

**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS
Y DE LOS ALIMENTOS**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

TALLER DE TÍTULO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Reforestación en núcleos de distintas especies nativas para recuperar
áreas afectadas por incendios en Chile central

MANYOLY IGNACIA ROJAS BARRÍA

QUILLOTA, CHILE

2018

Índice

1.	Resumen	4
2.	Definición del problema.....	5
2.1.	Situación de la zona central de Chile	5
2.2.	Incendios y biodiversidad.....	5
2.3.	Experiencia internacional.....	6
2.4.	Experiencias en Chile	7
2.5.	Enunciado del problema	7
3.	Hipótesis	8
4.	Objetivos.....	8
4.1.	Objetivo General.....	8
4.2.	Objetivos Específicos	8
5.	Estado del arte.....	9
5.1.	Caracterización de las formaciones vegetacionales de Chile central	9
5.2.	Incendios en Chile central.....	9
5.3.	Respuesta de la vegetación post-fuego	10
5.4.	Recuperación de áreas afectadas	11
5.5.	Bases sobre restauración ecológica	11
5.6.	Interacciones de facilitación entre plantas	12
5.6.1.	Efecto nodriza.....	12
5.6.2.	Nucleación.....	12
5.6.3.	Sucesión ecológica.....	12
5.7.	Experiencia internacional en reforestación de ecosistemas mediterráneos.....	13
5.8.	Experiencia con restauración ecológica en Chile	13
5.9.	Propuesta de estudio.....	14
5.10.	Justificación de las especies nativas utilizadas en el proyecto	14
6.	Metodología	15
6.1.	Caracterización del sitio a intervenir	15
6.2.	Diseño Experimental.....	15
6.3.	Tratamientos.....	15
6.3.1.	Reforestación en hileras (T1).....	15
6.3.2.	Reforestación en núcleos (T2).....	16
6.4.	Mediciones y cálculos.....	16
6.4.1.	Sobrevivencia de individuos	16

6.4.2.	Tasa de crecimiento relativo (TCR)	16
6.4.3.	Porcentaje de cobertura	17
6.5.	Análisis estadísticos	17
6.6.	Formas de financiamiento.....	17
7.	Referencias.....	18
8.	Plan de trabajo.....	24
9.	Resultados esperados	25
10.	Cargos y funciones	25
11.	Presupuesto.....	26
11.1.	Presupuesto total por cuenta (M\$)	26
11.2.	Presupuesto total por año (M\$).....	28
12.	Anexos.....	29
12.1.	Mapa de área.....	29
12.2.	Esquema de los tratamientos a realizar	29
12.2.1.	Diseño de reforestación en hilera (T1)	29
12.2.2.	Diseño de reforestación en núcleos (T2).....	30
12.2.3.	Diseño en bloque	30
12.3.	Diagrama de Gantt.....	31
12.4.	Detalle presupuestario	32
12.4.1.	Detalle gastos de operación.....	32
12.4.2.	Detalle recursos humanos.....	33
12.4.3.	Detalle difusión	33
12.4.4.	Detalle subcontratos	33
12.4.5.	Detalle gastos de inversión	33
12.4.6.	Detalle de capacitación	34
12.4.7.	Detalle de imprevistos.....	34

1. Resumen

La capacidad de regeneración natural de los ecosistemas ha disminuido, a causa del aumento en la frecuencia de incendios forestales de la zona central del país. Esto ha provocado una incapacidad del ecosistema para recuperar sus funciones, impidiendo el avance de la sucesión ecológica. Por lo que, se vuelve necesaria la intervención para facilitar el proceso de recuperación de las áreas afectadas. Para lo anterior, es necesario utilizar un método de reforestación que integre las distintas interacciones que le otorgan estructura y funcionalidad al ecosistema. La propuesta de esta investigación es comparar la reforestación en núcleos con la reforestación en hileras, para recuperar áreas incendiadas en Chile central. Se espera que la reforestación en núcleos sea más eficiente que la reforestación en hileras, debido a las múltiples interacciones de facilitación que se generan entre plantas ante condiciones de estrés.

El sitio de estudio es el Fundo El Carmen, Quilpué, Provincia de Marga-Marga. Se implementarán doce bloques de 6 x 15 m en total. Seis bloques se encontrarán ubicados en laderas de exposición norte y seis en laderas de exposición sur. Cada bloque contiene ambos tratamientos separados entre sí por un espacio libre de 6 x 3 m, para evitar interacción entre tratamientos y disminuir las variables ambientales que implica un ensayo en terreno. Cada tratamiento tendrá dimensiones de 6 x 6 m donde se reforestará con cinco especies nativas pertenecientes al bosque esclerófilo: quillay, litre, molle, quebracho y colliguay. La disposición de los individuos de un tratamiento (T1) será en hileras y el T2 será en núcleos (plantas agrupadas). El objetivo de este proyecto es determinar el efecto de los tratamientos y de la exposición solar sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal. Y Determinar el efecto de tiempo sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal, para cada uno de los tratamientos, en la misma exposición solar. Para el análisis de datos se realizará un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores, para identificar el efecto de los tratamientos y de la exposición sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal. Asimismo se realizará un ANDEVA de medidas repetidas, para determinar el efecto de tiempo (año 1, año 2 y año 3) sobre las variables mencionadas, en una misma exposición solar. El proyecto de investigación tiene una duración de 36 meses (3 años) y se financiará mediante un FPA o un FIBN.

2. Definición del problema

2.1. Situación de la zona central de Chile

La zona central de Chile posee una extensión de unos 13.175 km², que cubre parte de la región de Valparaíso, Libertador Bernardo O'Higgins y Metropolitana. Esta área se encuentra dentro de la zona bioclimática mediterránea, caracterizada por veranos secos e inviernos húmedos con una fuerte variabilidad interanual (UICN, 2011). La vegetación está constituida por zonas de matorral y bosques esclerófilos de hoja perenne (Luebert y Pliscoff, 2006), los cuales se distribuyen principalmente por las laderas de cerros y redes de drenaje. Este bioma es conocido por ser uno de los 25 "hotspots" a nivel mundial, lo cual implica que este territorio comprende al menos un 0,5% de la flora vascular endémica mundial y ha sufrido la pérdida de más de un 70% de superficie (Myers *et al.*, 2000). A lo largo de la historia del país, la tala de bosques, los cambios en el uso de suelo y el aumento en la frecuencia de incendios, han provocado profundas modificaciones en el paisaje. Esto ha generado un escenario preocupante en términos de conservación de la biodiversidad local (Manzur *et al.*, 2005).

2.2. Incendios y biodiversidad

Existe controversia respecto a la existencia de regímenes de fuegos naturales en los ecosistemas mediterráneos de Chile. La frecuencia de eventos en este ecosistema, no parece haber sido suficientemente alta como para causar presiones evolutivas. Lo cual evidencia que el mediterráneo chileno no requiere de fuego para su desarrollo y evolución, como es el caso de otros ecosistemas de este tipo (Montenegro *et al.*, 2004). Fuegos de gran extensión, intensidad o repetidos en intervalos cortos de tiempo, pueden dejar una profunda huella en el ecosistema potenciando procesos erosivos. Esto genera además una fuerte degradación edáfica, haciendo más problemática la recuperación de la vegetación. Lo anterior potencia la desertificación en áreas de clima sensible, como lo es el mediterráneo con marcada estación estival seca (Vega, 2007).

Los incendios forestales se han vuelto uno de los principales problemas medioambientales del país (Castillo *et al.*, 2013), atrayendo una importante atención de los medios y la sociedad. Durante la estación estival 2017 aconteció un megaincendio en la zona centro-sur del país denominado "Tormenta de Fuego", que afectó 518.174 ha de

bosque y zonas de uso antrópico (CONAF, 2017). Considerando las formaciones vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2006), se determinó que el ecosistema más impactado corresponde a bosque esclerófilo con 111.710 ha quemadas (53% de la superficie total) (CONAF, 2017). Esto evidencia que perturbaciones de mayor magnitud se concentraron en la zona centro del país, donde se encuentran los pisos vegetacionales más amenazados según clasificación de la UICN (Pliscoff, 2015). Lo anterior, ha afectado fuertemente la biodiversidad de la zona, la cual es conocida por su fuerte presión antrópica y la baja representatividad del Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado en este sector (Armesto *et al*, 1998). Bajo este escenario, urge tomar medidas para recuperar las áreas incendiadas, ya que la degradación continua de estos ecosistemas ha disminuido su capacidad para auto-regenerarse (Vega, 2007).

2.3. Experiencia internacional

Gran parte de los ecosistemas mediterráneos forestales pueden considerarse dependientes del fuego o influidos por este (Pausas y Vallejo, 1999; Hernández *et al.*, 2004). Sin embargo, se estima que más de las tres cuartas partes de las áreas con ecosistemas de este tipo, se encuentran actualmente con un régimen de fuego alterado en cuanto a frecuencia, intensidad y tamaño del área quemada (Vega, 2007).

Al tratarse de un tema relevante para todos los ecosistemas, Boanares y Schetini (2014), realizaron un trabajo de análisis sobre las tendencias y vacíos concernientes al estudio de metodologías de reforestación. Recolectaron datos de *The Web of Science* y *Google Académico*. Con su estudio se discute respecto a que el número de investigaciones sobre nucleación debe aumentar, debido a que se vuelve imperante explorar en ámbitos de investigación en torno a la recuperación de áreas silvestres degradadas, para tomar acciones más efectivas a nivel global. Un trabajo similar realizaron Corbin y Holl (2012), elaborando un *review* sobre métodos de nucleación aplicada, realizados a nivel internacional, concluyendo que los resultados de pruebas experimentales de nucleación han sido consistentes con las predicciones teóricas. Esto indica que la densidad y la diversidad de especies reclutadas es mayor en los núcleos plantados que en las áreas abiertas (Corbin y Holl, 2012).

2.4. Experiencias en Chile

En general, las experiencias en Chile sobre recuperación post-fuego consisten en actividades de rehabilitación y revegetación, las cuales no son iniciativas que devuelvan la complejidad al ecosistema en cuestión. Se emplean especies de rápido crecimiento, en muchos casos exóticas. Existe un número reducido de reforestaciones con especies nativas, y un número aún más bajo, se ha realizado con bases ecológicas (Altamirano, 2008; Fernández *et al.*, 2010; Castillo *et al.*, 2013). A lo anterior se suma que en ambientes mediterráneos, la sequía estival provoca estrés hídrico, causando masiva mortalidad en plántulas naturales y sobre plantones usados en las reforestaciones (Hernández *et al.*, 2004), por lo que en muchos casos los esfuerzos por recuperar áreas afectadas por incendio no tienen éxito a largo plazo.

En el caso de formaciones vegetacionales, sólo existe información teórica sobre nucleación y dinámicas post-incendios en la zona de matorral y bosque esclerófilo. No se han encontrado publicaciones relacionadas con la implementación y evaluación de métodos de reforestación con estas características. Sin embargo, existen investigaciones en dinámicas sucesionales, que pueden ser de utilidad para diseñar estrategias de restauración para sitios afectados por incendios (Fernández *et al.*, 2010; Jaksic y Fariña, 2015).

2.5. Enunciado del problema

La capacidad de regeneración natural de los ecosistemas ha disminuido, a causa del aumento en la frecuencia de incendios forestales de la zona central del país.

3. Hipótesis

La reforestación con núcleos sería más eficiente que la reforestación en hileras para recuperar áreas incendiadas en Chile central.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Comparar la reforestación en núcleos con la reforestación en hileras, para recuperar áreas incendiadas en Chile central.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los tratamientos y de la exposición sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal.
- Determinar el efecto de tiempo sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal, para cada uno de los tratamientos, en la misma exposición solar.

5. Estado del arte

5.1. Caracterización de las formaciones vegetacionales de Chile central

La zona central de Chile posee una alta diversidad vegetacional con variadas formas de vida. Es predominante el matorral y bosque esclerófilo de baja a mediana altura compuesto por parches de flora leñosa, con composición y edad heterogénea (Luebert y Pliscoff, 2006; Fuentes-Castillo et al., 2014).. Estas formaciones vegetacionales se desarrollan en la zona de clima mediterráneo, con una gran variación composicional en función de la latitud, longitud y topografía (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff 2006; Altamirano, 2008).

El bosque esclerófilo húmedo es típico de la zona, predominando las comunidades de *Cryptocaria alba* (peumo), *Peumus boldus* (boldo), *Beilschmiedia miersii* (belloto) y *Quillaja saponaria* (quillay) en los fondos de quebradas y sobre laderas de exposición sur; en tanto que en exposición norte con suaves pendientes o en fondos planos son más frecuentes los bosques de *Q. saponaria*, *Schinus latifolius* (molle) y *Lithraea caustica* (litre). Entre la vegetación arbustiva destacan los matorrales xerófitos en laderas de solana (exposición norte), con predominancia de comunidades de *Colliguaja odorífera* (colliguay), *Trevoa trinervis* (tevo), *Flourensia thurifera* (maravilla del campo) junto a las comunidades xéricas de *Puya chilensis* (chagual). Estas comunidades son altamente vulnerables a los incendios por su calidad de deciduas de verano y por su abundante estrato herbáceo, el cual se seca durante la época estival. Por otra parte, producto de la continua degradación del bosque original, se ha dado paso a la formación llamada matorral esclerófilo. El producto final de una serie de intervenciones sobre los matorrales, genera el "espinal" de *Acacia caven* y el matorral bajo con dominio de *Baccharis rosmarinifolia* (romerillo) (Quintanilla y Castro, 1998; Luebert y Pliscoff 2006; Fernández et al. 2010).

5.2. Incendios en Chile central

El fuego es uno de los mayores agentes generadores de disturbios a escala global; afecta los ciclos biogeoquímicos, modifica la composición atmosférica y altera el ciclo global del carbono (Montenegro et al., 2004). En los ecosistemas de Chile, los regímenes de fuego naturales no han tenido una frecuencia suficiente como para generar presiones evolutivas,

por lo que son considerados como independientes del fuego (Montenegro et al., 2004; Fernández et al., 2010). Además, los incendios son un factor determinante en la composición de la vegetación de un ecosistema, ya que características como; tolerancia al fuego, tiempo para alcanzar la madurez, estrategias reproductivas y producción de combustibles, varían notoriamente entre especies vegetales. Estas responden de distinta manera frente a episodios de fuego según; topografía del área afectada, tipo de vegetación, frecuencia e intensidad de disturbio, época del año, condiciones meteorológicas anteriores y posteriores, tamaño de las plantas y la presencia o ausencia de herbívoros (Fernández et al., 2010; Quintanilla, 2011; CONAF, 2017).

Luego de una perturbación que genera fragmentación del hábitat, se pueden distinguir características micro-climáticas contrastantes; produciéndose un gradiente ambiental desde el borde hacia el interior del fragmento (Bustamante y Grez, 1995). Este “efecto borde” generalmente implica modificaciones en la luminosidad, temperatura, viento y humedad, lo cual se puede extender por cientos de metros hacia el interior del fragmento (Quintanilla, 2011). El aumento en los niveles de severidad del incendio, el efecto borde y una menor capacidad del área para recuperar su funcionalidad, son características comunes en la zona central del país (Castillo, 2013).

5.3. Respuesta de la vegetación post-fuego

Los incendios de alta intensidad probablemente destruirán el banco de semillas y yemas bajo la corteza, evitando la recolonización por este mecanismo. Esta situación puede ser compensada por el crecimiento vegetativo de algunos individuos sobrevivientes, mediante estructuras subterráneas como bulbos, rizomas y lignotúberes (yemas subterráneas) (Montenegro et al., 2004; Fernández et al., 2010; Mardones, 2014). Cuando individuos del estrato arbustivo desarrollan brotes se generan renovales, con múltiples tallos que emergen simultáneamente desde el suelo. Según Quintanilla y Castro (1998) esta es una forma frecuente de recuperación de plantas arbustivas del matorral de Chile central, destacándose *L. caustica*. Además comprobaron que posterior a una perturbación, las primeras en recolonizar son las especies llamadas pioneras como; *Muehlenbeckia hastulata* (quilo), *B. rosmarinifolia* (romerillo) y *Eringium paniculatum* (cadilla) las cuales colonizan espacios abiertos dejados por el fuego.

5.4. Recuperación de áreas afectadas

Un sitio afectado por fuego puede recuperarse de forma natural, dependiendo de la intensidad de la perturbación. Esto es posible si existe; fuente de propágulos, banco de semillas adecuado en el suelo y/o material vegetal que pueda re-brotar y producir semillas (Fernández *et al.*, 2010). De no ser posible lo anterior es necesario intervenir el sector, mediante acciones de reforestación con especies nativas o exóticas, con el objetivo básico de recuperar cobertura vegetal (SER, 2004; Altamirano, 2008; Fernández *et al.*, 2010; Castillo, 2013; Jaksic y Fariña, 2015). O se pueden realizar acciones de restauración, que considera además de lo anterior, el restablecimiento de procesos ecológicos a través de un programa activo con reintroducción de especies. Por lo tanto se intenta conducir el sitio en cuestión, a un estado lo más parecido posible a lo original en un tiempo relativamente corto (SER, 2004; Fernández *et al.*, 2010; Jaksic y Fariña, 2015; Fisher *et al.* 2016).

5.5. Bases sobre restauración ecológica

Dentro de las maneras de abordar este problema surge el concepto de restauración ecológica. Se basa en un conocimiento previo de las diferentes piezas que otorgan la estructura y funcionalidad al sistema (Fernández *et al.*, 2010). Para ello es clave comprender la dinámica de recuperación natural e identificar la intensidad del daño generado al área en cuestión (Figuroa y Jaksic, 2004). Lo anterior, va estrechamente ligado a la sucesión ecológica, ya que busca lograr un ecosistema similar al que se desarrollaría en la etapa final de la sucesión, con exclusión de la influencia humana (SER, 2004; Fernández *et al.*, 2010). Para ello, se debe describir la vegetación que corresponde al sitio antes de la intervención, mediante; listado de especies, mapas del sitio, fotografías (históricas y recientes), líneas base, remanentes del sitio a restaurar, especímenes de herbarios y museos, además de versiones históricas de personas familiarizadas con el sitio afecto (Fernández *et al.*, 2010).

5.6. Interacciones de facilitación entre plantas

5.6.1. Efecto nodriza

Estudios experimentales en la zona centro de Chile han demostrado, que el establecimiento de especies pioneras en áreas perturbadas tiene el potencial de facilitar el reclutamiento de otras especies. Lo anterior, debido a que plántulas que crecen bajo arbustos, experimentan menor estrés hídrico y menos radiación solar, lo que aumenta su sobrevivencia (Fuentes-Castillo *et al.*, 2012; Gómez-Aparicio *et al.* 2004). Este efecto positivo es muchas veces esencial para que las plántulas resistan la sequía estival, que caracteriza a todos los ecosistemas de tipo mediterráneo (Vallejo *et al.* 2012).

5.6.2. Nucleación

La nucleación es un proceso de la sucesión ecológica, en que la vegetación existente facilita la dispersión de semillas y el reclutamiento de otros individuos alrededor de los núcleos remanentes. Este proceso es de suma importancia en sitios donde la regeneración está limitada por condiciones abióticas o donde existe una dispersión restrictiva de semillas (Albornoz *et al.* 2013). Además, los núcleos de vegetación tienden a acumular suelo, agua y en algunos casos nutrientes, lo que genera condiciones más favorables para el crecimiento de las plantas (Altamirano, 2008; Fernández *et al.*, 2010). Se ha comprobado mediante el estudio de patrones espaciales, observados por imágenes satelitales de un período de 52 años, que la vegetación perturbada del bosque esclerófilo se regenera desde núcleos de vegetación remanente, expandiéndose y cubriendo cada vez mayor superficie (Fuentes-Castillo *et al.* 2012).

5.6.3. Sucesión ecológica

Una sucesión ecológica es un proceso de cambio dinámico y gradual en un ecosistema, manifestado por el progresivo reemplazo de una comunidad vegetacional dominante por otra (Altamirano, 2008; Fernández *et al.*, 2010). Este cambio está caracterizado por modificaciones en la composición, estructura, distribución y abundancia de la flora en el espacio y en el tiempo. El inicio de una sucesión luego de una perturbación, estará dada por el crecimiento de especies que pueden originarse a partir de semillas pioneras y/o sobrevivientes y por crecimiento vegetativo de las especies sobrevivientes (Fernández *et al.*, 2010; Jaksic y Fariña, 2015).

El proceso de sucesión comienza con parches de baja diversidad constituidos por especies pioneras que se encuentran ampliamente distribuidas. Estas especies pioneras

poseen una alta capacidad de tolerar condiciones de radiación, alta producción de semillas y alta capacidad de dispersión (Altamirano, 2008). La dinámica de la sucesión continúa con la aparición de comunidades secundarias, que corresponden a un ecosistema con mayor estabilidad e interacciones bióticas. El camino hacia una sucesión final o madura, es un largo proceso. Se vuelve necesaria en muchos casos la intervención humana, a fin de asistir la recuperación de áreas degradadas (Pérez *et al.* 2010).

5.7. Experiencia internacional en reforestación de ecosistemas mediterráneos

Estudios realizados en España por Rey Benayas *et al.* 2008, sugieren la utilización de núcleos biodiversos como una alternativa para la restauración de paisajes agrícolas degradados abandonados, donde hay pocos remanentes de vegetación natural. Esta técnica consiste en la plantación de pequeños núcleos de vegetación leñosa nativa en menos de 100 m², con alta densidad (una planta cada 2 m) y de forma dispersa en el espacio (decenas o cientos de m). Esto devolvió con éxito algunas de las funciones ecosistémicas que se habían alterado debido al abandono del sitio degradado.

En otra evaluación de programas de reforestación en España, Gómez-Aparicio *et al.* (2004) concluyeron que algunos arbustos actúan como nodrizas, mejorando notablemente el reclutamiento de plántulas en programas de reforestación. Esto es debido a la facilitación que generan en el proceso de sucesión ecológica. Lo anterior, contribuye al reclutamiento de plántulas alrededor de estos núcleos (Fuentes-Castillo *et al.*, 2012).

5.8. Experiencia con restauración ecológica en Chile

En Chile las experiencias que contemplen conceptos de restauración de ecosistemas son casi nulas. Las actividades realizadas en el país, son principalmente de reforestación con especies de rápido crecimiento y en muchos casos con especies exóticas (Altamirano, 2008; Fernández *et al.*, 2010; Castillo *et al.*, 2013). Proyectos específicos para restauración ecológica post-fuego en Chile son casi inexistentes, salvo por la iniciativa llevada a cabo en el Parque Nacional Torres del Paine, luego del incendio ocurrido en el año 2005 (Jaksic y Fariña, 2015).

Fomentar el desarrollo de metodologías que permitan priorizar ecosistemas que necesitan medidas urgentes de conservación, puede ser una herramienta clave para destinar los esfuerzos de restauración de forma eficiente (Fernández *et al.*, 2010).

5.9. Propuesta de estudio

Se propone en base a lo anterior, que el proceso de reforestación de un sitio afectado por incendio en Chile central sería más efectivo si se realiza reforestación con núcleos. Debido a que se estarían aprovechando las interacciones de facilitación entre plantas, que se generan ante condiciones de estrés (Padilla y Pugnaire, 2006). Esto favorece las condiciones para el desarrollo de sucesiones secundarias (Fuentes-Castillo *et al.*, 2012). Aunque los beneficios de las interacciones de facilitación entre plantas se han descrito ampliamente en la literatura científica (Reis *et al.*, 2003), un modelo de reforestación con núcleos como el que se plantea en este informe, es novedoso y poco probado.

5.10. Justificación de las especies nativas utilizadas en el proyecto

Altamirano (2008) evaluó el éxito de reforestación con 21 especies nativas en distintos sectores degradados de la Región Metropolitana, obteniendo como resultado que entre las especies con mayor porcentaje de sobrevivencia se encontraron: *Q. saponaria* (86%), *Cassia closiana* (93%) y *C. odorifera* (98%). Además, las especies con mayores tasas de crecimiento promedio fueron *Q. saponaria* (20,8 cm/año), *S. latifolius* (27,8 cm/año) y *C. closiana* (25,9 m/año). En otro estudio Muñoz (2016) evaluó el éxito de siembra y plantaciones en sitios incendiados de la zona central, resultando que individuos de *L. caustica* presenta baja germinación, pero buenos resultados de sobrevivencia en plantaciones. Sumado a lo anterior, Petit (2016) plantea que tanto *Q. saponaria* como *L. caustica* son especies adecuadas para restauración, ya que poseen mecanismos fisiológicos internos que les permiten soportar las condiciones de estrés hídrico en los periodos estivales. Con estos antecedentes, se determinó que para este proyecto se utilizarán cinco especies nativas resistentes a estrés hídrico y con altas tasas de crecimiento: *Q. saponaria* (quillay), *S. latifolius* (molle), *C. closiana* (quebracho), *L. caustica* (litre) y *C. odorifera* (colliguay).

6. Metodología

6.1. Caracterización del sitio a intervenir

El proyecto de investigación se llevará a cabo en la Región de Valparaíso, específicamente en el Fundo El Carmen ubicado en Quilpué, Provincia de Marga-Marga. Este fundo posee una superficie de 93,6 ha, las cuales fueron donadas por Francisco Valencia el año 1.935 a la comunidad de Quilpué con la finalidad de uso recreativo y áreas de conservación. En este lugar fueron afectadas por lo menos 80 ha de superficie debido a incendios forestales ocurridos en verano del 2017 (CONAF, 2017). En la actualidad, dicho fundo se encuentra administrado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, por lo que se efectuará un trabajo de coordinación con los actores relevantes para conseguir autorización de la ejecución del proyecto.

6.2. Diseño Experimental

Frente a la dificultad para conformar unidades experimentales con todas las variables independientes controladas (temperatura, luz, humedad, nutrientes, etc), por tratarse de un experimento en sistema abierto, se opta por realizar un diseño de bloques completos al azar, para homogenizar T1 y T2. Se instalarán 12 bloques experimentales de 6 x 15 m, los cuales serán excluidos de herbivoría mediante la construcción de un cerco con polines y malla gallinera. Estos bloques estarán dispuestos en el espacio del área de estudio de forma en que 6 bloques se encuentren en laderas de exposición norte y 6 ubicados en laderas de exposición sur. Cada bloque contiene dentro de sí los dos tratamientos que desean compararse (unidades experimentales), separados por un espacio libre de intervención de 6 x 3 m. Para cada tratamiento se utilizarán 15 plantas, por lo que el total de plantas por bloque será de 30 plantas (ver Anexo 12.2.3.).

6.3. Tratamientos

6.3.1. Reforestación en hileras (T1)

La reforestación en hileras, busca simular el tipo de reforestación que se realiza frecuentemente. Se utilizarán cinco especies nativas: quillay, litre, molle, colliguay y quebracho. Estos serán plantados en hoyos de 30 x 30 x 30 cm, después de las primeras lluvias durante el mes de junio. Este mes presenta mayores probabilidades de precipitación, alta humedad ambiental y bajas temperaturas, condiciones que atenúan el impacto del proceso de plantación (Hernández y Vita, 2004). Las plantas se distribuirán en tres hileras que contendrán las cinco especies mencionadas anteriormente, con una

distribución uniforme en el espacio (1 m sobre hilera y 2 m entre hilera) de manera que la interacción entre plantas sea mínima (ver Anexo 12.2.1.). Se utilizarán plantas provenientes del Vivero Pumahuida que no posean daño mecánico y con una altura mínima de 25 cm (Hernández y Vita, 2004; CONAF, 2013).

6.3.2. Reforestación en núcleos (T2)

La reforestación en núcleos se realizará con las mismas cinco especies que se utilizarán para T1, provenientes del mismo vivero, con las mismas condiciones para plantación y en la misma fecha (junio). Este tratamiento consiste en ubicar las plantas de manera agrupada (a 50 cm entre individuos del mismo núcleo), generando pequeños núcleos biodiversos. Cada núcleo contendrá dentro de sí las cinco especies distribuidas al azar y se implementarán tres núcleos en cada T2 (ver Anexo 12.2.2.).

6.4. Mediciones y cálculos

6.4.1. Supervivencia de individuos

Para evaluar la supervivencia de especies plantadas, se reconocerá a cada una de las especies reforestadas con cintas marcadoras y se identificará a cada uno de los individuos que se encuentren vivos al momento del muestreo, otorgándoles un valor de 1 si están vivos y de 0 si estaban muertas. La toma de datos se realizará el primer lunes de cada mes, desde que se establezcan las plantas en los tratamientos.

Se calculará el porcentaje de individuos vivos, por tratamiento, entre el total de bloques establecidos. Esto permitirá el posterior análisis de varianzas para determinar si existe diferencia significativa sobre la supervivencia de las especies según el tratamiento realizado. También se identificarán las especies leñosas germinadas por recolonización espontánea en cada tratamiento, a las cuales se les realizará un seguimiento y evaluación mes a mes de supervivencia.

6.4.2. Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Para estimar las tasas de crecimiento se muestreará la totalidad de árboles y arbustos plantados y para cada individuo se registrará la altura. Luego se realizará una medición año tras año al final de la temporada de crecimiento (marzo). Para lo anterior se utilizará la siguiente fórmula:

$$TCR = \frac{\ln h_1 - \ln h_2}{t_2 - t_1}$$

Donde h_1 y h_2 son la altura de la plántula (cm), t_1 es el tiempo de la primera medición (días) y t_2 el tiempo de la segunda medición (días).

6.4.3. Porcentaje de cobertura

Al tratarse de un proyecto que trabaja con vegetación baja, se utilizará el software Cobcal 2.1, ya que permite calcular de forma rápida y eficaz, el porcentaje y la superficie cubierta por las especies reforestadas en los tratamientos. Este método está basado en colorimetría y utiliza como entrada fotos digitales de la superficie muestreada, determinando el porcentaje de cobertura en una superficie determinada. Para lo anterior, se registrará con imágenes anuales desde la vista superior de la superficie reforestada con ambos tratamientos.

6.5. Análisis estadísticos

Se realizará un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores para identificar el efecto de los tratamientos y de la exposición sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal. Asimismo, se realizará análisis de varianza (ANDEVA) de medidas repetidas para determinar el efecto de tiempo (año 1, año 2 y año 3) sobre la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal, para cada uno de los tratamientos, en laderas con la misma exposición solar.

6.6. Formas de financiamiento

Chile ha tomado iniciativas comprometiéndose con el manejo sustentable y la recuperación de 100.000 hectáreas de bosques, principalmente nativos, para el período 2020-2030. Además se implementaron nuevas políticas forestales y han aumentado los fondos concursables del Ministerio del Medio Ambiente relacionados a recuperación de bosques (FPA y FIBN).

7. Referencias

- Albornoz, F., Gaxiola, A., Seaman, B., Pugnaire, F. y Armesto, J. (2013). Nucleation-driven regeneration promotes post-fire recovery in a Chilean temperate forest. *Plant ecology*, 214, p. 765–776.
- Altamirano, T (2008). Restauración de los sistemas naturales mediterráneos de Chile central: Estudio de casos de restauración del bosque esclerófilo. 107 p. Tesis de Ingeniero Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Armesto, J., Rozzi, R., Smith-Ramirez, C. y Arroyo, M. (1998). Conservation targets in South American temperate forests. *Science*, 282 (5392), p. 1271-1272.
- Armesto, J.J., Bustamante-Sánchez, M.A., Díaz, M.F. et al. (2009) Fire disturbance regimes, ecosystems recovery and restoration strategies in Mediterranean and temperate regions of Chile. En: *Fire effects on soils and restoration strategies* (eds. A. Cerdà and P.R. Robichaud), pp. 537-67. Science Publishers, Enfield.
- Barría J. (2007). Estructura y regeneración de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm Bizzarri (Ciprés de la Cordillera), en los Corrales de Urriola, Reserva Nacional Río de Los Cipreses (34° 43' S). 38 p. Tesis de Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.
- Boanares, D. y Schetini, C. (2014). The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. *Natureza & Conservação*, 12(2), p. 93-98.
- Bustamante, R. y GREZ, A., (1995). Fragmentación del bosque nativo: ¿En qué estamos? *Ambiente y Desarrollo* 20; p. 89-91.
- Bustos-Schindlera, C., Le Quesne, C., González, M. y Solari, M. (2010). Historia preliminar de incendios y prácticas (multi) culturales en la cuenca media del río Cachapoal (34° S), Chile central. *BOSQUE*, 31(1). p 17-27.

Castillo, M. (2013). Integración de variables y criterios territoriales como apoyo a la protección contra incendios forestales. Área piloto: Valparaíso – Chile central. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes.

CONAF. (2013). Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Departamento de plantaciones forestales. Chile. 91 p.

CONAF, (2016). Política Forestal 2015-2035. Documento elaborado por el Consejo de Política Forestal y presentado el 3 de mayo de 2016, Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura.

CONAF, (2017). Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en enero y febrero de 2017, sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile. Informe Técnico. 56 p. Santiago, Chile.

Corbin, J. y Holl K. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 265. p. 37-46.

Christensen, Jr. (2014). An historical perspective on forest succession and its relevance to ecosystem restoration and conservation practice in North America. *Forest Ecology and Management* 330: p. 312-322.

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

Figueroa, J. y Jaksic, F. (2004). Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77. p. 201-215.

Fisher, H., Uth, F., Hagemann, U. y Wagner S. (2016). Developing restoration strategies for temperate forests using natural regeneration processes. En: Stanturf JA (Ed.). *Restoration of Boreal and Temperate Forests. Second Edition*. CRC Press, Florida, Estados Unidos. p. 103-164.

Fuentes-Castillo, T., Miranda, A., Rivera-Hutinel, A., Smith-Ramírez, C. y Holmgren, M. (2012). Nucleated regeneration of semiarid sclerophyllous forests close to remnant vegetation. *Forest Ecology and Management*, 274, p. 38-47.

Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. Edición Universitaria. Santiago, Chile. 165 p.

Gómez-Aparicio, L., Zamora, R., Gómez, J.M., Hódar, J.A., Castro, J. y Baraza, E. (2004). Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*. 14, p. 1128–1138.

Hernández, I. Y A, Vita. (2004) Reforestación para la expansión de los bosquetes de olivillo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. cap 18: p. 307 – 319.

Jaksic, F. Y Fariña, J. (2015). Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. *Anales Instituto Patagonia*, 43, p. 23-34.

Jennings, J., Brown, N. y D. Sheil. (1999). Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, Vol. 72, No. 1. p. 59-73.

Luebert F. y Pliscoff P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 296 p.

Mardones, D. (2014). ¿Es el lignotúber tan generalizado en el matorral Chileno como se supone? Implicaciones en la ecología evolutiva del fuego. 49 p. Tesis de Ingeniero en conservación de recursos naturales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Manzur, M. (2005). Situación de la Biodiversidad en Chile, Desafíos para la Sustentabilidad. Chile: *Programa Chile Sustentable*. LOM Ediciones: p. 15-38.

Meza, A. (Noviembre de 2016). La carta de navegación para la restauración ecológica. *Chile Forestal*, CONAF, 383, p. 3-5.

Montenegro, G., Díaz, F., Gómez, M. y Ginocchio, R. (2003). Regeneration potential of Chilean matorral after fire: an updated view. En: Veblen, T., W. Baker, G. Montenegro y T. Swetnam. Fire and climatic change in temperate ecosystems of the Western Americas. *Springer Verlag*, New York. p. 381-409.

Montenegro G., Ginocchio R., Segura A., Keely J. & Gómez M. (2004). Fire regimes and vegetation responses in two Mediterranean-climate regions. *Revista Chilena de Historia Natural*. 77; p. 455-464.

Muñoz, P. (2016). Evaluación de técnicas activas de restauración ecológica post-incendio en el bosque esclerófilo de Chile central. Proyecto de título para optar al título de Ingeniero Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. p. 1-57.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: p. 853–858.

Padilla, F. y F. Pugnaire. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*; 4(4): p.196–202.

Pausas, J. Y Vallejo, V. (1999). The role of fire in European Mediterranean Ecosystems. En: E. Chuvieco (ed.). Remote sensing of large wildfires. Springer-Verlag. Berlin; p. 3-16.

Pérez, M. y Calvo, E., (2004). Uso de vegetación autóctona en restauración ambiental. Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura.

Pérez, D., Rovere, A., y Farinaccio, F. (2010). Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina. Vázquez Mazzini Editores. 80 p.

Petit, A. 2016. Respuestas morfofisiológicas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Lithraea caustica* (Mol.) et Arn. A la eliminación paulatina del riego en una plantación, en cerro el roble, región metropolitana. Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

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

Quintanilla, V. y Castro, R. (1998). Seguimiento de las cubiertas vegetales post-incendios forestales en la zona mediterránea costera de Chile. *Serie Geográfica*, 7, p. 147-154.

Quintanilla, V. (2011) Casos de degradación por el fuego de los bosques mediterráneos de Chile. En: 5° congreso forestal latinoamericano. Lima, Perú.

Reis, A., Campanhã, F., Bazzo, M., Koehntopp, N. y Lopes, L. (2003). Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza Conservação* 1, p. 28–36.

Reis, A. y Tres, D. (2007), Recuperación de áreas degradadas: la función de la nucleación. Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil. 12 p.

Rey, J., Bullock, J. y Newton, A. (2008). Creación de islotes forestales para reconciliar restauración ecológica, conservación y uso agrícola. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 28, p. 277-282.

SER 2004. The SER Primer on Ecological Restoration. En: <http://www.ser.org/> a fecha noviembre 2017.

Soto, L., Leiva, E., Montoya, F., Seguel, O., Delpiano, C., Becerra, P., Vásquez, I., Miranda, A. y Smith-Ramírez, C. (2015). Efecto del espino (*Acacia caven* (Mol.)) sobre las propiedades físicas del suelo en exclusiones de pastoreo. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, ex *Agro-Ciencia*, 31(3), p.211-222.

Tres, D. y Reis, A. (2007), La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje, en *II Simposio Internacional sobre restauración ecológica*, Cuba, 16 a 22 de abril 2007.

UICN. Newton, A.C. y Tejedor, N. (2011). Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: *Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas*. xxiv + 409 p.

Vallejo, R., E. Allen, J. Aronson, J. Pausas, J. Cortina y J. Guitiérrez. (2012). Restoration of mediterranean-type woodlands and shrublands. En: Van Andel, J., Aronson. J (eds) *Restoration ecology: the new frontier*, 2nd edn. Wiley, Chichester, p. 130–144.

Vega, J. (2007). Bases ecológicas para la restauración preventiva de zonas quemadas. *Wildfire 2007 thematic session 8*. Sevilla, España. 23 p.

8. Plan de trabajo

El cronograma de las actividades a detalle del proyecto se encuentra en el Diagrama de Gantt adjunto (Anexo 12.3.). Este se llevará a cabo en un período de 3 años.

I. Primera etapa:

En el primer periodo se realizarán actividades de gabinete como son la contratación y capacitación del equipo humano, y coordinación con propietario de fundo El Carmen. Por otra parte, se efectuará el pedido de plantas a vivero y se realizará la compra de materiales para terreno.

II. Segunda etapa:

Implementación de las estructuras en terreno, preparación del sitio e instalación de plantas en cada tratamiento.

III. Tercera etapa:

Obtención de datos en terreno en las fechas correspondientes y mantención de las estructuras implementadas para cada tratamiento.

IV. Cuarta etapa:

Análisis de datos recopilados, obtención de valores estadísticos y conclusiones sobre los resultados de cada tratamiento. Elaboración de informe final, organización de seminario y actividades de difusión. Posteriormente se realizará una retroalimentación a modo de mejorar futuros estudios y complementar conocimientos generados respecto al uso de núcleos para recuperar sitios afectados por incendios forestales.

9. Resultados esperados

- ✓ Conocimiento respecto al uso de núcleos en reforestación, como método para recuperar áreas degradadas por incendio en la zona central del país
- ✓ Conocimiento respecto a la sobrevivencia, tasa de crecimiento relativo y cobertura vegetal en los tratamientos implementados
- ✓ Tesis de magíster
- ✓ Publicación de paper científico
- ✓ Artículo de difusión

10. Cargos y funciones

Formación/grado académico	Cargo en el proyecto	Funciones (N°)	Duración contrato (meses)	Costo del personal (MM\$)
Ingeniero Agrónomo	Director	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación, puesta en marcha y supervisión - Velar por los objetivos del proyecto - Realización de contratos - Realización de compra e inventario de insumos - Coordinación de labores en terreno 	36	28.8
Ph.D. en ciencias del suelo	Director alternativo	<ul style="list-style-type: none"> - Guía y recomendación técnica - Aspectos administrativos 	36	36

Formación/grado académico	Cargo en el proyecto	Funciones (N°)	Duración contrato jornal (días)	Costo del personal (M\$)
Obrero	Asistente	- Labores en terreno - Toma de datos	215	3.225
Obrero	Asistente	- Labores en terreno - Toma de datos	215	3.225
Obrero	Asistente	- Labores en terreno - Toma de datos	215	3.225

11. Presupuesto

11.1. Presupuesto total por cuenta (M\$)

Presupuesto total por cuenta (M\$)

	Cuenta	FONDO CONCURSABLE	APORTE PUCV	Total (M\$)
		Pecuniario	No pecuniario	
A.	Total Recursos Humanos	38.475	36.000	74.475
B.	Total Subcontratos	2.130	0	2.130
C.	Total Capacitación	90	70	160
D.	Total Misiones Tecnológicas	0	0	0
E.	Total Difusión	974	50	1.024
F.	Total Gastos de Inversión	0	16.500	16.500
G.	Total Gastos de Operación	39.512	0	39.512
H.	Total de imprevistos	4.059	2.631	6.690
	Porcentaje de Aporte (%)	60,67%	39,33%	100,00%
	TOTAL(M\$)	85.240	55.251	140.491

	Cuenta	FONDO CONCURSABLE (M\$)	APORTE PUCV (M\$)	TOTAL (M\$)
		Pecuniario	No pecuniario	
A.	Total Recursos Humanos	40.075	38.000	78.075
B.	Total Subcontratos	2.130	0	2.130
C.	Total Capacitación	90	70	160
D.	Total Misiones Tecnológicas	0	0	0
E.	Total Difusión	974	50	1.024
F.	Total Gastos de Inversión	0	16.500	16.500
G.	Total Gastos de Operación	39.512	0	39.512
H.	Total de imprevistos	4.139	2.731	6.870
	Porcentaje de Aporte (%)	60,25%	39,75%	100,00%
TOTAL(M\$)		86.920	57.351	144.271

11.2. Presupuesto total por año (M\$)

	Cuenta	Año 1	Año 2	Año 3	Total (M\$)
A.	Recursos humanos				
	Pecuniario	12.750	12.975	14.350	40.075
	No Pecuniario	12.000	12.000	14.000	38.000
B.	Total Subcontratos				
	Pecuniario	2.130	0	0	2.130
	No Pecuniario	0	0	0	0
C.	Total Capacitación				
	Pecuniario	90	0	0	90
	No Pecuniario	70	0	0	70
D.	Total Difusión				
	Pecuniario	0	0	974	974
	No Pecuniario	0	0	50	50
E.	Total Gastos de Inversión				
	Pecuniario	0	0	0	0
	No Pecuniario	4.800	4.800	6.900	16.500
F.	Total Gastos de Operación				
	Pecuniario	15.456	12.028	12.028	39.512
	No Pecuniario	0	0	0	0
G.	Total Gastos de Administración				
	Pecuniario	1.521	1.250	1.368	4.139
	No Pecuniario	844	840	1.048	2.731
	Total (M\$)				
	Pecuniario	31.947	26.253	28.720	86.920
	No Pecuniario	17.714	17.640	21.998	57.351

12. Anexos

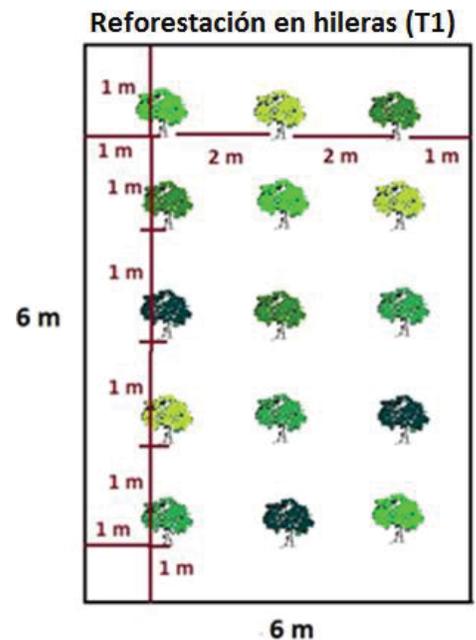
12.1. Mapa de área



12.2. Esquema de los tratamientos a realizar

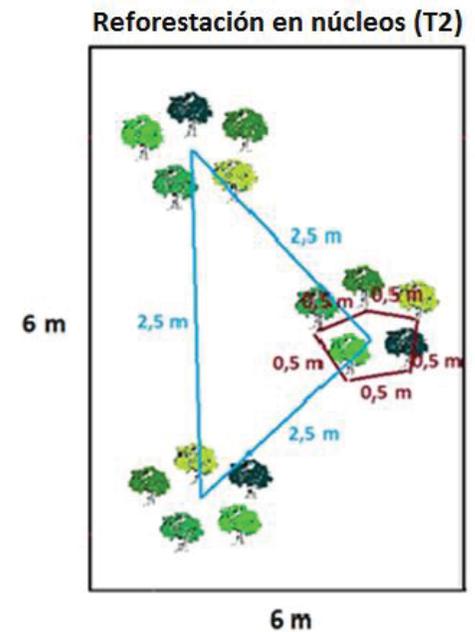
12.2.1. Diseño de reforestación en hilera (T1)

Diseño de reforestación en hileras, con plantas ubicadas de manera equidistante en el espacio (1 m sobre-hilera y 2 m entre-hilera), donde se plantarán tres hileras lo cual constituye una unidad experimental (T1). Esto utilizará un área total de 6 x 6 m cercado con polines y malla hexagonal galvanizada. Las cinco especies a utilizar, mencionadas anteriormente, serán plantadas sobre cada hilera y se distribuirán de forma aleatoria sobre esta. Lo anterior, a manera de evitar un sesgo en los resultados por un orden establecido en la ubicación de la especie.



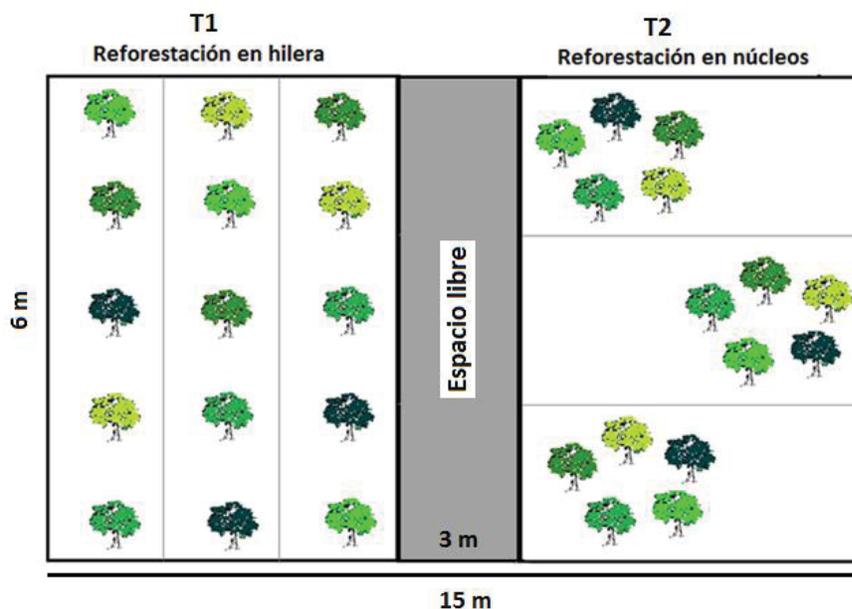
12.2.2. Diseño de reforestación en núcleos (T2)

Diseño de plantación en núcleos con las plantas distribuidas en el espacio de manera agrupada, en grupos de las cinco especies mencionadas anteriormente. El orden en que estas se encontrarán dispuestas en el núcleo será de manera aleatoria. Cada núcleo tendrá una distancia de 2,5 m de distancia entre sí, utilizando un área de 6 x 6 m cercada por polines con malla hexagonal galvanizada. Se ubicarán tres núcleos en cada bloque (T2) y esto constituye una unidad experimental.



12.2.3. Diseño en bloque

Se realizarán 12 bloques dispersos en el espacio (Fundo El Carmen) para la ejecución del proyecto. Donde los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque, las unidades experimentales son heterogéneas (T1 y T2), las unidades homogéneas son tres en un bloque conformando así una unidad experimental y que cada bloque contiene dentro de sí ambos tratamientos que se desean comparar (bloques completos).



12.3. Diagrama de Gantt

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2019	2020	2021	2022
9		Primera etapa	20 días	lun 22-04-19	vie 17-05-19				
10		Coordinación con dueño del Fondo	1 día	lun 22-04-19	lun 22-04-19				
11		Contrato con dueño del fundo	1 día	mar 23-04-19	mar 23-04-19				
12		Contrato de personal	10 días	mié 24-04-19	mar 07-05-19				
13		Pedido de plantas a vivero	1 día	mié 08-05-19	mié 08-05-19				
14		Compra de materiales	4 días	jue 09-05-19	mar 14-05-19				
15		Capacitación del equipo	2 días	jue 16-05-19	vie 17-05-19				
1		Segunda etapa	48 días	lun 20-05-19	mié 24-07-19				
2		Identificación de los sitios donde se ubicarán los tratamientos	1 día	lun 20-05-19	lun 20-05-19				
3		Traslado de materiales y plantas	5 días	mié 22-05-19	mar 28-05-19				
4		Instalación de cercos	20 días	mié 29-05-19	mar 25-06-19				
5		Realización de hoyos	30 días	mar 11-06-19	lun 22-07-19				
6		Instalación de plantas	30 días	mar 11-06-19	lun 22-07-19				
7		Riego inicial	1 día	mar 23-07-19	mar 23-07-19				
8		Toma de datos inicial	1 día	mié 24-07-19	mié 24-07-19				
16		Tercera Etapa	713 días	lun 01-07-19	mié 23-03-22				
17		Toma de datos de sobrevivencia	661 días	lun 05-08-19	lun 14-02-22				
54		Toma de datos de cobertura	529 días	lun 02-09-19	jue 09-09-21				
50		Toma de datos de crecimiento	528 días	lun 16-03-20	mié 23-03-22				
58		Cuarta etapa	90 días	mar 01-03-22	lun 04-07-22				
59		Análisis de datos estadísticos	5 días	mar 01-03-22	lun 07-03-22				
60		Elaboración de informe final	60 días	mar 08-03-22	lun 30-05-22				
61		Conclusiones finales	10 días	mar 31-05-22	lun 13-06-22				
62		Organización de seminario	15 días	mar 14-06-22	lun 04-07-22				
63		Seminario de difusión	1 día	lun 04-07-22	lun 04-07-22				

12.4. Detalle presupuestario

12.4.1. Detalle gastos de operación

Concepto	Aporte	Valor unitario	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Chuzo acero	P	15.000	\$/chuzo	4	60.000
Azadón	P	17.000	\$/azadón	4	68.000
Polines de madera 75mm x 2.44m	P	2.000	\$/polin	100	200.000
Malla hexagonal galvanizada 1x10	P	18.000	\$/malla	40	720.000
Pala	P	20.000	\$/pala	5	100.000
Huincha de medir 3 m	P	9.000	\$/huincha	4	36.000
Huincha de medir 10 m	P	18.000	\$/huincha	2	36.000
Grapas galvanizadas	P	2.000	\$/kg	10	20.000
Cintas marcadoras	P	4.000	\$/cinta	12	48.000
Martillo carpintero	P	6.400	\$/martillo	5	32.000
Minitab18 licencia	P	1.092.000	\$/año	1	1.092.000
Notebook	P	180.000	\$/notebook	2	360.000
Impresora multifuncional	P	90.000	\$/impresora	1	90.000
Tinta impresora	P	7.000	\$/cartucho	8	56.000
Resma 500 hojas	P	3.000	\$/resma	3	9.000
Libreta 100 p	P	2.000	\$/libreta	6	12.000
Guantes	P	2.000	\$/par	10	20.000
Gorro legionario	P	3.000	\$/gorro	6	18.000
Bloqueador solar industrial	P	15.000	\$/lt	8	120.000
Escritorio	P	74.000	\$/escritorio	2	148.000
Silla	P	40.000	\$/silla	3	120.000
Cajonera oficina	P	58.000	\$/cajonera	1	58.000
Arriendo de camioneta	P	1.000.000	\$/mes	36	36.000.000
Diesel	P	700	\$/litro	120	84.000
Protector anti-herbivoría	P	70	\$/protector	72	5.040
Subtotal					39.512.040

P: pecuniario, N: no pecuniario

12.4.2. Detalle recursos humanos

Concepto	Aporte		Valor unitario	Unidad	Cantidad	Meses	Costo (CLP)
Ingeniero Agrónomo	P		800.000	persona/mes	1	38	30.400.000
Ph.D. en Ciencias del Suelo		N	1.000.000	persona/mes	1	38	38.000.000
Concepto	Aporte		Valor unitario	Unidad	Cantidad	Días	Costo (CLP)
Estudiante Agronomía pre-grado	P		15.000	persona/día	3	215	9.675.000
Subtotal							78.075.000

12.4.3. Detalle difusión

Concepto	Aporte		Valor unitario	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Orador	P		80.000	\$/orador	1	80.000
Servicio de coffe break y catering	P		7.000	\$/persona	120	840.000
Impresión de plott científico	P		8.000	\$/poster	3	24.000
Impresión de folletos	P		120	\$/folleto	250	30.000
Salón e implementos para charla		N	50.000	\$/salón	1	50.000
Subtotal						1.024.000

12.4.4. Detalle subcontratos

Concepto	Aporte		Valor unitario	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Vivero Pumahuida	P		1.800.000	cargos de plantas	1	1.800.000
Flete	P		230.000	asado de plantas	1	230.000
Camión aljibe	P		100.000	\$/día	1	100.000
Subtotal						2.130.000

12.4.5. Detalle gastos de inversión

Concepto	Aporte		Valor unitario	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Biblioteca		N	-	-	1	9.000.000
Oficina		N	150.000	\$/mes	36	5.400.000
Acceso a bibliotecas científicas		N	700.000	\$/mes	3	2.100.000
Subtotal						16.500.000

12.4.6. Detalle de capacitación

Concepto	Aporte	Valor unitario	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Capacitación sobre restauración	P	30.000	hora/hombre	3	90.000
Sala para capacitación	N	70.000	\$/sesión	1	70.000
Subtotal					160.000

12.4.7. Detalle de imprevistos

Concepto	Aporte	Valor	Unidad	Cantidad	Costo (CLP)
Overhead	P	-	-	-	5%
Subtotal					6.870.052