**UNIVERSIDAD DE CHILE**

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Areas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

# PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN RESTAURACIÓN DE BOSQUE MAULINO. CASO DE ESTUDIO PREDIO PANTANILLOS, REGIÓN DEL MAULE, CHILE

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Areas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

**MARÍA GABRIELA SALDÍAS PEÑAFIEL**

Ingeniero Agrónomo

SANTIAGO - CHILE.

2017

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Areas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

| | | |
|---|---|---|
| Profesor(a) Guía | Nombre | Sr. Cristián Estades Marfán |
| | Nota | 7,0 |
| | Firma | |
| Profesor(a) Consejero(a) | Nombre | Sr. Sergio Donoso Calderón |
| | Nota | 6,6 |
| | Firma | |
| Profesor(a) Consejero(a) | Nombre | Sr. Juan Caldentey Pont |
| | Nota | 6,5 |
| | Firma | |

## Índice General

Índice General ..... 2
Agradecimientos ..... 4
Lista de Figuras ..... 5
Lista de Cuadros ..... 7
Resumen ..... 8
Summary ..... 9
Introducción ..... 10
Objetivos ..... 13
Materiales y métodos ..... 14
Resultados ..... 19
1. Diagnóstico ..... 19
1.1 Caracterización ecológica ..... 19
1.1.1 Clima ..... 19
1.1.2 Geomorfología y Suelo ..... 20
1.1.3 Hidrografia ..... 24
1.1.4 Fitogeografía ..... 26
1.1.5 Fauna ..... 29
1.2 El Predio Pantanillos ..... 31
1.2.1 Historia y antecedentes de manejo ..... 31
1.2.2 Superficies y usos ..... 32
1.2.3 Administración ..... 35
1.2.4 Estudios realizados en el Predio Pantanillos ..... 35
1.2.5 Entorno paisajístico y Unidades de paisaje ..... 41
1.2.6 Especies invasoras ..... 56
1.3 Conclusiones diagnóstico Predio Pantanillos ..... 59
2. Temas y preguntas que aborda la ecología de la restauración en ambientes forestales ..... 61
2.1 Línea temática 1. Planificación ..... 65
2.2 Línea temática 2. Manejo de flora y vegetación ..... 67
2.3 Línea temática 3. Manejo de los factores edáficos ..... 70
2.4 Línea temática 4. Manejo de la fauna ..... 72
2.5 Línea temática 5. Integración al paisaje ..... 75
2.6 Línea temática 6. El agua y el manejo de cuencas ..... 76
2.7 Línea temática 7. La Sociedad ..... 77

2.8 Línea temática 8. Uso del fuego ..... 78
2.9 Línea temática 9. Consideraciones del clima ..... 79
2.10 Línea temática 10. Ambientes urbanos ..... 80
2.11 Línea temática 11. Otros estudios ..... 80
2.12 Línea temática 12. Influencias de las carreteras ..... 81
3. Líneas de investigación para el Predio Pantanillos ..... 82
3.1 Línea temática 1. Planificación ..... 85
3.2 Línea temática 2. Integración al Paisaje ..... 87
3.3 Línea temática 3. Inclusión social ..... 88
3.4 Línea temática 4. Consideraciones climáticas ..... 89
3.5 Línea temática 5. Agua y cuencas hidrográficas ..... 90
3.6 Línea temática 6. Manejo de plantas invasoras ..... 91
3.7. Línea temática 7. Reproducción de plantas ..... 92
3.8. Línea temática 8. Manejo del suelo ..... 93
3.9 Línea temática 9. Reinserción y manejo de la flora ..... 95
3.10. Línea temática 10. Manejo de la fauna ..... 96
4. Estructura administrativa del programa ..... 98
Conclusiones ..... 101
Bibliografía ..... 103
Anexos ..... 108
Anexo 1. Memorias y tesis realizadas en el Predio Pantanillos ..... 108
Anexo 2. Publicaciones Tema 1. Planificación ..... 116
Anexo 3. Publicaciones Tema 2. Manejo de flora y vegetación ..... 119
Anexo 4. Publicaciones Tema 3. Manejo de factores edáficos ..... 122
Anexo 5. Publicaciones Tema 4. Manejo de la fauna ..... 124
Anexo 6. Publicaciones Tema 5. Integración al Paisaje ..... 127
Anexo 7. Publicaciones Tema 6. El agua y manejo de cuencas ..... 128
Anexo 8. Publicaciones Tema 7. La Sociedad ..... 129
Anexo 9. Publicaciones Tema 8. Uso del fuego ..... 130
Anexo 10. Publicaciones Tema 9. Consideraciones climáticas ..... 130
Anexo 11. Publicaciones Tema 10. Ambientes urbanos ..... 131
Anexo 12. Publicaciones Tema 11. Otros estudios ..... 131
Anexo 13. Publicaciones Tema 12. Influencia de las carreteras ..... 131

## Agradecimientos

¡Un sueño cumplido!

Agradezco a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, por cautivarme con este progama de Magister y aceptarme como alumna. Por darme la oportunidad de estudiar con jóvenes que podrían ser mis hijos, que me acogieron y me hicieron sentir como en casa; en especial a Catalina Zumaeta, por su amistad y humor que alivianaron cualquiera tarea por dura que fuese.

A mi profesor guía Sr. Cristián Estades, por darme la posibilidad de realizar este motivador estudio, que gracias a su acertada conducción fue posible llegar a buen término. A los profesores consejeros Sr. Juan Caldentey y Sr. Sergio Donoso, por su buena disposición a atender mis consultas y entregarme sus valiosos comentarios.

Agradezco a cada uno de los profesores que aportaron con sus conocimientos y experiencias en abrir muchas ventanitas, las que me han entregado una nueva mirada de este bello planeta en que nos ha tocado vivir y que somos responsables de su conservación.

A mi querida familia, a cada uno en particular y de una manera muy especial, a Patricio, mi marido y compañero, que en estos tres años me ha simplificado la vida y no ha dejado de animarme y disfrutar conmigo cada pequeño paso.

A cada uno mis sinceros agradecimientos.

## Lista de Figuras


| | | |
|---|---|---|
| Figura 1. | Ubicación Predio Dr. Justo Pastor León y el área de estudio…….. | 15 |
| Figura 2. | Imagen google earth del Predio Pantanillos……. | 15 |
| Figura 3. | Identificación de Unidades de Paisaje, estados y potencial de restauración…….. | 17 |
| Figura 4. | Etapas para alcanzar objetivos……..... | 18 |
| Figura 5. | Asociaciones de suelos en Predio Pantanillos (CIREN)……. | 21 |
| Figura 6. | Mapa hidrológico de la cuenca del río Maule (MOP 2004)…….... | 25 |
| Figura 7. | Curva de variación estacional del río Purapel en Nirvilo (MOP 2004)…… | 26 |
| Figura 8. | Área de distribución del bosque maulino, Región del Maule, Chile……. | 27 |
| Figura 9. | Vegetación natural de Chile, Región del Maule…….. | 28 |
| Figura 10a. | Lagartija esbelta, *Liolaemus tenuis*……... | 30 |
| Figura 10b. | Culebra…….. | 30 |
| Figura 11a,b,c | Nido en quebrada de vegetación nativa, ave en vuelo, estudio en aves… | 30 |
| Figura 12a. | Araña…….. | 30 |
| Figura 12b. | Pololo verde, *Hylamorpha elegans*……... | 30 |
| Figura 12c. | Madre de la culebra, *Acanthinodera cumingii*……. | 30 |
| Figura 13. | Estudio en roedores, ratón oliváceo, *Abrothrix olivacea*……. | 31 |
| Figura 14. | Mapa Predio Pantanillos (Márquez 1992)……. | 34 |
| Figura 15. | Estructura organizacional de la administración del Predio Pantanillos… | 35 |
| Figura 16. | Unidades de paisaje……. | 43 |
| Figura 17. | Bosque adulto de baja densidad…….... | 44 |
| Figuras 18a, b | Mira mira, *Gochnatia foliolosa*……. | 44 |
| Figuras 19a,b,c | Especies del género Alstroemeria……. | 44 |
| Figura 20. | Plantaciones de pino en estado juvenil……. | 46 |
| Figura 21. | Murtilla, *Ugni molinae*…….. | 46 |
| Figura 22. | Oreganillo, *Teucrium bicolor*…….. | 46 |
| Figura 23. | Ñipa, *Escallonia leucantha*……. | 46 |
| Figura 24. | *Azorella spinosa*……... | 46 |
| Figura 25. | Salsilla, *Bomarea salsilla*……. | 46 |
| Figura 26. | Viudita, *Conanthera bifolia*……. | 46 |
| Figura 27. | Orquídea, *Chloraea chrysantha*……. | 47 |

| | | |
|---|---|---|
| Figura 28. | Área de pinos cosechados recientemente…….... | 48 |
| Figura 29. | *Nothofagus glauca*…….... | 48 |
| Figura 30. | Corontillo, *Escallonia pulverulenta*…… | 48 |
| Figura 31. | Mira mira, *Gochnatia foliolosa*…….... | 48 |
| Figura 32. | Corcolén, *Azara celastrina*…… | 48 |
| Figura 33. | Tabaco del diablo, *Lobelia tupa*…… | 48 |
| Figura 34. | Arrayán, *Luma apiculata*…… | 48 |
| Figura 35. | Papa cimarrona, *Dioscorea brachybotrya*…… | 48 |
| Figura 36. | Plantaciones de *Eucalyptus sp*…….... | 49 |
| Figura 37. | Renovales de hualo, *Nothofagus glauca*…… | 50 |
| Figuras 38 y 39. | Especies asociadas a ambientes húmedos (canelo, junco, helechos)….. | 51 |
| Figura 40. | Copihues, *Lapageria rosea*, trepan *Nothofagus glauca*……..... | 51 |
| Figura 41. | Sectores de alta biodiversidad amenazados……... | 52 |
| Figura 42. | Sectores con matorral y hierbas…… | 53 |
| Figura 43. | Chagual, *Puya sp.*…… | 53 |
| Figura 44. | Construcción de camarón de río…… | 54 |
| Figura 45. | Plantas indicadoras de agua…….... | 54 |
| Figura 46. | Instalaciones de vivero…… | 56 |
| Figura 47. | Reproducción de especies nativas…… | 56 |
| Figura 48. | Infraestructura habitacional……..... | 56 |
| Figuras 49 y 50. | Frutos y semillas de *Acacia melanoxylon* en el árbol y cursos de agua…. | 58 |
| Figura 51. | Tendencia en el número de publicaciones…….... | 61 |
| Figura 52. | Relaciones entre los factores que inciden en la restauración ecológica… | 62 |
| Figura 53. | Líneas de investigación para el Predio Pantanillos…… | 85 |
| Fugura 54. | Organigrama de administración del programa ……... | 98 |

## Lista de Cuadros


| | | |
|---|---|---|
| Cuadro 1. | Caracterización climática del Predio Pantanillos…….. | 19 |
| Cuadro 2. | Caracterización de suelos Asociación Treguaco (CIREN)…….. | 22 |
| Cuadro 3. | Caracterización de suelos Alto Colorado (CIREN 2016)…….. | 23 |
| Cuadro 4. | Variaciones en el uso del suelo en el período 1980 y 2016 en el Predio Pantanillos …….. | 32 |
| Cuadro 5. | Memorías de Título realizadas en el Predio Pantanillos…….. | 36 |
| Cuadro 6. | Investigaciones realizadas en el Predio Pantanillos (1989 -2013)…… | 39 |
| Cuadro 7. | Unidades de Paisaje identificadas en el Predio Pantanillos (2016)…….. | 42 |
| Cuadro 8. | Especies vegetales identificadas en Octubre 2014…….. | 45 |
| Cuadro 9. | Especies vegetales identificadas en Febrero 2016…….. | 47 |
| Cuadro 10. | Lista de especies vegetales exóticas invasoras (2016)…….. | 57 |
| Cuadro 11. | Líneas temáticas tratadas en restauración de bosques, en base a revisión de revista Restoration ecology (1995- 2016)…….. | 62 |
| Cuadro 12. | Líneas temáticas identificadas con aplicación en Predio Pantanillos…….. | 82 |

## Resumen

El bosque nativo del Maule se ha degradado y ha perdido superficie especialmente en el último siglo, producto de la habilitación de suelos para uso forestal, agrícola y ganadero, más el uso de su madera para leña y carbón. Se encuentra restringido a pequeños parches, disminuyendo con ello los servicios ecosistémicos de producción, regulación y culturales que normalmente ha provisto. Por este motivo ha sido clasificado por los expertos como un ecosistema amenazado. A esto se suman las numerosas especies de flora y fauna endémicas que se encuentran en categorías vulnerable y en peligro. Hoy día las leyes nacionales y las certificaciones internacionales favorecen la restauración de bosques sustituidos por plantaciones forestales exóticas y existe interés por las empresas forestales en su restitución.

Con el propósito de generar el conocimiento para restaurar de manera exitosa, se planteó este estudio, consistente en un "*Programa de investigación en restauración del bosque maulino, tomando como caso de estudio el Predio Pantanillos"* en la Región del Maule. Se establecieron los siguientes cuatro objetivos específicos: 1. Realizar un diagnóstico de la situación actual del Predio Pantanillos en relación a su condición ecológica potencial. 2. Seleccionar temas y preguntas relevantes que aborda actualmente la ecología de restauración en ambientes forestales templados. 3. Establecer líneas de investigación en base al cruce entre temas de investigación y las situaciones presentes en Predio Pantanillos. 4. Diseñar la estructura administrativa general del programa de investigación.

La metodología incluyó trabajo de revisión y análisis de bibliografía especializada, consulta a investigadores combinado con levantamiento de información en terreno. Como resultado se identificaron doce líneas de investigación con sus respectivos temas específicos, de las cuales diez tienen aplicabilidad en el Predio Pantanillos y se han desarrollado para el programa de investigación. Las líneas de investigación comprenden: planificación, inclusión social, integración al paisaje, consideraciones climáticas, aspectos relativos al manejo y reinserción de la flora, gestión de la fauna, mejoramiento del suelo, cuencas hidrográficas, aspectos técnicos en el manejo de especies invasoras, y la reproducción de plantas.



**Palabras claves:** bosque maulino, restauración ecológica, Chile.

## Summary

The native forest of the Maule Region has been degraded and has lost surface, especially in the last century, as a result of the deployment of soils for forest, agricultural and livestock use, in addition to the use of wood for firewood and coal. It is restricted to small patches, thereby reducing the ecosystem production, regulation and cultural services it used to provide. For this reason, it has been classified by experts as a threatened ecosystem. Also, numerous species of endemic flora and fauna have been labeled as vulnerable and in danger. Currently, national laws and international certifications favor the restoration of forests that have been replaced by exotic forest plantations, and there is also interest from forestry companies to support its restitution.

The present study is introduced with the purpose of providing knowledge for the successful restoration of the Maule forest, consisting of a "Research program for the restoration of the Maule forest, taking as a case study Predio Pantanillos". The following four specific objectives were proposed: 1. To make an analysis of the current situation of Predio Pantanillos in relation to its potential ecological condition. 2. Select relevant topics and questions currently addressed by restoration ecology in temperate forest environments. 3. To establish lines of investigation based on the intersection between research topics and the current state of affairs in Predio Pantanillos. 4. Design the general administrative structure of the research program.

The methodology involved the review and analysis of specialized bibliography, consultation of researchers, combined with information gathered on the ground. As a result, twelve lines of research were identified with their respective specific themes, of which ten can be applied to Predio Plantanillos and have been developed for the research program. The lines of research include: planning, social inclusion, integration to the landscape, climatic considerations, aspects related to the management and reintroduction of flora, management of fauna, soil improvement, watersheds, technical aspects in the management of invasive species, and reproduction of plants.



**Key words:** Maule forest, ecological restauration, Chile.

## Introducción

El bosque nativo del Maule, también conocido como bosque maulino es un ecosistema valioso por presentar una alta heterogeneidad ambiental que genera hábitat para una gran diversidad biológica. Alberga especies endémicas muchas de las cuales se encuentran en categoría de amenaza, como es el queule (*Gomortega keule*), el pitao (*Pitavia punctata*) y el ruil (*Nothofagus alessandri*), clasificados En Peligro (EN)[1]. El representante más característico de este tipo de bosque es el hualo, *Nothofagus glauca.*

El bosque maulino ha sido fuertemente reemplazado; casi todos los rodales puros en su rango de distribución costero, han sido aserrados y reemplazados por plantaciones de *Pinus radiata* (Gajardo 1994, González 1998). La perturbación inicial fue ocasionada por la explotación para obtener madera de construcción de exportación y material combustible (leña y carbón). El deterioro de la calidad de los suelos por tala selectiva de los mejores ejemplares, estimuló la expansión del matorral esclerófilo, situación similar a la que ocurre cuando el bosque es talado y reemplazado por especies exóticas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. El suelo abandonado después de las explotaciones de exóticas es colonizado por hierbas seguido por el matorral esclerófilo. Los elementos esclerófilos más favorecidos son *Lithraea caustica*, *Peumus boldus*, *Azara integrifolia* y *Quillaja saponaria.* A la vez las especies invasoras, tal como *Teline monspessulana* encuentran un espacio libre donde establecerse (San Martín y Donoso 1997).

Los remanentes del bosque que aún crecen en las quebradas de la cordillera de la costa de la región del Maule y que son reemplazados por plantaciones contienen 122 especies vasculares nativas (San Martín y Donoso 1997).

De acuerdo a un estudio reciente (Pliscoff 2015) que sigue los criterios de evaluación de ecosistemas propuestos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza se confirma que un alto porcentaje de los ecosistemas de la zona central del país, incluyendo la región del Maule y el bosque maulino se encuentran amenazados, en las categorías: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU).

Desde hace años la destrucción y deterioro del bosque nativo son percibidos como uno de los principales problemas de conservación en el país, reconociéndolo así, se propuso en 1992 el proyecto de ley N°20.283 sobre “Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal”. (Ministerio de Agricultura 2008, Lara *et al.* 1997). El proyecto fue criticado por representantes de

[1] http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/ficha_indepen.aspx?EspecieId=29&Version=1

la empresa privada y se requirieron de muchos años, hasta el 2008, para ser aprobado. Bajo el amparo de dicha ley se detecta hoy día una situación favorable para la conservación del bosque nativo; se presenta como una herramienta eficiente y eficaz para el desarrollo sustentable del sector forestal del país (Conaf 2008, Ministerio de Agricultura 2008) constituyendo un estímulo para la restauración de bosques sustituidos. Así lo afirma Otero (2013), quien plantea que la sustitución de bosque nativo por plantaciones fue por muchos años una de las causas principales de pérdidas del bosque nativo, sin embargo, las grandes empresas forestales han prohibido la sustitución en sus predios y se han comprometido a restaurar los bosques reemplazados desde el año 1994 en adelante.

A lo anteriormente expuesto se debe agregar la certificación FSC (Forest Stewardship Council). FSC es una organización global, sin fines de lucro, dedicada a promover el manejo forestal responsable en todo el mundo, así los propietarios y administradores de bosques buscan esta certificación que garantiza que los productos obtenidos provienen de bosques bien manejados accediendo a mejores mercados y precios, en donde la restauración del bosque nativo constituye un apoyo al proceso de certificación (Forestal Arauco 2012).

Estimulan el manejo sustentable de los bosques y la restauración de bosques nativos las Estrategias de Conservación de la Biodiversidad a nivel nacional (Conama 2003) y regional (Conama 2002), puesto que entre su ámbito de acción plantean la recuperación de ecosistemas y especies en peligro y el uso sustentable de los recursos naturales en los sectores agrícola, forestal, acuícola, pesquero y turismo. Por su parte la Estrategia de Conservación de los Humedales (Conama 2005) da las pautas para considerar los humedales en el análisis territorial y manejo sustentable de los bosques.

La restauración ecológica se define como el proceso de asistir en la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER 1987, Estades 2007, Pérez y Bown 2015). Surgió como una disciplina eminentemente práctica asociada principalmente a la botánica, la horticultura y el paisajismo (Young 2000, Estades 2007), pero sin una clara conexión con la conservación. Asociada a esta disciplina existe una rama de la ecología, “ecología de la restauración” que se define como el análisis de problemas ecológicos a través de la ejecución de proyectos de restauración y la concepción y puesta a prueba de ideas y conceptos relativos a la restauración” (Lake 2001 en Estades 2007).

Los principios que guían la restauración ecológica (SER 1987) consideran la restauración como una herramienta crítica para: la conservación de la biodiversidad, la mitigación y adaptación al

cambio climático y asegurar servicios ecosistémicos, desarrollo sustentable y una mejor calidad de vida. Para lograr estos objetivos es fundamental contar con participación efectiva de las comunidades locales, además de integrar conocimiento y práctica, realizando un seguimiento y monitoreo de programas y proyectos de restauración. En este sentido Lindenmayer *et al.* (2000) plantean la necesidad de establecer indicadores que permitan relacionar el estado del ecosistema con la presencia de determinadas especies y con la complejidad del rodal.

Es posible considerar como restaurado un ecosistema sin ser exactamente igual al que había previo a las perturbaciones. Por tanto, la meta no es necesariamente reproducir un estado histórico estático. Dependiendo del estado de degradación inicial de un ecosistema boscoso, será el enfoque de la gestión a realizar para restaurar los niveles de biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Ciccarese *et al.* 2012). Un ecosistema está restaurado cuando éste es capaz de adaptarse a la variabilidad natural y a los cambios de las condiciones ambientales (Clewell y Aronson 2007).

Un plan de restauración describe la situación actual del sitio a restaurar, la visión de como será el sistema restaurado, los objetivos y metas que se pretenden ir logrando y los protocolos de monitoreo y evaluación que permitirán seguir avanzando hasta alcanzar los objetivos (Pérez y Bown 2015). Rietbergen-McCraken *et al.* (2012) sugieren un enfoque donde la heterogeneidad a nivel de paisaje se logra mediante un mosaico de paisajes, las diferentes partes encajan entre sí para formar un paisaje compuesto, que es único para cada caso. Un mosaico de paisajes puede ser representado a través de mapas que permiten mostrar situaciones complejas de una manera visual incorporando la información en capas.

Los autores Lindenmayer *et al.* (2006) plantean 5 principios para mantener la biodiversidad de un bosque que son: conectividad, heterogeneidad, complejidad, mantener la Integridad de los sistemas acuáticos y considerar el régimen de perturbaciones naturales como guía.

Diversos autores proponen aplicar un manejo adaptativo en los bosques y diferentes ecosistemas ya que de esta forma se puede evaluar el logro de objetivos y generar una mejora continua (Lindenmayer *et al.* 2006).

La gran mayoría de las iniciativas de restauración ecológica se verifican en Estados Unidos y Europa. En Estados Unidos se gastan mil millones de dólares al año en la restauración de ecosistemas degradados (Fernández *et al.* 2010), mientras que en Chile, la información sobre proyectos o casos de estudio es muy escasa y se encuentra dispersa; muchas veces

corresponde a proyectos de compañías privadas quedando la información entre pocas personas (Clewell y Rieger 1997).

En Chile la restauración ecológica se encuentra poco desarrollada, y se manifiesta en los limitados científicos que abordan las temáticas de restauración. Los pocos estudios al respecto están escasamente publicados y se basan en lineamientos de restauración. A esto se suma las dificultades para conseguir fondos nacionales, ya que éstos no incluyen a la restauración como disciplina adjudicable. En su gran mayoría son financiados por fondos internacionales y/o nacionales privados (Fernández *et al.* 2010).

Fernández *et al.* (2010) describen algunas iniciativas de restauración ecológica realizadas en Chile, que incluyen: restauración de bosques de alerce en el Parque Pumalín (2003), bosque esclerófilo en el valle de Casablanca, restauración de matorrales abandonados con la conífera endémica *Pilgerodendron uviferum* (Cupressaceae) en el norte de la Isla Grande de Chiloé, restauración de araucarias en Carahue, restauración ecológica en los ecosistemas de los bosques nativos de la zona de Aysén. También el proyecto ReForLan (Restoration of Forest Landscapes for Biodiversity Conservation and Rural), busca identificar y promover el manejo sostenible de ecosistemas forestales en zonas áridas, por medio de la investigación de técnicas de restauración ecológica usando especies nativas de valor económico.

En Chile, el fuego, de manera natural o artificial, ha contribuido a la modificación permanente de las formaciones vegetales y ecosistemas asociados (Navarro 2015). Existen carencias en investigación aplicadas a distintas áreas del conocimiento en manejo y ecología del fuego. Uno de los temas necesarios a fortalecer, es la restauración de áreas afectadas por el fuego, con énfasis en ecosistemas nativos. (Fernández *et al.* 2010)

## Objetivos

Dado el escenario actual del país, de integración al contexto internacional, las autoridades adquieren cada vez un mayor compromiso con el manejo sustentable y conservación de los bosques promoviendo un rol activo para recuperar los bosques degradados y sustituidos. La Universidad de Chile a través de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza asume el desafío de crear el conocimiento necesario para abordar la restauración del bosque maulino, reconociendo la carencia de estudios a escala operacional dentro del ámbito nacional. En esta investigación se plantea el diseño de un Programa de investigación que responda las principales interrogantes que surgan del diagnóstico de la situación actual del

predio Pantanillos buscando que se generen las metodologías más eficientes para alcanzar el objetivo de restauración.

Objetivo general

Diseñar un Programa de Investigación en restauración del bosque maulino en el Predio Pantanillos de la Universidad de Chile, en la Región del Maule, Chile.

El Programa de Investigación estará asociado a las posibilidades de investigación que ofrece el Centro Experimental. A la vez es importante señalar que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza aprobó iniciar el "Programa de Recuperación del Bosque Maulino".

Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual del Predio Pantanillos en relación a su condición ecológica potencial.

2. Seleccionar temas y preguntas relevantes que aborda actualmente la ecología de restauración en ambientes forestales templados.

3. Establecer líneas de investigación en base al cruce entre temas de investigación y las situaciones presentes en el Predio Pantanillos.

4. Diseñar la estructura administrativa general del programa de investigación en restauración del bosque maulino.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Dr. Justo Pastor León (Predio Pantanillos)[2] perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. La ubicación político administrativa corresponde a la Comuna de Constitución, Provincia de Talca, Región del Maule, (Figura 1) a 23 km de Constitución y 62 km de San Javier (Pino 2008). Imagen del perímetro del Predio Pantanillos obtenida de Google earth en Figura 2.

[2] http://www.forestal.uchile.cl/fotos/77214/estacion-experimental-dr-justo-pastor-leon

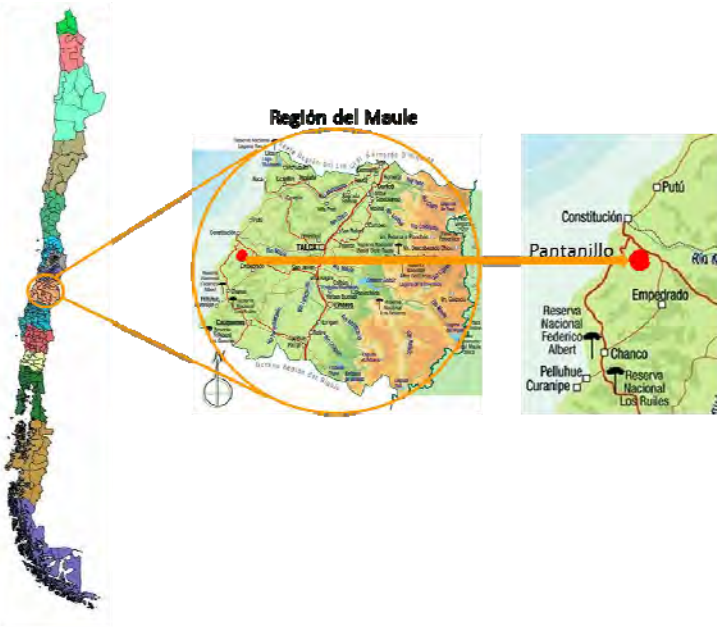



Figura 1. Ubicación Predio Dr. Justo Pastor León (Pantanillos) y el área de estudio.

El predio se encuentra localizado entre las coordenadas geográficas 35º43' y 35º47' S. y 72º29' y 72º31' O. (Figura 2). La superficie del Predio Pantanillos es de 380 ha, distribuyéndose su uso actual, en forma predominante, en plantaciones (233,6 ha), especialmente *Pinus radiata* y en menor medida ensayos de *Eucalyptus sp*., renovales de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (74,4 ha), vegetación nativa de protección (62,7 ha), ensayos de introducción de especies (3,5 ha) y área de construcciones (5,5 ha) (Pino 2008).

Figura 2. Imagen de Google earth del Predio Pantanillos.

Objetivo específico 1

*Realizar un diagnóstico de la situación actual del predio Pantanillos en relación a su condición ecológica potencial.*

El trabajo se inicia con una revisión bibliográfica que permita caracterizar el área de estudio en términos físicos y biológicos. Se incluye el clima, los suelos, la geología y geomorfología, los recursos hídricos la flora y fauna. Además, el marco regulatorio identificando instrumentos que incidan sobre la actividad forestal. También, se consideran los antecedentes históricos de manejo y actividad productiva que expliquen el estado actual.

Durante la primera semana de febrero de 2016 se visitó el área de estudio para realizar un reconocimiento territorial que incluyó los siguientes pasos:

- Levantamiento de información del área: reconocimiento de todos aquellos elementos importantes del paisaje y su estado, tanto al interior del área y en relación con el paisaje circundante.

- Identificación de formaciones vegetales indicadoras del estado que se desea alcanzar (visión). Detección de muestras de lo que allí existía antes de la sustitución del bosque, ejemplo: parches de bosque maulino, parches de vegetación esclerófila, matorral xerófito en laderas rocosas, vegetación de quebradas, vegetación en borde de cursos de agua.

- Identificación de unidades de paisaje y estados, incluyendo zonas con alta y con baja intervención antrópica, plantaciones en distintos estados de desarrollo, fragmentos de bosque maulino en distintos estados de intervención, elementos del matorral y bosque esclerófilo. Son estados que tienen diferentes requerimientos para alcanzar una condición cercana al ecosistema natural (Figura 3).

- Identificación y registro en mapa de suelos degradados, presencia de cárcavas, plantas invasoras y otros problemas.

- Entrevista a administrador del predio, Sr. Cristián Hernández.

Materiales y equipos requeridos:

Plano del área, cámara fotográfica, GPS

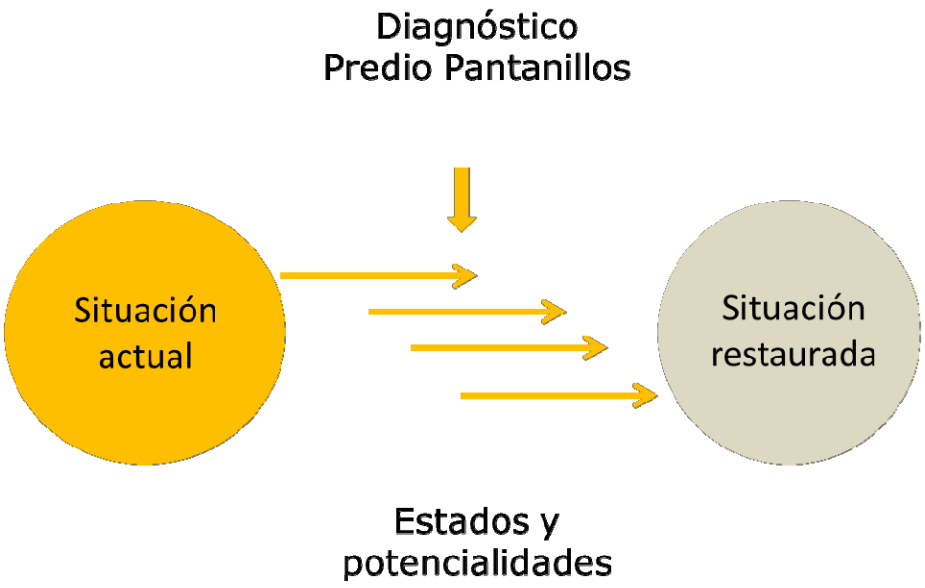



Figura 3. Identificación de unidades de paisajes, estados y potencial de restauración.

Objetivo específico 2

*Identificar temas y preguntas relevantes que aborda actualmente la ecología de restauración en ambientes forestales* (Figura 4)

Revisión de la literatura y consulta a especialistas. Entrevistas a profesores de la Universidad de Chile y de otras Universidades para identificar temas importantes, los hay más teóricos y otros eminentemente prácticos. Elaborar una lista con temas y preguntas.

Objetivo específico 3

*Establecer líneas de investigación en base al cruce entre temas de investigación y las situaciones presentes en predio Pantanillos* (Figura 4).

Utilizar lista con los temas de interés identificados y relacionar con las opciones que entrega el predio para hacer investigación sobre éstas, considerando alcanzar el objetivo principal de diseñar un Programa de investigación con fines de restauración del bosque maulino en Predio Pantanillos de la Universidad de Chile, en la Región del Maule, Chile.

Objetivo específico 4

*Diseñar la estructura administrativa general del programa de investigación en restauración del bosque maulino.*

Se tomarán como referencia la organización de programas similares en otras instituciones. Un ejemplo son las Estaciones Biológicas que tienen las universidades donde se hace investigación ecológica de largo plazo.

Se identificarán los requerimientos en personal, competencias, directorio, infraestructura: laboratorios, bodegas, alojamientos, instrumentos y equipos, programas de trabajo.

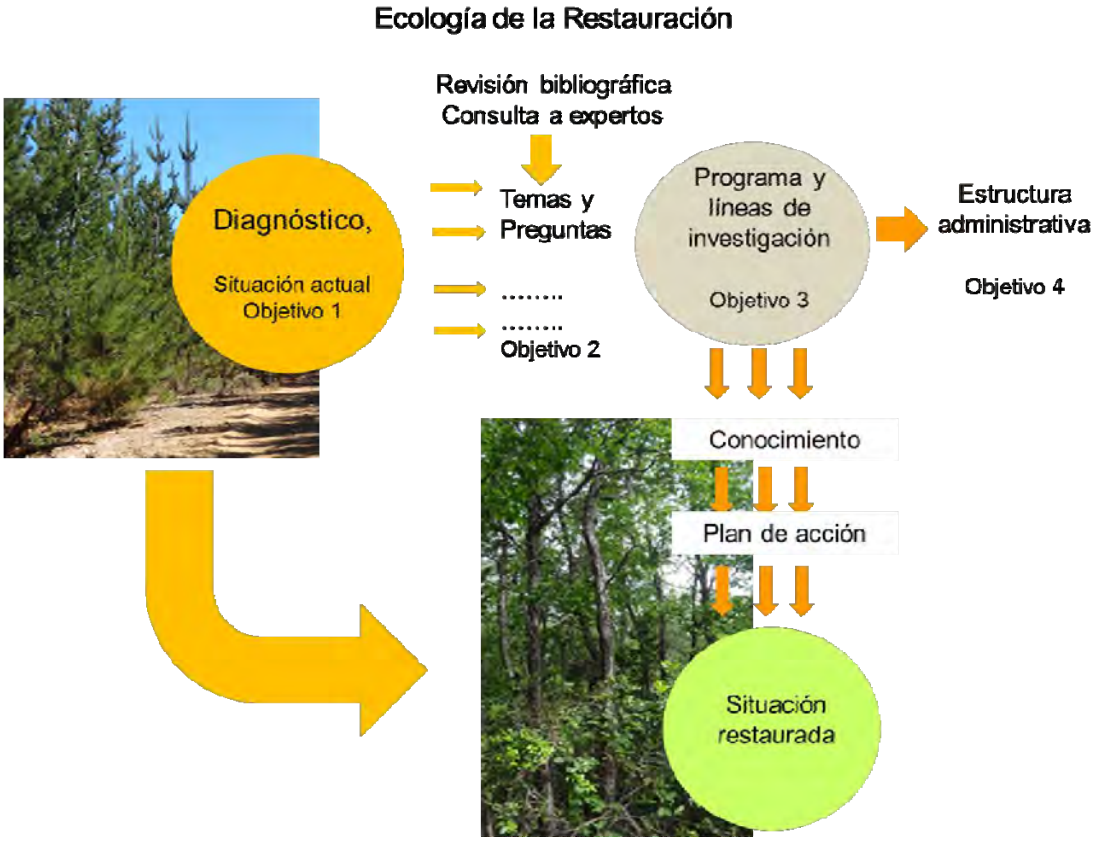



Figura 4. Etapas para alcanzar los objetivos planteados.

# Resultados

## 1. Diagnóstico

Se realizó un diagnóstico del Predio Pantanillos para cumplir el Objetivo específico 1

*Realizar un diagnóstico de la situación actual del predio Pantanillos en relación a su condición ecológica potencial.*

Se inició con una caracterización ecológica del lugar que se combinó con un levantamiento de información en terreno del predio y finalizar con conclusiones.

### 1.1 Caracterización ecológica

#### *1.1.1 Clima*

El clima es templado mediterráneo con precipitaciones concentradas en invierno, Köppen Cs (1936). Las precipitaciones se concentran en los meses de otoño e invierno y oscilan entre 700 y 1000 mm anuales (San Martín y Donoso 1997).

De acuerdo a la clasificación de CIREN (Centro de información de recursos naturales), el área de estudio está comprendida en la ortofoto 2407 y en el distrito agroclimático 6 de nombre Empedrado- Coronel. En el Cuadro 1 se resumen las principales características:

Cuadro 1. Caracterización climática del Predio Pantanillos

| Información distrito agroclimático CIREN[3] (considera datos comprendidos entre 1965-1985) | |
|---|---|
| Temperatura máxima del aire mes de enero | 25,2°C |
| Temperatura mínima del aire mes de julio | 5,1°C |
| Humedad relativa media del aire meses de octubre a marzo | 67% |
| Humedad relativa media del aire meses de junio a agosto | 86% |
| Período libre de heladas | 295 días |
| Precipitación media período junio a agosto | 675 mm |
| Precipitación media período diciembre a febrero | 55 mm |
| Evapotranspiración período junio a agosto | 75 mm |

[3] CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). Estudios climáticos solicitados directamente a CIREN en junio 2016

| | |
|---|---|
| Evapotranspiración período diciembre a febrero | 396 mm |
| Deficit hídrico meses octubre a marzo | 477 mm |
| Mes de inicio período seco | 11 |
| Mes de termino período seco | 3 |

De acuerdo a los datos, las precipitaciones se concentran en los meses de junio a agosto, que corresponde al período de temperaturas más bajas y menor evapotranspiración lo que se contrapone con el período de diciembre a enero en que las precipitaciones son muy bajas y la evapotranspiración muy alta lo que genera un déficit hídrico de octubre a marzo de 477mm. Si bien los cálculos están realizados en cultivos agrícolas es importante tener como referencia al momento de planificar nuevas plantaciones especialmente en tiempos en que el cambio climático se manifiesta con incrementos en las temperaturas y disminución de las precipitaciones en ciertas localidades de Chile central.

Otros datos (Santibañez y Uribe 1993) hacen referencia a un período seco más prolongado de 7 meses aproximadamente) con lluvias concentradas en invierno y precipitación media anual de 881 mm.Los pronósticos son de una disminución de las precipitaciones como consecuencia del cambio climático. El cambio climático afectará particularmente a los regímenes de precipitación, afectando la disponibilidad de agua, existiendo una tendencia a la disminución de las lluvias en una cantidad que va entre el 10 y 40% entre Copiapó y Puerto Montt (Santibañez 2008).

*1.1.2 Geomorfología y Suelo*

El sector costero de la Región del Maule presenta un relieve que genera gran heterogeneidad ambiental. Presenta un sistema montañoso con alturas inferiores a los 1000 msnm. Entre los cerros más sobresalientes se encuentran: Name (810 m), Ninguinín (807 m),Caiquén (725 m), Cimarrona (702 m), Molino (680 m), Quillayes (679 m), Maitén (631 m) y Manquimávida (604 m). Tales alturas se conectan por elevaciones menores configurando enclaustrados y quebradas, microcuencas y pequeños valles intermontanos (San Martín y Donoso, 1997, En: Armesto, Villagrán y Arroyo 1997).

Los suelos costeros se caracterizan por su gran intemperización, baja fertilidad y acidez en sus horizontes profundos. Un problema grave es la susceptibilidad a la erosión con formación de cárcavas por efecto de las lluvias, la cual es intensa en las laderas montañosas y perturbadas por el hombre (San Martín y Donoso 1997, Aguilera y Benavides 2005). El sustrato de los

suelos es roca granítica con diversos grados de meteorización, o bien gravas de origen granítico ricas en cuarzo con una matriz que puede ser franco arcillo arenosa. La profundidad de los suelos no es superior a los 100 cm, a pesar de la antigüedad, lo que se podría explicar a causa de los intensos procesos de erosión a los que se encuentra sometida la mayor parte de la Cordillera de la Costa (Luzio 2010).

De acuerdo al estudio agroecológico realizada por CIREN[4] (Centro de Información de Recursos Naturales) (Figura 5) en el área del predio se encuentran los siguientes asociaciones de suelos:

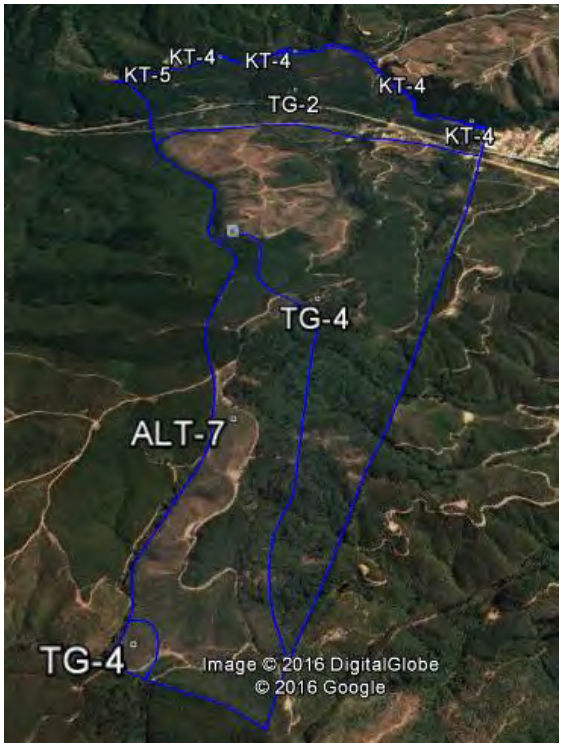



Figura 5. Asociaciones de suelo en Predio Pantanillos (CIREN)

En gran parte del del predio se encuentra la Asociación Treguaco, franco arcillo limosa en sus dos variaciones TG-2 y TG 4. En la parte sur del predio se identifica la serie Alto Colorado franco arcillo arenosa en la variación ALT 7. En los Cuadros 2 y 3 se presentan las principales características de acuerdo a ortofoto de CIREN.

[4] CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). Estudios de suelos solicitados directamente a CIREN en junio 2016

Cuadro 2. Caracterización de suelos Asociación Treguaco (CIREN)[5]

| ASOCIACIÓN TREGUACO (TG) | | |
|---|---|---|
| Localización | Ocupa dentro de la cordillera de la costa preferentemente los sectores altos y la vertiente oriental en contacto con la formación granítica. | |
| Topografía | Varía de moderadamente ondulada a muy escarpada con pendientes complejas variables entre 5 y más de 45% en las caídas a quebradas. | |
| Origen | Bien evolucionado y formado a partir de rocas metamórficas especialmente micasitas y gneis muy meteorizado. | |
| Profundidad | Suelo profundo, sobre 100cm | |
| Textura | El horizonte superficial presenta textura dominante franco arcillo limosa que puede variar hasta franco arcillosa. El horizonte inferior presenta textura franco limosa que puede variar a franco arcillo limosa. | |
| Estructura y porosidad | Son suelos bien estructurados, friables, de buena porosidad que permiten un buen desarrollo de las raíces, tanto del bosque nativo como de las plantaciones de pino. | |
| pH | 5.8 (0-28cm) condición favorable | |
| TG-2 | Corresponde a la fase de textura superficial franco arcillo limosa, moderadamente profunda, fuertemente ondulada con 15 a 20% de pendiente, con ligera erosión laminar y bien drenada. | |
| Se clasifica en: (Casanova 2010) | Capacidad de uso : VIe1<br>Pastos y explotaciones forestales<br>Erosión actual o potencial por agua o viento. | Clase de drenaje: 5<br>Bien drenado |
| | Categoría de riego : 6<br>No apta para el regadío | Aptitud frutal : E<br>Sin aptitud frutal |
| | Erosión : 1<br>Sin signos evidentes de erosión | Aptitud agrícola : 6<br>Preferentemente praderas |
| TG-4 | Corresponde a la fase de textura superficial franco arcillo limosa, moderadamente profunda, en topografía de cerros con 30 a 50% de | |

[5] CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). Estudios de suelos solicitados directamente a CIREN en junio 2016

| | | |
|---|---|---|
| | pendiente, con moderada erosión y bien drenada. | |
| Se clasifica en:<br>(Casanova 2010) | Capacidad de uso : VII e1<br>Pastoreo y explotación forestal<br>Erosión actual o potencial por agua o viento. | Clase de drenaje : 5<br>Bien drenado |
| | Categoría de riego : 6<br>No apta para el regadío | Aptitud frutal : E<br>Sin aptitud frutal |
| | Erosión : 2<br>Con signos de erosión leve | Aptitud Agrícola : 7<br>Aptitud preferentemente forestal |

Cuadro 3. Caracterización de suelos Alto Colorado (CIREN)

| ASOCIACIÓN ALTO COLORADO (ALT) | | |
|---|---|---|
| Localización | Ocupa una posición de cerros que constituyen los sitios más altos de la Cordillera de la Costa. | |
| Topografía | Gran variabilidad. | |
| Origen | Suelo derivado de rocas metamórficas. Descansa sobre un substrato de rocas metamórficas muy meteorizadas. | |
| Profundidad | La profundidad efectiva del suelo varía entre 40 y 100 cm | |
| Textura | Textura franco arcillo arenosa en superficie y textura arcillosa y arcillo limosa en profundidad. | |
| Estructura y porosidad | Estructura de bloques angulares medios. Friables a duros en húmedo y duro en seco. Poros finos abundantes. | |
| pH | 5.8 (0-18 cm) condición favorable | |
| Materia orgánica | 1.4 condición desfavorable | |
| ALT-7 | Corresponde a la fase de textura superficial franco arcillo arenosa, profunda, de topografía de lomajes con 20 a 30% de pendiente, bien drenada y con moderada erosión. | |
| Se clasifica en:<br>(Casanova 2010) | Capacidad de uso : VIIe1<br>Pastoreo y explotación forestal<br>Erosión actual o potencial por agua o viento. | Clase de drenaje: 5<br>Bien drenado |
| | Categoría de riego : 6 | Aptitud frutal : E |

| | | |
|---|---|---|
| | No apta para el regadío | Sin aptitud frutal |
| | Erosión actual : 2<br>Con signos de erosión leve | Aptitud agrícola : 7<br>Aptitud preferentemente forestal |

En relación a la erosión Márquez (1992) la clasifica como no aparente, aun cuando hace referencia a que es posible encontrar erosión de manto severa con zanjas frecuentes y derrumbes ocasionales en las orillas de la carretera de los caminos internos y en sectores de muy poca vegetación, lo que es declarado también por Marambio (2010)

Al recorrer el predio en febrero del 2016 se comprueba que la presencia de vegetación es un factor importante en la conservación del suelo quedando expuesto a los agentes climáticos especialmente en los bordes de caminos, mostrando leves signos de erosión lo que coincide también con los datos proporcionados por CIREN que dan cuenta de una estructura de suelo estable.

Márquez (1992) propone realizar un estudio detallado de suelos en el Predio Pantanillos, que incluya un diseño de muestreo de los suelos, toma de datos en terreno, análisis de suelos en laboratorio y confección de mapas a escala 1:10.000. A la fecha se han realizado 2 estudios de suelos que miden pérdida de partículas como consecuencia de prácticas de manejo (Pino 2008, Marambio 2010).

En San Martín y Donoso (1997) se hace referencia a que la tala selectiva de los mejores ejemplares de árboles nativos produjo un deterioro en la calidad de los suelos en la zona, lo que se relaciona con las prácticas de corte de la vegetación histórica ocurrida en el Predio Pantanillos antes que la Universidad de Chile asumiera su manejo y propiedad[6], lo que explica la existencia de un suelo muy superficial con limitada capacidad de retención de agua.

*1.1.3 Hidrografia*

A nivel regional la cordillera de la costa presenta grandes sistemas fluviales que la cortan de forma perpendicular. Las cuencas de los ríos Mataquito, Maule e Itata rompen su continuidad estructural atravesándolo completamente. Además, existen otras cuencas de menor orden que

[6] Comentarios de profesores de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza

nacen en el seno de la misma cordillera de la costa como las de los ríos: Reloca, Huenchullami, Curanilahue y Chovellén y una serie de cuencas menores como los esteros: Iloca, Duao, Junquillar, Pellines entre otros (Aguilera y Benavides 2005)

La Figura 6 obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Maule.

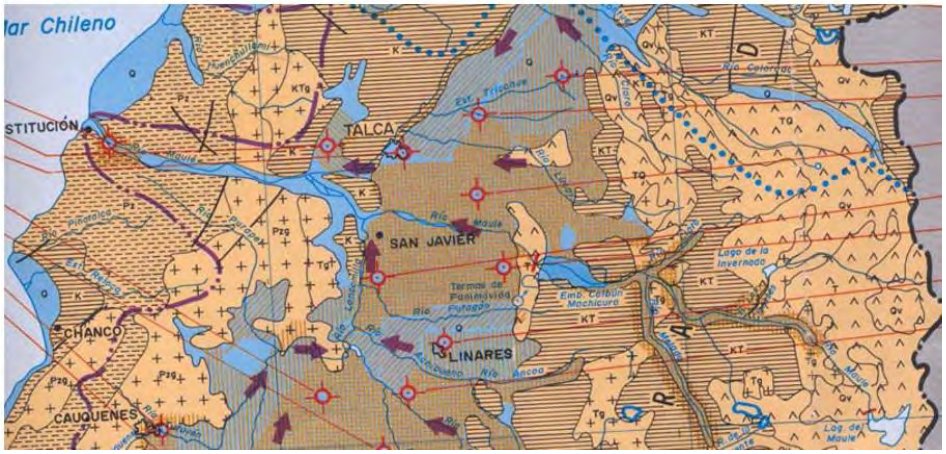



Figura 6. Mapa hidrológico cuenca del río Maule (MOP 2004).

El Predio Pantanillos se encuentra localizado en la cuenca del río Maule. La Cuenca hidrogeológica del río Maule se extiende desde la latitud 35°05´por el norte hasta la latitud 36°30´por el sur. Desde la precordillera andina se originan acuíferos que drenan paralelos a los cursos superficiales, destaca en este sector la alta productividad de los pozos de sobre $10m^3/h/m$ y bajas profundidades de las napas freáticas (de 2 a 13 m). La gran masa de agua subterránea al encontrarse con el batolito costero, es drenada hacia el océano siguiendo un curso paralelo al río Maule. Desde el norte lo hace un importante acuífero procedente desde el sector río Claro en dirección SSW hasta introducirse por la cordillera de la costa en un curso paralelo al Maule (MOP 2004).

El río Purapel que limita con el predio Pantanillos por el norte, nace en la cordillera de la costa y se caracteriza por mostrar un claro regimen pluvial, con sus mayores caudales en meses de invierno (Figura 7). En años húmedos los mayores caudales se dan entre junio y julio, producto de lluvias invernales, mientras que los menores ocurren entre diciembre y abril. En los años

secos los mayores caudales se presentan entre julio y agosto, mientras que los menores lo hacen entre diciembre y mayo (MOP 2004).

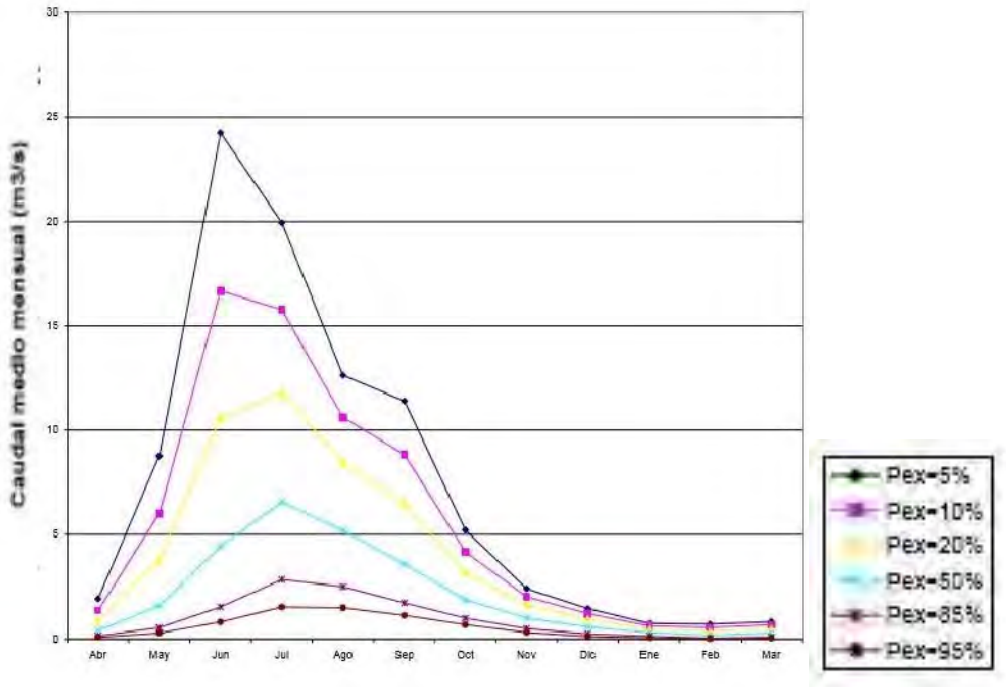



Figura 7. Curva de variación estacional del río Purapel en Nirivilo (MOP 2004)

De acuerdo a Márquez (1992) el agua en el Predio Pantanillos es captada desde la quebrada El Malulo lo que se mantiene hasta la actualidad (Hernández 2006). El agua es retenida por medio de un dique, de ahí es entubada por aproximadamente 300 m, se acumula en un estanque de 10.000 litros de capacidad y desde allí se distribuye. Se utiliza para el riego de los jardines ornamentales, el uso de las casas y el riego del vivero. En el verano el caudal es insuficiente y se requiere del aporte municipal en camiones aljibes.

Márquez (1992) propone un proyecto de protección de la microcuenca El Malulo con el propósito de proteger el suelo de los procesos erosivos y aumentar la cantidad y calidad del agua. La propuesta incluye forestar con especies nativas propias de la microcuenca, eliminar la vegetación exótica, construir estanques, diques y otras estructuras de acumulación y conducción de agua. Se comprueba que las obras constructivas se han realizado.

### *1.1.4 Fitogeografía*

El bosque Maulino forma parte del bosque templado, se ha definido como una unidad vegetacional con dominancia de especies arbóreas caducifolias que se desarrolla principalmente en la costa de Chile central; las especies dominantes son: *Nothofagus obliqua,*

*N. dombeyi, N. alessandri, N. leoni, Persea lingue, Aextoxicum punctatum, Drimys winteri,* entre otras. La especie arbórea más importante de este bosque es *Nothofagus glauca* (hualo) (San Martín y Donoso 1997); se desarrolla entre los 34º55' y 37º20' de latitud sur (Figura 8) en la cordillera de la costa, en las cumbres, laderas y quebradas más próximas al litoral. Está incluido en la región centro sur de Chile que representa uno de los 34 puntos más importantes para la conservación de la biodiversidad en el planeta o hotspots de biodiversidad (Mittermeier *et al.* 1999).

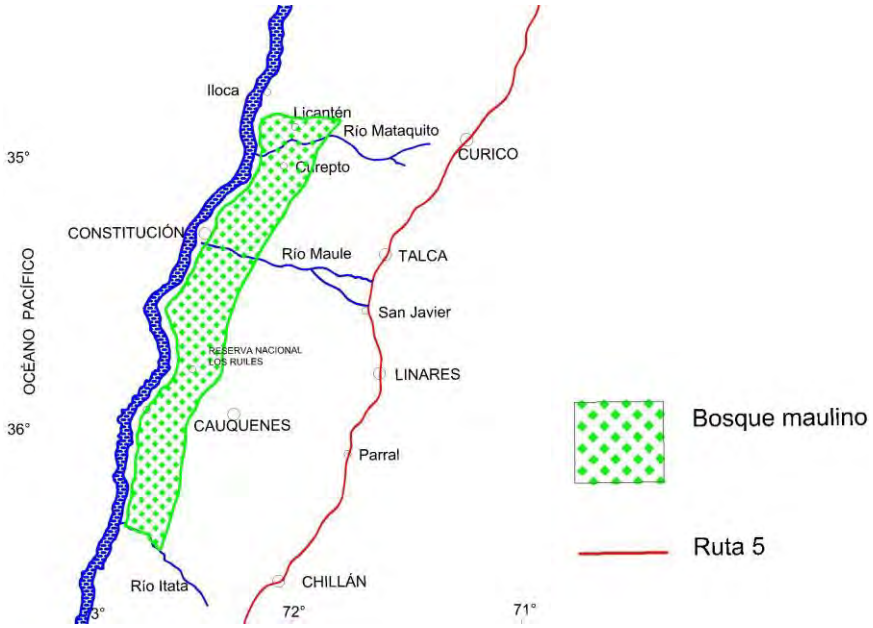



Figura 8. Área de distribución bosque maulino, Región del Maule, Chile. Fuente: adaptado de San Martín y Donoso (1997).

De acuerdo a la tipificación práctica establecida por Claudio Donoso (1981) en la cordillera de la costa el hualo (*Nothofagus glauca*) forma bosques casi puros por las laderas y cumbres de los cerros, asociado a radal (*Lomatia hirsuta*), avellano (*Gevuina avellana*), boldo (*Peumus boldus*), litre (*Lithraea caustica*) y especies del género azara. Descritos como bosque maulino por Pisano en 1954 formando bosques puros en casi toda su extensión, con excepción de quebradas y cursos de agua donde se asociaban a especies como el roble (*Nothofagus obliqua*), la huala (*Nothofagus leonii*), el olivillo (*Aextoxicon punctatum*), el lingue (*Persea lingue*), el canelo (*Drimys winteri*), el laurel (*Laurelia sempervirens*) el tineo (*Weinmannia trichosperma*) y

especies en peligro de extinción como el pitao (*Pitavia punctata*) y el queule (*Gomortega keule*) (Aguilera y Benavides 2005).

De acuerdo a la clasificación de la vegetación natural de Gajardo (1994) (Figura 9) el área está incluida en la Región del bosque caducifolio, especificamente en el tipo vegetacional del bosque caducifolio Maulino. Esta formación comprende los bosques de hualo (*Nothofagus glauca*) que se encuentran en la cordillera de la costa. Se reparte de preferencia en las cumbres, laderas y quebradas más próximas al litoral. Entre las formaciones se encuentran:

- *Nothofagus glauca - Azara petiolaris*: se distribuye por los sectores menos favorables de la formación.
- *Nothofagus glauca - Gevuina avellana*: representa la fase más húmeda y de mayor desarrollo del bosque de hualo (*Nothofagus glauca*) distribuyendose por el cauce de las quebradas y en las laderas de exposición sur. Tiene un alto interés florístico pues en algunos sectores integran su composición especies relictuales como ruil (*Nothofagus alessandrii*) y keule (*Gomortega keule*).

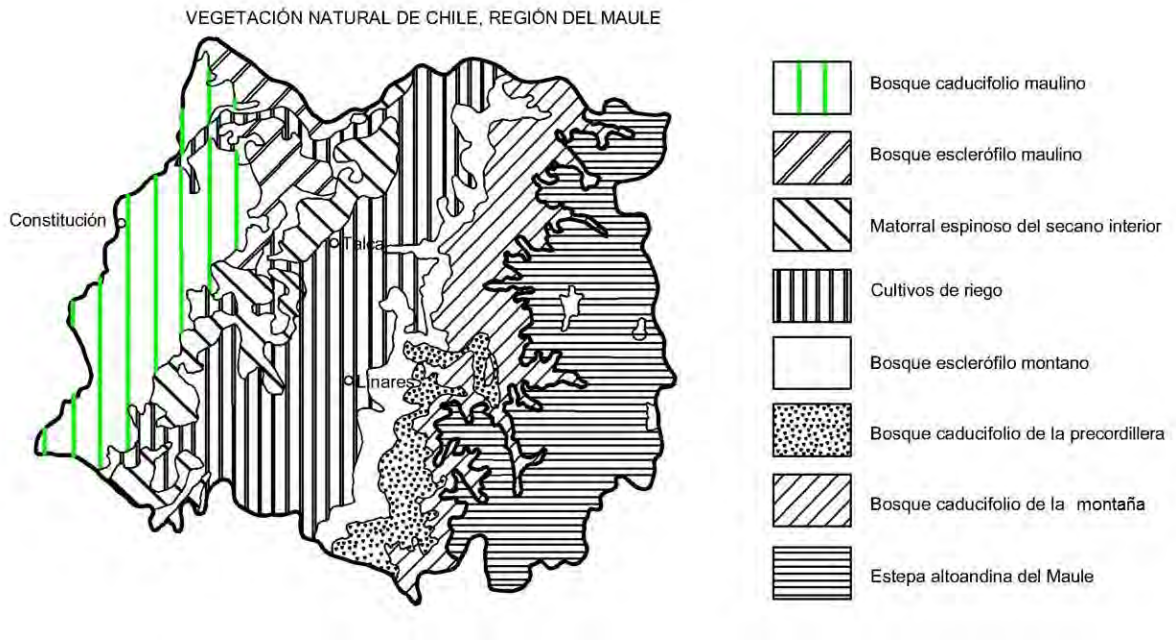



Figura 9. Vegetación natural de Chile, Región del Maule. Fuente: adaptado de Gajardo (1994)

En base a la determinación de pisos vegetacionales realizada por Luebert y Pliscoff (2006) el área comprende los pisos vegetacionales 49 y 50 bosque caducifolio mediterráneo costero de

*Nothofagus glauca* y *Azara petiolaris*, y bosque caducifolio mediterráneo costero de *Nothofagus glauca* y *Persea lingue* respectivamente. Considerando la geomorfología de la cordillera de la costa se presenta una gran variedad de situaciones de relieve, suelos y exposición solar que permiten la existencia de vegetación específica adaptada a cada condición.

En el estudio realizado por Márquez en 1992, describe la composición del bosque encontrado en el predio, identificando al hualo, *Nothofagus glauca* como la especie nativa más abundante. En los fondos de quebradas el hualo se encuentra mezclado con canelo, mañío de hoja larga, avellano, mirtáceas, roble y otras especies. En las quebradas que bordean los límites norte y oeste del predio se mezclan con coigüe y avellano y en las quebradas que drenan hacia el este el hualo tiende a desaparecer desplazado por lingue, canelo, tepa, peumo, avellano, olivillo y otras especies. En sectores en que los árboles están más espaciados se puede encontrar en la estrata baja especies tales como litre, quillay, mayo, bollén, lingue y arrayán entre otros.

*1.1.5 Fauna*

De acuerdo a Celis-Diez *et al.* (2011) hay una gran diversidad de anfibios, réptiles (Figura 10a y b ), aves (Figuras 11a,b y c), artrópodos (Figuras 12a, b y c) y mamíferos posibles de encontrar en los bosques nativos de la región del Maule, muchos de ellos con insuficientes datos como para clasificar en alguna categoría de amenaza. (Imágenes fauna tomadas en octubre 2014 y febrero 2016).

Existen antecedentes de algunos mamíferos en categoría vulnerable como el pudú, *Pudu pudu* y la guiña y *Leopardus guigna,* en categoría en peligro el hullín*, Lontra provocax.* Hay estudios en desarrollo en el predio que estudian el comportamiento de los roedores en ambientes forestales (Figura 13).

Varias especies de anfibios se encuentran amenzados, lo que se relaciona también con los efectos del cambio climático y la sensibilidad de estos animales a la desecación del ambiente. La ranita de Darwin, *Rhinoderma rufum,* está en peligro crítico, quedando su habitat reducido a pequeñas cuencas y quebradas del bosque nativo. Otros anfibios que están en categoría vulnerable son: el sapo de barros, *Alsodes barrioi*, sapo, *Atelognathus salai* y la rana chilena, *Calyptocephalella gayi* (Celis-Diez *et al.* 2001). Asociados a los humedales viven camarones de

río que se visualizan por las construcciones características de sus madrigueras en sector norte pantanoso del predio.

Numerosas aves han sido descritas en el predio (Moreira 2001) las que ocupan los parches de bosques y algunas también logran establecerse en las plantaciones de pino.

Figura 10a. Lagartija esbelta, *Liolaemus tenuis*

Figura 10b. Culebra

Figura11a, b y c. Nido en quebradas de vegetación nativa, ave en vuelo y estudio sobre aves

Figura 12a. Araña

Figura 12b. Pololo verde

Figura 12c. Madre de la culebra,

*Hylamorpha elegans* *Acanthinodera cumingii*

Figura 13. Estudio en roedores, ratón oliváceo (*Abrothrix olivacea*)

Dentro de la fauna hay especies que son generalistas y pueden vivir en ambientes diversos, por tanto, si falta el bosque nativo se adaptan al ambiente de las plantaciones, sin embargo también hay especies que para establecerse y reproducirse requieren de hábitat muy específicos, como el bosque nativo. Son estos casos los que preocupan del punto de vista de la conservación y para quienes la restauración del bosque maulino sería de gran beneficio.

## 1.2 El Predio Pantanillos

### *1.2.1 Historia y antecedentes de manejo*

El Predio Pantanillos fue donado a la Universidad de Chile en el año 1978 por la sucesión de la familia del Dr. Justo Pastor León con fines de docencia, investigación científica, extensión y transferencia tecnológica del quehacer forestal de la región del Maule. Su administración ha sido delegada a la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza.

La superficie del predio es de 379.7 ha y los límites son: al este, sucesión Morán de la propiedad de Celco S.A., Al oeste, Quebrada El Difunto y sucesión Anibal León, al norte el río Purapel y al sur, Quebrada Honda y fundo Liriecillo de propiedad de forestal Celco S.A. (Márquez 1992). Los límites y vecinos no han variado.

Al momento de ser recibido existían plantaciones de pinos y una extensa suerficie de renovales de hualo degradado. En el pasado la vegetación nativa del predio estuvo sometida a una fuerte intervención para obtener madera y carbón, es posible encontrar numerosos hornos para este fin. Márquez (1992) hace referencias a antecedentes en León (1912) que destaca y critica la tala indiscriminada y quema de bosques para habilitar tierras agrícolas y para el carboneo con

los consiguientes procesos erosivos. Esto explica que la vegetación nativa este formada principalmente por renovales y matorrales, y solamente en algunos sectores sea posible encontrar estructura de bosque.

La Facultad de Ciencias Forestales adquirió el control del manejo del predio, programando actividades prácticas importantes para la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal, además de realizar investigación experimentando con diferentes especies y formas de manejo. Con el transcurso del tiempo ha adquirido una mayor relevancia la Conservación de la Naturaleza y se han agregado otros temas de investigación en torno a la conservación de flora, fauna y suelos.

### *1.2.2 Superficies y usos*

En el Cuadro 4 se muestran los datos existentes con respecto al uso del suelo en los años 1980, 1992, 2008 y 2016

Cuadro 4. Variaciones en el uso del suelo entre 1980 y 2016 en el Predio Pantanillos.

| Uso del suelo | Superficie Ha | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Año 1980 (Márquez 1992) | Año 1992 (Márquez 1992) Figura 14 | Año 2008 (Pino 2008) | Año 2016 aproximado |
| Plantaciones pino insigne y otros | 36,5 | 214,4 | 233,6 | 214,8(pinos) |
| Ensayos | | | 3,5 | |
| Plantaciones de eucaliptos | | | | 30 |
| Matorral nativo denso | 122,3 | | | |
| Renovales de hualo | | 104 | 74,4 | 74,4 |
| Vegetación nativa de protección | | 28,2 | 62,7 | 40 |
| Matorral nativo bajo | 128,2 | 24,9 | | |
| Pradera y matorral | | | | 15 |
| Semidescubierto | 65,8 | 3,8 | | |
| Áreas de construcciones | | 4,4 | 5,5 | 5,5 |
| Extracción de material y camino | 5,1 | | | |
| Total | 357,9 | 379,7 | 379,7 | 379,7 |

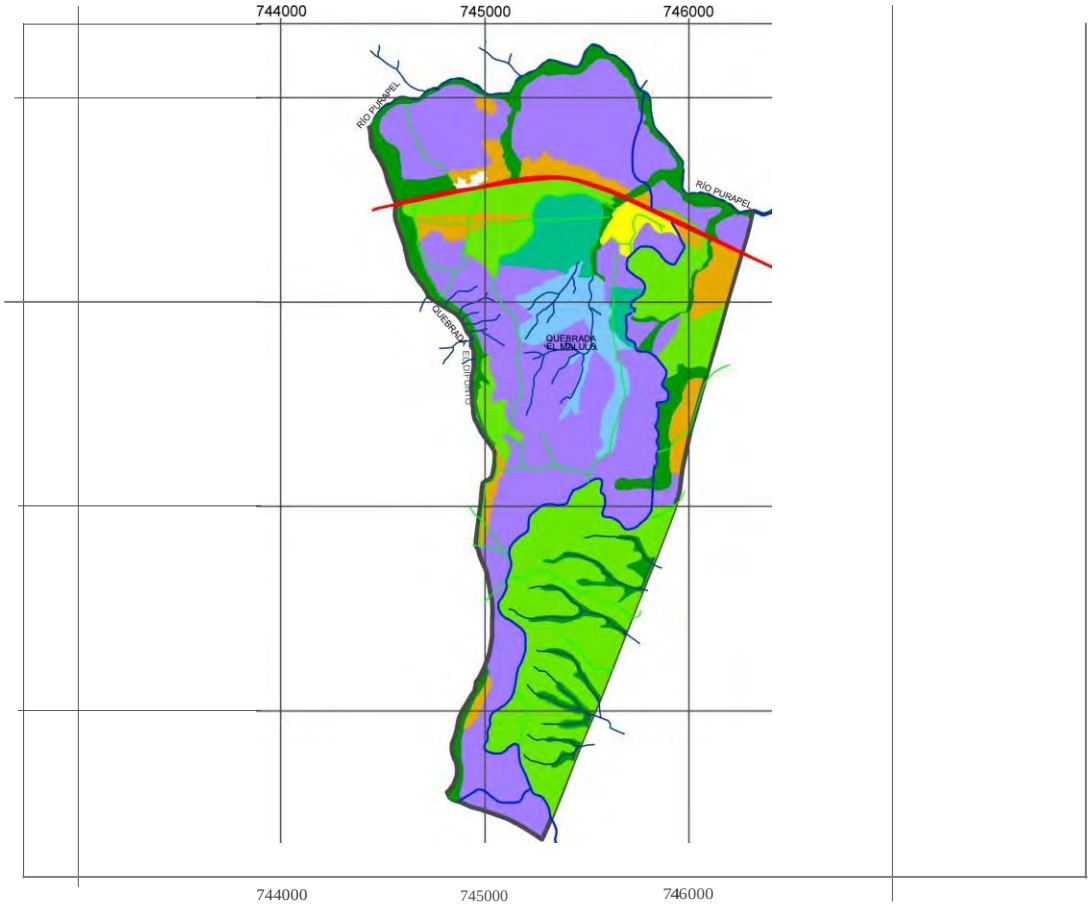
Desde el año 1980 al 1992 hay un fuerte incremento en las plantaciones forestales, especialmente de pino insigne; desde 1992 a 2008 un leve incremento. Lo que coincide con lo planteado por Hernández (2016), que al momento de recibir el predio la Universidad de Chile, éste estaba mayoritariamente cubierto por bosque de hualo degradado, las plantaciones de pino eran muy escasas (aproximadamente 30 ha) las que se han incrementado en el tiempo).

Sumando las superficies de renovales de hualo y vegetación nativa de protección se puede ver que las superficies son similares en el año 1992 y 2008 y que correspondería a lo que en el año 1980 está clasificado como Matorral nativo bajo. En la actualidad se conservan alrededor de 75 ha de renoval o bosque de hualo, pero solamente unas 20 ha se encuentran en buenas condiciones (opinión del administrador), el resto está fuertemente invadido por *Pinus radiata.*

De acuerdo a los datos el incremento de las plantaciones de pino, desde el año 1980 a 1992, se realizó en superficies que tenían matorral nativo bajo (anteriormente bosque nativo) y suelo semidescubierto principalmente. En la Figura 14 se presenta un mapa del Predio Pantanillos con datos registrados por Márquez (1992) que dan cuenta de la situación vegetacional del predio en esa fecha.

## PREDIO PANTANILLOS, REGIÓN DEL MAULE

### Vegetación 1992




**LEYENDA**

Vegetación nativa de protección (28,2 ha)

Producción de agua

Jardines ornamentales, arboreto

Renovales de *Nothofagus glauca* (104 ha)

Plantaciones de *Pinus radiata* (171,3 ha)

Matorrales bajo (24,9 ha)

Plantaciones de *Euca/iptus sp.* (11,1 ha)

Fuente información: Márquez, O 1992

Camino principal

Camino secundario

Camino troncal

N

Figura 14. Mapa Predio Pantanillos (Adaptado de Márquez 1992)

*1.2.3 Administración*

Desde hace 4 años la administración del predio tiene la siguiente estructura organizacional (Figura 15)

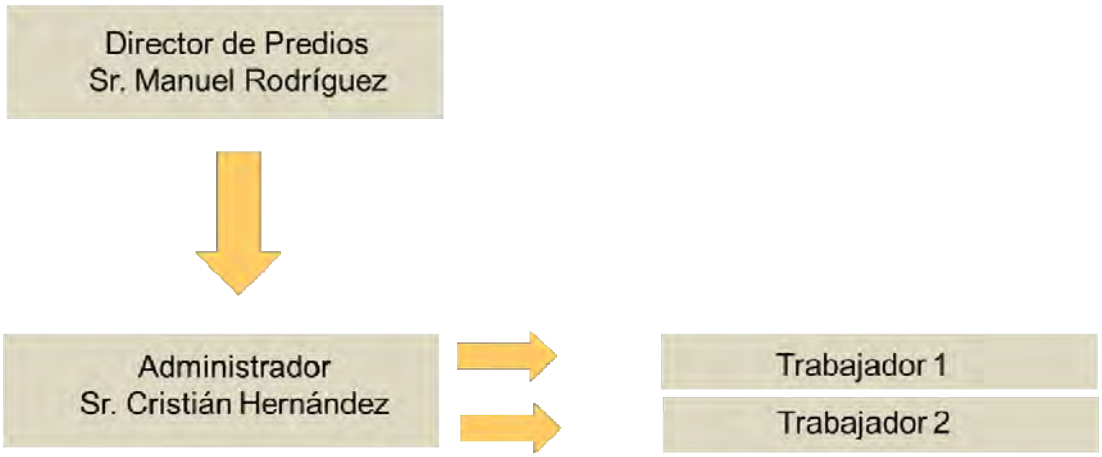



Figura 15. Estructura organizacional de la administración del Predio Pantanillos.

El Director de Predios planifica las actividades y entrega instrucciones al Administrador quien debe ejecutar en conjunto con dos trabajadores permanentes. Para trabajos específicos se contratan trabajadores adicionales. Desde hace 7 años que son solamente 3 trabajadores permanentes, lo que Hernández (2016) declara que es insuficiente.

Las actividades permanentes corresponden a: mantención del vivero, plantaciones y manejo de especies forestales y mantención de jardines ornamentales, incluyendo el arboretum.

*1.2.4 Estudios realizados en el Predio Pantanillos*

Varias generaciones de estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal y más tarde de Ingenieria en Recursos Naturales Renovables han realizado investigación en el Predio Pantanillos lo que se traduce en una memoria, como requisito para la titulación.

Desde 1986 hasta 1992 de acuerdo a Márquez (1992) se realizaron ensayos principalmente en eucaliptos y pino radiata. Durante un período de 11 años, desde la adquisición del predio, se realizaron 8 memorias de título lo que es considerado poco por el autor teniendo en cuenta el

potencial del predio para realizar investigación tanto en plantaciones como en vegetación nativa.

En el Cuadro 5 se presenta parte de los estudios realizados en el Predio Pantanillos conducentes a memorias de título. Para mayor detalle ver Anexo 1. En el Cuadro 6 se encuentran algunas investigaciones realizadas por investigadores de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza.

Cuadro 5. Memorias de título realizadas en el Predio Pantanillos.

| Año | Autor | Título |
|---|---|---|
| *1983 | Hernández, César | Indice de competencia para pino insigne. |
| *1988 | Celhay, Juan | Análisis comparativo de establecimiento de tres tipos de plantas de eucalipto. |
| *1988 | Troncoso, Sergio | Evaluación de un ensayo de espaciamiento de tres tipos de plantas de eucalipto. |
| 1988 | Reyes Morandé, Juan Pablo | Alternativas de implementación básica en las cuencas experimentales del predio “Pantanillos”, VII Región. |
| 1990 | Flores Donoso, Jorge Antonio | Variabilidad estacional y diaria del contenido de humedad en tipos vegetales del sector costero de la VII Región-<br>Profesor guía: Sr. Juan Caldentey |
| 1990 | Sfeir, Luis | Evaluación de la fitomasa y metabolitos de interés comercial en boldo, quillay y eucalipto.<br>Profesor guía: Sr. Manuel Toral. |
| *1990 | Garrido, Luis | Evaluación temprana de raleo y poda en un rodal de pino radiata. |
| *1990 | Maldonado, Eduardo | Respuesta temprana a diferentes intensidades de poda, raleo y fertilización en un rodal de pino radiata. |

| | | |
|---|---|---|
| 1992 | Márquez Aros, Oscar Antonio | Bases para la formulación de un plan de desarrollo en los predios experimentales "Las Brisas" y "Pantanillos", VII Región. Profesor guía: Sr. Ramiro Morales. |
| 2001 | Moreira Muñoz, Simón Alonso | Estudio preliminar del efecto del ruido sobre la calidad del hábitat de aves, en la zona del predio Pantanillo, VII Región. Profesor guía: Sr. Cristian Estades. |
| 2002 | Jorge Andrés Tomasevic Vukasovic | Calidad de renovales de hualo (Nothofagus glauca) como hábitat para aves silvestres. Profesor guía: Sr. Cristian Estades. |
| 2004 | Mauricio Francisco Pérez Pérez.. | Efecto de la estructura de plantaciones de Pinus radiata D. Don sobre su calidad como hábitat para aves en Constitución. Profesor guía: Sr. Cristian Estades. |
| 2005 | Juan Antonio Sánchez Beiza | Formulación de bases para un plan predial de manejo del fuego. Utilizando como caso de estudio: Predio Pantanillos VII Región. Profesor guía: Sr. Guillermo Julio Alvear. |
| 2007 | Marcelo Antonio Díaz Pérez | Efecto de los caminos y desechos forestales en el movimiento del coleóptero caminador, Parhypates (Eutamys) extenuatus (Carabidae). Profesor guía: Sr. Cristian Estadeshttp://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112423 |
| 2007 | Ricardo Antonio Gonzalez Cabezas | Descripción de Artrópodos Parásitos asociados a dos aves Passeriformes nidificadores de cavidades en la zona costera de la región del Maule. Profesor guía: Sr. Cristian Estades. |
| 2008 | Martín Alonso Hector Escobar Cuadros | Efecto selectivo de las plantaciones de Pino radiata (Pinus radiata D. Don) sobre la comunidad de artrópodos del follaje de |

| | | |
|---|---|---|
| | | Nothofagus, en el bosque Maulino de la región central de Chile. Profesor guía :Sr. Cristian Estades. |
| 2008 | Pino Sanhueza, Sofía Carolina | Estimación de pérdidas de suelo en tres situaciones de manejo de residuos post-cosecha, usando el modelo Rusle, en el predio Pantanillos, VII Región. Profesor guía: Sr. Gabriel Mancilla. |
| 2009 | Ana María Venegas Castro. | Distribución de artrópodos en plantaciones de Pino insigne (Pinus radiata D. Don) con respecto a la distancia de la vegetación nativa en la comuna de Constitución, VII Región. Profesor guía: Sr. Cristian Estades. |
| 2010 | Marambio Henríquez, Carlos Alberto | Estrés hidráulico crítico para la remoción de partículas en suelos bajo distintas coberturas forestales, en el predio Pantanillos, VII Región. |
| 2012 | Ramírez Aliaga, Priscila Mitzi | Efecto de tratamientos de residuos de post-cosecha en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la diversidad de coleópteros en el sector Pantanillos, Región del Maule, Chile. |
| 2013 | Quezada Sepúlveda, Juan Pablo | Remanentes de nutrientes, post cosecha, en un bosque de *Pinus radiata* D. Don, en el sector de Pantanillos, Comuna de Constitución, Región del Maule, Chile. |
| 2013 | Lissete Cortés Serey | Generación y comparación de modelos de estimación de biomasa aérea forestal usando sensores activos, pasivos y variables topográficas. Profesor guía: Sr. Jaime Hernández. |

| | | |
|---|---|---|
| 2015 | Muñoz Alegría, Francisco | Diversidad de insectos epígeos asociados a hualo (*Nothofagus glauca*) y pino (*Pinus radiata*) en el predio Pantanillos, Región del Maule, Chile. Profesora guía: Sra. Amanda Huerta Fuentes. |
| *Tesis citadas en Márquez (1992), pero no encontradas en biblioteca | | |

Cuadro 6. Investigaciones realizadas en el Predio Pantanillos (1989 - 2013)

| Años | Titulo | Investigadores |
|---|---|---|
| 1989 a 1990 | Variabilidad en el contenido de humedad en tipos vegetales del sector costero de la VII Región. | Investigador responsable: Sr. Juan Caldentey. |
| 2010 a 2013 | Exportación de nutrientes por utilización de residuos postcosecha, en plantaciones forestales. | Investigador responsable: Sr. Juan Caldentey. |
| 1998 | Ecología de Campo 1998. (curso de Postgrado en Ecología, Facultad de Ciencias). Investigaciones en la Reserva Forestal Pantanillos:<br>-Análisis comparativo de la herbivoría y granivoría entre bosques de *Nothofagus glauca* y *Pinus radiata.*<br>Alumnos: Botto C, C.Henríquez, A. Muñoz, G. Olivares, C.G.Ossa y H. Torres.<br>-Éxito reproductivo en Chloraea sp y Adesmia sp.¿es ventajoso estar agrupados?<br>Alumna: Carolina A. Henríquez.<br>-Selección floral en *Ugni Molinae* por un coleóptero Pitinidae.<br>Alumno: Gonzalo R. Olivares. | Coordinador: Sr. Javier Simonetti.<br>Colaborador: Sr. Italo Serey.<br>Ayudante: Sr. Martín Carmona.<br>(Simonetti *et al.* 2006) |

| | | |
|---|---|---|
| | -Implicancias de la heterogeneidad del habitat sobre la complejidad de movimiento y la eficiencia en el uso de los recursos en Camponotus chilensis (Hymenoptera: Formicidae).<br><br>Alumno: Hugo Torres.<br><br>-La senescencia para *Escallonia pulverulenta*: ¿depende de la matriz que la rodea?<br><br>Alumna: Carmen Gloria Ossa.<br><br>-Los montículos de ramas de pino en un bosque de *Pinus radiata*: sus efectos sobre la abundancia y diversidad de plántulas de especies leñosas.<br><br>Alumno: Alejandro A. Muñoz.<br><br>-Relaciones entre la intensidad de herbivoría, abundancia de herbívoros y depredadores en *Nothofagus glauca.*<br><br>Alumna: Carezza Botto | |
| 1996 a 1997 | Forest fragmentation, pine plantation forestry and the conservation of bird communities in central Chile. | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades. |
| 1998 a 2000 | Pine plantations in central Chile: new habitat for birds or ecological sink? | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades. |
| 1999 a 2002 | Dinámica espacial de las aves en un paisaje forestal industrial. | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades |
| 2002 a 2003 | Competencia por alimento y reproducción de rayaditos en un mosaico de bosques. | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades. |
| 2003 a 2007 | Manejo de la conectividad biológica en predios | Investigador responsable: |

| | | |
|---|---|---|
| | forestales dominados por plantaciones de pino. | Sr. Cristian Estades. |
| 2004 a 2005 | Management of exotic pine plantations to benefit animal populations in a fragmented forest landscape. | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades. |
| 2008 a 2012 | Clearcut size and the conservation of animal biodiversity in pine plantations | Investigador responsable: Sr. Cristian Estades. |
| 2010 a 2012 | Evaluación de actividades de restauración de la cubierta arbórea con presencia de *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por medio de regeneración natural y plantación. | Investigador responsable: Srta. Karen Peña-Rojas<br>Coinvestigadores: Srs. Sergio Donoso y Cristian Pacheco |
| 2010-2013 | Evaluación y Monitoreo de la Existencia de Biomasa Aérea (BA) y Optimización de Redes de Abastecimiento a Plantas de Biocombustibles del Consorcio BIOCOMSA (CORFO-INNOVA). | Investigador responsable: Sr. Jaime Hernández. |

*1.2.5 Entorno paisajístico y Unidades de paisaje*

El área de estudio se encuentra inserta en una región y localidad que ha sido muy intervenida con fines de explotación forestal, por tanto, el paisaje es bastante homógeneo, formado por extensos paños de plantaciones de pinos de la especie *Pinus radiata,* en distintos estados de desarrollo, plantaciones recientes y otras próximas a la cosecha con alrededor de 25 años de edad. El mayor contraste se produce con los terrenos que han sido cosechados recientemente y se encuentran temporalmente libres de vegetación.

Los vecinos inmediatos al predio Pantanillos siguen la misma tendencia y existe predominio de plantaciones de *Pinus radiata*. La vegetación nativa, especificamente el bosque maulino, se encuentra restringido a las quebradas y a pequeños parches desconectados.

La unidad de paisaje (UP), se define como una combinación de elementos que genera, a una determinada escala, una fisonomía particular, una organización morfológica diferenciada y diferenciable, que hace a una parte del territorio distinta de otra (Mazzoni 2014).

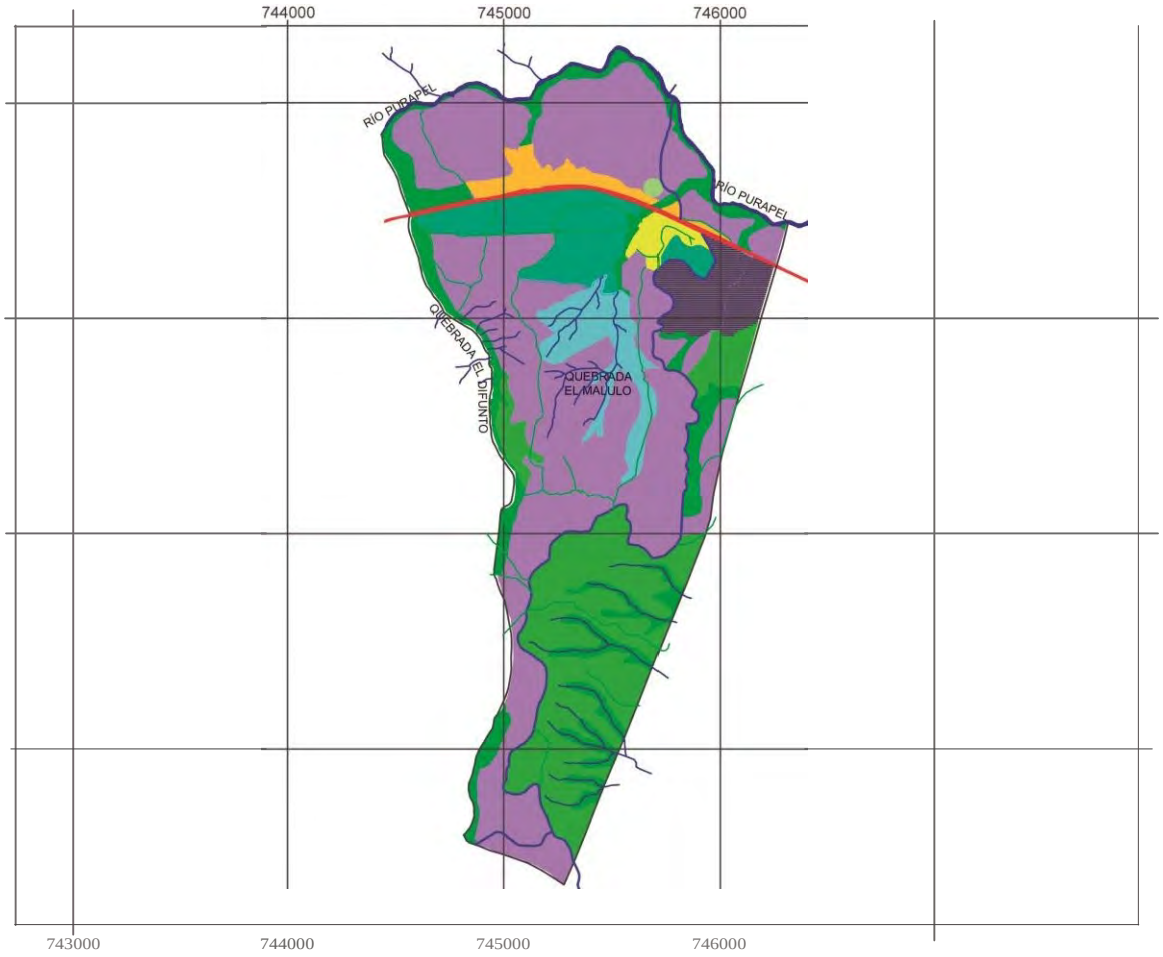
En el predio Pantanillos es posible diferenciar las siguientes Unidades de Paisaje, presentadas en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Unidades de Paisaje identificadas en el Predio Pantanillos (2016) (Figura 16)

| | |
|---|---|
| a. | Plantaciones de pinos adultos |
| b. | Plantaciones de pinos jóvenes |
| c. | Plantaciones de eucaliptos |
| d. | Renovales de hualo *Nothofagus glauca* |
| e. | Bosque nativo en quebradas y cerca de cursos de agua |
| f. | Sector de matorral y pradera |
| g. | Humedal o zona pantanosa |
| h. | Sector de construcciones y jardines ornamentales |

PREDIO PANTANILLOS, REGIÓN DEL MAULE

Unidades de Paisaje




| UNIDADES DE PAISAJE 2016 |
|---|
| Plantaciones de pinos adultos |
| Plantaciones de pinos jóvenes |
| Plantaciones de eucaliptus |
| Renovales de Hualo *Nothofagus glauca* |
| Bosque Nativo en quebradas y cursos de agua |
| Sector con plantas invasoras |
| Humedal o zona pantanosa |
| Sector de construcciones y jardines ornamentales |
| Vegetación mixta |

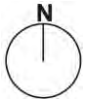



Figura 16. Unidades de Paisaje identificadas en el Predio Pantanillos, 2016

a. Plantaciones de pinos en estado adulto

Dependiendo de la densidad de plantación y del manejo realizado varía la cantidad de luz que ingresa y las posibilidades de crecimiento de otras especies distintas al pino. En aquellos casos en que la densidad es baja, menos de 2.000 árboles/ha, lo que es una forma característica de plantación en la cordillera de la costa, permite el ingreso de la luz (Figura 17) y el crecimiento de algunas especies vegetales del bosque y matorral esclerófilo como quillay (*Quillaja saponaria*), boldo (*Peumus boldus*), litre (*Lithraea caustica),* corcolén (*Azara celastrina*), colliguay (*Colliguaja odorifera*) y mira mira (*Gochnatia foliolosa)* Figura 18 a y b*,* de preferencia en los bordes de caminos. También numerosas geófitas como especies del género Alstroemeria (Figuras 19 a,b y c).

Figura 17. Bosque adulto de baja densidad  Figuras 18 a y b. Mira mira, *Gochnatia foliolosa*

Figuras 19 a, b y c. Especies del género Alstroemeria

b. Plantaciones de pinos jóvenes y terrenos cosechados en forma reciente (Figura 20)

Estas áreas se caracterizan por estar plenamente expuestas al sol y presentar pinos pequeños tanto de crecimiento espontáneo o producto de una plantación, en ambos casos no generan sombra, por tanto, se han activado numerosas especies nativas, muchas de las cuales se encontraban latentes en estado de semilla o como estructura subterránea de reserva (bulbos, cormos, rizomas, tubérculos, raíces tuberosas) También crecen muchos representantes del bosque esclerófilo. Se aprecia que la tendencia natural es la formación de un tipo vegetacional esclerófilo.

En los siguientes cuadros se presentan las especies identificadas en los terrenos octubre 2014 (Cuadro 8) y febrero 2016 (Cuadro 9).

Cuadro 8. Especies identificadas en octubre 2014

| Arbustos | | |
|---|---|---|
| Nombre común | Nombre científico | Distribución |
| Murtilla (Figura 21) | *Ugni molinae* | Región del Maule a Región de Aysén |
| Oreganillo (Figura 22) | *Teucrium bicolor* | Región de Coquimbo a Región de la Araucanía |
| Ñipa (Figura 23) | *Escallonia leucantha* | Región de Coquimbo a Región de Los Lagos |
| Yerba del soldado (Figura 24) | *Azorella spinosa* | Región de Coquimbo a Región de Los Lagos |
| Trepadora | | |
| Sasilla (Figura 25) | *Bomarea salsilla* | Región de Valparaíso a Región de la Araucanía |
| Hierbas | | |
| Viudita (Figura 26) | *Conanthera bifolia* | Región de Valparaíso a Región de la Araucanía |
| Orquídea (Fig. 27) | *Chloraea chrysantha* | Región de Coquimbo a Región de la Araucanía |

Figura 20. Plantaciones de pinos en estado juvenil.

Fig 21. Murtilla, *Ugni molinae*

Fig 22.Oreganillo,*Teucrium bicolor*

Fig 23. Ñipa, *Escallonia leucantha*

Fig 24. *Azorella spinosa*

Fig 25. Salsilla, *Bomarea salsilla*

Fig 26. Viudita, *Conanthera bifolia*

Fig. 27. Orquidea, *Chloraea chrysantha*

Cuadro 9. Especies identificadas en febrero 2016 en bosque recientemente cosechado (Fig 28).

| Arbustos | | |
|---|---|---|
| Nombre común | Nombre científico | Dsitribución |
| Hualo (Figura 29) | *Nothofagus glauca* | Región de O'Higgins a Región del Biobío |
| Corontillo (Figura 30) | *Escallonia pulverulenta* | Región de Coquimbo a Región de la Araucanía |
| Mira mira (Figura 31) | *Gochnatia foliolosa* | Región de Coquimbo a Región de Los Lagos |
| Corcolén (Figura 32) | *Azara celastrina* | Región de Coquimbo a Región del Maule |
| Tabaco del diablo (Figura 33) | *Lobelia tupa* | Región de Valparaíso a Región de Los Lagos |
| Arrayán (Figura 34) | *Luma apiculata* | Región de Valparaíso a Región de Aysén |
| Trepadoras | | |
| (Figura 35) | *Dioscorea brachybotrya* | Región de Valparaíso a Región de la Araucanía |

Figura 28. Área de pinos cosechada en forma reciente

Figura 29. *Nothofagus glauca*

Fig 30. *Escallonia pulverulenta*

Fig 31. *Gochnatia foliolosa*

Fig 32. *Azara celastrina*

Figura 33. *Lobelia tupa*

Figura 34. Arrayán, *Luma apiculata*

Figura 35. *Dioscorea brachybotrya*

c. Plantaciones de *Eucalyptus sp.* (Figura 36)

Existe una baja superficie con este tipo de plantación y se caracteriza porque la biodiversidad bajo la proyección de sus copas es baja, lo que se relaciona con sus características de especie autodominante, lo que sumado a sus altos requerimientos hídricos la convierten en una especie que dificulta la reconversión a bosque nativo.

Figura 36. Plantaciones de *Eucalyptus spp.*

d. Renovales de hualo *Nothofagus glauca (Phil.) Krasser* (Figura 37)

En un amplio sector en el suroeste del predio crece este bosque que corresponde a un bosque maulino degradado con una larga historia de intervenciones. Si bien presenta una estructura diversa en algunos sectores, es un bosque que fue muy utilizado en el pasado con fines de producción de carbón lo que se detecta por la presencia de numerosos hornos semidestruidos.

Una gran amenaza a la supervivencia del bosque la están causando los pinos de siembra espontánea, cuyas semillas llegan desde el entorno inmediato, tanto de las plantaciones del mismo predio como de los predios vecinos. Se observa abundancia de pinos en distintos estados de desarrollo. No ha habido una práctica de control continua en el tiempo, aun cuando existe conciencia del peligro y la gravedad de la situación de parte del administrador.

Figura 37. Renovales de hualo (*Nothofagus glauca*) invadido por pinos.

Durante el año 2015 el hualo, *Nothofagus glauca*, tuvo una gran producción de semillas, lo que se produce cada cierto número de años, situación frecuente en especies de Nothofagus. Esta gran semillación permitió que durante el año 2016 exista una alta población de plántulas en desarrollo bajo el dosel arbóreo.

Diversos autores (Burgos *et al.* 2008), mencionan el carácter ciclico de la semillación de *Nothofagus glauca* señalando además, que la producción de semillas es mayor en bosque continuo que en fragmentos. También la ciclicidad de las semillas afecta su capacidad germinativa (Santelices et al. 2006).

e. Bosque nativo en quebradas y próximo a cursos de agua

Por estar localizado en depresiones del terreno el agua escurre naturalmente y se mantiene más húmedo. Los suelos son más profundos y tienen un mayor contenido de materia orgánica lo que favorece el crecimiento de una flora particular compuesta por especies de altos requerimientos hídricos, tales como: coigues (*Nothofagus dombeyi*), canelos (*Drimys winteri*), pitao (*Pitavia punctata*), lingue (*Persea lingue*), helechos (*Blechnum spp*, *Lophosoria quadripinnata*) (Figuras 38 y 39), copihue (*Lapageria rosea*) (Figura 40).

Figura 38 y 39. Especies asociadas a ambientes húmedos, canelo, junco y helechos

40. Copihues trepan *Nothofagus glauca*

Se identifican zonas de alto valor por biodiversidad, paisaje y protección de los cursos de agua (Figura 41) que se encuentran fuertemente presionados por las especies *Acacia dealbata* y *Acacia melanoxylon* que está formando un muro vegetal denso en ciertos sectores, además de los pinos que se han asilvestrado.

De acuerdo a información del administrador[7] el aromo australiano *Acacia melanoxylon* es la especie invasora que está causando mayores problemas en este tipo de ambientes, alcanza gran altura y masa de follaje, genera sombra y libera muchos frutos y semillas que fácilmente se dispersan, especialmente por canales y cursos de agua.

[7] Hernández 2016. Entrevista personal, febrero 2016

Figura 41. Sectores de alta biodiversidad amenzados por especies exóticas *Pinus radiata* y *Acacia dealbata.*

f. Sector con matorral y pradera

Estos sectores carecen de vegetación arbórea o es muy baja. El suelo está cubierto por hierbas y algunos pocos arbustos dispersos (Figura 42). Son sectores con bajo aporte ambiental y de acuerdo a Hormazábal y González (2016) durante el período 1986-2012 la mayor área quemada total en la región del Maule correspondió a zonas de matorral y pastizal (52 %), seguida de plantaciones (22 %) y bosque nativo (15 %). El combustible de origen de los incendios se asoció principalmente a pastizales. Aun cuando no existen antecedentes de incendios en el Predio Pantanillos (Sánchez 2005), poniendo atención a los incrementos de

temperatura y disminución de las precipitaciones en la zona central del país, las probabilidades de que ocurran incendios se incrementarían.

Figura 42. Sector con matorral y hierbas

43. Chagual, *Puya sp.*

g. Humedal o zona pantanosa

Se identificaron sectores que por las características de suelo o la presencia de napas subterráneas presentan un afloramiento de agua en ciertas épocas del año lo que favorece la presencia de determinadas especies de flora y fauna. Se distinguen las galerías que forman los camarones de río (Figura 44).

Especies vegetales asociadas, como juncos, Petra, *Myrceugenia exsucca* y arrayán, *Luma apiculata* actúan como indicadores de la presencia de agua subterránea superficial (Figura 45).

Figura 44. Construcciones camarones de río  Figura 45. Plantas indicadoras de agua

De acuerdo a la definición propuesta por RAMSAR[8] este tipo de situaciones de aguas temporales corresponde a humedal.

La Convención aplica una definición amplia de los humedales, que "*abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios y salinas"*. Para el caso de estudio correspondería a una condición de pantano, lo que hace alusión al nombre por la que esta localidad es conocida "Pantanillos".

Los humedales son unidades del paisaje terrestre caracterizadas por la acumulación de agua edáfica o por afloramiento de napas freáticas (Ramírez *et al.* 2014)

[8] http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convenci%C3%B3n-de-ramsar-y-su-misi%C3%B3n

Los humedales figuran entre los medios más productivos, albergan una alta diversidad biológica y a la vez son fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir, se incluyen aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados. Son a la vez considerados importantes depósitos de material genético vegetal. Razones suficientes para que se tomen medidas para su conservación, así lo demuestran las *Estrategías de Conservación de Humedales*[9] existenes a nivel nacional y también para algunas regiones.

h) Sector de construcciones y jardines ornamentales

Hay un camino ripiado principal que recorre gran parte del predio de norte a sur comunicando la carretera San Javier – Constitución con los predios vecinos en su límite sur. El sector desde la carretera al norte también cuenta con dos caminos ripiados. Además, hay numerosos caminos de tierra de trayectos más cortos.

Cuenta con un vivero (Figura 46) para producción de plantas forestales para uso de los predios Pantanillos y Las Brisas. De acuerdo a antecedentes proporcionados por el administrador[10] el vivero produce 50.000 plantas de *Pinus radiata* por temporada (octubre a agosto). Se reproducen unas pocas especies nativas (Figura 47), sin embargo, la diversidad es baja y no se utilizan para un plan de restauración definido. Además, las instalaciones del vivero son ocupadas por trabajadores de CONAF que utilizan los recintos para mantener y hacer crecer árboles para el programa de arborización urbana.

CONAF utiliza los terrenos y el agua del predio. El administrador[11] hace referencia que en un principio existía un acuerdo de aporte por parte de CONAF de mano de obra para los trabajos en el Predio lo que se perdió con el tiempo. En el vivero de CONAF trabajan 15 personas, la mayoría mujeres que realizan turnos, todas contratadas por dicha entidad.

---

[9] http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf

[10] Hernández, 2016. Entrevista personal.

[11] Hernández, 2016. Entrevista personal.

En relación a la infraestructura habitacional, se dispone de una casa para profesores, una para alumnos, dos casas para los trabajadores, una bodega y un casino con instalaciones para su funcionamiento (Figura 48).

Entre medio de la infraestructura habitacional hay jardines ornamentales y el arboreto con una alta diversidad de especies con fines educativos. Las plantaciones no han seguido un plan maestro o proyecto de diseño y desde esa perspectiva no se ha logrado una buena representación ecosistémica de la vegetación ni un buen aprovechamiento del espacio.

Figura 46. Instalaciones de vivero

Fig. 47. Reproducción de especies nativas

Figura 48. Infraestructura habitacional

*1.2.6 Especies invasoras*

Se entiende por especie invasora aquellas especies naturalizadas que se reproducen en grandes cantidades y que tienen el potencial de propagarse en un área considerable ocupando hábitat naturales (Quiroz *et al.* 2014)

Se identificaron varias plantas introducidas (Cuadro 10) que se han transformado en plantas invasoras y se encuentran compitiendo con la flora nativa, por espacio, luz, agua y nutrientes. Se encuentran muy favorecidos por una alta producción de frutos y semillas de fácil dispersión.

El conejo (*Orictolagus cuniculus*) es un animal invasor que causa daño al comer plantas nuevas y dañar la corteza de los árboles en crecimiento.

Cuadro 10. Lista de especies vegetales exóticas invasoras identificadas en el Predio Pantanillos (2016)

| Nombre común | Nombre científico | Propagación |
|---|---|---|
| Aromo del país | *Acacia dealbata* | Semillas transportadas por el agua, actividad humana y en menor medida aves y mamíferos (Quiroz *et al* 2014) |
| Aromo australiano<br>Figura 49 y 50 | *Acacia melanoxylon* | Semillas.<br>Los frutos y semillas son transportados por el agua (observación en terreno). |
| Pino | *Pinus radiata* | Al interior de los parches de bosque nativo crecen pinos producto de la dispersión natural de semillas desde las plantaciones del entorno. |
| Retamilla | *Teline monspessulana* | Los frutos se abren en forma explosiva y expulsan semillas hasta 4m de distancia. Las semillas son dispersadas por hormigas, aves y otros animales. Además, pueden ser transportadas por agua, vehículos y maquinarias. (Quiroz et al. 2014) |
| Zarzamora | *Rubus ulmifolius* | Por semillas y tallos laterales (Quiroz *et al.* 2014) |
| Rosa mosqueta | *Rosa rubiginosa* | Por semillas que son propagadas en frutos a través de la ingesta por animales (principalmente aves). (Quiroz et al. 2014) |

Figuras 49 y 50. Frutos y semillas de *Acacia melanoxylon* en el árbol y cursos de agua

## 1.3 Conclusiones diagnóstico Predio Pantanillos

1. El Predio Pantanillos se encuentra inserto en un paisaje productivo en que existe un predominio de plantaciones de la especie *Pinus radiata.* Las características vegetacionales existentes en el predio son similares a las del entorno. Los fragmentos de bosque nativo se encuentran en algunos casos conectados a escala predial e interpredial a través de las quebradas que recorren el territorio.
2. El bosque maulino existente en el Predio Pantanillos corresponde principalmente a renoval de hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser) y bosque de quebradas los que se encuentran severamente amenazados. Si las amenazas actuales se mantienen el bosque se continuará degradando hasta llegar a perder los servicios ecosistémicos que normalmente ha provisto.
3. La principal amenaza son las especies arbóreas invasoras, aromos (*Acacia dealbata, Acacia melanoxylon*) en las quebradas y bordes de cursos de agua y los pinos (*Pinus radiata*) en los parches de bosque nativo localizados en diversos puntos.
4. Se identificaron ocho unidades de paisaje que incluyen: renovales de hualo (*Nothofagus glauca*), vegetación nativa de quebradas, plantaciones de pinos adultos, plantaciones de pinos jóvenes, plantaciones de eucaliptos, sector cubierto con matorral y hierbas, área pantanosa y sector de construcciones, vivero y jardines ornamentales.
5. Los renovales de hualo y parches de bosque nativo que se conservan en buenas condiciones son muy escasos, sin embargo, albergan una alta biodiversidad de flora y fauna en que se incluyen especies amenzadas como el pitao (*Pitavia punctata*).
6. En las áreas de plantaciones de pinos juveniles, o recientemente cosechados, en los bordes de caminos y en plantaciones de baja densidad se establecen especies del bosque esclerófilo, especialmente: quillay (*Quillaja saponaria*), boldo (*Peumus boldus*), litre (*Lithraea caustica*), corcolén (*Azara celastrina*), mira mira (*Gochnatia foliosa*), tabaco del diablo (*Lobelia tupa*), murtilla (*Ugni molinae*); además, abundancia de geófitas como alstroemerias y orquídeas, lo que refleja la capacidad de recuperación natural del ecosistema hacia una condición de bosque y matorral esclerófilo.
7. El suelo puede llegar a ser un factor limitante para el crecimiento de las plantas como consecuencia de una historia de sobrexplotación de los recursos. A su vez las medidas de manejo de las cosechas forestales han demostrado tener incidencia en la pérdida de suelo por erosión. El mejoramiento del suelo es un factor a tener en cuenta para lograr restituir el bosque maulino.

8. Los fragmentos de bosque nativo que se mantienen en el Predio aportan con hábitat para una fauna con requerimientos específicos, incluyendo especies que se encuentran en categoría de amenaza o son escasas. Las especies más generalistas han logrado establecerse en las áreas de plantaciones de acuerdo a antecedentes de estudios realizados en aves, roedores y artrópodos en el Predio.
9. Los bosques de *Eucalyptus sp*. permiten una baja biodiversidad y por los efectos que provoca la especie en el suelo se esperarían mayores dificultades para restaurar el bosque maulino que para el caso de los terrenos con plantaciones de pino.
10. Las zonas de matorral y praderas son escasas, sin embargo por la alta cantidad de combustible proporcionada por los pastos secos, se deberían fomentar las plantaciones tendientes a densificar los matorrales, disminuyendo el área de pastos. También establecer las formas de prevención de incendios.
11. La disponibilidad de agua para el uso humano directo como para el riego dependen del agua subterránea, proveniente de la quebrada El Malulo, recurso que es limitante en el período estival y que teniendo en cuenta los efectos del cambio climático éstos podrían llegar a ser más dramáticos. Habría que evaluar otras formas de abastecimiento de agua y el diseño e implementación de sistemas de riego para las futuras plantaciones con fines de restauración del bosque maulino.
12. Las medidas propuestas en la memoría de Márquez 1992 con fines de conservación de la naturaleza (plantaciones y eliminación de pinos en sitios en que existen cursos de agua superficial y/o subterránea) no se han realizado a la fecha, al menos en forma continua como parte de un plan de manejo y son altamente necesarias.
13. La zona pantanosa, por la singularidad del paisaje y de la diversidad biológica que alberga, debería ser estudiada, protegida y evitar su degradación por efecto de las plantaciones y la invasión de especies exóticas.
14. La zona de jardines ornamentales y arboretum no se encuentran plenamente aprovechados en términos del aporte paisajístico, posibilidades de uso del espacio y recreación de los ecosistemas más característicos de este tipo de bosques. Aunque es necesario destacar, que existe un arboretum con especies nativas que plantan los estudiantes en las Prácticas, que son una valiosa herramienta de enseñanza-aprendizaje.

## 2. Temas y preguntas que aborda la ecología de la restauración en ambientes forestales

Para cumplir el objetivo específico 2, *Seleccionar temas y preguntas relevantes que aborda actualmente la ecología de restauración en ambientes forestales templados.*

Se seleccionó la revista especializada “Restoration ecology” y la busqueda se realizó incorporando las palabras “forest” o “woodland”. En total fueron 604 las publicaciones obtenidas con este criterio, entre los años 1995 y 2016. De éstas se seleccionaron 443, al excluirse aquellas investigaciones realizadas en ecosistemas muy diferentes al bosque templado, tales como: turberas, manglares, ambientes acuáticos, ambientes muy fríos, islas y bosques tropicales.

En relación al número de investigaciones se observa un incremento con el paso de los años (sin considerar el año 2016 que incluye algunos meses solamente) Figura 51.

Figura 51. Tendencia de publicaciones con palabras claves “forest” o “woodland”

En en Cuadro 11 se presentan los temas y el número de investigaciones que entregó la revisión por orden de mayor a menor frecuencia. En la Figura 52 un diagrama explica las relaciones detectadas entre los diferentes factores que inciden en la restauración ecológica de bosques.

Figura 52. Relaciones entre los factores que inciden en la restauración

Cuadro 11.Líneas temáticas tratadas en restauración de bosques, en base a revista Restoration ecology (período 1995-2016). La clasificación se realizó identificando el tema principal de la publicación ya que había algunas que abordaban 2 o más temas.

| Temas de investigación | Cantidad de publicaciones |
|---|---|
| Línea temática 1. Planificación | |
| • Modelos y referentes | 24 |
| • Factores que inciden | 29 |
| • Medidas pasivas y activas | 29 |
| • Indicadores | 26 |
| • Críticas al enfoque de restauración | 1 |
| Total | **109 (24.6%)** |

| | |
|---|---|
| Línea temática 2. Manejo de flora y vegetación | |
| a. Recuperación de la flora y vegetación | |
| • Estado de recuperación | 16 |
| b. Manejo de plantas invasoras | |
| • Establecimiento y efectos en el lugar | 14 |
| • Medidas de control | 15 |
| c. Reproducción de plantas | |
| • Colecta de semillas y germinación | 13 |
| • Banco de semillas | 8 |
| • Dispersión de semillas | 9 |
| • Especies nodrizas | 3 |
| • Tratamientos de propagación | 6 |
| Total | **84 (18.96%)** |
| Línea temática 3. Manejo de factores edáficos | |
| • Propiedades del suelo | 22 |
| • Organismos del suelo y hongos micorrícicos | 11 |
| • Mejoramiento de suelos | 23 |
| • Microtopografía | 6 |
| Total | **62 (14%)** |
| Línea temática 4. Manejo de la fauna | |
| • Atractores para la fauna | 9 |
| • Respuesta de la fauna | 22 |
| • Rol de los invertebrados | 14 |
| • Calidad de habitat | 4 |
| • Polinizadores | 3 |
| • Animales invasores | 3 |
| • Herbívoría | 4 |
| Total | **59 (13.32%)** |
| Línea temática 5. Integración al Paisaje | |
| • El Paisaje, influencia del entorno | 21 |
| • Historia y datos del lugar | 12 |

| | |
|---|---|
| Total | **33 (7.45%)** |
| Línea temática 6. El agua y el manejo de cuencas | |
| • Resultados restauración | 20 |
| • Conservación de humedales | 5 |
| Toatl | **25 (5.64%)** |
| Línea temática 7. La sociedad | |
| • Actores involucrados | 6 |
| • Normas, regulaciones e incentivos | 11 |
| • Investigación | 3 |
| Total | **20 (4.51%)** |
| Línea temática 8. Uso del Fuego | **19 (4.29%)** |
| | |
| Línea temática 9. Consideraciones del clima | |
| • Factores climáticos | 10 |
| • Cambio climático | 5 |
| Total | **15 (3.39%)** |
| Línea temática 10. Ambientes urbanos | **7 (1.58%)** |
| | |
| Línea temática 11. Otros estudios | |
| • Diversidad genética | 3 |
| • Balance de carbono | 1 |
| • Estudios fisiológicos | 2 |
| Total | **6 (1.35%)** |
| Línea temática 12. Influencias de las carreteras | **4 (0.9%)** |

2.1 Línea temática 1. Planificación

El tema más frecuente (24.6%) es el que trata todas las etapas que se requieren para realizar restauración, desde la discusión teórica con base en la ecología de la restauración, como también la planificación, gestión y acciones a aplicar. Hay interés por comprender los procesos, identificar los factores relevantes que inciden en distintos ambientes, se busca distinguir los aportes que realiza cada factor. Se establecen los referentes o modelos que guiarán el proceso para así establecer las metodologías y técnicas más apropiadas a aplicar para cada caso en particular, para finalmente poder medir después de diferentes períodos de tiempo los efectos de esos procedimientos a través de indicadores. (Se cita exclusivamente el nombre del primer autor, mayor información en Anexo 2)

| Temas y preguntas frecuentes |
|---|
| Modelos y referentes de restauración |
| - ¿Es necesario tener objetivos flexibles para la restauración y no basados en precedentes históricos? ¿Es importante generar modelos de restauración de acuerdo a cada caso y utilizar la gestión adaptativa? (Temperton, 2014)<br>- ¿Hay distintos enfoques de como restaurar? ¿Cuáles son más efectivos? ¿Aquellos muy bien planificados y con diseños experimentales bien desarrollados o aquellos que buscan solucionar en forma rápida los problemas existentes? (Murcia, 2014)<br>- Los datos históricos ¿Aportan información relevante de referencia con fines de establecer escenarios de restauración? (Whipple, 2011)<br>- Los modelos de sucesión ¿Pueden ser útiles en la rehabilitación de suelos de la minería para predecir si los sitios se están desarrollando a lo largo de la trayectoria deseada hacia el objetivo de rehabilitación? (Grant, 2006)<br>- Una planificación de la restauración ¿Requiere un análisis para priorizar los lugares a intervenir con la participación de expertos, identificación de las variables y entregando peso a cada una de ellas? (Cipollini, 2005) |
| Factores que inciden en la restauración |
| - ¿Qué factores inciden en el establecimiento de plantulas en el sotobosque, es la dispersión de las semillas, o la competencia de luz del sotobosque? (Brudvig, 2011)<br>- ¿Qué factores (tipo de especie arbórea, plantaciones nativas, exóticas, mixtas, disponibilidad de luz, nutrientes y humedad en el suelo) afectan la regeneración del sotobosque? (Duan, 2010) |

| |
|---|
| - ¿Cuáles son los factores (características del suelo, plantación bajo arbustos, adición de agua) que favorecen el establecimiento de plántulas en ecotono? (Myster, 2009) |
| Medidas de restauración pasivas y activas |
| - ¿ Cuáles son los costos directos e indirectos de aplicar técnicas de restauración pasivas? Considerando el mayor tiempo requerido para que el ecosistema de resupere, los costos en cercas y vigilancia. (Zahawi, 2014)<br>- ¿Cuál es la efectividad de la revegetación pasiva (banco natural de semillas y dispersión) para la restauración? (De Steven, 2006)<br>- ¿Es recomendable el uso de flora exótica con fines de restaurar y proveer hábitat a la fauna en un ecosistema degradado? ¿Es posible que ciertas especies vegetales exóticas en etapas tempranas de restauración sean un aporte mientras crecen las especies nativas? (Gerard, 2015)<br>- ¿Es posible diferenciar las metodologías de restauración según las especies involucradas? ¿Hay especies que se pueden regenerar de manera pasiva y hay otras que requieren de medidas de restauración activas? ¿Los objetivos de restauración deben guiar la selección de los métodos a aplicar? (Meli, 2013)<br>- ¿Las medidas de restauración activas (arar el suelo, eliminación de hierbas, adición de residuos de los bosques, la siembra, y las plántulas de vivero) mejoran la regeneración de los bosques? (Sampaio, 2007)<br>- ¿Cuáles son los pro y contra de la colonización asistida con fines de conservar o restaurar la biodiversidad? ¿Cuál es la relevancia de las especies claves (keystone) que aseguran la integridad del ecosistema? (Kreyling, 2011) |
| Establecer Indicadores de restauración |
| - ¿Es la composición de especies un buen atributo de restauración? ¿La resiliencia y el funcionamiento del ecosistema son buenos indicadores de restauración? (Reid, 2015)<br>- ¿Es la riqueza un buen indicador del funcionamiento del ecosistema restaurado? (Durigan, 2015)<br>- ¿Una metodología de seguimiento de la vegetación en un ambiente restaurado se constituye en un buen indicador del estado?¿Es necesario contar con indicadores de medición de la restauración? (Poulin, 2013)<br>- ¿Las arañas y otros artrópodos sirven como indicadores en la restauración de bosques? (Willett, 2001)<br>- ¿Es posible cuantificar los resultados de la restauración a través del uso datos de |

| |
|---|
| satélite que dan cuenta de los cambios en la cubierta vegetal? (Shoo, 2013)<br>- ¿La riqueza y composición de especies de hormigas varían de acuerdo con la técnica de revegetación y el número de especies se incrementa con los recursos? (Ribas, 2012)<br>- ¿Cuáles son los atributos del ecosistema que se deben considerar al evaluar el éxito de la restauración? (Ruiz-Jaen, 2005)<br>- ¿La recuperación de la fauna de artrópodos nativa sirve como indicador de restauración de un ecosistema? (Longcore, 2003)<br>- ¿Qué se espera del éxito de una retauración ecológica? ¿Al recuperar las funciones ecológicas se lograría el éxito? (Stanturf, 2001) |

2.2 Línea temática 2. Manejo de flora y vegetación

Este tema es el segundo en importancia en el número de publicaciones. Se distinguen tres líneas de investigación principales, la primera es la recuperación de la flora y vegetación, la segunda manejo de plantas invasoras y la tercera reproducción de plantas. En conjunto aportan con un 18.96% de las publicaciones.

En la recuperación de la flora y vegetación, el tiempo es una variable importante al momento de evaluar y se realizan comparaciones entre estrategias de intervención. Se entrega atención también a lo que ocurre en el sotobosque incluyendo otros grupos de seres vivos como líquenes y briofitos. Un porcentaje importante de estudios aborda el conocimiento de las plantas invasoras, sus efectos y medidas de control. Interesa identificar los factores que influyen en su establecimiento y a la vez los cambios que ocasionan en el suelo. (Fuente investigaciones en Anexo 3)

| Temas y preguntas frecuentes |
|---|
| Recuperación de la flora y vegetación |
| - ¿Es importante medir la complejidad horizontal de los bosques? ¿El uso de imágenes satelitales ayuda a medir la complejidad de los bosques? ¿Un bosque más complejo aporta mayores servicios ecosistémicos? (Dickinson, 2016)<br>- ¿Cómo cambia la vegetación con los años de restauración? ¿Se asemeja más a la |

| |
|---|
| vegetación de referencia? ¿Es posible tener una mejor comprensión de los procesos de sucesión? (Norman, 2006)<br>- ¿Cómo es la estructura y composición de las comunidades vegetales de tres estados del bosque: plantado, regenerado de manera natural, y maduro? (Shear, 1996)<br>- ¿En qué medida, líquenes y briofitas están presentes en sustratos de tierras con forestaciones de diferentes edades? (Lohmus, 2008)<br>- En el estudio de un pasto que aporta en la funcionalidad y estructura del ecosistema se plantea ¿Cuál es la densidad de plantación de los adultos y la cubierta de las copas de los árboles y sus efectos en el establecimiento y la reproducción del pasto? (Mulligan, 2002) |
| Plantas invasoras. Establecimiento y efectos en el lugar |
| - ¿Basta con eliminar las plantas invasoras para que ocurra recolonización y se recupere un bosque invadido?¿Qué factores influyen para que las plantas invasoras se establezcan? ¿De qué manera influye la fragmentación del habitat en las invasiones de plantas? (Bauer, 2016)<br>- ¿Qué consecuencias puede tener la eliminación de especies invasoras en la estabilidad del hábitat, en el suelo y en la composición vegetal? (Leege, 2014)<br>- ¿La presión de especies vegetales que reinvaden depende especialmente de la abundancia de propagulos y la disponibilidad espacio-temporal (períodos de tiempo variable) que permiten el establecimiento de los propagulos? ¿Qué factores bióticos y abióticos influyen en la reinvasión? (Leege, 2014)<br>- ¿Cuál es la incidencia de los caminos en la dispersión de malezas en sitios de restauración de bosques?¿Deben ser consideradas las carreteras al evaluar el potencial de invasión y propagación de plantas exóticas después de los tratamientos de restauración forestal? (Birdsall, 2012)<br>- ¿Cuál es la efectividad de las prácticas de mitigación que reduzcan nitrógeno disponible en suelos, en sitios invadidos por especies exóticas fijadoras de nitrógeno? (Malcolm, 2008) |
| Control de plantas invasoras |
| - ¿Qué aspectos de la ecología (ciclo de vida, polinización, fecundación, dispersión de semillas, reclutamiento de plántulas) de una especie invasora podrían ser útiles en el control de su propagación en los bosques nativos? (Anderson, 1996)<br>- ¿Cuáles son los efectos estacionales de cuatro métodos de control (corte, eliminación |

| |
|---|
| mecánica, herbicidas) de una especie invasora y las respuestas iniciales de las plantas del sotobosque? (Love, 2009)<br>- ¿Cuál es la respuesta a la aplicación de varios tratamientos de herbicidas en diferentes épocas para controlar especie invasora en bosque? (Flory, 2010)<br>- ¿Cuál es la efectividad de controlar una hierba invasora a través de la plantación de una hierba nativa en altas densidades? (Murphy, 2005) |
| Reproducción de plantas. Colecta de semillas y germinación |
| - ¿Cuánto influye la densidad del bosque en la germinación de semillas que vienen del entorno? ¿Las características del suelo influyen en la germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas? (Bertacchi, 2016)<br>- ¿El uso de semillas de plantas nativas de origen local para restaurar un sitio genera mejores resultados que si son provenientes de otras localidades? ¿Es imprescindible mantener este requisito característico de los proyectos de restauración considerando el cambio climático y fragmentación del habitat? (Hancock, 2013)<br>- ¿Cuánto se puede extender la superficie de colecta de semillas con fines de obtener material de propagación con fines de restauración de una especie manteniendo las características genéticas de la población?¿La identificación de ciertos rasgos genéticos son necesarios para comparar y diferenciar poblaciones? (Stingemore, 2013)<br>- ¿La siembra de pequeños parches bajo la protección de la vegetación del sotobosque beneficia el establecimiento de plántulas de ciprés, al reducir el estrés de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua? (Urretavizcaya, 2012) |
| Banco de semillas |
| - ¿Cuál es la riqueza y composición del banco de semillas de un lugar que interesa restaurar?¿es el banco de semillas capaz de regenerar el bosque nativo existente? (Skowronek, 2014)<br>- ¿Cuáles son las diferencias que se pueden encontrar entre bancos de semillas de distinto origen (paisaje de referencia y otro tipo de paisaje)? (Andreu, 2009)<br>- ¿Cuál es el papel de los bancos de semillas del suelo en la restauración natural y la restaurada a través de siembra en ecosistemas degradados? (Liu, 2009) |
| Dispersión de semillas |
| - ¿El consumo de semillas por roedores es la causa de un bajo reclutamiento de plántulas? ¿ la adición de semillas atractivas (diversionary foods) para ciertos roedores |

| |
|---|
| ayuda a incrementar el reclutamiento de plántulas de una especie consumida por los roedores y que se desea restaurar? (Longland, 2013 )<br>- ¿Es la dispersión natural de semillas una limitante para el establecimiento de las especies y la restauración del ecosistema degradado?¿qué efectos tiene la distancia al bosque y la presencia de arbustos? (Battaglia, 2008) |
| Especies nodrizas |
| - ¿Cuáles son los efectos de los árboles nodrizas de rápido crecimiento en el establecimiento de otras especies bajo el dosel? (Lof, 2014) |
| Técnicas de propagación |
| - ¿Cuál es la respuesta de semillas de *Nothofagus alessandri* a diferentes tratamientos de pre-germinación, épocas de siembra y fertilizantes de liberación lenta? (Santelices, 2011)<br>- Para el restablecimiento del bosque seco del Caribe ¿cuáles técnicas de propagación (propágulos: semillas, plántulas y esquejes enraizados) resultaron más efectivas? (Ray, 1995) |

2.3 Línea temática 3. Manejo de los factores edáficos

Los factores edáficos, fueron el foco de 62 publicaciones (14%). Las propiedades del suelo y la recuperación de los suelos concentran la mayor preocupación. Se hace la distinción entre los efectos que tiene la restauración en el mejoramiento de suelos, así como la incidencia de las características fisicas, químicas y biológicas de un suelo en las respuestas para la recuperación de un ecosistema.

Un problema que concentra alta atención es la restauración de suelos en sitios donde se explotaron minas. La creación de microtopografía es tratado en forma particular en 6 publicaciones. (Fuente investigaciones en Anexo 4)

| Temas y preguntas frecuentes |
|---|
| Propiedades del suelo |
| - ¿Hay variabilidad de respuestas a la restauración de acuerdo al sitio, considerando el material parental, la exclusión del ganado y la adición de humus al suelo? (Abella, 2015) |

- ¿Cuáles son las características de los suelos y la vegetación de una zona forestada versus un área que se ha dejado sin intervenir y un campo agrícola? (Jiao, 2012)
- ¿Cuáles son los efectos de especies vegetales en el ciclo del nitrógeno del suelo, en la mineralización y lixiviación de nitrógeno en las primeras etapas de reforestación de un bosque? (Wang, 2010)
- ¿Cuáles son los efectos en el suelo (características químicas y parámetros microbianos) de 2 alternativas de tratamientos de control de densidad del bosque mixto (corte de árboles) con fines de restauración de una especie? (Miesel, 2009)
- ¿Cuál es la influencia de los tipos de suelo (suelo franco arenoso, limo, limo y arcilla) en la mortalidad de plántulas en el primer año de restauración de un ecosistema de ribera? (Bhattacharjee, 2008)
- ¿Cuál es la utilidad del uso de los mapas de suelos calibrados a la clase de drenaje y la aparición de vegetación nativa, en la selección de las especies con fines de lograr una restauración exitosa? (Grimley, 2008)
- ¿Cuáles son los cambios en las propiedades de los suelos (densidad aparente, materia orgánica, niveles de C y N) después de 55 años de bosque secundario? (Maloney, 2008)
- ¿Cómo afecta la disposición de montones de ramas en los parches de vegetación en las propiedades de los suelos (contenidos de C, N, temperatura, capacidad de infiltración de agua) y en las poblaciones de fauna? (Tongway, 1995)

Organismos del suelo y hongos micorrícicos

- ¿Es efectiva la inoculación de hongos para formar micorrizas en el establecimiento de árboles en suelo de cenizas? (Sykorova, 2016)
- ¿Es ventajoso inocular los hongos para que colonicen las raíces y formen micorrizas? ¿la presencia de micorrizas mejora el establecimiento de especies vegetales en sitios a restaurar? ¿hay diferencias entre la fuente del inóculo, ya sean nativos o adquiridos comercialmente? ¿permanece el efecto beneficioso con el paso de los años? (Maltz, 2015)
- ¿Los hongos micorrícicos arbusculares contribuyen a la estabilidad y establecimiento de las plantas en un área perturbada?( Carrillo-Garcia, 1999)

Mejoramiento de suelos

- ¿Cuáles son los efectos de distintos sustitutos del suelo superficial en el establecimiento de la vegetación en un sitio degradado? (Sena, 2015)

| |
|---|
| - ¿Que estrategias ecológicas (uso de gel para retener agua, fertilizantes minerales, adición de residuos orgánicos o de arcilla) son recomendables para acelerar la regeneración de plantas en suelos de cantera de mala calidad? (Williamson, 2011)<br>- ¿La aplicación de la capa superior del suelo con el banco de semiillas de un bosque podría aumentar la diversidad vegetal y ayudar al reestablecimiento de especies nativas en sitios a restaurar? (Hall, 2010)<br>- ¿Cuál es el riesgo de fertilizar en relación al incremento de malezas? (Nussbaumer, 2016 ) |
| Microtopografía |
| - ¿Cuáles son los efectos de los micrositios (contorno de la superficie y tipo de sustrato) en la germinación de semillas? (Schott, 2014)<br>- ¿La creación de una alta heterogeneidad topográfica en el momento de la recuperación acelera la sucesión ecológica y promueve una mayor diversidad de la comunidad vegetal? (Gilland, 2014)<br>- ¿Influyen los tratamientos de suelo y creación de microtopografia en el desarrollo temprano de las comunidades vegetales pioneras y más tarde de sucesión introducidas en la restauración del bosque? (Simmons, 2012) |

2.4 Línea temática 4. Manejo de la fauna

Un total de 59 publicaciones (13.32%) están dedicadas a temas relacionados con la fauna, dejando ver que la mirada en restauración ecológica no debe estar centrada exclusivamente en la vegetación, sino que también, en diversas especies de fauna que influyen y benefician los procesos de recuperación de la flora y el ecosistema. Por lo tanto son recomendables medidas que estimulen su llegada a un ecosistema que se está restaurando. También quedan expuestos los cambios que se van produciendo en composición y abundancia de especies con el paso de los años de restauración. Se presta especial atención al comportamiento de las aves e invertebrados. Las preferencias de hábitat y el rol de los polinizadores también son aspectos considerados. En forma adicional se incluyen los efectos negativos que pueden ejercer ciertos grupos de animales invasores o bien herbívoros que afectan el establecimiento de la flora que se desea volver a instaurar. (Fuente investigaciones en Anexo 5)

| Temas y preguntas |
| --- |
| Atractores para la fauna |
| - En la planificación de una restauración ecológica ¿basta con concentrar la atención en la vegetación? o ¿Son necesarias otras consideraciones para atraer la fauna? (Fraser, 2015)<br>- ¿De que manera influye la edad de los árboles en la colonización por parte de las aves? ¿Es importante la distribución y el paisaje que se genera en la colonización de las aves? (Dias, 2016)<br>- ¿Qué efectividad tiene el uso de perchas para atraer a los dispersores de semillas y la influencia de la vegetación pionera y la fertilización del suelo en la colonización de especies leñosas en una zona degradada? (Zanini, 2005)<br>- ¿Las cajas nidos para la fauna reemplazan a los árboles viejos con cavidades? ¿En qué casos puede ser beneficioso el uso de cajas nidos? ¿Qué tipo de fauna usan las cajas nidos? (Lindenmayer, 2016)<br>- ¿Cuál es la eficacia en la creación de microhábitat con restos de troncos y otras partes vegetales para atraer a la fauna, en particular un lagarto muy escaso en bosques restaurados? (Christie, 2012) |
| Respuesta de la fauna |
| - ¿Como afectan las medidas de restauración activa o pasiva en la alimentación y comportamiento de aves insectivoras? (Morrison, 2011)<br>- ¿Cuál es la respuesta de réptiles y anfibios a la restauración de bosques de pino mantenidos por el fuego? (Perry, 2009)<br>- ¿Cómo se distribuyen las aves según se trate de una plantación forestal o un bosque nativo? (Lopes, 2015)<br>- ¿Hay diferencias en la riqueza, abundancia, composición de especies según se trate de bosque nativo o plantación forestal de diferentes edades?¿Cómo se comportan frente a la fragmentación? (Lopes, 2015)<br>- ¿Cómo se relaciona la riqueza de aves de un sitio restaurado con la estructura vegetal del sitio y el contexto paisajístico?¿Tiene efecto en las aves la distancia del lugar de restauración con el bosque nativo? (Gould, 2015)<br>- ¿Cómo cambia la estructura y composición de las aves frente a cambios en la densidad de un árbol (Juniperus virginiana)? (Frost, 2011) |

| Rol de los Invertebrados |
| --- |
| - ¿Cómo es la diversidad de escarabajos del suelo (Coleoptera: Carabidae) en los bosques reforestados, pastizales y campos de cultivo? (Liu, 2012)<br>- ¿Cuál es la respuesta de las hormigas (diversidad) y su remoción de semillas en diferentes áreas de rehabilitación de mina de carbón? (Dominguez-Haydar, 2011)<br>- ¿La sucesión de bosques pone en peligro la fauna de hormigas en categoría de amenaza que habitan canteras abandonadas? (Dekoninck, 2010)<br>- ¿Cuál es el papel de los invertebrados en la creación de macroporos y el mejoramiento de infiltración del suelo agua en sitios restaurados? (Colloff, 2010)<br>- ¿Los tratamientos de restauración de pino ponderosa aumentarían la riqueza de especies y abundancia de mariposas adultas como consecuencia directa del aumento de la diversidad y la abundancia de sotobosque? (Waltz, 2004)<br>- ¿ Cuál es la respuesta inicial de las mariposas a una reducción de la masa arbórea y la adición de una capa acolchado como tratamiento de restauración de un bosque de pino- junípero degradada? (Kleintjes, 2004) |
| Calidad de Hábitat |
| - ¿Cuáles son las consideraciones espaciales (contexto del paisaje, disposición de los elementos) y temporales en la restauración de hábitat para la fauna? ¿Cuáles son los elementos del hábitat necesarios para una especie en particular? (George, 2001)<br>- ¿Es posible recuperar las poblaciones de alce en libertad a través de la translocación de las poblaciones?¿Qué características de sitio de liberación tienen mayor probabilidad de éxito en la reintroducción? (Larkin, 2004) |
| Polinizadores |
| - ¿Se produce una restitución de servicios de las aves polinizadoras en ambientes restaurados? ¿Las plantas en ambientes restaurados logran reproducirse normalmente? (Frick, 2014)<br>- ¿Cuál es el comportamiento de las comunidades de abejas (polinizadores) en sitios restaurados comparado con sitios de referencia en bosques de ribera? (Garcia-Robledo, 2010) |
| Animales invasores |
| - ¿Cuál es el impacto de la perturbación por los conejos en las plantas y los suelos a lo largo de un gradiente desde el centro de madrigueras destruidas en un arbolado semiárido de Australia? (Eldridge, 2006) |

| Herbivoría |
| --- |
| - ¿Tiene efectos la herbivoría en el establecimiento de especies con fines de restauración? ¿afecta la herbivoría a todas las especies por igual o existen algunas que son preferidas y por tanto habría una selección? (Dalgleish, 2015)<br>- ¿Cuál es la acción de herbívoros (ciervo) en la composición y el desarrollo de la masa forestal? (Ruzicka, 2010) |

2.5 Línea temática 5. Integración al paisaje

Un total de 33 publicaciones (7.45%) dejan ver que no basta con considerar el sitio a restaurar en forma exclusiva, sino que se debe conocer el entorno y el paisaje en el cual se inserta éste, además de recopilar datos de la historia que ayuden a la comprensión del ecosistema y a poder priorizar la restauración de determinadas áreas que contribuyan a mejorar la conectividad y generar la cantidad de habitat necesaria para ciertas especies. (Fuente investigaciones en Anexo 6)

| Temas y preguntas |
| --- |
| El Paisaje e influencia del entorno |
| - ¿Es importante considerar el contexto del paisaje en la planificación de las acciones de restauración? ¿Aspectos como la cantidad de hábitat y conectividad son importantes para inferir la capacidad de recuperación del paisaje y para establecer las áreas prioritarias para la restauración? (Tambosi, 2014)<br>- ¿Es necesaria la comprensión de la distribución de especies en múltiples escalas espaciales para mejorar el éxito de restauración? (Meador, 2011)<br>- ¿Cuáles son las ventajas de planificar la restauración a nivel de paisaje? (Thompson, 2011)<br>- Los esfuerzos de restauración forestal ¿Deben aspirar a crear paisajes con una matriz de equilibrio de las masas forestales en diferentes etapas de sucesión? (Renison, 2011)<br>- ¿Por qué es importante el estudio del efecto de borde (lo que ocurre entre dos ecosistemas adyacentes) desde ambos lados (no exclusivamente del lado del ecosistema amenazado) con fines de la restauración de los ecosistemas en peligro de |

| |
|---|
| extinción? (Fonseca, 2007)<br>- ¿Cuáles son los impactos de la densidad de parches y la distancia a los bosques naturales en el éxito de la colonización? (Jacquemyn, 2003) |
| Historia y datos del lugar |
| - ¿Cómo aportan los mapas históricos en el conocimiento de la estructura forestal de referencia para comprender los ecosistemas alterados y orientar los objetivos de restauración y de gestión? (Meador, 2010)<br>- ¿Cuál es el aporte de los inventarios forestales para reconstruir las condiciones de referencia? (Bell, 2009)<br>- El uso de datos colectados de comunidades de plantas remanantes dentro de la misma región ¿Sirven de modelos potenciales para la restauración? (Lane, 2009)<br>- ¿Cuáles son los aportes de realizar un estudio florístico y de suelos antes de realizar una restauración con especies nativas? (dos Santos, 2008) |

2.6 Línea temática 6. El agua y el manejo de cuencas

En un grupo de 25 estudios (5.64%) se informa sobre la relevancia de la restauración de ambientes riparios poniendo enfasis en la respuesta de las especies vegetales. Se visualiza el contexto de cuenca y las prioridades de restaurar el ecotono ribera/agua. En algunos casos se hace alusión a la calidad del agua como indicador. La restauración de la vegetación no solamente considera a las especies arbóreas, sino también al sotobosque asociado a la descomosición de la hojarasca. Aparece el concepto de los humedales, su dinámica y conservación. (Fuente investigaciones en Anexo 7)

| Temas y preguntas |
|---|
| Manejo de cuencas. Resultados de la restauración |
| - ¿Cuál es la importancia y los pasos claves necesarias para comprender y desarrollar las prioridades de restauración de ribera / acuática dentro de un contexto de cuenca? (Kershner, 1997)<br>- ¿Cuál es la relación entre el prendimiento de las estacas de sauce y la disponibilidad de agua y la textura del suelo, con fines de restauración de zonas de inundación de ríos? (Caplan, 2013) |

| |
|---|
| - ¿Hay diferencias al comparar la estructura y composición de la vegetación de ribera de referencia,un sitio restaurado, y sitios degradados? (Kaase, 2012)<br>- ¿Cuál es la respuesta de la restauración de riberas de ríos, medido a través de las comunidades de invertebrados, variables físicas y de calidad del agua? (Parkyn, 2003 )<br>- ¿Cuál es la respuesta, en términos comparativos, a las medidas de restauración pasivas y activas del sotobosque de un bosque ripiario? (McClain, 2011)<br>- ¿Cómo varía las tasas de descomposición de hojarasca en los bosques de ribera restauradas y maduros en el río Sacramento, California? (Borders, 2006) |
| Conservación de humedales |
| - ¿Es importante la identificación y protección de áreas de inundación de ríos? ¿Es importante desarrollar modelos que promuevan la conservación de las áreas cercanas a los ríos susceptibles de ser afectadas frente a crecidas? (Piazza, 2015)<br>- ¿Cuál es el rol de la microtopografía en la estructura y función de las comunidades de los humedales? (Rossell, 2009) |

2.7 Línea temática 7. La Sociedad

La sociedad también se presenta como un factor relevante al momento de restaurar, con 20 publicaciones (4,51%). Se plantea la importancia de identificar a los actores involucrados (stakeholders) e incluirlos en los planes de restauración, etableciendo nexos entre los científicos que investigan y la comunidad. Otro aspecto se relaciona con las estrategias para incentivar la restauración, a la vez de hacer visibles los beneficios sociales y económicos que genera la retauración ecológica de los bosques y las cuencas. (Fuente investigaciones en Anexo 8)

| Temas y preguntas |
|---|
| Actores involucrados |
| - ¿Es importante involucrar a la sociedad en los planes y actividades de restauración ecológica? ¿Cuánto se comunican los especialista y las autoridades con los actores involucrados en el territorio al momento de tomar decisiones para la restauración de un sitio? (Ceccon, 2015) |

| |
|---|
| - ¿Cuáles son las razones que influyen en la decisión de que participen voluntarios en la restauración ecológica de un área? ¿es importante para el futuro de esa área la participación de voluntarios, para así lograr apoyo de la comunidad? (Bruce, 2014)<br>- ¿Percibe la comunidad los beneficios que obtendrá derivados de la restauración de un ecosistema?¿identifica la comunidad los servicios ecosistémicos (producción, regulación y culturales) que les provee un bosque? (Brancalion, 2014) |
| Regulaciones, incentivos y mercado |
| - ¿Cómo pueden las leyes y regulaciones gubernamentales contribuir a la restauración efectiva, con éxito, y en gran escala? (Aronson, 2011)<br>- ¿Cuáles son los aportes económicos que genera la restauración ecológica de los bosques y las cuencas? ¿por qué hay necesidad de hacerlos visibles? (Nielsen-Pincus, 2013)<br>- ¿Es necesario el uso de incentivos económicos para superar las barreras de la restauración de bosques? (Wu, 2011)<br>- ¿Está el mercado de carbono configurado de tal manera que promueva la recuperación de los ecosistemas y el almacenamiento de carbono a largo plazo? (Galatowitsch, 2009) |
| Investigación |
| - ¿Es posible integrar investigación y gestión para la restauración y conservación? (Dettman, 2008)<br>- ¿Cuáles son las áreas de investigación que se plantea la biología de la restauración? (Montalvo, 1997) |

2.8 Línea temática 8. Uso del fuego

En 19 publicaciones (4.29%) se presenta el fuego principalmente como herramienta modeladora del paisaje. Se agregan los efectos del fuego en la vegetación. (Fuente investigaciones en Anexo 9)

| Temas y preguntas |
|---|
| - ¿Cuál es la incidencia de la quema y disminución de la densidad del bosque en la restauración del paisaje preexistente? (Roccaforte, 2010) |

- ¿Qué alteraciones provocan las quemaduras controladas en el banco de semillas del suelo, en las características físicas y químicas del suelo, y la recolonización de plantas? (Creech, 2012)
- ¿Cuáles son los efectos del tipo de vegetación en la ocurrencia de incendios?¿Hay ciertas especies y densidad de éstas que favorecen los incendios? ¿Es necesaria la existencia de sitios despejados para disminuir la incidencia de los incendios y a la vez favorecer un tipo de fauna particular? (Bried, 2014)

2.9 Línea temática 9. Consideraciones del clima

El clima está presente en 15 publicaciones (3,39%), puede influir de diversas manera en la restauración; por una parte están los efectos de las precipitaciones (monto total y distribución) y la temperatura del aire (extremos térmicos y variaciones) a escala zonal, como también a escala microclimática en respuesta al nivel de cobertura y la microtopografia del suelo, lo que tiene incidencias en el establecimiento de las especies del sotobosque y en la distribución de la fauna. A escala más global aparecen los efectos del cambio climático que se propone mitigar a través de la selección vegetal. (Fuente investigaciones en Anexo 10)

| Temas y preguntas |
| --- |
| Factores climáticos |
| - ¿ Cómo influyen diferentes factores ambientales sobre la supervivencia de las plántulas (en dos ambientes contrastantes: el interior de los fragmentos de bosque y en las tierras agrícolas adyacentes) y el crecimiento de cuatro especies de árboles nativos? (Alvarez-Aquino, 2004)<br>- ¿Cuáles son los efectos en las condiciones microclimáticas (intensidad lumínica, temperatura del aire, déficit de presión de vapor) causados por tratamientos de restauración en los bosques? (Meyer, 2001)<br>- ¿Cuáles son las respuestas de dos especies de mariposas, *Colias eurytheme y Menapia neophasia*, a los cambios del microclima en los bordes estructurales creados por tratamientos de restauración experimentales? (Meyer, 2001)<br>- ¿Qué consideraciones se deben tener para analizar los datos Intra e interanual de la vegetación (la riqueza de especies, abundancia, y las especies indicadoras) y sus |

| |
|---|
| implicancias para la investigación a largo plazo? (Korb, 2008) |
| Cambio climático |
| - ¿Cómo se hace cargo la restauración ecológica de conservar la biodiversidad y servicios ecosistémicos y a la vez presentar una buena adaptación al cambio climático? ¿Es posible adaptarse al cambio climático, traslocando las poblaciones, realizando migraciones asistidas? (Benito-Garzon, 2013 )<br>- ¿A través de una selección genética es posible disponer de ejemplares mejor adaptados a períodos de estrés hídrico y a soportar extremos térmicos? (Leverkus, 2015) |

2.10 Línea temática 10. Ambientes urbanos

Son 7 (1.58%) las investigaciones referidas al ambiente urbano preferentemente concentradas en años recientes, del 2008 en adelante, lo que coincide con el crecimiento urbano, las demandas sociales y las necesidades de mejorar la calidad ambiental de las ciudades y el bienestar de las personas. Están enfocadas a mejorar las metodologías de forestación con fines de que sean sustentables. (Fuente investigaciones en Anexo 9)

| Temas y preguntas de investigación |
|---|
| - ¿Cuáles son las especies y la metodología para alcanzar una forestación urbana sustentable? ¿Qué limitaciones se producen en el espacio urbano que dificultan la forestación? (Simmons, 2016)<br>- ¿Los tratamientos bióticos (plantación de arbustos junto a los árboles y mayor biodiversidad) y abióticos (adición de compost) mejoran significativamente el rendimiento del árbol? (Oldfield, 2015)<br>- ¿El conocimiento ecológico del suelo urbano puede guiar los aspectos de restauración ecológica urbana exitosa? (Pavao-Zuckerman, 2008) |

2.11 Línea temática 11. Otros estudios

Hay otros temas que se presentan en baja proporción (1.35%) sin embargo, aparecen mencionados en otras investigaciones, lo que demuestra el interés por estudiarlos y

considerarlos al momento de restaurar. Son estudios en torno a la diversidad genética, balance de carbono y ecofisiología. (Fuente investigaciones en Anexo 9)

| Temas y preguntas |
| --- |
| - ¿Pueden los patrones de variación genética apoyar los esfuerzos de restauración de especies de árboles, caso de *Austrocedrus chilensis*, determinando medidas pasivas o activas según la población? (Souto, 2012)<br>- ¿Cuáles son los efectos de la restauración de la vegetación sobre balance de carbono en la provincia de Guangdong, China? (Peng, 2009)<br>- ¿Cuáles son los efectos ecofisiológicos de la plantación de árboles críados en tubestock y con malla de protección de sol (shadecloth) durante el establecimiento de plántulas de cuatro especies de árboles? (Close, 2009) |

2.12 Línea temática 12. Influencias de las carreteras

La remoción de carreteras con fines de restauración está abordado en 4 investigaciones (0.9%); en términos de establecer las formas más efectivas para recuperar las propiedades de los suelos y a la vez lograr la revegetación y la colonización de la fauna. (Fuente investigación en Anexo 9)

| Temas y preguntas |
| --- |
| - ¿Cuál es el efecto de la composición de la mezcla de semillas (procedencia, diversidad y densidad de la siembra) en el establecimiento de la vegetación con fines de resturación de una carretera que se ha eliminado? (Grant, 2011) |

## 3. Líneas de investigación para el Predio Pantanillos

Para cumplir con el objetivo específico 3, *Establecer líneas de investigación en base al cruce entre temas de investigación y las situaciones presentes en predio Pantanillos* se utilizaron las líneas temáticas identificadas en la revisión bibliográfica complementado con los aportes realizados por algunos profesores y especialistas en esos temas, los que se relacionan con las posibilidades que entrega el predio para hacer investigación sobre éstas.

En el Cuadro 12 se presenta la selección de líneas temáticas y su pertinencia para el Predio Pantanillos.

Cuadro 12. Líneas temáticas identificadas con aplicación en el Predio Pantanillos.

| Línea temática 1. Planificación |
|---|
| Se considera una línea de alta pertinencia para cualquier sitio a restaurar y atingente para el Predio Pantanillos estableciendo modelos o referentes, identificando los factores involucrados, el tipo de medidas a aplicar y los indicadores más adecuados para evaluar los avances. |
| Línea temática 2. Manejo de flora y vegetación |
| Es aplicable al Predio Pantanillos reconociendo el estado actual de cada unidad de paisaje y el modelo o referente a alcanzar identificando las estrategias para reinsertar la flora.<br><br>Especialmente destacado es el tema de **manejo de plantas invasoras**, ya que fue una de las graves amenazas detectadas. Igualmente es necesario generar conocimiento para la **reproducción de plantas**, es un tema de alta relevancia para cualquier programa de restauración y por tanto también para el Predio Pantanillos, más aún teniendo en cuenta que muchas de las especies que se quieren restituir deberían provenir de propagulos de la localidad para asegurar una buena adaptación y establecimiento.<br><br>Es necesario determinar las formas y épocas de colecta de frutos y semillas, las características e incidencia del banco de semillas y las técnicas de propagación más efectivas. |
| Línea temática 3. Manejo de factores edáficos |
| Existe una historia de deforestación y pérdida de suelos a nivel regional, comunal y predial, lo que tiene consecuencias en la estructura y composición de la vegetación actual y en la respuesta a acciones de restauración, por tanto temas como el estudio de las propiedades de |

| |
|---|
| los suelos y acciones para mejorar son necesarias. |
| Línea temática 4. Manejo de la fauna |
| Se ha comprobado que la presencia de fauna tiene efectos en la restauración de ecosistemas, en consecuencia, resulta oportuno identificar especies claves, conocer las medidas necesarias para atraerlas, evaluar su reinserción y conocer sobre la calidad de habitat. También los efectos y formas de disminuir los efectos negativos de la fauna invasora. |
| Línea temática 5. Integración al Paisaje |
| La restauración requiere de una mirada ecosistémica a varias escalas de análisis. Es insuficiente considerar exclusivamente el territorio predial ya que existe una interacción con el entorno, el que puede ser positivo o negativo con fines de la restauración. Las quebradas son una vía de comunicación interpredial que dependiendo de la especie a la que se desea favorecer o el proceso que se busca asegurar requiere tener ciertas características. |
| Línea temática 6. El agua y el manejo de cuencas |
| Las cuencas hidrográficas y la disponibilidad del recurso hídrico son factores determinantes del paisaje y las posibilidades de funcionamiento del Predio, lo que hace imperioso un estudio detallado de la disponibilidad del recurso hídrico, forma de almacenamiento y uso eficiente. A lo anterior agregar que la conservación de los humedales aporta a la conservación de la biodiversidad, por lo que se requiere de más conocimiento de su funcionamiento y estado. |
| Línea temática 7. La sociedad |
| La restauración del bosque maulino y el programa de investigación diseñado son estudios, acciones y cambios que se van implementando y sucediendo a lo largo del tiempo, para lo cual se requiere de la cooperación y participación tanto de la comunidad universitaria como de los vecinos del Predio y de las autoridades regionales y comunales. Es un tema relevante. |
| Línea temática 8. Uso del Fuego |
| El fuego no ocurre en forma espontánea en Chile y por tanto su uso como herramienta modeladora del paisaje no es aplicable al caso de estudio. Sin embargo en la línea de investigación consideraciones del clima y cambio climático se plantean estrategias y acciones para prevenir la ocurrencia de incendios. |
| Línea temática 9. Consideraciones del clima |
| El éxito en el establecimiento de la vegetación está muy supeditado a las condiciones climáticas y microclimáticas, incluyendo la variable cambio climático que agudiza los extremos térmicos y la disponibilidad hídrica. Entonces, son necesarias de conocer las fechas más |

| |
|---|
| oportunas para siembras y plantaciones, las densidades de plantación más favorables para el establecimiento vegetal y otras medidas que incidan en la mitigación de los efectos del cambio climático. |
| Línea temática 10. Ambientes urbanos |
| Este tema no es aplicable para el caso del Predio Pantanillos. |
| Línea temática 11. Otros estudios |
| Muchos temas específicos pueden surgir a partir de las líneas de investigación que se incluyen en el programa de investigación y serán los resultados obtenidos y los investigadores los que darán la orientación. |
| Línea temática 12. Influencias de las carreteras |
| Los caminos influyen en la dispersión de especies invasoras y también afectan la disponibilidad de hábitat y la conectividad de la flora y la fauna, ambos temas tratados en otras líneas de investigación. |

Se propone realizar estudios preliminares que entreguen información de líneas de base de la flora y vegetación, la fauna y suelos. Correspondientes a:

- Cartografía de la vegetación existente
- Cartografía de suelos
- Composición, riqueza y localización de la flora para cada unidad de paisaje
- Composición, riqueza y localización de la fauna para cada unidad de paisaje

En base al análisis realizado se proponen 10 Líneas de investigación las que se presentan en el diagrama de la Figura 53 y se especifican a continuación los temas identificados.

Figura 53. Líneas de investigación para el Predio Pantanillos

3.1 Línea temática 1. Planificación

| Temas de investigación |
|---|
| a. Definición de referentes |
| Corresponde a la visión que se desea alcanzar al restaurar el ecosistema degradado para lo cual se requiere conocer el referente o modelo a alcanzar.<br>- Identificación y caracterización de referentes en fragmentos de bosque antiguos para guiar la restauración (dentro o fuera del Predio Pantanillos). Levantar información a partir de recorridos por el área, mapas históricos, fotografías, inventarios forestales, líneas de base y otros estudios. |
| b. Estado de los ecosistemas, unidades de paisaje y escala |
| Las acciones a aplicar requieren conocer el estado de degradación del ecosistema en las |

unidades de paisaje de vegetación nativa identificadas. Además definir la escala o nivel de organización a la cual se trabajará.

- Diferenciación entre los distintos niveles de organización y ecalas de trabajo, a nivel de paisaje, ecosistema, comunidad y especie.
- Aplicación de modelo hipotético de degradación de ecosistemas naturales (Whisenant 1999) para medir la degradación de habitat en ecosistemas nativos (renovales de *Nothofagus glauca* y bosques de quebrada).
- Identificación y caracterización del nivel de amenaza de las especies y ecosistemas.
- Identificación de las especies claves (keystone) para asegurar la integridad del ecosistema en remanentes de bosque nativos.
- Priorización de áreas de conservación de acuerdo a la función (ejemplo: protección de cursos de agua) valor de naturalidad y grado de amenaza.
- Identificación de principales factores limitantes por unidad de paisaje y estrategias de intervención con fines de restauración.

c. Establecer planes

- Establecer planes de restauración según unidad de paisaje y prioridad, en base al manejo adaptativo (revisión y adaptación cada 5 años). Planteamiento de objetivos a nivel de escala de análisis.
- Evaluación de medidas de restauración pasivas versus activas.

d. Definir indicadores

- Determinación de los atributos del ecosistema que se deben considerar para evaluar el éxito de la restauración (referidos al suelo, la flora y la fauna). Ejemplo: "*Contenido de carbono en los primeros 10 cm de suelo", "Nivel de las poblaciones de una especie de fauna".*
- Cambios en las poblaciones de aves, réptiles, anfibios, mamíferos, artrópodos como respuesta a la restauración, después de 5 -10 y más años.
- Evaluación de la recuperación de las funciones ecológicas como medida del éxito en la restauración ecológica.

3.2 Línea temática 2. Integración al Paisaje

| Temas de investigación |
| --- |
| a. Relaciones del Predio Pantanillos con el Paisaje regional y comunal |
| - Evolución y tendencias del bosque maulino a escala regional, comunal y predial.<br>- Identificación de bosque relictos o con baja intervención como fuente de difusión o centros de acopio de material genético.<br>- Aportes del Predio Pantanillos al bosque maulino comunal y regional.<br>- Busqueda de equilibrio entre actividad productiva forestal y conservación de bosque nativo y sus funciones. |
| b. Fragmentación y conectividad |
| - Identificación y evaluación de las relaciones interprediales de los remanentes de bosque nativo.<br>- Estretegias y plan de acción con fines de lograr conectividad e incrementar tamaño de hábitat, a través de la creación de corredores biológicos interprediales con diferentes fines, ejemplo: asegurar la polinización, la circulación de aves y otras especies de fauna.<br>- Relaciones entre parches de vegetación, efectos del tamaño y distancia en la creación de hábitat para especies de fauna.<br>- Determinación de los umbrales de calidad de hábitat según especie. |
| c. Interacciones entre ambientes o unidades de paisaje/ Ecotono |
| Cada unidad de paisaje tiene una dinámica propia que no solo afecta su territorio de ocupación sino también el de los vecinos, ejemplo: crecimiento espontáneo de especies esclerófilas en los bordes y claros del bosque de hualo. Se producen interacciones entre la flora que también inciden en las características edáficas y microclimáticas, que son específicas del ecotono. Es importante dar un manejo especial a esta franja con fines de guiar hacia la restauración.<br>- Estudios del ecotono bosque maulino/ bosque esclerófilo<br>- Estudios del ecotono bosque maulino/plantaciones de pino |

| |
|---|
| - Estudios del ecotono bosque maulino/matorral esclerófilo<br>- Estudios del ecotono plantaciones de pino/ matorral esclerófilo |
| d. Riesgos del entorno |
| Eventos que ocurren en el entorno del Predio pueden tener efectos negativos en el área de estudio, tales como: incendios forestales, plagas y enfermedades que afectan a plantas y animales, ingreso de animales domésticos, ingreso de nuevas plantas y animales con potencial invasor, por tanto, se requiere identificar los riesgos y las medidas de prevención.<br>- Evaluación del efecto de los animales domésticos en la fauna silvestre.<br>- Medidas de manejo para evitar el ingreso y propagación de incendios forestales.<br>- Evaluación del estado sanitario de las especies del bosque nativo del Maule a nivel regional, comunal y del Predio Pantanillos. |

3.3 Línea temática 3. Inclusión social

| Temas de investigación |
|---|
| a. Normativa y legislación |
| - Sobre la base de la normativa, certificaciones y ley forestal existente ¿cuáles son las amenazas y oportunidades para la restauración ecológica de los bosques? |
| b. Participación de la comunidad universitaria, vecinos y autoridades regionales |
| - Percepción de la comunidad universitaria frente a la restauración del bosque maulino y el Predio Pantanillos.<br>- Percepción de los vecinos y autoridades frente a la restauración del bosque maulino y el Predio Pantanillos.<br>- Propuestas de participación de los estudiantes en trabajos de investigación y actividades prácticas estableciendo nexos con la formación profesional y adquisición de competencias.<br>- Estudio de las preferencias de la comunidad universitaria por determinados ambientes y paisajes con fines de priorizar los trabajos. |
| c. Estrategias comunicacionales |
| - Divulgación del Programa de Investigación en restauración, sus beneficios y avances a la comunidad universitaria, incluyendo autoridades, docentes, estudiantes y |

| |
|---|
| administrativos, así como a los actores de los predios vecinos y las autoridades comunales y regionales.<br>- Difusión de los aportes sociales, ambientales y económicos que realiza la restauración del Predio Pantanillos a la comunidad universitaria, vecinos y auroridades comunales y regionales.<br>- Estrategias de comunicación con fines de Integrar investigación y gestión. |

3.4 Línea temática 4. Consideraciones climáticas

| Temas de investigación |
|---|
| a. Calendario de Actividades |
| Teniendo en consideración el clima imperante, de tipo templado con una larga estación seca y altas temperaturas, es necesario programar las actividades en las épocas más favorables.<br>- Respuestas de la vegetación frente a diferentes épocas de siembras y plantaciones.<br>- Épocas de colecta de frutos y semillas. |
| b. Aspectos microclimáticos |
| Las especies vegetales tienen diferentes requerimientos de luz y humedad para establecerse en un sitio, por tanto, son factores que se deben conocer para determinar secuencias de plantación.<br>A través de la densidad de plantación es posible variar la intensidad lumínica y la humedad creando las condiciones favorables para el establecimiento de ciertas especies. También la fauna responde de manera diferenciada frente a éstas variables.<br>- Sobrevivencia de plántulas en ambientes microclimáticos contrastantes, espacio abierto versus bajo la sombra del dosel arbóreo, para una determinada especie.<br>- Evaluación de la variabilidad en la densidad del bosque en la germinación y en el establecimiento de plántulas de una determinada especie.<br>- Evaluación de requerimientos lumínicos de diversas especies vegetales con fines de establecer secuencias de plantación.<br>- Evaluación de los efectos microclimáticos en las poblaciones de la fauna (artrópodos, anfibios, réptiles, aves y mamíferos). |
| c. Cambio climático, efectos y medidas de adaptación y mitigación |
| - Estudio de los cambios en la estructura comunitaria y procesos de los ecosistemas por efecto del cambio climático. |

| |
|---|
| - Selección genética con fines de aumentar la adaptabilidad a estrés hídrico y extremos térmicos como medida de mitigación frente al cambio climático.<br>- Estrategias y acciones de prevención en la ocurrencia de incendios. |

3.5 Línea temática 5. Agua y cuencas hidrográficas

| Temas de investigación |
|---|
| a. Protección de la cuenca |
| - Evaluación de la estructura y composición de la vegetación de ribera de referencia en comparación con sector degradado.<br>- Planificación de restauración de las quebradas y cursos de agua con fines de protección del recurso hídrico. |
| b. El recurso hídrico |
| - Evolución de la disponibilidad de agua en los últimos 5-10 años en el Predio. Variabilidad anual e interanual, flujo de agua superficial, cambios de niveles freáticos.<br>- Evaluación y diseño de sistemas de almacenaje y conducción de agua.<br>- Evaluación de la calidad del agua en base a las propiedades químicas y componentes bióticos.<br>- Factibilidad técnica y económica de implementación de riego en plantaciones y siembras.<br>- Diseño y aplicación de sistemas de riego tecnificados para plantaciones en sectores secos y más expuestos a altas temperaturas. |
| c. Humedal, zona pantanosa |
| - Caracterización, delimitación y conservación de zona pantanosa como hábitat de alta singularidad. |
| - Rol de la microtopografía en la creación de diversidad de hábitat con fines de poblamiento de flora y fauna. |

3.6 Línea temática 6. Manejo de plantas invasoras

| Temas de investigación |
| --- |
| a. Patrones de invasión |
| Una de las amenazas importantes identificadas en el Predio Pantanillos es la presencia y avance de especies leñosas invasoras. Por tanto, se recomienda realizar especial esfuerzo en esta línea de investigación para implementar acciones a la brevedad.<br>- Identificación, localización y estado de desarrollo de las especies invasoras.<br>- Factores que inciden en el establecimiento de las especies invasoras.<br>- Incidencia de la fragmentación del hábitat en el establecimiento de las exóticas invasoras.<br>- Incidencia de los caminos en la dispersión de las especies invasoras.<br>- Dispersión de las especies exóticas en ambiente ripario.<br>- Determinación de formas de reproducción y dispersión de las especies invasoras con fines de establecer estrategias de manejo y control. |
| b. Efecto de las especies invasoras |
| - Efectos que provocan las plantas invasoras en las características del suelo.<br>- Necesidades de mejoramiento de suelo para el establecimiento de la flora nativa en un sitio post invasión.<br>- Efectos que provocan las plantas invasoras en la disponibilidad de agua para la flora nativa.<br>- Efectos que provocan las especies invasoras en el establecimiento de plántulas y en la germinación de especies nativas. |
| c. Control de especies invasoras |
| - Priorización según grado de amenaza por sector y especies involucradas.<br>- Identificación de aspectos de la ecología (ciclo de vida, polinización, fecundación, dispersión de semillas, reclutamiento de plántulas) de las especies invasoras: *Acacia melanoxylon, Acacia dealbata, Pinus radiata* y *Teline monspessulana* que podrían ser útiles en el control de su propagación en los bosques nativos.<br>- Establecimiento de un plan de manejo para las especies invasoras: *Acacia melanoxylon, Acacia dealbata, Pinus radiata* y *Teline monspessulana* (con revisión y adaptación cada 5 años). |

- Evaluación de medidas tendientes a evitar la producción y/o dispersión de frutos y semillas en especies de aromos y *Pinus radiata*.
- Determinación de la efectividad de las medidas de control (corte de tallos, uso de herbicida y corte de rebrotes) y las épocas de aplicación para el control de las especies invasoras identificadas.
- Evaluación de medidas de control mecánico de especies invasoras, arranque de plantas y corte de tallos.
- Respuesta a la aplicación de varios tratamientos de herbicidas en diferentes épocas para controlar las plantas invasoras identificadas.
- Evaluación de diversos métodos de control químico: aplicación al follaje, cortes al tronco y aplicación, anillado del tronco y aplicación, aplicación al tallo o tronco, aplicación al tocón, cortes y aplicación al rebrote.
- Comparación entre tratamientos de control mecánico de pinos y anillado en bosques nativos invadidos.
- Aplicación de barreras naturales (cortina de árboles densa) o artificial (mallas que impiden ingreso de propágulos) con fines de disminuir la entrada de semillas a bosques nativos invadidos.
- Control de una especie leñosa invasora (*Pinus radiata*) a través de la plantación de varias especies nativas en alta densidad en bosque invadido.
- Seguimiento de planes de manejo a través de imágenes satelitales.
- Consecuencias de la eliminación de especies invasoras en la estabilidad del hábitat, en el suelo y en la composición vegetal, en ambientes riparios y quebradas.

3.7. Línea temática 7. Reproducción de plantas

| Temas de investigación |
| --- |
| a. Bancos de semillas y banco de plántulas |
| Los bancos de semillas inciden en la restauración pasiva de los ecosistemas, sin embargo, el resultado dependerá de la composición y características de las semillas que éste contenga.<br>- Determinación de la composición y riqueza del banco de semillas de sitio a restaurar.<br>- Comparación entre bancos de semillas entre paisaje de referencia y el sitio a restaurar. |

| |
|---|
| - Estudio de la viabilidad de las semillas del banco de semillas<br>- Efectos de la depredación de semillas en el banco de semillas<br>- Estudios del banco de plántulas en especies hidrófilas como el canelo. |
| b. Dispersión de semillas |
| - Influencia de la distancia del sitio a restaurar al bosque y sus efectos en la llegada de propágulos.<br>- Efectos de la fragmentación del paisaje en la diseminación de las semillas. Tamaño y distancia entre parches.<br>- Rol de la fauna (mamíferos, aves, artrópodos) en la dispersión de semillas.<br>- Uso de cebos alimenticios y perchas para atraer fauna dispersora de semillas.<br>- Efectos de la provisión de semillas atractivas (diversionary foods) para incrementar el reclutamiento de plántulas de una especie consumida por la fauna. |
| c. Metodología de propagación |
| - Plan de reproducción de especies vegetales con fines de proveer el material para restauración.<br>- Sistemas y épocas de colecta y guarda de semillas para especies nativas.<br>- Comparación entre tratamientos pregerminativos, épocas de siembra y variedad de sustratos con fines de reproducción.<br>- Comparación entre técnicas de propagación y tipos de propágulos, (semillas, esporas, plántulas, estolones, estructuras subterráneas de reserva y esquejes enraizados) en especies nativas. |

3.8. Línea temática 8. Manejo del suelo

| Temas de investigación |
|---|
| a. Rehabilitación de suelos |
| - Detección de suelos erosionados y propuestas de rehabilitación.<br>- Detección de suelos expuestos a la erosión y propuestas de medidas preventivas. |
| b. Propiedades de los suelos |
| - Comparación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos entre zonas abiertas y bajo el dosel del bosque.<br>- Influencia del tipo de textura de un suelo en la sobrevivencia de plántulas. |

- Profundidad de los suelos y efectos en el desarrollo de los árboles.
- Composición de humus y factores que inciden en su formación.
- Composición de microorganismos y sus efectos en las propiedades del suelo.

c. Organismos del suelo y hongos micorrícicos

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre las raíces de una planta y un hongo específico. La planta proporciona al hongo azúcares y el hongo proporciona a la planta humedad, fósforo y protección contra patógenos.

- Identificación de asociaciones benéficas entre raíces de árboles con hongos micorrícicos.
- Determinación de la presencia de hongos micorrícicos en suelos provenientes de diferentes unidades de paisaje.
- Aportes de la inoculación de las raíces con hongos específicos para formar micorrizas.
- Comparación en el establecimiento y sobrevivencia de plántulas inoculadas con hongos micorrícicos versus sin inocular.
- Composición de invertebrados en suelos provenientes de distintos ambientes.

d. Respuesta al mejoramiento de suelos

- Establecimiento y sobrevivencia de plantas en suelos mejorados con adición de materia orgánica (compost, humus de lombriz).
- Efectos de la adición de suelo superficial de bosque en el hoyo de plantación.
- Evaluación de los efectos de la heterogeneidad topográfica en la diversidad de la comunidad vegetal. Creación de microrelieve seguido de siembras y plantaciones.
- Aporte de material leñoso caído en la temperatura y humedad del suelo, contenidos de C y N y el establecimiento de plantas.

e. Respuesta a la fertilización

- Respuestas a la fertilización (fertilizantes tradicionales y de entrega lenta) de plantas en etapa de vivero.
- Respuestas a la fertilización (fertilizantes tradicionales y de entrega lenta) en siembras directas).
- Respuestas a la fertilización (fertilizantes tradicionales y de entrega lenta) en plantaciones en lugar definitivo.

3.9 Línea temática 9. Reinserción y manejo de la flora

| Temas de investigación |
| --- |
| Los conocimientos necesarios para la reinserción de la flora varían según el tipo de ambiente o unidad de paisaje ya que cada uno tiene un referente o estado que desea alcanzar.<br><br>De las ocho unidades de paisaje identificadas en el Predio Pantanillos cada una debe seguir su planificación con objetivos precisos, y por tanto, las acciones y conocimientos requeridos serán específicos.<br><br>Se distinguen dos tipologías de vegetación principales: plantaciones de especies exóticas (en especial *Pinus radiata*) y fragmentos de bosque nativo (renovales de *Nothofagus glauca* y bosque de quebradas) |
| a. Potencial de regeneración y tensionantes |
| El potencial de regeneración de un ecosistema depende del conjunto de especies nativas y trayectorias sucesionales que ofrece un paisaje.<br><br>Los tensionantes de tipo ecológico se relacionan con los factores bióticos y abióticos que influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, afectando en uno o más de los siguientes tres niveles: en el establecimiento de las plántulas, la persistencia de los individuos y las poblaciones de plantas (Vargas *et al.* 2010)<br>- Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema en ese sitio en base al estado actual en que se encuentra.<br>- Identificar las limitantes o tensionantes para la restauración a diferentes escalas y proponer medidas de mejoramiento. |
| b. Selección de especies y secuencias de plantación |
| - Confrontar la vegetación existente en el sitio con la visión o referente a alcanzar.<br>- Evaluar los requerimientos de las especies involucradas que forman parte de la visión a alcanzar.<br>- Identificación de factores: características del suelo, plantación bajo arbustos (efecto nodriza), adición de agua, que favorecen el establecimiento de plántulas que se desean restituir.<br>- Identificación y evaluación de especies pioneras, de sucesiones tardías, dominantes, codominantes y raras. |

| |
|---|
| - Establecimiento de etapas sucesionales con sus respectivas especies para cada unidad de paisaje. |
| c. Respuesta de la vegetación frente a medidas pasivas y activas |
| - Comparación entre distintas formas de establecimiento, siembras directas versus plantación de plántulas viverizadas.<br>- Comparación entre sistemas de siembra directa, en espacios abiertos o bajo el dosel. Beneficios de las especies nodrizas en el reclutamiento de plantas.<br>- Evaluación de los resultados de la aplicación de medidas de restauración pasivas (cercos y exclusión de ingreso del ganado).<br>- Evaluación de la revegetación pasiva (banco natural de semillas y dispersión) para la restauración en sectores de pinos cosechados.<br>- Evaluación del establecimiento de diversas especies nativas en sector de pinos cosechados.<br>- Respuestas al manejo de ejemplares existentes de *Nothofagus glauca*, número de fustes, distancias entre plantas, competencia con otras especies.<br>- Evaluación de siembras y plantaciones con fines de enriquecimiento de los renovales de hualo y bosque de quebrada. |

3.10. Línea temática 10. Manejo de la fauna

| Temas de investigación |
|---|
| a. Atractores para la fauna |
| La fauna también cumple funciones importantes en la restauración de un ecosistema degradado, aportando en el mejoramiento del suelo, en la dispersión de propágulos, en la polinización y como parte de la cadena alimenticia.<br>- Identificación de los elementos del hábitat necesarios para que especies de fauna lo colonicen.<br>- Evaluación de los árboles perchas en la atracción de la fauna.<br>- Relación entre la edad de los árboles y su capacidad de atraer la fauna.<br>- Evaluación de las cajas nidos en la atracción de la fauna.<br>- Respuesta de la fauna frente a variabilidad de diseños en cajas nidos.<br>- Efectos del paisaje (espacios abiertos, fragmentación, corredores) en la colonización de la fauna. |

| |
|---|
| - Eficacia de la creación de microhabitat (uso de madera y restos vegetales) en la atracción de la fauna.<br>- Importancia de la madera muerta como atractor de la fauna. |
| b. Composición de la fauna |
| - Comparación en las poblaciones de fauna (composición y riqueza) en dos tipos de ambientes, plantaciones de pino versus fragmentos de bosque nativo.<br>- Efectos de los cambios en la estructura y composición de la vegetación en la composición y estructura de las poblaciones de fauna. |
| c. Rol de los Polinizadores |
| - Estudios del rol polinizador de insectos en ambientes en degradados versus lugar de referencia.<br>- Efectos de medidas de restauración activa y pasiva en la función de los polinizadores |
| d. Animales invasores, herbivoría |
| - Recuperación de la flora como respuesta a medidas de exclusión de la fauna invasora (uso de cercas)<br>- Preferencias alimenticias de los conejos, comparación entre diversas especies.<br>- Evaluación de diversas formas de manejo de los conejos.<br>- Efectos selectivos sobre la flora a causa de la herbivoría. |
| e. Reintroducción de fauna |
| - Evaluación de traslocaciones de fauna como medida de recuperación de poblaciones.<br>- Características del sitio de liberación para incrementar la probablilidad de éxito en una determinada especie de fauna.<br>- Efectos de la fauna traslocada en las poblaciones existentes. |

## 4. Estructura administrativa del programa

En la Figura 54 se presenta el organigrama de la administración propuesto para implementar el "Programa de Investigación en Restauración del Bosque Maulino".

Figura 54. Organigrama administración

A continuación se describen las características de los principales cargos:

- Consejo directivo

  Estará constituido por un grupo entre 3 a 5 profesionales pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. Tiene la misión de entregar los lineamientos y priorizar las acciones a ejecutar por un

período de tiempo. Delegará sus funciones en el director del programa. Las reuniones serán periódicas y agendadas de acuerdo a lo solicitado por quien presida el consejo.

- Director del programa

  Profesional a cargo del programa y quien debe informar al consejo directivo sobre el estado y avance del mismo. Pertenece a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. Es el responsable de todas las decisiones que se tomen y sus resultados.

- Investigadores: profesionales pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, de otras Facultades, otras Universidades, Centros de investigación y otras instituciones, con sus correspondientes equipos de trabajo. Interactúan en forma directa con el director del programa presentando sus intereses de investigación en base al programa desarrollado.

- Administrador

  Profesional con competencias en el área de administración, contabilidad y recursos humanos. Tendrá a su cargo la contratación de personal y pago de sueldos entre otros. Deberá informar al director del programa sobre el estado en cada una de sus áreas de responsabilidad.

- Coordinador de terreno

  Profesional o técnico con especialización en trabajo silvoagropecuario que coordinará la ejecución de trabajo en terreno y realizará supervisión del cumplimiento de los trabajos por parte del personal. Su trabajo se desarrollará principalmente en el Predio Pantanillos.

- Encargado de docencia y extensión

  Profesional que trabajará directamente con los directores de las carreras de la Facultad a nivel de pre y post grado de manera de programar la participación de los docentes y los estudiantes en las investigaciones, incluyendo las actividades prácticas en el Predio. También deberá comunicar a la comunidad universitaria, vecinos y autoridades comunales y regionales sobre los aportes y avances del proyecto.

- Administrador base de datos

  Profesional con un detallado conocimiento sobre el Predio Pantanillos. Llevará un registro de toda la información existente sobre el lugar, incluyendo cartografía, imágenes, estudios básicos y aplicados realizados a lo largo de la historia del Predio, con datos georeferenciados. Información relevante que estará disponible para uso de los investigadores.

- Encargado de vivero: profesional o técnico del área con experiencia en reproducción de plantas que deberá responder a las solicitudes planteadas por el coordinador de terreno del programa.

- Trabajadores de terreno: trabajadores de la zona con experiencia en preparación de suelos, podas, plantaciones y otros requerimientos para la ejecución de las investigaciones en desarrollo. Estarán bajo las instrucciones del coordinador de terreno.

Cada investigación estará a cargo del Investigador responsable, constituido por los profesionales, técnicos y ayudantes que indique cada caso, los que deberán acatar la normativa y los protocolos establecidos por la estructura administrativa anteriormente detallada.

En una etapa inicial de funcionamiento puede no ser necesaria la existencia de todos los cargos anteriormente presentados y por tanto las funciones de dos o más cargos ser asumidos por una misma persona, ejemplo: las funciones del coordinador de terreno y el encargado de vivero, así como también las funciones del administrador de la base de datos y el encargado de docencia y extensión recaerían sobre una persona en cada caso.

## Conclusiones

1. El Predio Pantanillos tiene un enfoque productivo forestal en una comuna y región en igual condición, en que existe un predominio de plantaciones de *Pinus radiata*. El bosque nativo está restringido a pequeños parches en muchos casos desconectados, a excepción de las conexiones que se producen a través de las quebradas que recorren el territorio.
2. Los fragmentos de bosque nativo del Maule presentes en el Predio Pantanillos corresponden a renovales de hualo (*Nothofagus glauca*) y a vegetación de quebrada. Ambos invadidos por especies exóticas leñosas.
3. Las especies leñosas *Acacia dealbata*, *Acacia melanoxylon* y *Pinus radiata*, colonizan nuevos territorios compitiendo y desplazando a las especies nativas. Constituyen una grave amenaza y motivo de degradación del bosque.
4. Componentes del bosque esclerófilo se establecen en espacios abiertos y bordes de plantaciones e interactúan con los remanentes del bosque maulino con ventajas sobre éste, frente a los efectos del cambio climático y a la degradación de suelos.
5. Los antecedentes históricos de uso del territorio regional, comunal y del Predio Pantanillos dejan en evidencia acciones de sobreexplotación y prácticas no sustentables que explican la existencia de un suelo delgado de baja fertilidad y bajo contenido de materia orgánica lo que debe ser considerado en cualquier acción de restauración que se desee efectuar.
6. Se identificaron ocho unidades de paisaje, que incluyen los parches de renovales de *Nothofagus glauca,* vegetación nativa de quebradas, plantaciones de pinos adultos y jóvenes, plantaciones de eucaliptos, sector semidescubierto con matorral y hierbas, área pantanosa y sector de construcciones, vivero y jardines ornamentales.
7. Como resultado de la revisión bibliográfica realizada en la revista “Restoration Ecology” se identificaron doce líneas de investigación con sus respectivos temas, lo que revela que se investiga en la actualidad en Restauración ecológica de bosques en ambientes templados.
8. De las líneas de investigación identificadas en la revisión bibliográfica, de acuerdo al número de publicaciones, en primer lugar estuvo planificación (24,6%) en segundo lugar

manejo de la flora y vegetación (18,96%), seguidos por el manejo de suelos y manejo de la fauna (14 y 13%). Continúa integración al paisaje con 7,45%, el agua y las cuencas hidrográficas con 5,64%, la sociedad 4,51%, uso del fuego 4,29%, consideraciones del clima 3,39%. En porcentajes muy bajos aparecen los ambientes urbanos, influencias de las carreteras y otros estudios.

9. De las doce líneas de investigación identificadas en la revisión bibliográfica, se encontró pertinente incluir diez en el Programa de restauración para el Predio Pantanillos. Corresponden a: planificación, integración al paisaje, inclusión social, consideraciones climáticas, el agua y las cuencas hidrográficas, manejo de plantas invasoras, reproducción de plantas, manejo del suelo, reinserción y manejo de la flora, y manejo de la fauna.

## Bibliografía


Aguilera M. y Benavides G. 2005. Recopilación de experiencias silvícolas en el "Bosque Nativo Maulino". Proyecto Conservación y Manejo sustentable del bosque nativo. Corporación Nacional Forestal. Región del Maule. 144p.

Armesto J., Villagrán C. y Arroyo M.K. 1995. Ecología de los bosques nativos de Chile. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Santiago. 477p.

Aronson, J. 1996. Vital landscape attributes: Missing tools for restoration ecology. Restoration ecology Vol.4: 377–387

Burgos, A., Grez A. y Bustamante R. 2008. Seed production, predispersal seed predation and germination of *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in a temperate fragmented forest in Chile. Forest Ecology and Management 255: 1226-1233

Casanova M. 2010. Estudios de suelos. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 29p. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-03_08-37-41104056.pdf

Celis-Diez JL, Ippi S., Charrier A. y Garín C. 2011. Fauna de los bosques templados de Chile. Guía de campo de los vertebrados terrestres. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile. 261p.

Ciccarese L, A. Mattsson y D. Pettenella. 2012. Ecosystems services from forest restoration: thinking ahead. New Forests 43:543-560. [en línea] En: http://intra.tesaf.unipd.it/pettenella/pubblicazioni/Forest_Restoration_NEW_Forests.pdf [consulta enero 2016]

Clewell A. y Aronson F. 2007. Ecological Restoration: Principles values and structure of an emerging profession. Island Press, Washington D.C. 216 p.

Clewell A. y Rieger JP.1997. What practitioners need from restoration ecologists. Restoration Ecology 5: 350–354.

CONAF. 2008. Ley sobre recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal y Reglamentos. Ley 20.283. 90p. [en línea] En:

http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1368741650LibroLey_Bosque_NativoReglamentos.pdf

[consulta enero 2016]

CONAMA. 2002. Estrategia y plan de acción para la biodiversidad en la VII Región del Maule. [en línea] En: http://www.sinia.cl/1292/articles-37025_pdf_maule.pdf [consulta enero 2016]

CONAMA. 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. [en línea] En: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/GEF-BM/Apendice-7_01-Estrategia_Nacional_Biodiversidad.pdf [consulta enero 2016]

CONAMA. 2005. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. [en línea] En: http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf [consulta enero 2016]

Donoso C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de trabajo N°38. Investigación y Desarrollo forestal (CONAF-PNUD-FAO). Publicación FAO-Chile: 64-70

Forestal Arauco. 2012. Plan de restauración del bosque nativo Arauco. Segunda versión. 69p.+10 anexos. [en línea] En: https://cl.fsc.org/es-cl/acerca-del-fsc [consulta enero 2016]

Estades C. 2007. Restauración ecológica. En: Hernández J, De la Maza CL y C Estades (Eds.) Editorial Universitaria. pp 567-578

Fernández I, Morales N, Olivares L, Salvatierra J, Gómez M y Montenegro G. 2010. Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Pontificia Universidad Católica de Chile. 162p.

Gajardo, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 165p.

González, M. 1998. *Nothofagus glauca.* In: IUCN 2015. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3. [en línea] En: http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/32034/0 [consulta enero 2016]

Hormazábal I. y González M.E. 2016. Análisis espacio temporal de incendios forestales en la Región del Maule, Chile. Bosque 37(1):147-158

Lake P.S. 2001. On the maturing of restoration: Linking ecological research and restoration. Ecological Management & Restoration 2:110-115

Lara A, Donoso C. y Aravena J.C. 1997. La conservación del bosque nativo en Chile. problemas y desafíos. En: Armesto J. Villagrán C. y Kalin M. (Eds.) Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. pp 335-362.

León B. R. 1912. Monografía del Fundo Los Coigües. Memoria de prueba para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile.

Lindenmayer D, Margules C. y Botkin D. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. Conservation Biology. Volume 14 N° 4. pp.941-950

Lindenmayer D, Franklin J.F. y Ficher J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. Biological Conservation.pp.433-445

Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 316p.

Luzio W. 2010. Suelos de Chile. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas. 364p.

Marambio C.A. 2010. Estrés hidráulico crítico para la remoción de partículas en suelos bajo distintas coberturas forestales, en el predio Pantanillos, VII Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal, Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Márquez O. 1992. Bases para la formulación de un plan de desarrollo en los predios experimentales “Las Brisas” y “Pantanillos”, VII Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza. 75p.

Mazzoni E. 2014. Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. Estudios socioterritoriales. Revista de Geografía N°16, vol.2, jul-dic 2014 pp. 51-81

Ministerio de Agricultura. 2008. Ley 20283: Recuperación del bosque nativo y fomento forestal y reglamentos, 30 julio 2008. 18p. [en línea] En: http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=6954 [consulta enero 2016]

MOP (Ministerio de Obras Públicas) 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Maule. Cade-Idepe Consultores. Dirección General de Aguas.152 p

Mittermeier R.A, Myers N, Gil P.R. y Mittermeier C.G. 1999. Hotspots: Earth’s biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Sierra Madre, Monterrey, Mexico.

Moreira S. 2001. Estudio preliminar del efecto del ruido sobre la calidad del habitat de aves en la zona del Predio Pantanillos, VII Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero forestal, Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza. Escuela de Ciencias Forestales. 55p

Navarro R, Olave F, Hayas A y M Castillo. 2015. Metodología para la elaboración de un plan de restauración postincendio en Chile: la experiencia del Parque Nacional de Torres del Paine. Anales Instituto Patagonia (Chile). Vol.43(1):53-73

Otero L. 2013. Guía ilustrada para el manejo sustentable del bosque maulino. Segunda edición corregida. INFOR. 82p.

Pérez J. F. y Bown H.E. (Eds) 2015. Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago. Santiago, Universidad de Chile-CONAF.115p.

Pino C.2008. Estimación de pérdidas de suelo en las situaciones de manejo de residuos post-cosecha, usando el modelo rusle en el predio Pantanillos, VII Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero forestal, Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales.50p.

Pliscoff P. 2015. Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile. Informe Técnico, Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile. 63p.

Quiroz C., Pauchard A., Marticorena A. y Cavieres L.A. 2014. Manual de plantas invasoras del Centro-Sur de Chile. LIB. Laboratorio de Invasiones Biológicas.45p

Ramírez C., Fariña J.M., Contreras D., Camaño A., San Martín C., Molina M., Moraga P., Vidal O. y Pérez Y. 2014. La diversidad florística del humedal “Cienagas del Name” (Región del Maule) comparada con otros humedales costeros de Chile Central. Gayana Botánica 71(1):108-109

Rietbergen-McC, J. Maginnis S. y Sarre A. 2012. The forest landscape restoration handbook. ITTO (International Tropical Timber Organization). Cromwell Press, Trowbridge, United Kingdom.

Sánchez J.A. 2005. Formulación de bases para un plan predial de manejo del fuego. Utilizando como caso de estudio_ predio Pantanillos VII Región. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero forestal, Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales . Escuela de Ciencias Forestales.19p.

San Martín J. y Donoso C. 1997. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque maulino de Chile En: Armesto, J, Villagrán C. y Kalin M. (Eds.) Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria pp 153-168.

Santelices, R., C. Donoso y Cabello A. 2006. *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, Hualo, Roble maulino, Roble colorado (Maule). Familia: Fagaceae. In Donoso C, (Ed). Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina: Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. 433-442 pp.

Santibañez, F. 2008. El Principal Efecto en Chile Será en los Regímenes de Precipitación. (E. N. Tierra, Entrevistador)

Santibañez F. y Uribe J. 1993. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones sexta, séptima, octava y novena. Ministerio de Agricultura. Fondo de investigación agropecuaria. Corporación de Fomento de la Producción. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. 65 p.

SER (Society for Ecological Restoration). 1987. [en línea] En: http://www.ser.org/ [consulta enero 2016]

Simonetti, J., Grez A. y Bustamante R. 2006. Interacciones y procesos en el bosque maulino. In: A. Grez, J. Simonetti, R. Bustamante (eds.). Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: Patrones y procesos a diferentes escalas. Editorial Universitaria S.A., Santiago, Chile. 99-114 pp.

Vargas O, Díaz J.E, Reyes S.P. y Gómez P.A. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica. Departamento de biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia [en línea] En: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2.pdf [consulta noviembre 2016]

Young T. 2000. Restoration ecology and conservation biology. Biological Conservation 92(2000) 73-83

## Anexos

Anexo 1. Memorias y tesis realizadas en el Predio Pantanillos

| 1. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | 1988F R457ai | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Alternativas de implementación básica en las cuencas experimentales del predio "Pantanillos", VII Región | |
| Autor | Reyes Morandé, Juan Pablo | Año 1988 |
| Reseña | El estudio buscó medir el impacto del cambio de uso de la tierra en el régimen hídrico de las cuencas, para lo cual se seleccionaron 2 cuencas vecinas y un dispositivo de medición que permitió medir y registrar la escorrentía y precipitación. | |
| Materia | Cuencas Hidrográficas - Chile - Séptima Región | |

| 2. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | 1990F S522ef | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Evaluación de la fitomasa y metabolitos de interés comercial en boldo, quillay y eucalipto | |
| Autor | José Luis Sfeir Mujaes | Año 1990 |
| Reseña | Evaluación de la fitomasa y concentración de metabolitos de interés comercial en *Peumus boldus* Mol. (boldo), *Quillaja saponaria* Mol. (quillay) y siete especies del género *Eucalyptus*. | |
| Materia | Productos forestales | |

| 3. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| **Biblioteca** | **Tipo de material** | **N° de pedido** | **Estado del ítem** |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | 1990F F634ve | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Variabilidad estacional y diaria del contenido de humedad en tipos vegetales del sector costero de la VII Región | |
| Autor | Jorge Antonio Flores Donoso | Año 1990 |
| Reseña | Se estudió y analizó la variación estacional y diaria del contenido de humedad en combustibles vivos para cuatro tipos vegetales característicos de la zona costera de la VII Región. | |
| Materia | Humedad en combustibles - Incendios foretales | |

| 4. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| **Biblioteca** | **Tipo de material** | **N° de pedido** | **Estado del ítem** |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | 1992F M357bf | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Bases para la formulación de un plan de desarrollo en los predios experimentales "Las Brisas" y "Pantanillos", VII Región | |
| Autor | Márquez Aros, Oscar Antonio | Año 1992 |
| Reseña | Se definieron programas y proyectos considerando la situación de los predios. Además, se propuso una estructura administrativa y un sistema de gestión para los predios en estudio. | |
| Materia | Planificación y gestión en predios experimentales | |

| 5. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| **Biblioteca** | **Tipo de material** | **N° de pedido** | **Estado del ítem** |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | TUCH-FOR 2001 M813 | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Estudio preliminar del efecto del ruido sobre la calidad del hábitat de aves, en la zona del predio Pantanillo, VII Región. | |
| Autor | Moreira Muñoz, Simón Alonso | Año 2001 |
| Reseña | Se estudió los efectos del ruido generados por un aserradero y un camino sobre la calidad de hábitat de aves en plantaciones de pino. | |
| Materia | Aves - Conducta<br>Mejoramiento del hábitat de la vida silvestre | |

| 6. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| **Biblioteca** | **Tipo de material** | **N° de pedido** | **Estado del ítem** |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | TUCH-FOR 2002 T591 | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Calidad de renovales de hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser) como hábitat para aves silvestres | |
| Autor | Tomasevic Vukasovic, Jorge Andrés | Año 2002 |
| Reseña | | |
| Materia | Aves- distribución geográfica- distribución de hábitat | |

| 7. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | |
|---|---|---|
| Ciencias Agrarias y Forestales | http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile | |
| Título | Efecto de la estructura de plantaciones de Pinus radiata D. Don sobre su calidad como hábitat para aves en constitución. | |
| Autor | Pérez Pérez, Mauricio Francisco | Año 2004 |
| Reseña | Se observó que la riqueza de especies de aves se asoció con la densidad de la vegetación siempreverde de zonas bajas y proximidad a las quebradas durante la primavera, mientras que en invierno la riqueza de especies fue más alta en plantaciones de poca altura y bien espaciadas. La vegetación de hoja caduca (principalmente *Nothofagus glauca*) | |
| Materia | Cordillera de la Costa - Plantaciones de pino radiata – Aves | |

| 8.Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N°de pedido | Estado del ítem | |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-FOR 2005 Sa55 | Colección Tesis | |
| Título | Formulación de bases para un plan predial de manejo del fuego. Utilizando como caso de estudio: Predio Pantanillos VII Región. | | | |
| Autor | Juan Antonio Sánchez Beiza | Año 2005 | | |
| Reseña | Se realizó una propuesta de las bases para la formulación de un plan predial de manejo del fuego, con el fin de proveer información ordenada acerca de los requerimientos y condiciones para la protección contra incendios y proporcionar pautas claras de acción para la prevención, presupresión y combate. | | | |
| Materia | Manejo del fuego | | | |

| 9.Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112423 | | |
| Título | Efecto de los caminos y desechos forestales en el movimiento del coleóptero caminador, Parhypates (Eutamys) extenuatus (Carabidae) | | |
| Autor | Marcelo Antonio Díaz Pérez | Año 2006 | |
| Reseña | Con fines de medir el efecto de estos elementos sobre el movimiento del escarabajo Parhypates (Eutamys) extenuatus, durante octubre de 2004 y junio de 2005 se realizó un experimento de captura-recaptura en grillas con trampas "pitfall", divididas por una barrera que consistió en un camino o por una faja de desechos forestales. | | |
| Materia | Movimiento de escarabajo y barreras | | |

| 10. Memoria para optar al título profesional de Médico veterinario | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Biblioteca | Tipo de material | N°de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis | TUCHVET 2007 GONdes | Colección Tesis |
| Título | Descripción de artrópodos parásitos asociados a dos aves passeriformes nidificadores de cavidades en la zona costera de la Región del Maule | | |
| Autor | González Cabezas, Ricardo Antonio | Año 2007 | |
| Reseña | Se consideraron tres objetivos: (1) identificar qué especies de ectoparásitos están presentes sobre los cuerpos de las aves estudiadas, (2) qué especies de ectoparásitos están presentes en sus nidos y (3) determinar la sobreposición entre las comunidades de ectoparásitos de *A. spinicauda y T. aedon.* | | |
| Materia | Aves- Nidos- Artrópodos | | |

| 11. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Biblioteca | Tipo de material | Número de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105012 | | |
| Título | Efecto Selectivo de las Plantaciones de Pino Radiata (Pinus radiata D. Don) Sobre la Comunidad de Artrópodos de Follaje de Nothofagus, en el Bosque Maulino de la Región Central de Chile | | |
| Autor | Escobar Cuadros, Martín A.H. | Año 2008 | |
| Reseña | Se determinó y comparó la comunidad de artrópodos del follaje en plantaciones de P. radiata y bosques de Nothofagus, en la región del Bosque Maulino de Chile central. | | |
| Materia | Artrópodos- Bosques- Plantaciones de pino | | |

| 12. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | Número de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-FOR 2008 P657 | Colección Tesis |
| Título | Estimación de pérdidas de suelo en tres situaciones de manejo de residuos post-cosecha, usando el modelo Rusle, en el predio Pantanillos, VII Región | | |
| Autor | Pino Sanhueza, Sofía Carolina | Año 2008 | |
| Reseña | El estudio tuvo como finalidad cuantificar la erosión hídrica superficial mediante el método experimental de “parcelas de erosión con clavos” y mediante aplicación del modelo RUSLE, en tres situaciones de post-cosecha: Tratamiento con aplicación de quemas (T1); Tratamiento con aplicación de fajas de residuos contra la pendiente (T2) y Tratamiento de residuos esparcidos sin orden (T3), en el Centro Experimental Forestal Dr. Justo Pastor León (Predio “Pantanillos”), ubicado en la Comuna de Constitución, VII Región. | | |

| 13. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem | |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-FOR 2010 M325 | Colección Tesis | |
| Título | Estrés hidráulico crítico para la remoción de partículas en suelos bajo distintas coberturas forestales, en el predio Pantanillos, VII Región | | | |
| Autor | Marambio Henríquez, Carlos Alberto | Año 2010 | | |
| Reseña | Se determinó el estrés hidraúlico crítico en un renoval de *Nothofagus glauca*, una plantación de *Pinus radiata* y en una situación de quema de residuos post cosecha. | | | |
| Materia | Sedimentos -Escorrentía -Erosión | | | |

| 14. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N°de pedido | Estado del ítem | |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-FOR 2012 R145 | Colección Tesis | |
| Título | Efecto de tratamientos de residuos de post-cosecha en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la diversidad de coleópteros en el sector Pantanillos, Región del Maule, Chile | | | |
| Autor | Ramírez Aliaga, Priscila Mitzi | Año 2012 | | |
| Reseña | Se evaluó el efecto de tratamientos de residuos de post-cosecha en plantaciones de un año de *Pinus radiata* sobre la diversidad de coleópteros epígeos en un sector costero con hábitat fragmentado. | | | |
| Materia | Biodiversidad – Chile – Coleópteros- Desechos de madera | | | |

| 15. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem | |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-FOR 2013 Q40 | Colección Tesis | |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Remanentes de nutrientes, post cosecha, en un bosque de *Pinus radiata* D. Don, en el sector de Pantanillos, Comuna de Constitución, Región del Maule, Chile | |
| Autor | Quezada Sepúlveda, Juan Pablo | Año 2013 |
| Reseña | Se estimó los montos de mineralomasa remanente en 3 situaciones distintas de manejo de residuos: quema, extracción y no extracción de desechos forestales desde un bosque cosechado de *Pinus radiata* de 23 años de edad. | |
| Materia | Pino insigne - Desechos de madera - Biomasa - Nutrientes | |

| 16. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | TUCH-REC2013 C818 | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Generación y comparación de modelos de estimación de biomasa aérea forestal usando sensores activos, pasivos y variables topográficas | |
| Autor | Lissete Cortés Serey | Año 2013 |
| Reseña | El estudio generó y comparó modelos de estimación de biomasa área forestal utilizando los sensores pasivos LANDSAT ETM+ y ASTER GDEM, datos LIDAR e información de inventarios forestales. | |
| Materia | Biomasa forestal- bosques- mediciones- imágenes de percepción remota | |

| 17. Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza | | | |
|---|---|---|---|
| Biblioteca | Tipo de material | N° de pedido | Estado del ítem |
| Ciencias Agrarias y Forestales | Tesis - Consulta en sala | PGUCh 2015 M931 | Colección Tesis |

| | | |
|---|---|---|
| Título | Diversidad de insectos epígeos asociados a hualo (*Nothofagus glauca*) y pino (*Pinus radiata*) en el predio Pantanillos, Región del Maule, Chile | |
| Autor | Muñoz Alegría, Francisco | Año 2015 |
| Reseña | Este estudio determinó si existían diferencias en la fauna de coleópteros epígeos en tres tipos de vegetación: plantaciones de pino, bosques de hualo y bosques mixtos (hualo-pino), en la zona de Constitución, Chile central, en dos temporadas: primavera (2010) y verano (2011). | |
| Materia | Coleópteros - Chile – Identificación - Hualo | |

## Anexo 2. Publicaciones Tema 1. Planificación

- Modelos y referentes de restauración

Temperton, V. *et al.* 2014. Flexible and Adaptable Restoration: An Example from South Korea. Restoration ecology Vol. 22 pp. 271–278

Murcia C. y J. Aronson. 2014. Intelligent Tinkering in Ecological Restoration. Restoration ecology Vol. 22 pp. 279–283

Whipple, A. *et al.* 2011. Shifting Baselines in a California Oak Savanna: Nineteenth Century Data to Inform Restoration Scenarios. Restoration ecology

Grant, C.D. *et al*. 2006. State-and-transition successional model for bauxite mining rehabilitation in the jarrah forest of western Australia. Restoration ecology Vol. 14 pp. 28-37

Cipollini, KA *et al.* 2005. Planning for restoration: A decision analysis approach to prioritization. Restoration Ecology Vol. 13, No. 3, pp. 460–470

- Factores que inciden en la restauración

Brudvig, L. *et al.* 2011. Dispersal, not Understory Light Competition, Limits Restoration of Iowa Woodland Understory Herbs . Restoration Ecology Vol. 19, No. 101, pp. 24–31

Duan, W. *et al.* 2010. Community Comparison and Determinant Analysis of Understory Vegetation in Six Plantations in South China. Restoration ecology Vol. 18, N° 2, pp. 206–214

Myster, R. 2009. Controls on Shumard Oak (Quercus shumardii) Establishment into the Cross Timbers Ecotone of Oklahoma: Implications for Restoration. Restoration ecology. Vol. 17, N° 6, pp. 893–899

- Medidas de restauración pasivas y activas

Zahawi, R. *et al.* 2014. Hidden Costs of Passive Restoration. Restoration ecology. Vol. 22, N° 3, pp. 284-287

De Steven, D. *et al.* 2006. Testing a passive revegetation approach for restoring coastal plain depression wetlands. Restoration ecology. Vol. 14, N°3, pp. 452-460

Gerard, A. *et al.* 2015. Possible roles of introduced plants for native vertebrate conservation: the case of Madagascar. Restoration ecology. Vol. 23, N° 6, pp. 768–775

Meli, P. *et al.* 2013. Selecting Species for Passive and Active Riparian Restoration in Southern Mexico. Restoration ecology. Vol. 21, N°2, pp. 163–165

Sampaio, A. *et al.* 2007. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? Restoration ecology. Vol. 15, N° 3, pp. 462–471

Kreyling, J. *et al.* 2011. Assisted Colonization: A Question of Focal Units and Recipient Localities. Restoration ecology. Vol. 19, N° 4, pp. 433–440

- Establecer Indicadores de restauración

Reid, J. Leighton. 2015. Indicators of success should be sensitive to compositional failures: reply to Suganuma and Durigan. Restoration ecology. Vol. 23, N° 5, pp. 519–520

Durigan, G. *y* M. Suganuma 2015. Why species composition is not a good indicator to assess restoration success? Counter-response to Reid (2015). Restoration ecology. Vol. 23, N° 5, pp. 521–523

Poulin, M. *et al.* 2013. A New Approach for Tracking Vegetation Change after Restoration: A Case Study with Peatlands. Restoration ecology. Vol. 21, N° 3, pp. 363–371

Willett, T. 2001. Spiders and other arthropods as indicators in old-growth versus logged redwood stands. Restoration ecology. Vol. 9, N° 4, pp. 410–420

Shoo, L. *et al.* 2013. Reclaiming Degraded Rainforest: A Spatial Evaluation of Gains and Losses in Subtropical Eastern Australia to Inform Future Investment in Restoration. Restoration ecology. Vol. 21, N°4

Ribas, C. *et al.* 2012. Ants as Indicators of the Success of Rehabilitation Efforts in Deposits of Gold Mining Tailings. Restoration ecology. Vol. 20, N° 6, pp. 712–720

Ruiz-Jaen, MC y T.M. Aide. 2005. Restoration success: How is it being measured? Restoration ecology. Vol. 13, N° 3, pp. 569–577

Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, USA). Restoration ecology. Vol. 11, N° 4, pp. 397–409

Stanturf, J. *et al*. 2001. Achieving restoration success: Myths in bottomland hardwood forests. Restoration ecology. Vol. 9, N° 2, pp. 189-200.

## Anexo 3. Publicaciones Tema 2. Manejo de flora y vegetación

- Recuperación de la flora y vegetación

Dickinson, Y. *et al*. 2016. Have we been successful? Monitoring horizontal forest complexity for forest restoration projects. Restoration ecology. Vol. 24, N° 1, pp. 8–17

Norman, M. *et al.* 2006. Vegetation succession after bauxite mining in western Australia. Restoration ecology. Vol. 14, N° 2, pp. 278–288

Shear, TH *et al*. 1996. Comparison of restored and mature bottomland hardwood forests of southwestern Kentucky. Restoration ecology. Vol. 4, N° 2, pp. 111–123

- Mejoramiento de hierbas y otros

Lohmus, A. y P. Lohmus. 2008. First-generation forests are not necessarily worse than long-term managed forests for lichens and bryophytes. Restoration ecology. Vol.16, N° 2, pp. 231–239

Mulligan, MK y L.K. Kirkman. 2002. Burning influences on wiregrass (Aristida beyrichiana) restoration plantings: Natural seedling recruitment and survival. Restoration ecology. Vol. 10, N° 2, pp. 334–339

- Plantas invasoras. Establecimiento y efectos en el lugar

Bauer, J. y H.L. Reynolds. 2016. Restoring native understory to a woodland invaded by Euonymus fortunei: multiple factors affect success. Restoration ecology. Vol. 24, N° 1, pp. 45–52

Leege, L. y J.S. Kilgore. 2014. Recovery of Foredune and Blowout Habitats in a Freshwater Dune Following Removal of Invasive Austrian Pine (Pinus nigra). Restoration ecology. Vol. 22, N° 5, pp. 641–648

Birdsall, J. *et al.* 2012. Roads Impact the Distribution of Noxious Weeds More Than Restoration Treatments in a Lodgepole Pine Forest in Montana, USA. Restoration ecology. Vol. 20, N° 4, pp. 517–523

Malcolm, G. *et al.* 2008. Soil nitrogen conditions approach preinvasion levels following restoration of nitrogen-fixing black locust (*Robinia pseudoacacia*) stands in a pine-oak ecosystem. Restoration ecology. Vol. 16, N° 1, pp. 70–78

- Control de plantas invasoras

Anderson, RC. *et al.* 1996. Aspects of the ecology of an invasive plant, garlic mustard (Alliaria petiolata), in central Illinois. Restoration ecology. Vol. 4, N° 2, pp. 181–191

Love, J. y J.T. Anderson. 2009. Seasonal Effects of Four Control Methods on the Invasive Morrow's Honeysuckle (Lonicera morrowii) and Initial Responses of Understory Plants in a Southwestern Pennsylvania Old Field. Restoration ecology. Vol. 17, N° 4, pp. 549–559

Flory, S. L. 2010. Management of *Microstegium vimineum* Invasions and Recovery of Resident Plant Communities. Restoration ecology. Vol. 18, N° 1, pp. 103–112

Murphy, SD. 2005. Concurrent management of an exotic species and initial restoration efforts in forests. Restoration ecology. Vol. 13, N° 4, pp. 584–593

- Reproducción de plantas.

Colecta de semillas y germinación

Bertacchi, M.I. *et al.* 2016. Establishment of tree seedlings in the understory of restoration plantations: natural regeneration and enrichment plantings. Restoration ecology Vol. 24, N° 1, pp. 100–108

Hancock, N. *et al.* 2013. Testing the "Local Provenance" Paradigm: A Common Garden Experiment in Cumberland Plain Woodland, Sydney, Australia. Restoration ecology Vol. 21, N° 5, pp. 569–577

Stingemore, J. y S.L. Siegfried. 2013. Genetic Delineation of Local Provenance in Persoonia longifolia: Implications for Seed Sourcing for Ecological Restoration. Restoration ecology Vol. 21, N° 1, pp. 49–57

Urretavizcaya, M.F. *et al.* 2012. Effect of Sowing Season, Plant Cover, and Climatic Variability on Seedling Emergence and Survival in Burned *Austrocedrus chilensis* Forests. Restoration ecology Vol. 20, N° 1, pp.131–140

- Banco de semillas

Skowronek, S. *et al.* 2014. Regeneration Potential of Floodplain Forests Under the Influence of Nonnative Tree Species: Soil Seed Bank Analysis in Northern Italy. Restoration ecology Vol. 22, N°1, pp. 22–30

Andreu, M. G. *et al.* 2009. Can Managers Bank on Seed Banks When Restoring Pinus taeda L. Plantations in Southwest Georgia?. Restoration ecology Vol. 17, N° 5, pp. 586–596

Liu, M. *et al.* 2009.The Role of Soil Seed Banks in Natural Restoration of the Degraded Hunshandak Sandlands, Northern China. Restoration ecology Vol. 17, N°1, pp. 127–136

- Dispersión de semillas

Longland, W.S. y S.M. Ostoja. 2013. Ecosystem Services from Keystone Species: Diversionary Seeding and Seed-Caching Desert Rodents Can Enhance Indian Ricegrass Seedling Establishment. Restoration ecology Vol. 21, N° 2, pp. 285–291

Battaglia, L.L. *et al.* 2008. Evaluating dispersal limitation in passive bottomland forest restoration. Restoration ecology Vol. 16, N° 3, pp. 417–424

- Especies nodrizas

Lof, M. *et al.* 2014. Nurse Trees as a Forest Restoration Tool for Mixed Plantations: Effects on Competing Vegetation and Performance in Target Tree Species. Restoration ecology Vol. 22, N° 6, pp. 758–765

- Técnicas de propagación

Santelices, R. *et al.* 2011. Propagation and Seedling Cultivation of the Endemic Species *Nothofagus alessandrii* Espinosa in Central Chile. Restoration ecology Vol. 19, N° 2, pp. 177–185

Ray, G.J. y B.J. Brown. 1995. Restoring caribbean dry forests_ Evaluation of tree propagation techniques. Restoration ecology Vol. 3, N° 2, pp. 86–94

## Anexo 4. Publicaciones Tema 3. Manejo de factores edáficos

- Propiedades del suelo

Abella, S.R. *et al.* 2015. Diverse responses across soil parent materials during ecological restoration. Restoration ecology Vol. 23, N°2, pp. 113–121

Jiao, J. *et al.* 2012. Assessing the Ecological Success of Restoration by Afforestation on the Chinese Loess Plateau. Restoration ecology Vol. 20, N° 2, pp. 240–249

Wang, F. *et al.* 2010. Nitrogen Mineralization and Leaching in the Early Stages of a Subtropical Reforestation in Southern China. Restoration ecology Vol. 18, N° s2, pp. 313–322

Miesel, J. R. *et al.* 2009. Mechanical Restoration of California Mixed-Conifer Forests: Does it Matter Which Trees Are Cut?. Restoration ecology Vol.17, No.6, pp. 784–79

Bhattacharjee, J. *et al.* 2008. The Importance of Soil Characteristics in Determining Survival of First-Year Cottonwood Seedlings in Altered Riparian Habitats. Restoration ecology Vol. 16, N° 4, pp. 563–571

Grimley, D. A. *et al.* 2008. Soil Magnetic Susceptibility: A Quantitative Proxy of Soil Drainage for Use in Ecological Restoration. Restoration ecology Vol. 16, N°4, pp. 657-667

Maloney, K. O. *et al.* 2008. Changes in soil properties following 55 years of secondary forest succession at Fort Benning, Georgia, USA. Restoration ecology Vol. 16, N° 3, pp. 503–510

Tongway, D.J. y J.A. Ludwig. 1995. Rehabilitation of semiarid landscapes in Australia .1. Restoring productive soil patches. Restoration ecology Vol. 4, N° 4, pp. 388–397

- Organismos del suelo y hongos micorrícicos

Sykorova, Z. *et al.* 2016. Forest reclamation of fly ash deposit: a field study on appraisal of mycorrhizal inoculation. Restoration ecology Vol. 24, N° 2, pp. 184–193

Maltz, M R. y K. Traseder. 2015. Sources of inocula influence mycorrhizal colonization of plants in restoration projects: a meta-analysis. Restoration ecology Vol. 23, N° 5, pp. 625–634

Carrillo-Garcia, A. *et al*. 1999. Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran Desert. Restoration ecology Vol. 7, N° 4, pp. 321–335

- Mejoramiento de suelos

Sena, K. *et al.* 2015. Influence of spoil type on afforestation success and natural vegetative recolonization on a surface coal mine in Appalachia, United States. Restoration ecology Vol. 23, N° 2, pp. 131–138

Williamson, J. C. *et al.* 2011. Alleviation of Both Water and Nutrient Limitations is Necessary to Accelerate Ecological Restoration of Waste Rock Tips. Restoration ecology Vol. 19, N° 2, pp. 194–204

Hall, S. L. *et al.* 2010. Topsoil Seed Bank of an Oak-Hickory Forest in Eastern Kentucky as a Restoration Tool on Surface Mines. Restoration ecology Vol. 18, N° 6, pp. 834–842

Nussbaumer, Y. *et al.* 2016. Identifying and ameliorating nutrient limitations to reconstructing a forest ecosystem on mined land. Restoration ecology Vol. 24, N° 2, pp. 202–211

- Microtopografía

Schott, K. M. *et al.* 2014.The Role of Microsite Conditions in Restoring Trembling Aspen (*Populus tremuloides* Michx) from Seed. Restoration ecology Vol. 22, N° 3, pp. 292–295

Gilland, K. E. y B.C. Mc.Carthy. 2014. Microtopography Influences Early Successional Plant Communities on Experimental Coal Surface Mine Land Reclamation. Restoration ecology Vol. 22, N° 2, pp. 232–239

Simmons, M. E. *et al.* 2012. Responses of Pioneer and Later-Successional Plant Assemblages to Created Microtopographic Variation and Soil Treatments in Riparian Forest Restoration. Restoration ecology Vol. 20, N° 3, pp. 369–377

## Anexo 5. Publicaciones Tema 4. Manejo de la fauna

- Atractor de la fauna

Fraser, L. H. *et al.* 2015. A call for applying trophic structure in ecological restoration. Restoration ecology Vol. 23, N° 5, pp. 503–507

Dias, Davi F. C. *et al.* 2016. Beauty before age: landscape factors influence bird functional diversity in naturally regenerating fragments, but regeneration age does not. Restoration ecology Vol. 24, N° 2, pp. 259–270

Zanini, L. y G. Ganade. 2005. Restoration of Araucaria forest: The role of perches, pioneer vegetation, and soil fertility. Restoration ecology Vol. 13, N° 3, pp. 507–514

Lindenmayer, D. *et al.* 2016. Do nest boxes in restored woodlands promote the conservation of hollow-dependent fauna? Restoration ecology Vol. 24, N° 2, pp. 244–251

Christie, K. *et al.* 2012. Home Range Size and Micro-habitat Density Requirements of Egernia napoleonis: Implications for Restored Jarrah Forest of South Western Australia. Restoration ecology Vol. 20, N° 6, pp. 740–746

- Respuesta de la fauna

Morrison, E. B. y C.A. Lindell. 2011. Active or Passive Forest Restoration? Assessing Restoration Alternatives with Avian Foraging Behavior. Restoration ecology Vol. 19, online only, pp. 170–177

Perry, R. W. *et al.* 2009. Reptile and Amphibian Responses to Restoration of Fire-Maintained Pine Woodlands. Restoration ecology Vol. 17, N° 6, pp. 917–927

Lopes, I. T. *et al.* 2015. Diversity of understory birds in old stands of native and Eucalyptus plantations. Restoration ecology Vol. 23, N°5, pp. 662–669

Gould, S. F. y B.G. Mackey. 2015. Site vegetation characteristics are more important than landscape context in determining bird assemblages in revegetation. Restoration ecology Vol. 23, N° 5, pp. 670–680

Frost, J. S. y L.A. Powell. 2011. Cedar Infestation Impacts Avian Communities along the Niobrara River Valley, Nebraska. Restoration ecology Vol. 19, N° 4, pp. 529–536

- Rol de los invertebrados

Liu, Y. *et al.* 2012. Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Assemblages of Restored Semi-natural Habitats and Intensively Cultivated Fields in Northern China. Restoration ecology Vol. 20, N° 2, pp. 234–239

Dominguez-Haydar, Y. y I. Armbrecht. 2011. Response of Ants and Their Seed Removal in Rehabilitation Areas and Forests at El Cerrejon Coal Mine in Colombia. Restoration ecology Vol. 19, online only, pp. 178–184

Dekoninck, W. *et al.* 2010. Forest Succession Endangers the Special Ant Fauna of Abandoned Quarries along the River Meuse (Wallonia, Belgium). Restoration ecology Vol. 18, N° 5, pp. 681–690

Colloff, M. J. *et al.* 2010. Restoration of an Ecosystem Function to Revegetation Communities: The Role of Invertebrate Macropores in Enhancing Soil Water Infiltration. Restoration ecology Vol. 18, N° s1, pp. 65–72

Waltz, A.E.M. y W.W. Covington. 2004. Ecological restoration treatments increase butterfly richness and abundance: Mechanisms of response. Restoration ecology Vol. 12, N° 1, pp. 85–96

Kleintjes, PK *et al.* 2004. Initial response of butterflies to an overstory reduction and slash mulching treatment of a degraded pinon-juniper woodland. Restoration ecology
Vol. 12, N° 2, pp. 231–238

- Calidad de hábitat

George, T.L. y S. Zack. 2001. Spatial and temporal considerations in restoring habitat for wildlife. Restoration ecology Vol. 9, N° 3, pp. 272–279

Larkin, JL. *et al.* 2004. Influences on release-site fidelity of translocated elk. Restoration ecology Vol. 12, N° 1, pp. 97–105

- Polinizadores

Frick, K. M. *et al.* 2014. Field of Dreams: Restitution of Pollinator Services in Restored Bird-Pollinated Plant Populations. Restoration ecology Vol. 22, N° 6, pp. 832–840

Garcia-Robledo, C. 2010. Restoration of Plant-Pollinator Interactions: Pollination Neighborhood and Asymmetric Pollen Flow Between Restored Habitats in a Beetle-Pollinated Aroid. Restoration ecology Vol. 18, N° s1, pp. 94–102

- Animales invasores

Eldridge, D.J. *et al.* 2006. Short-term vegetation and soil responses to mechanical destruction of rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) warrens in an Australian box woodland. Restoration ecology
Vol. 14, N° 1, pp. 50–59

- Herbivoría

Dalgleish, H. *et al.* 2015. Exposure to herbivores increases seedling growth and survival of American chestnut (*Castanea dentata*) through decreased interspecific competition in canopy gaps. Restoration ecology Vol. 23, N° 5, pp. 655–661

Ruzicka, K. J. *et al.* 2010. Deer Browsing, Forest Edge Effects, and Vegetation Dynamics Following Bottomland Forest Restoration. Restoration ecology Vol. 18, N° 5, pp. 702–710

## Anexo 6. Publicaciones Tema 5. Integración al Paisaje

- El Paisaje e influencia del entorno

Tambosi, L. R. *et al.* 2014. A Framework to Optimize Biodiversity Restoration Efforts Based on Habitat Amount and Landscape Connectivity. Restoration ecology Vol. 22, N° 2, pp. 169–177

Sánchez Meador, A. *et al.* 2011. A New Method for Delineating Tree Patches and Assessing Spatial Reference Conditions of Ponderosa Pine Forests in Northern Arizona. Restoration ecology Vol. 19, N° 4, pp. 490–499

Thompson, B. A. 2011. Planning for Implementation: Landscape-Level Restoration Planning in an Agricultural Setting. Restoration ecology Vol. 19, N° 1, pp. 5–13

Renison, D. *et al.* 2011. Landscape Structural Complexity of High-Mountain *Polylepis australis* Forests: A New Aspect of Restoration Goals. Restoration ecology Vol. 19, N° 3, pp. 390–398

Fonseca, C. R. y F. Joner. 2007. Two-sided edge effect studies and the restoration of endangered ecosystems. Restoration ecology Vol. 15, N° 4, pp. 613–619

Jacquemyn, H. *et al.* 2003. Impacts of restored patch density and distance from natural forests on colonization success. Restoration ecology Vol. 11, N°4, pp. 417–423

- Historia de los datos

Sánchez Meador, A. *et al.* 2010. Historical Stem-Mapped Permanent Plots Increase Precision of Reconstructed Reference Data in Ponderosa Pine Forests of Northern Arizona. Restoration ecology Vol. 18, N° 2, pp. 224–234

Bell, D. *et al.* 2009. Assessing the Representativeness of the Oldest Permanent Inventory Plots in Northern Arizona Ponderosa Pine Forests. Restoration ecology Vol. 17, N° 3, pp. 369–377

Lane, C. P. y H.D. Texler. 2009. Generating Quantitative Regional Plant Community Descriptions for Restoration. Restoration ecology Vol. 17, N° 1, pp. 42–50

Dos Santos, R. *et al.* 2008. Spontaneous vegetation on overburden piles in the Coal Basin of Santa Catarina, Brazil. Restoration ecology Vol. 16, N° 3, pp. 444–452

## Anexo 7. Publicaciones Tema 6. El agua y manejo de cuencas

- Resultados de la restauración

Kershner, J.L.1997. Setting riparian/aquatic restoration objectives within a watershed context. Restoration ecology Vol. 5, N° 4S, pp. 15–24

Caplan, T. R. *et al.* 2013. Growth Response of Coyote Willow (*Salix exigua*) Cuttings in Relation to Alluvial Soil Texture and Water Availability. Restoration ecology Vol. 21, N° 5, pp. 627–638

Kaase, C. T. y G.L. Katz. 2012. Effects of Stream Restoration on Woody Riparian Vegetation of Southern Appalachian Mountain Streams, North Carolina, USA. Restoration ecology Vol. 20, N° 5, pp. 647–655

Parkyn, S.M. *et al.* 2003. Planted riparian buffer zones in New Zealand: Do they live up to expectations? Restoration ecology Vol.11, N° 4, pp. 436–447

McClain, Ch D. *et al.* 2011. Successional Models as Guides for Restoration of Riparian Forest Understory. Restoration ecology Vol. 19, N° 2, pp. 280–289

Borders, B.D. *et al.* 2006. Comparison of leaf litter decomposition rates in restored and mature riparian forests on the Sacramento River, California. Restoration ecology Vol. 14, N° 2, pp. 308–315

- Conservación de humedales

Piazza, B. P. *et al.* 2015. Floodplain conservation in the Mississippi River Valley: combining spatial analysis, landowner outreach, and market assessment to enhance land protection for the Atchafalaya River Basin, Louisiana, USA. Restoration ecology Vol. 23, N° 1, pp. 65–74

Rossell, I. M. *et al.* 2009. Succession of a Southern Appalachian Mountain Wetland Six Years following Hydrologic and Microtopographic Restoration. Restoration ecology Vol. 17, N° 2, pp. 205–214

## Anexo 8. Publicaciones Tema 7. La Sociedad

- Actores involucrados

Ceccon, E. *et al.* 2015.The socioecological complexity of ecological restoration in Mexico. Restoration ecology Vol. 23, N° 4, pp. 331–336

Bruce, M. C. *et al*. 2014. Opinions Toward Using Volunteers in Ecological Restoration: A Survey of Federal Land Managers. Restoration ecology Vol. 22, N° 1 pp. 5–12

Brancalion, P. *et al.* 2014. Cultural Ecosystem Services and Popular Perceptions of the Benefits of an Ecological Restoration Project in the Brazilian Atlantic Forest. Restoration ecology Vol. 22, N° 1, pp. 65–71

- Regulaciones, incentivos y mercado

Aronson, J. *et al.* 2011. What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in Sao Paulo State, Brazil. Restoration ecology Vol. 19, N° 6, pp. 690–695

Nielsen-Pincus, M. y C. Moseley. 2013. The Economic and Employment Impacts of Forest and Watershed Restoration. Rstoration ecology Vol. 21, N° 2, pp. 207–214

Wu, T. *et al.* 2011. Investing in Natural Capital: Using Economic Incentives to Overcome Barriers to Forest Restoration. Restoration ecology Vol. 19, N° 4, pp. 441–445

Galatowitsch, S. M. 2009. Carbon Offsets as Ecological Restorations. Restoration ecology Vol. 17, N° 5, pp. 563–570

- Investigación

Dettman, C.L. y C.M. Mabry. 2008. Lessons Learned about Research and Management: A Case Study from a Midwest Lowland Savanna, USA. Restoration ecology Vol. 16, N° 4, pp. 532–541

Montalvo, A.M. *et al.* 1997. Restoration biology: A population biology perspective. Restoration ecology Vol. 5, N° 4, pp. 277–290

## Anexo 9. Publicaciones Tema 8. Uso del fuego

Roccaforte, J. P. *et al.* 2010. Monitoring Landscape-Scale Ponderosa Pine Restoration Treatment Implementation and Effectiveness. Restoration ecology Vol. 18, N° 6, pp. 820–833

Creech, M. N. *et al.* 2012. Alteration and Recovery of Slash Pile Burn Sites in the Restoration of a Fire-Maintained Ecosystem. Restoration ecology Vol. 20, N° 4, pp. 505–516

Bried, J. T. *et al.* 2014. Why Pine Barrens Restoration Should Favor Barrens Over Pine. Restoration ecology Vol. 22, N° 4, pp. 442–446

## Anexo 10. Publicaciones Tema 9. Consideraciones climáticas

- Factores climáticos

Alvarez-Aquino, C. *et al.* 2004. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican cloud forest. Restoration ecology Vol. 12 No. 3, pp. 412-418

Meyer, C.L. *et al*. 2001. Microclimatic changes induced by ecological restoration of ponderosa pine forests in northern Arizona. Restoration ecology Vol. 9, N° 4, pp. 443–452

Meyer, C.L. y T.D. Sisk. 2001. Butterfly response to microclimatic conditions following ponderosa pine restoration. Restoration ecology Vol. 9, N° 4, pp. 453–461

Korb, J. E. y P.Z.Fulé. 2008. Intra- and interannual vegetation change: Implications for long-term research. Restoration ecology Vol. 16, N° 1, pp. 5–11

- Cambio climático

Benito-Garzon, M. *et al.* 2013. Habitat Restoration and Climate Change: Dealing with Climate Variability, Incomplete Data, and Management Decisions with Tree Translocations. Restoration ecology Vol. 21, N° 5, pp. 530–536

Leverkus, A.B. *et al.* 2015. Restoring for the present or restoring for the future: enhanced performance of two sympatric oaks (*Quercus ilex* and *Quercus pyrenaica*) above the current forest limit. Restoration ecology Vol. 23, N° 6, pp. 936–946

## Anexo 11. Publicaciones Tema 10. Ambientes urbanos

Simmons, B. L. *et al.* 2016. Long-term outcomes of forest restoration in an urban park. Restoration ecology Vol. 24, N° 1, pp. 109–118

Oldfield, E. E. *et al.* 2015. Growing the urban forest: tree performance in response to biotic and abiotic land management. Restoration ecology Vol. 23, N° 5, pp. 707–718

Pavao-Zuckerman, M. A. 2008. The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities. Restoration ecology Vol. 16, No. 4, pp. 642–649

## Anexo 12. Publicaciones Tema 11. Otros estudios

Souto, C. P. *et al.* 2012. Genetic Diversity and Structure in *Austrocedrus chilensis* Populations: Implications for Dryland Forest Restoration. Restoration ecology Vol. 20, N° 5, pp. 568–575

Peng, Sh-L. *et al.* 2009. Vegetation Restoration and Its Effects on Carbon Balance in Guangdong Province, China. Restoration ecology Vol. 17, N° 4, pp. 487–494

Close, D. C. *et al.* 2009. Ecophysiology of Species with Distinct Leaf Morphologies: Effects of Plastic and Shadecloth Tree Guards. Restoration ecology. Restoration ecology. Vol. 17, N° 1, pp. 33–41

## Anexo 13. Publicaciones Tema 12. Influencia de las carreteras

Grant, A. S. *et al.* 2011. Restoration of Native Plant Communities after Road Decommissioning in the Rocky Mountains: Effect of Seed-Mix Composition on Vegetative Establishment. Restoration ecology. Restoration ecology. Vol. 19, Online Only Issue , pp. 160–169