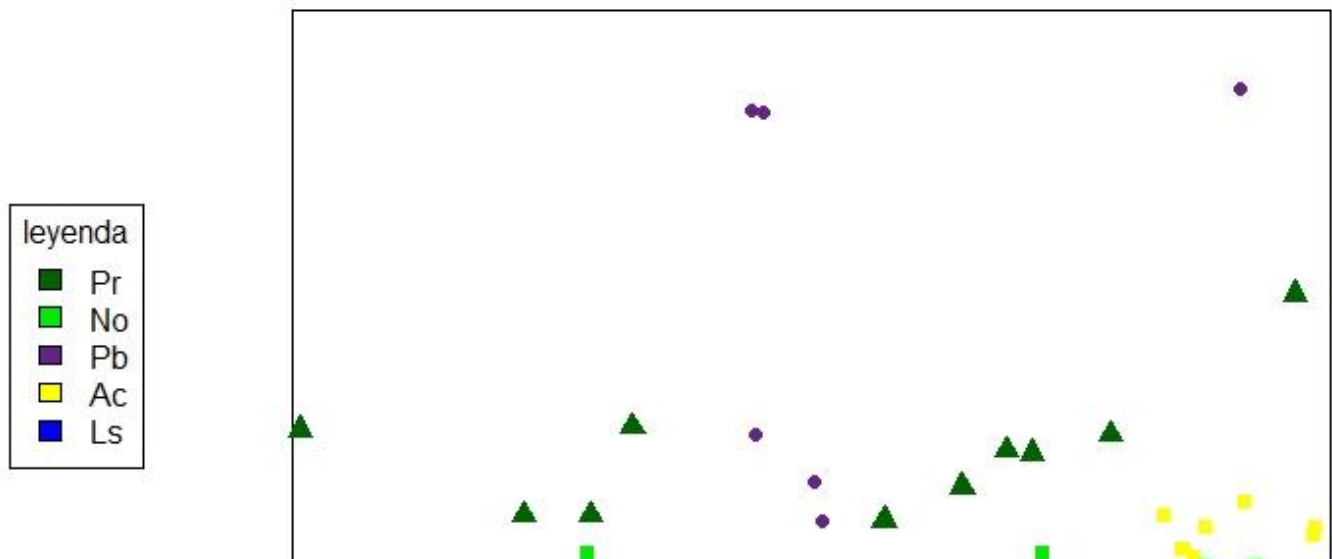


Figura N°39: Distribución de las especies a estudiar su patrón espacial. *Pinus radiata* (Pr) , *Nothofagus obliqua* (No) , *Peumus boldus* (Pb), *Aristotelia chilensis* (Ac) , *Laurelia sempervirens*. Parcela N° 4.

La parcela N°4, es la mas ubicada al norte, y tenía exposición sureste, dominada en gran parte por *Chusquea* y *Rubus spp*. Bajo *Chusquea spp* fue imposible encontrar regeneración natural, la intensidad lumínica era mucho menor. Mientras que en el área dominada por *Rubus spp*, era posible encontrar entre estas, especies nativas regenerando, tales como olivillo, hualle y maitén (*Maytenus boaria*) pero en baja frecuencia .

Parcela N°5

Distribución espacial de las especies a estudiar

Distribución pinos y spp arboreas nativas

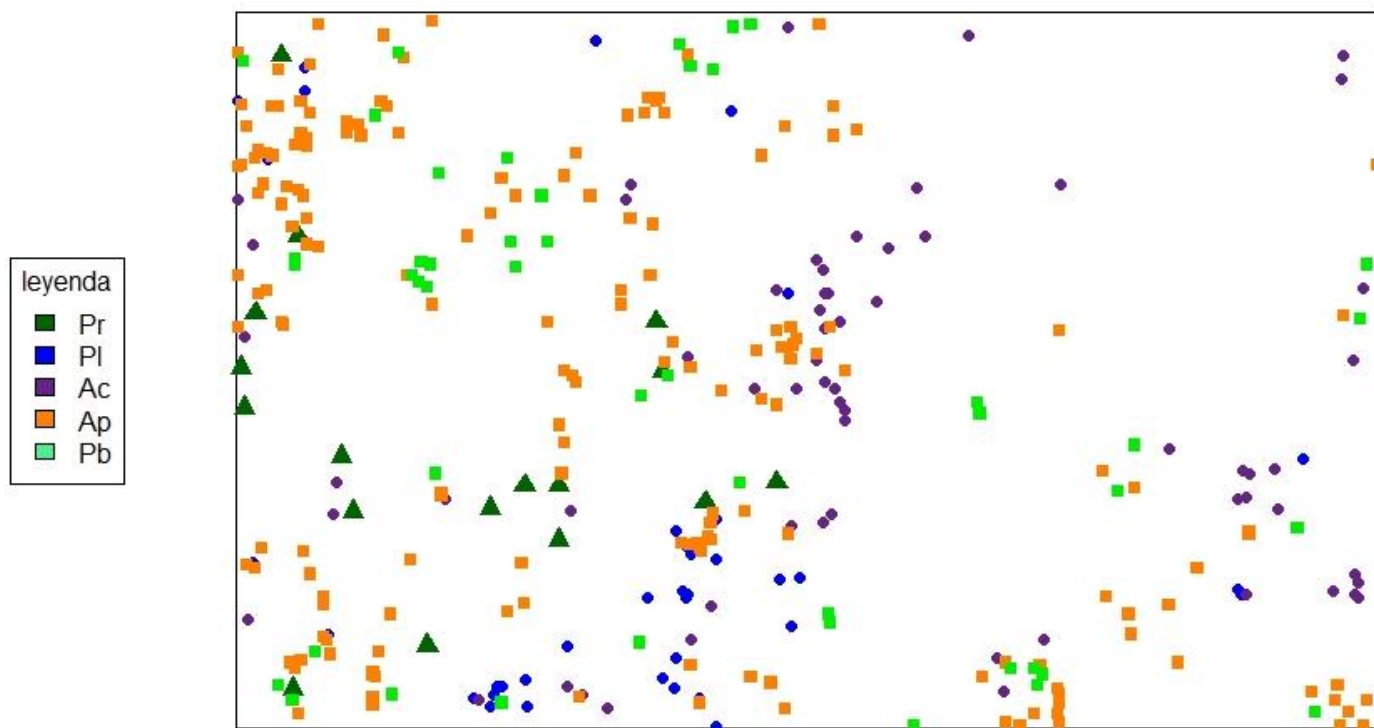


Figura N°38: Distribución de las especies a estudiar su patrón espacial. *Pinus radiata* (Pr) , *Persea lingue* (Pl) , *Aristotelia chilensis* (Ac) , *Aextoxicon punctatum* (Ap), *Peumus boldus* (Pb). Parcela N° 5

Parcela N°6

Distribución de *Pinus radiata* y especies arbóreas nativas

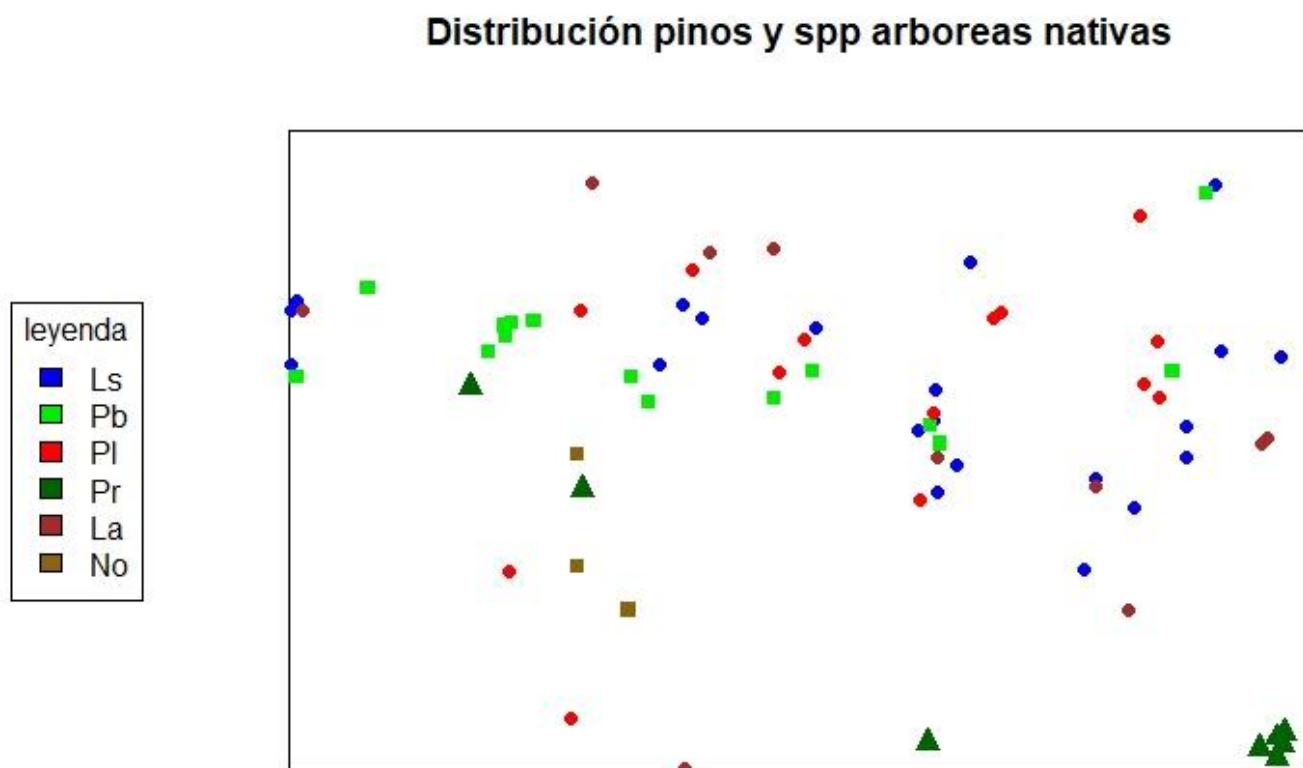


Figura N°40: Distribución de las especies a estudiar su patrón espacial. *Pinus radiata* (Pr) , *Persea lingue* (Pl) , *Aristotelia chilensis* (Ac) , *Aextoxicon punctatum* (Ap), *Peumus boldus* (Pb). Parcela N° 6.

La parcela N°6, fue la que mayor regeneración nativa adulta presentó, como también un menor numero de pinos. En esta área se encontraron restos tocones de *Pinus radiata* en un avanzando estado de descomposición. Por otra parte, fue donde mayor biodiversidad se apreció, apareciendo lianas y trepadoras, y los individuos nativos de mayor diámetro.



Universidad de La Frontera
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales

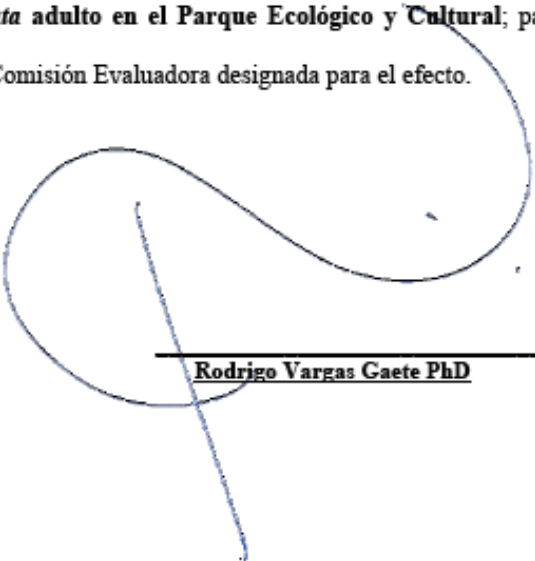
CONSTANCIA AUTORIZACIÓN PRESENTACIÓN INFORME ESCRITO ACTIVIDAD DE TITULACIÓN

MODALIDAD DE ACTIVIDADES DE TITULACIÓN

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

X

Rodrigo Vargas Gaete profesor guía del estudiante **Emerson Saldias Torres** N° de Matrícula: **19791587016** de la Carrera Ingeniería en Recursos Naturales, autoriza la entrega del Informe Escrito de la Actividad de Titulación denominada: **Propuesta de conversión a bosque nativo de una plantación de *Pinus radiata* adulto en el Parque Ecológico y Cultural**; para ser sometido a revisión por parte de la Comisión Evaluadora designada para el efecto.



Rodrigo Vargas Gaete PhD

Temuco, 16 de Abril 2021

PROPUESTA ACTIVIDAD DE TITULACIÓN

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

PRÁCTICA PROFESIONAL CONTROLADA

FORMULACIÓN, DISEÑO Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTO

X

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

I. IDENTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE		
Nombre estudiante:	Emerson Orlando Saldías Torres	
Nº matrícula:	19791587016	
Carrera:	Ingeniería en recursos Naturales	
Nº Teléfono móvil estudiante:	+569 45768114	
Correo institucional estudiante:	e.saldias01@ufromail.cl	
Correo no institucional del estudiante	emerson.saldiastorres@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: Parque Ecológico y Cultural Rucamanque	
Unidad o departamento donde desarrollará Act. Titulación: Laboratorio de Biometria (FCAF)	
Nombres Supervisor Directo/Responsable proyecto: Rodrigo Vargas Gaete	
Cargo Supervisor Directo/ Responsable proyecto: Administrador General	
Correo electrónico Supervisor Directo/ Responsable proyecto: > Rodrigo.vargas@ufrontera.cl	Teléfono oficina supervisor directo/ Responsable proyecto: > +56 45 232 5652

--	--

III. OBJETIVOS:

Objetivo General: Proponer un plan de conversión para la plantación forestal de *Pinus radiata* a bosque nativo en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque .

Objetivos Específicos

- 1.- Evaluar la relación que existe entre el tamaño de individuos de una plantación de *Pinus radiata* (e.g., DAP-Ht), sobre el reclutamiento de especies nativas bajo el dosel.
- 2.- Analizar el patrón espacial de los individuos arbóreos de la plantación y la zona de referencia mediante un análisis bivariado.
- 3.- Proponer un ensayo que incluya una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y análisis a largo plazo de los efectos que estos tienen sobre la regeneración natural.

I. RELACION DOMINIOS Y COMPETENCIAS DE TITULACIÓN A DESARROLLAR

Dominio > Uso, conservación y preservación de los recursos naturales renovables :

1. Resolver problemas relacionado con el uso de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación considerando las condiciones ambientales y utilizando de manera ética y responsable los principios de la sustentabilidad, la tolerancia y el respeto por la diversidad, así como el uso adecuado y responsable de instrumentos, información, metodologías y herramientas tecnológicas pertinentes al manejo sustentable y sostenible de los recursos naturales y de las condiciones ambientales con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.
2. Desarrollar planes y programas de conservación, protección y preservación de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación, implementando propuestas de gestión ambiental considerando de manera ética y responsable los fundamentos teóricos, instrumentos, metodologías y herramientas tecnológicas

pertinentes al manejo sustentable de los recursos con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.

Dominio > Planificación del territorio:

3. Planificar el territorio utilizando herramientas de optimización, de econometría, de modelación, de gestión y la legislación ambiental vigente, revisando permanentemente los avances científicos y tecnológicos para incorporarlos, cuando sean necesarios, en la ordenación del territorio, de manera ética y responsable, e integrar (se) a otros equipos multidisciplinarios y de actores sociales con el fin de satisfacer las demandas lograr la sustentabilidad de los recursos involucrados en el territorio.

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

Objetivo General: Proponer un plan de conversión para la plantación forestal de *Pinus radiata* a bosque nativo en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque .

Dominio	Competencia de Titulación	Objetivo específico
---------	---------------------------	---------------------

Dominio 1	1. Resolver problemas relacionado con el uso de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación considerando las condiciones ambientales y utilizando de manera ética y responsable los principios de la sustentabilidad, la tolerancia y el respeto por la diversidad, así como el uso adecuado y responsable de instrumentos, información, metodologías y herramientas tecnológicas pertinentes al manejo sustentable y sostenible de los recursos naturales y de las condiciones ambientales con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.	3.- Proponer un ensayo que incluya una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y análisis a largo plazo de los efectos que estos tienen sobre la regeneración natural.
Dominio 1	2. Desarrollar planes y programas de conservación, protección y preservación de los recursos suelo, agua, fauna y vegetación, implementando propuestas de gestión ambiental considerando de manera ética y responsable los fundamentos teóricos, instrumentos, metodologías y herramientas tecnológicas pertinentes al manejo sustentable de los recursos con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos y a la vez satisfacer las demandas del medio.	3.- Proponer un ensayo que incluya una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y análisis a largo plazo de los efectos que estos tienen sobre la regeneración natural.
Dominio 2	3. Planificar el territorio utilizando herramientas de optimización, de econometría, de modelación, de gestión y la	1.- Evaluar la relación que existe entre el tamaño de individuos de una plantación

legislación ambiental vigente, revisando de *Pinus radiata* (DAP-Ht), permanentemente los avances científicos y sobre el reclutamiento de tecnológicos para incorporar los, cuando sean especies nativas bajo el necesarios, en la ordenación del territorio, de dosel. manera ética y responsable, e integrar (se) a otros equipos multidisciplinarios y de actores 2.- Analizar el patrón espacial sociales con el fin de satisfacer las demandas de los individuos arbóreos de la lograr la sustentabilidad de los recursos plantación y la zona de involucrados en el territorio. referencia mediante un análisis bivariado.

IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN Y DEPARTAMENTO/UNIDAD

El Parque Ecologico y Cultural Rucamanque, es un predio administrado por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de la Frontera. Predio que cuenta con 408 ha considerado desde el año 2003 como sitio prioritario para la conservación, debido a su condición de relicto de los ecosistemas existentes en la depresión intermedia de nuestro país.

V. EXPOSICIÓN GENERAL DEL TRABAJO O FUNCIÓN A REALIZAR:

Las plantaciones forestales en Chile, son uno de los temas más controversiales del último tiempo, dadas las externalidades ambientales que estas generan. En el contexto nacional, donde cerca de 3 millones de ha corresponden a plantaciones forestales de rápido crecimiento. De las cuales *Pinus radiata* la especie mayor plantada. La degradación y sustitución han afectando significativamente a los bosques nativos del sur de Chile, por lo que en la actualidad se requiere acciones urgentes y concretas para contrarrestar esta situación (Bannister et al. 2013a). Entre estas actividades de mayor urgencia para la restauración, se encuentra el desarrollo de metodologías para la conversión de monocultivos de especies arbóreas exóticas (*Pinus radiata* y *Eucalyptus*) a bosques nativos para aumentar el nivel de provisión de bienes y servicios de este tipo de bosques para el bienestar de la sociedad (Bannister, 2013b). Este es un tema nuevo en Chile pero no en otras partes del mundo, existiendo diversos ejemplos tanto en Europa (Loewenstein 2005; Harmer et al. 2012) como en EEUU (O'Hara 2001; Nyland 2003, Kremer et al. 2020).

Este proyecto tiene por objetivo proponer un plan de conversión para la plantación forestal de *Pinus radiata* a bosque nativo en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque (PECR). Donde se evaluará

si existe una relación entre DAP/ht y la regeneración natural bajo el dosel de *Pinus radiata*, comparando con bosque nativo y una zona ecotonal. Se zonificara de acuerdo a la regeneración natural, para poder definir áreas donde aplicar distintos tratamientos silviculturales. Finalmente se evaluarán los ingresos que se obtendrán al realizar estas actividades, que buscan heterogeneizar el rodal de *P. radiata* del predio.

VI. BIBLIOGRAFÍA:

- Bannister JR, et al. 2013a. Experiencias de restauración en los bosques nativos del sur de Chile: una mirada desde la Isla Grande de Chiloé. Revista Bosque Nativo 52 (aceptado).
- Bannister JR, 2013b. ESTADO DEL ARTE CONVERSIÓN DE PLANTACIONES EXÓTICAS A BOSQUE NATIVO. Datos sin publicar
- Klaus N. Kremer, Jan R. Bannister, Jürgen Bauhus. 2020 Restoring native forests from *Pinus radiata* plantations: Effects of different harvesting treatments on the performance of planted seedlings of temperate tree species in central Chile, Forest Ecology and Management, Volume 479, 2021, 118585, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118585>.
- Nyland RD. 2003. Even- to uneven-aged: the challenges of conversion. Forest Ecology and Management, 172: 291–300.
- O'Hara KL. 2001. The silviculture of transformation — a commentary. Forest Ecology and Management 151: 81–86.

PLANTILLA PLAN DE ACTIVIDADES:

(Indique de manera detallada las principales actividades o funciones que involucra el cargo a desempeñar durante el periodo permanencia en centro de práctica o investigación. Dicho documento debe contemplar **firma de quien supervisará el trabajo**).

Plan de Actividades

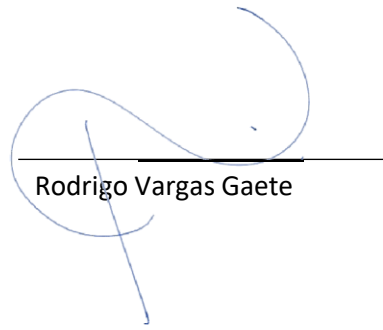
Objetivo General	Objetivo Específicos	Producto/resultados Esperado	Tareas o Actividades	Periodicidad en que realizará la tarea o actividad (expresado en diario/semanal/mensual)
Proponer un plan de conversión para la plantación	1.- Evaluar la relación que existe entre el tamaño de individuos de una plantación de <i>Pinus</i>	Estimar la regeneración natural de especies nativas, bajo el dosel de <i>P.radiata</i> .	Delimitación de parcelas	Semana N°1
			Muestreo de regeneración natural	Semana N°2

forestal de <i>Pinus radiata</i> a bosque nativo en el Parque Ecológico y Cultural Rucamanque	<i>radiata</i> (DAP-Ht), sobre el reclutamiento de especies nativas bajo el dosel.	Determinar los patrones espaciales bajo la plantación respecto a especies nativas de interés.	Muestreo arbustivo y arbóreo. Ubicar en coordenadas X-Y	Semana N°3 y N°4
			Análisis datos obtenidos	Semana N°1 hasta N°3 Mes 1
	2- Analizar el patrón espacial de los individuos arbóreos de la plantación y la zona de referencia mediante un análisis bivariado.	Evaluar patrones espaciales de la plantación y área de referencia para su comparación.	Muestreo parcela Plantación y Referencia, en coordenadas X-Y para su ubicación espacial	Semana N°4 Mes 2 hasta semana N°2 Mes 3
			Análisis bivariado mediante función $K(t)$ Ripley.	Semana N°3 Mes 3 hasta Semana N°2 Mes 4
	3.- Proponer un ensayo que incluya una zonificación y distintos tratamientos silviculturales para la conversión y análisis a largo plazo de los efectos que estos tienen sobre la regeneración natural.	Definir actividades silviculturales (raleo, clareo, fajas, muerte en pie) y vías de saca. Posibles candidatos capacitados para realizar las cortas y extracción con el menor impacto posible.	Revisión bibliográfica de experiencias nacionales e internacionales en conversión.	Semana N°1 Mes 3
			Definir potenciales tratamientos silviculturales a realizar en el sitio.	Semana N°2 Mes 3

Firma y timbre Supervisor Directo

Nombre Supervisor Directo

Rodrigo Vargas Gaete



PARQUE ECOLÓGICO Y CULTURAL
RUCAMANQUE
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA