



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELAMIENTO DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN ACTIVA DEL
BOSQUE ESCLERÓFILO EN CHILE CENTRAL**

VALENTINA PILAR LAGOS CÁRDENAS

**Santiago, Chile
2022**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELAMIENTO DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN ACTIVA DEL
BOSQUE ESCLERÓFILO EN CHILE CENTRAL**

**MODELING OF PRIORITY AREAS FOR ACTIVE RESTORATION OF THE
SCLEROPHYLL FOREST IN CENTRAL CHILE**

VALENTINA PILAR LAGOS CÁRDENAS

**Santiago, Chile
2022**



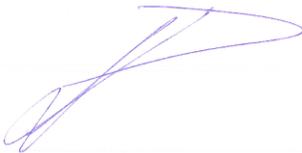
UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**MODELAMIENTO DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN ACTIVA DEL
BOSQUE ESCLERÓFILO EN CHILE CENTRAL**

Memoria para optar al título
Profesional de Ingeniera Agrónoma

VALENTINA PILAR LAGOS CÁRDENAS

	Calificaciones
PROFESOR GUÍA Sr. Luis Piña M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc., Dr.	 6,7
PROFESORES EVALUADORES Sr. Giorgio Castellaro G. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	 6,5
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph. D	 6.4

Santiago, Chile
2022

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	6
Objetivos específicos.....	6
METODOLOGÍA	7
Lugar de estudio.....	7
Revisión de Literatura.....	7
MÉTODOLÓGIA DE TRABAJO	8
Criterios utilizados.....	8
Análisis multicriterio.....	9
Procesamiento de la información cartográfica.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Análisis de criterios.....	13
Tipo forestal.....	13
Estructura.....	14
Cobertura.....	14
Topografía.....	16
Precipitación.....	17
Puntajes obtenidos en los diferentes criterios evaluados.....	19
Representación cartográfica.....	21
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26

RESUMEN

El bosque esclerófilo representa un eje ecosistémico para toda la Zona Central de Chile, conocido y destacado mundialmente por la diversidad de especies que alberga en todos sus estratos, así como por la gran extensión de territorio en la cual está distribuido.

Este estudio se centra específicamente en la Región Metropolitana, donde una de las especies ícono del bosque esclerófilo es *Vachellia caven*, conocida por sus capacidades como árbol nodriza, facilitando el desarrollo de diversas especies bajo su copa.

Debido al evidente estado de degradación que presenta el bosque esclerófilo en la Región, el propósito de este estudio fue realizar un modelamiento de áreas prioritarias de restauración activa del bosque esclerófilo, basado en el uso de espino como árbol nodriza, mediante la evaluación de criterios como: cobertura y altura de las formaciones vegetales, pendiente del suelo y precipitación de la zona.

El análisis de criterios fue realizado por medio de la revisión de información y por la caracterización del catastro vegetacional presentado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), resultando en un mapa geográfico de la Región Metropolitana cuyas zonas factibles de recibir restauración se ubicaron principalmente en el límite regional sur con la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, dado que las características de esta zona (precipitaciones más altas, pendientes moderadas y menor degradación del bosque esclerófilo), aseguraría un mayor éxito en una eventual restauración activa del bosque esclerófilo en la Región Metropolitana.

Palabras clave: *Vachellia caven*, nodrizaje, restauración activa.

SUMMARY

The sclerophyll forest represents an ecosystem axis for the entire Central Zone of Chile, known and highlighted worldwide for the diversity of species it houses in all its strata, as well as for the large extension of territory in which it is distributed.

This study focuses specifically on the Metropolitan Region, where one of the species of the sclerophyll forest is *Vachellia caven*, known for its capabilities as a nurse tree, facilitating the development of various species under its canopy.

Due to the evident state of degradation that the sclerophyll forest presents in the Region, the aim of this study was to carry out a modeling of priority areas for active restoration of the sclerophyll forest based, on the use of *Vachellia caven* as a nurse tree, through the evaluation of criteria such as: coverage, height, slope and precipitation of the area.

The analysis of criteria was carried out through the review of information and the characterization of the vegetation cadastre presented by the National Forestry Corporation (CONAF), resulting in a geographic map of the Metropolitan Region whose feasible areas to receive restoration are located mainly in the southern regional border with the Libertador Bernardo O'Higgins Region, given that the characteristics of this area (higher rainfall, moderate slopes and less degradation of the sclerophyll forest), would ensure greater success in an eventual active restoration of the sclerophyll forest in the Metropolitan Region.

Key words: *Vachellia caven*, nursery, active restoration.

INTRODUCCIÓN

Según datos de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), en el último catastro de los recursos vegetacionales nativos actualizados al año 2021, un total de 350.437 hectáreas de bosque esclerófilo están presentes en la Región Metropolitana de Chile. Este tipo de formación vegetal es un bosque típico de regiones mediterráneas, cuyo clima se caracteriza por una concentración de precipitaciones en el período invernal y la ocurrencia de una marcada sequía estival (Donoso, 1982).

La zona mediterránea en Chile es particularmente típica del norte Chico y de la Zona Central, (entre 32° y hasta 40° latitud sur) y, debido a la singularidad de las especies vegetales y animales que están presentes en toda esta extensión de territorio, es que forma parte de los 34 ‘hotspots’ o zonas calientes con prioridad de conservación en el mundo (Stoll y Galvez, 2013, Arroyo *et al.*, 2008).

Sin embargo, la constante transformación de los sistemas ecológicos debido al cambio climático, el avance de la agricultura, el trabajo forestal y la persistente megasequía que afecta al país, ha provocado una degradación sin precedentes del bosque esclerófilo. En relación al monitoreo del paisaje forestal de Chile central, Cayuela *et al.* (2010) señalan que la cubierta forestal continúa degradándose activamente, sin signos de recuperación, permaneciendo estas zonas como matorrales; mientras que, a su vez, los matorrales se pierden debido a usos intensivos de la tierra como agricultura y actividades forestales. En los últimos 50 años, la actividad creciente de estos rubros ha contribuido a profundos cambios en el paisaje vegetal, evidenciándose una mayor conservación hacia sectores de menor accesibilidad para las actividades humanas (Bown *et al.*, 2018).

Por los motivos descritos anteriormente, especies claves del bosque esclerófilo de Chile central como *Vachellia caven* (espino, antiguamente conocido como *Acacia caven*), *Prosopis chilensis* (algarrobo chileno), *Quillaja saponaria* (quillay), *Lithraea caustica* (litre), *Maytenus boaria* (maitén), que están en constante y activa pérdida, deben preservarse y restaurarse antes de que la degradación sea irreparable (Donoso, 1982).

La restauración es un concepto amplio y complejo, es devolver un ecosistema a una aproximación cercana a su condición antes de la perturbación, considerando una diversidad de factores todos distintos entre sí (National Research Council, 1992); involucrando diversas etapas que requieren una gran cantidad de recursos (Esquivel, 2020).

Es importante mencionar el interés social, que la conservación de los bosques genera en las comunidades. Las entrevistas realizadas durante el estudio de campo del monitoreo del paisaje forestal de Chile central, reveló una alta conciencia de la población local sobre los beneficios que brindan los bosques y las consecuencias de la pérdida de éstos (Cayuela *et al.*, 2010), incluyendo problemáticas como la reducción del suministro de agua y los problemas de erosión, lo que debería ser considerado en los futuros proyectos de conservación del bosque nativo. En virtud de ello, se debe agregar y contemplar a las comunidades cercanas, de manera tal que las personas que se hagan parte, se beneficien como una manera de atraer a más comunidades a lo largo del país que puedan tomar como ejemplo proyectos de restauración de este tipo (Esquivel, 2020).

En el país, son casi nulas las experiencias de restauración que incluyan la degradación y deforestación, y mucho menos una zonificación como puntos principales de foco y trabajo sistemático. La gran mayoría de los proyectos son rehabilitaciones, reemplazos o recuperaciones de los bosques nativos, sin considerar factores de medición como composición, estructura y funcionalidad de los sistemas naturales (Altamirano, 2008).

En razón a lo antes expuesto, los proyectos de restauración con una respectiva zonificación se estiman como una alternativa eficiente; estos, deben estudiarse y evaluarse cuidadosamente para las actividades que se planean implementar considerando variables específicas del lugar, porque en el futuro cercano pueden no obtenerse los resultados deseados (Bettinger *et al.*, 2017). Así mismo, Fortes *et al.* (2020) señala que “la planificación de estas medidas debe responder a una estrategia que implique un proceso estructurado de conservación con el objetivo de identificar las prioridades y decidir dónde, cuándo y cómo preservar los componentes principales de la biodiversidad del sector”.

Considerar programas con propuestas llamativas es una buena estrategia al momento de tomar ejemplos para aplicar en el país. Por ello, la metodología propuesta por el programa REDD+, con el objetivo de poder cuantificar el beneficio de conservar la formación vegetal en estudio, funciona como un buen modelo para trabajar. El programa REDD+ se define como la: "Reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de los bosques; y la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo". REDD+ se ha aplicado en diversas partes del mundo con buenos resultados en el corto y mediano plazo, debido a ello, poder adoptar su modelo para la preservación de nuestros bosques de manera segura y exitosa, puede generar diversos beneficios positivos considerables en un proyecto de restauración. (FAO, 2016).

Conforme con lo anterior, y en base a la información obtenida mediante catastros de formaciones y cubiertas vegetales, y resultados de proyectos anteriormente desarrollados tanto en Chile como en diversos países y en base a programas de desarrollo internacional promovidos por grandes organizaciones mundiales, se pretende construir una zonificación de las áreas prioritarias potenciales de recibir restauración activa en el bosque esclerófilo en la Región Metropolitana. La restauración activa, además de la protección, considera el establecimiento de plantaciones, siembra directa de semillas de una o varias especies y el manejo de especies ubicadas en la zona escogida funcionando como un método óptimo, concreto y con una alta probabilidad de éxito (Bonilla *et al.*, 2015).

OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelamiento de áreas prioritarias de restauración activa del bosque esclerófilo en la Región Metropolitana.

Objetivos específicos

- Revisar información y documentación para determinar las posibles áreas de restauración en la Región Metropolitana.
- Definir los rangos y especificaciones de los criterios para determinar las posibles zonas de restauración.
- Crear mapas cartográficos y monitoreo del bosque esclerófilo de la Región Metropolitana.

METODOLOGÍA

Lugar de estudio

El estudio abarcó las zonas que poseen como formación vegetal el bosque esclerófilo en la Región Metropolitana, ubicada entre los 32°55' y 34°19' de latitud sur, y entre los 69°47' y 71°43' longitud oeste (BCN, 2020).

Revisión de literatura

Para la zonificación de áreas prioritarias de restauración, se utilizaron documentos proporcionados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), como el catastro de usos de suelo y recursos vegetacionales el cual muestra las superficies forestales y el tipo específico de bosque que compone el territorio nacional. De la misma forma, se utilizó la plataforma gratuita de información territorial (SIT, www.sit.conaf.cl), también perteneciente a CONAF, que provee datos específicos de suelos y coberturas vegetales, generando así una base de datos con información completa de la zona de estudio.

Se recopiló información de trabajos similares de restauración activa realizados dentro y fuera del país, se analizaron los resultados obtenidos y se evaluó su uso en este trabajo para la creación de los criterios de estudio.

La compilación de información se realizó mediante recursos digitales. Se priorizaron trabajos como artículos de investigación, memorias y documentos que responden al estado actual del bosque esclerófilo de la Zona Central.

MÉTODOLÓGÍA DE TRABAJO

La propuesta de restauración que da origen al estudio de zonificación se encuentra detallada en el marco del proyecto CONAF 28/2020 "Restauración activa del bosque esclerófilo en terrenos de pastoreo, usando el espino como especie nodriza", la cual considera el proceso de nodrizaje de *Vachellia caven* dentro de la restauración activa de especies arbóreas del bosque esclerófilo, por lo que el presente trabajo se encuentra enmarcado en dicha alternativa de restauración.

Para caracterizar la formación vegetal, se utilizaron datos del catastro de recursos vegetacionales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) del cual se extrajeron las características del bosque esclerófilo, y datos subyacentes como estructura, especies dominantes, altura de los árboles existentes y la densidad poblacional de la formación vegetal. Adicionalmente, CONAF cuenta con una plataforma en línea (SIT, 2022) desde donde es factible descargar una capa vectorial con dicha información zonificada en distintos polígonos para cada región. Así, para el proceso de zonificación y mapeo, fue descargada la capa vectorial de la Región Metropolitana que sirvió de base para la incorporación de los criterios no considerados en dicha capa vectorial.

La revisión de información se utilizó para definir y complementar la selección de la zonificación, empleando principalmente medios digitales. Se descartó la documentación que no contiene datos actuales del bosque esclerófilo chileno, entendiéndose como el período de tiempo anterior al año 2000, y se consideró la bibliografía que presenta trabajos realizados en zonas con climas mediterráneos, los que se asemejan a las características de la Zona Central del país.

De igual manera, se hizo una revisión de trabajos de restauración llevados a cabo en diversas partes del mundo seleccionando aquellos que fueron realizados en zonas de clima mediterráneo.

Para seleccionar las potenciales zonas de recibir restauración se establecieron criterios condicionantes, los cuales como se mencionó anteriormente, ya han sido probados en otros países mediante proyectos similares.

Criterios utilizados

Basándose en el proyecto de Arias (2018), y las especificaciones de la Ley N° 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal, los criterios que se utilizaron y su respectiva definición son:

Cobertura vegetal: Este criterio permite identificar toda la cobertura ya sea herbácea, arbustiva y arbórea, de la zona o sitio, y en que condición se encuentra actualmente. Según el catastro vegetacional de CONAF, cobertura incluye características del bosque como: estructura, composición y altura.

- Estructura: Se define de acuerdo con la fisionomía del bosque (estructura de la población), esta depende del origen de la población, de la combinación de edades y de las características ambientales del sitio.
- Composición: Describe las especies dominantes que caracterizan a un bosque y se entiende por especie dominante aquella que cubre más del 10 % de suelo
- Altura: Corresponde a la altura que alcance el bosque de la Región (Universidad del Bío Bío, 2014).

Topografía: Son las características del terreno que inciden en el comportamiento de los flujos de aguas, que dependiendo de la vegetación existente o no, pueden ser precursores de problemas de erosión. Se consideró la variable pendiente como factor de influencia en el proceso de restauración.

Cuerpos de agua: Masas de agua presentes en la Región, correspondiente a lagos, lagunas, ríos, humedales, agua superficial, subterránea y sus derivados. Este criterio se utilizó para excluir de las zonas posibles a restaurar aquella superficie cubierta por cuerpos de agua.

Precipitación: La principal variable que se consideró para este criterio fue el monto anual de precipitaciones, construido en base a los registros históricos de los últimos 10 años (2012-2022), registrados en la red de estaciones meteorológicas de INIA en la Región Metropolitana. Estos datos se encuentran disponibles como capa vectorial en la plataforma del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)².

Debido a que la capa vectorial posee información solo de la zona en donde se encuentra la respectiva estación meteorológica, fue necesario generar un mapa con precipitaciones anuales estimadas en todos los polígonos que se consideraron al momento de la zonificación. Para esto se realizó una interpolación en el software QGIS en base a la metodología de Distancia Inversa Ponderada (IDW) con potencia 2, utilizando como valores de entrada la capa de puntos que contiene la información de precipitaciones anuales (mm). La capa resultante fue unida con la capa vectorial del Catastro del Bosque Nativo de CONAF de 2013, para que cada polígono de las distintas formaciones vegetales tuviera un valor de precipitaciones anuales.

Análisis multicriterio

Luego de que se fijaron los criterios para condicionar las potenciales zonas de restauración, y se determinaron los subcriterios que provocan la variación de cada uno, fueron evaluados mediante un análisis multicriterio (AMO), el cual constituye un instrumento racional y objetivo para mejorar la comprensión de los procesos de decisión (Romero, 1996).

Los pasos a seguir para el análisis multicriterio fueron:

- Selección de criterios y definición de variables y niveles.
- Generación de la información cartográfica.
- Validación de los resultados mediante un proceso analítico jerarquizado (AHP).
- Integración de la información y obtención de mapas cartográficos.

Con el análisis jerarquizado escogido como método de solución, se cuantificó cada parámetro o variable y sus respectivos niveles, consiguiendo una medida de valor para cada uno de éstos; todo con el fin de decidir si la zona o sitio es prioritaria de recibir o no una restauración activa del bosque esclerófilo allí presente.

Las zonas que consiguieron el puntaje máximo fueron sectores que se definieron como zonas potenciales de recibir restauración en base a la propuesta presentada en este estudio, ya que los rangos establecidos y características presentes asegurarían un mayor éxito para una posible restauración del tipo activa. Por otro lado, las zonas con puntajes menores fueron consideradas también como potenciales de recibir restauración, pero con una menor importancia ya que deberán ser trabajadas con una mayor precaución, debido a sus menores posibilidades de éxito.

Se asignaron 4 valores para los niveles que poseen los criterios, categorizando cada criterio en niveles y asignando un puntaje en relación a la factibilidad y éxito al momento de realizar un proceso de restauración activa basado en el nodrizaje con *V. caven*, con la presencia u ocurrencia de un determinado criterio y nivel:

0 puntos: No se asignó puntaje a los niveles de los criterios cuyas características hacían inviable y/o no prioritaria la propuesta de restauración en base a nodrizaje, por lo que se considera como excluyente.

1 punto: Puntaje bajo, no excluyente para su consideración en la propuesta de restauración, pero las características o niveles del criterio no aseguran un alto grado de éxito en la propuesta de restauración.

2 puntos: Puntaje intermedio, las características o niveles de los criterios otorgan un mayor grado de certeza en el éxito en una eventual propuesta de restauración.

3 puntos: Puntaje máximo, las características o niveles de los criterios permiten asegurar, con un alto grado de certeza, el éxito de una eventual propuesta de restauración.

En base a los criterios y niveles analizados, en el Cuadro 1 se presenta la propuesta de puntajes para cada categoría.

Cuadro 1. Variables consideradas para la construcción del análisis multicriterio y asignación de valores, según nivel.

Criterio	Variable	Niveles	Valor	Justificación
Cobertura	Densidad	Muy abierta	1	Se considera la facilidad para la realización de trabajos de restauración activa (plantación y manejos silvícolas).
		Abierta	2	
		Semidenso	3	
		Denso	0	
	Altura	0-2	1	Con respecto a la altura se asigna menor puntaje a las formaciones vegetales con alturas inferiores a 2 m, debido a su menor efecto como especie nodriza con los de mayor altura.
		2-4	2	
4-8		3		
Topografía	Pendiente	0-15	1	Pendientes del tipo plano a ligeramente inclinado (0-15%) reciben menos puntaje debido a su priorización para uso como terreno agrícola u otro. Terrenos con inclinación de leve a muy pronunciada (15-45%) reciben un mayor puntaje por su aptitud comúnmente forestal.
		15-30	3	
		30-45	3	
		>45	0	
Clima	Precipitación	0-99	0	Se consideran rangos en los cuales se tiene un umbral mínimo de milímetros de lluvia, lo suficiente para mantener una cubierta forestal y asegurar su preservación en el tiempo. Las superficies que reciban más de 400 mm de lluvia no son consideradas por su priorización para otros fines.
		100-199	1	
		200-299	2	
		300-399	3	
		>400	0	

Procesamiento de la información cartográfica

Para la generación de la cartografía de zonificación se utilizó el software QGIS siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

- Descarga de capa vectorial con información de cobertura, estructura, pendiente, tipo forestal, superficie y tipo de formación vegetal. Dicha información se encuentra en polígonos georreferenciados para toda la Región Metropolitana.
- Generación de capa vectorial de precipitaciones anuales de la Región Metropolitana, según el procedimiento descrito anteriormente.
- Unión de las capas vectoriales descritas.
- Incorporación de los puntajes obtenidos para los diferentes criterios de manera individual en cada polígono existente en la capa, mediante la tabulación de dichos valores en la tabla de atributos de la capa vectorial. Luego, se creó una nueva columna que contiene el puntaje final obtenido para cada polígono.
- Una vez asignado el puntaje final a cada polígono, se procedió a generar el mapa cartográfico según esta variable, categorizando las distintas zonas según una escala graduada de colores de rojo a verde en donde rojo fueron aquellas zonas en donde se obtuvo menor puntaje y, por tanto, menos susceptibles de restaurar, mientras que el color verde indicó zonas con el mayor puntaje y, por tanto, mayores probabilidades de éxito en el proceso de restauración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de criterios

Tipo forestal

Considerando el catastro vegetacional realizado por CONAF en el año 2013, la distribución de los subtipos forestales en la Región Metropolitana puede ser observada en la Figura 1.

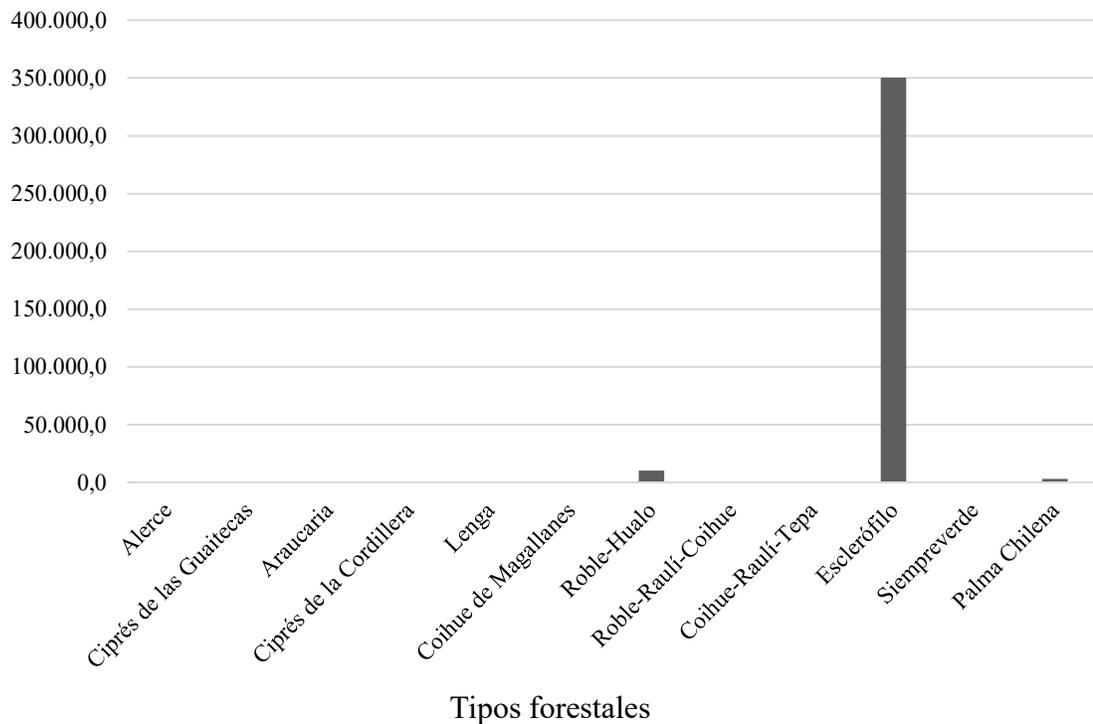


Figura 1. Tipos forestales presentes en la Región Metropolitana. Fuente: Elaboración propia en base a datos de CONAF, 2013.

Según la Figura 1, la formación vegetal que más abunda en la Región Metropolitana, es el bosque de tipo esclerófilo. El bosque esclerófilo corresponde a un bosque heterogéneo en cuanto a su composición florística y a su ubicación latitudinal y altitudinal, donde su especie dominante es *Vachellia caven* (Trivelli, 2014).

Chile presenta aproximadamente 76 millones de hectáreas, donde un 21% corresponde a bosques de diversos tipos repartidos a lo largo y ancho del país. Así mismo, del total nacional de bosque un 85,9% corresponde a bosque nativo y un 13,5% a plantaciones forestales (CONAF y CONAMA, 1999). De ellos, la Región Metropolitana posee 363.955 hectáreas de bosque nativo, principalmente del tipo caducifolios y siempre verde, cada uno variando su ubicación, características y composición a medida que cambian las latitudes. Entre ellos, destaca el bosque esclerófilo, favorecido por las condiciones topográficas, precipitaciones y de temperaturas (Loyola, 2017) que, a pesar de estar mezclado con otras especies arbóreas, arbustivas y con un sotobosque de pastos y hierbas, presenta como especie dominante a *Vachellia caven* (Donoso, 1982).

Estructura

Según la ley N° 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal, existen algunas definiciones asociadas a la estructura del bosque.

- **Bosque Adulto:** Corresponde a un bosque primario, donde los árboles se han originado a partir del ciclo reproductivo normal del bosque.
- **Renoval:** Bosque en estado juvenil proveniente de regeneración natural, constituido por especies arbóreas nativas, cuyo diámetro y altura, para cada tipo forestal, no excede los límites señalados en el reglamento.
- **Bosque Adulto/Renoval:** Formación de origen antrópico muy heterogénea, formada por la mezcla de rodales de bosque adulto y de renoval.

Según el catastro vegetacional analizado, la estructura se compone por varias subcategorías, tales como; renoval, plantaciones nativas, adulto, renoval adulto, nativo con exóticas asilvestradas, entre otros. En el caso de la Región Metropolitana, el bosque esclerófilo está compuesto fundamentalmente por renoval y renoval adulto.

Cobertura

Según los datos del catastro vegetacional de la Corporación Nacional Forestal del 2013, los niveles de cobertura se clasifican en: muy abierto, abierto, semidenso y denso, según el número de individuos por hectárea. Adicionalmente, se considera la altura dentro de ese criterio, existiendo 2 categorías: 2 a 4 metros y 4 a 8 metros. La distribución de los mencionados criterios y categorías puede ser observada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tipos de cobertura para cada tipo de categoría de altura en el bosque esclerófilo de la Región Metropolitana.

Tipo de cobertura	Superficie (ha)	
	Altura 2-4 m	Altura 4-8 m
Muy abierta	0	0
Abierta	115.241	127.651
Semidenso	85.687	33.708
Denso	6.934	8.469
No aplica	16.965	

Fuente: Catastro vegetacional 2013, CONAF.

Se observó que no hay superficie cubierta por bosques del tipo “Muy abiertos” en este tipo de formación vegetal, existiendo la mayor concentración en las categorías “Abierta” y “Semidenso”, en ambas condiciones de altura.

En el caso de las alturas de 2 a 4 metros, se observó que los tipos de coberturas densas abarcan 6.934 ha, a diferencia de las coberturas abiertas y semidensas, donde sus superficies alcanzaron un total de 200.928 ha.

Para las alturas de 4 a 8 metros, se observó que no son muy comunes en coberturas del tipo denso y semidenso, alcanzando una superficie de 42.177 ha, mientras que, para las mismas alturas en coberturas abiertas, su superficie alcanzó 127.651 ha.

Las alturas más bajas se caracterizan por poseer arbustos y árboles espinosos, con un estrato herbáceo denso y fisionomía similar a una sabana (Pastor, 2007), y su mayor presencia es en coberturas del tipo abierto y semidenso con cerca de 200.000 hectáreas.

Estas diferencias de superficies se relacionan directamente con los cambios de uso de suelo y las actividades productivas tales como la agricultura y silvicultura, que afectan negativamente la distribución del bosque esclerófilo (Loyola, 2017).

Cornejo (2016), en su propuesta de restauración ecológica del bosque esclerófilo del Río Clarillo, en la Región Metropolitana, señala que la altura y las especies arbóreas muestran una tendencia a disminuir a medida que aumenta el nivel de degradación y que esto se encuentra directamente relacionado con especies arbustivas y arbóreas, por ello darle un mayor enfoque a las especies de mayor altura es primordial debido a su constante degradación.

En este mismo ámbito, según el catastro vegetacional, *Vachellia caven* (espino), es una de las especies dominantes dentro del bosque nativo de la Región Metropolitana, y su presencia constituye el eje principal de un bosque mediterráneo típico.

Vachellia caven posee la capacidad de actuar como nodriza, potenciando el crecimiento de las especies que se ubican bajo su copa. Según Ramírez (2011), los promedios de materia seca bajo el dosel de *V. caven* están relacionados directamente con la altura, básicamente, la arquitectura de *V. caven* le da un rol de ‘parche’ vegetacional, aumentando la biodiversidad del lugar. Esta cualidad ha sido demostrada comprobando que esta especie proporciona sombra e incluso existe una mayor retención de humedad del suelo, lo que la convierte en un sitio de regeneración de semillas de diversas especies representativas del bosque esclerófilo tales como *Peumus boldus*, *Quillaja saponaria*, *Maytenus boaria*, entre otras (Root-Bernstein *et al.*, 2017).

Considerando los beneficios ecosistémicos que representa esta especie, donde la relación altura y sombra generan impactos positivos en la biodiversidad, se priorizará el proceso de restauración en formaciones vegetales que posean árboles con alturas mayores, asignándoles el mayor puntaje a las alturas de 4 y 8 metros.

Topografía

En base a la clasificación propuesta por Alarcón y Gayoso (1999), se asignó la respectiva superficie en relación a los distintos tipos de pendientes presentes en la Región Metropolitana (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie por cada tipo de pendiente en la Región Metropolitana.

Clasificación	Pendiente (%)	Superficie (ha)
Suave.	30	148.410
Moderada.	30 – 45	138.475
Muy abrupta.	> 45	107.760

Fuente: Elaboración propia en base a Alarcón y Gayoso (1999) y CONAF (2001).

Según el Cuadro 3, se puede observar que 286.885 ha se categorizan como pendientes suaves a moderadas, abarcando un 72,6% de la superficie de la Región Metropolitana.

Considerando que se está evaluando una propuesta de restauración activa y que esta incluirá trabajos directos de plantación y manejo, se le debe dar relevancia a los valores de pendientes que permitan el trabajo y establecimiento exitoso de las especies. Por esto, se debe tener en cuenta que en pendientes entre 30% y 25% pueden operar todo tipo de equipos terrestres, excepto en sectores de cárcavas y quebradas mientras que para pendientes inferiores a 20%, pueden operar todo tipo de equipos terrestres (CONAF, 2017), facilitando así los trabajos que se realicen en las zonas seleccionadas.

Las pendientes influyen directamente en la erosión del terreno, yendo desde plano (0%) a muy escarpado (>45%); cada clasificación y tipo de topografía tiene directa incidencia en cómo se realizarán los trabajos de restauración y, a su vez, una influencia en el grado de erosión que se produjo en el pasado y se producirá en el futuro.

En vista de los tipos de topografía existentes, se pueden estimar valores de pendientes que puedan ser consideradas en las potenciales zonas de selección de recibir restauración activa del bosque esclerófilo, donde las pendientes del tipo suave (Cuadro 3), se presentan como principales requisitos para seleccionar las posibles zonas de restauración debido a sus condiciones y aptitudes con respecto a la realización de trabajos de plantación.

En relación a la presencia de pendientes en el bosque de la Región Metropolitana, la Ley N° 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal prohíbe el despejado de árboles, arbustos y suculentas de formaciones xerofíticas en áreas con pendientes de 10 a 30 %, con erosiones moderadas a muy severas, así como también en pendientes superiores al 30% (BCN, 2008).

En diversos trabajos y proyectos de restauración, se utiliza la pendiente como uno de sus criterios principales al momento de zonificar. Los diversos tipos de pendientes que se encuentran en la Región Metropolitana son muy variables, por ello seleccionar superficies con rangos que se apeguen a los que establece la ley, se consideró una medida adecuada al plantear este proyecto de restauración. Así, pendientes muy altas fueron descartadas debido a sus dificultades de trabajo, y las pendientes muy bajas fueron descartadas debido a la preferencia de dichos lugares para el establecimiento de cultivos.

Precipitación

Con el procesamiento de las capas proporcionadas por la red de estaciones meteorológicas de INIA, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)² y el catastro vegetacional de CONAF, se recopiló los montos anuales de precipitaciones (mm), clasificados según rangos y superficie correspondiente en la Región Metropolitana (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie por cada rango de precipitaciones en la Región Metropolitana.

Rangos de precipitaciones (mm)	Superficie (ha)
0 – 99	0
100 – 199	1.689
200 – 299	130.623
300 – 399	259.834
> 400	2.498

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la precipitación (Cuadro 4), es congruente asignar el mayor puntaje a los rangos de precipitaciones que van desde los 300 a 399 milímetros de agua caída, ya que, aproximadamente un 65,8% de la superficie de bosque esclerófilo en la Región Metropolitana se encuentra en zonas con este rango de precipitaciones, donde una posible restauración del tipo activa tendría altas probabilidades de éxito.

Por otro lado, rangos de precipitación que van desde los 100 a 199 mm y de 200 a 299 mm recibirán puntajes menores, pero no excluyentes, porque aún con rangos de precipitaciones bajos se puede sostener una cubierta vegetal arbórea en la Región Metropolitana. En cuanto al rango de precipitaciones entre 0-99 milímetros, éste no será considerado debido a su dificultad para la mantención de una cubierta vegetal con probabilidades de sobrevivencia y a la nula presencia de superficie que reciben esta cantidad de precipitación.

Sobre las zonas que reciban precipitaciones mayores a 400 mm en la Región Metropolitana, el puntaje asignado a estas será cero, ya que los sectores con esta cantidad de agua caída se priorizan para actividades con otros fines.

La distribución de precipitaciones en la Región Metropolitana es típica de una zona mediterránea: baja en el verano y alta en el invierno; sin embargo, debido al cambio climático, las precipitaciones han presentado una amplia reducción, con rangos promedio mensual que van desde 10 a 20 mm de lluvia en meses de verano, mientras que para invierno la precipitación aumenta un poco más llegando a un rango de 30 a 60 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2021).

El aprovechamiento de la precipitación es fundamental para el establecimiento de los árboles en las zonas de restauración, pero también es importante considerar que la interceptación de la precipitación depende de la estructura de la cubierta y de las características de intensidad y volumen del episodio de lluvia (Belmonte *et al.*, 1996).

Recopilando los datos de precipitación en la Región Metropolitana, se considera que es una región con una baja pluviometría, que se concentra en menos de 5 meses invernales y de cantidad insuficiente para permitir la formación de bosques cerrados (Gerding y Schalter, 1995). Por tanto, se debe tomar en cuenta la implementación de riego al momento de establecer las zonas posibles de restauración activa, de manera de asegurar el éxito de la zona elegida de acuerdo a los requerimientos de agua de la especie a establecer.

Otra de las razones por las cuales se debe considerar el riego como un asegurador del éxito de la restauración, es porque durante el verano las pérdidas de pluviosidad son del orden de 40%, y se suma a ello la fuerte sequía que afecta desde hace años a la Región Metropolitana como consecuencia del cambio climático (CONAMA, 2006).

Así mismo, Arellano *et al.* (2018) en su evaluación de técnicas de recuperación del bosque esclerófilo, mencionan en sus conclusiones que para una restauración del tipo activa, y si se dispone de fondos para realizar riego, es recomendable aplicarlo por las dos temporadas de verano siguientes a la plantación, y, no en grandes cantidades, ni tampoco continuamente, lo cual es bastante óptimo en zonas donde la utilización del recurso agua es limitante.

Por otro lado, Becerra *et al.* (2013) señalan que los requerimientos de riego pueden o no asegurar el éxito de una restauración, pero todo va a variar según la especie que se utilice. También señala que, utilizando especies resistentes a la sequía, el riego y el tamaño no parecen importantes para la sobrevivencia de éstas. En este mismo ámbito, Bown *et al.* (2017) mencionan que la selección de especies es clave para un establecimiento exitoso, y la clasificación de especies de acuerdo a la resistencia al estrés hídrico aumenta las probabilidades de éxito.

Puntajes obtenidos en los diferentes criterios evaluados

La asignación de puntajes se realizó en base a los criterios señalados en el Cuadro 1, es decir, cada criterio fue subdividido en un número determinado de niveles, cuyos valores o puntajes fueron designados conforme a las diversas características que poseen y que aseguran el éxito de una posible restauración en base a nodrizaje con *Vachellia caven*.

Con respecto a densidad y cobertura (Cuadro 5), los puntajes más altos fueron asignados a superficies con coberturas semidensas y alturas que van entre los 2 a 4 m y 4 a 8 m. Estas características se estiman que se encuentren en 119.395 hectáreas dentro de toda la Región Metropolitana.

Por otro lado, coberturas del tipo abiertas con alturas entre los 2 a 4 m y 4 a 8 m reciben puntajes levemente inferiores. Cabe destacar que la superficie en donde se encuentra presente esta configuración de formación vegetal bordea las 250.000 hectáreas dentro de la Región Metropolitana.

La superficie que puede recibir una eventual restauración del tipo activa bordea las 362.000 ha dentro de la Región Metropolitana, considerando el criterio de cobertura con densidades abiertas y semidensas, con alturas que van desde los 2 a 4 m y 4 a 8 m.

Cuadro 5. Asignación de puntajes según la cobertura de la formación vegetal, para ambos rangos de altura.

Densidad de cobertura	Altura	Valor	Puntaje Total	Superficie
Muy Abierta	2 - 4	1 + 2	3	0
Muy Abierta	4 - 8	1 + 3	4	0
Abierta	2 - 4	2 + 2	4	115.241
Abierta	4 - 8	2 + 3	5	127.651
Semidenso	2 - 4	3 + 2	5	85.687
Semidenso	4 - 8	3 + 3	6	33.708
Denso	2 - 4	0 + 2	2	6.934
Denso	4 - 8	0 + 3	3	8.469

Con respecto a la precipitación (Cuadro 6), el puntaje máximo fue asignado a los rangos de 300 a 399 milímetros de agua caída, donde 259.834 ha reciben esta cantidad de precipitación en la Región Metropolitana, mientras que rangos menores (200 a 299 mm), que cubren una superficie aproximada de 130.000 ha, fueron considerados con un puntaje inferior, ya que igualmente con esos valores de agua caída se puede esperar una alta probabilidad de éxito en un proceso de restauración activa, considerando riegos eventuales.

De este modo, las zonas que recibieron puntajes más elevados (> 2 puntos) alcanzaron una superficie aproximada de 390 mil hectáreas.

Cuadro 6. Superficies aproximadas en base a la categorización del monto de precipitaciones en la Región Metropolitana.

Rangos de precipitaciones (mm)	Puntaje	Superficie (ha)
0 – 99	0	0
100 – 199	1	1.689
200 – 299	2	130.623
300 – 399	3	259.834
> 400	0	2.498

Con respecto a las pendientes (Cuadro 7), las zonas que fueron calificadas con el mayor puntaje (pendiente entre 15 y 45%) abarcaron una superficie de 246.045 hectáreas dentro de la Región Metropolitana.

Para pendientes con valores entre 0 y 15%, que abarcaron cerca de 40.840 hectáreas, se les asignó un menor puntaje debido a sus aptitudes para actividades agrícolas, pero igualmente podrían ser consideradas para una eventual restauración del tipo activa.

Cuadro 7. Superficie disponible según diferentes rangos de pendiente en la Región Metropolitana y su asignación de puntajes.

Pendiente (%)	Puntaje	Superficie (ha)
0 - 15	1	40.840
15 - 30	3	107.570
30 - 45	3	138.475
> 45	0	107.760

Representación cartográfica

En base a lo desarrollado previamente, se presenta la superficie aproximada para cada puntaje final, que fue asignado de acuerdo a las características de la zona relacionadas con los criterios antes descritos (Cuadro 8).

Una vez obtenidos los puntajes y sus superficies, se pudo elaborar la representación cartográfica de la zonificación en la Región Metropolitana evidenciando las posibles zonas donde se puede llevar a cabo una restauración del bosque esclerófilo del tipo activa basado en el nodrizaje con *Vachellia caven*, con un mayor grado de certeza en el éxito de la propuesta (Figura 2).

Cuadro 8. Puntajes finales y superficie correspondiente para la Región Metropolitana.

Puntaje Final	Superficie (ha)
0 puntos	0
1 punto	0
2 puntos	0
3 puntos	420
4 puntos	107
5 puntos	5.212
6 puntos	25.654
7 puntos	31.105
8 puntos	76.662
9 puntos	66.020
10 puntos	84.334
11 puntos	90.910
12 puntos	14.226

En base a los resultados obtenidos, fue factible observar que los criterios más influyentes al momento de clasificar y calificar una zona como de elevado potencial de restauración, fueron la pendiente, el tipo de cobertura arbórea y su altura respectiva.

Dado que la propuesta de restauración se basa en el nodrizaje con *Vachellia caven*, especie dominante en el bosque esclerófilo, es imperante que esta especie esté dentro de la configuración de formación vegetal del tipo abiertas y semidensas, así como también estén presentes las alturas requeridas (2 a 4 m y 4 a 8 m). A este conjunto de factores, se le debe agregar la pendiente, la cual debe estar en el rango de 15 a 45 % para el desarrollo de un proceso de restauración exitoso.

En resumen, el dónde se pueda plantar, relacionado a la topografía, y el hecho de que exista o no una cobertura superior para efectos de éxito en el nodrizaje, son los criterios que definen si se puede o no realizar una eventual restauración del bosque esclerófilo utilizando la mencionada estrategia de restauración.

Con respecto a los puntajes obtenidos (Cuadro 8), se observó que la mayoría de las zonas analizadas poseían puntajes sobre 6 puntos, incluso se presentaron zonas con puntajes altos (8-11 puntos), que es donde se concentraron los sectores con grandes superficies más viables de recibir restauración. Cabe destacar también, que no existieron zonas con puntajes mínimos (0-2 puntos).

Considerando que, el mayor puntaje que se puede obtener es 12, fue factible determinar que, en base a los criterios propuestos, la Región Metropolitana posee aproximadamente 189.470 has donde se pueden llevar a cabo eventuales restauraciones de bosque esclerófilo basado en la estrategia del nodrizaje con *Vachellia caven*.

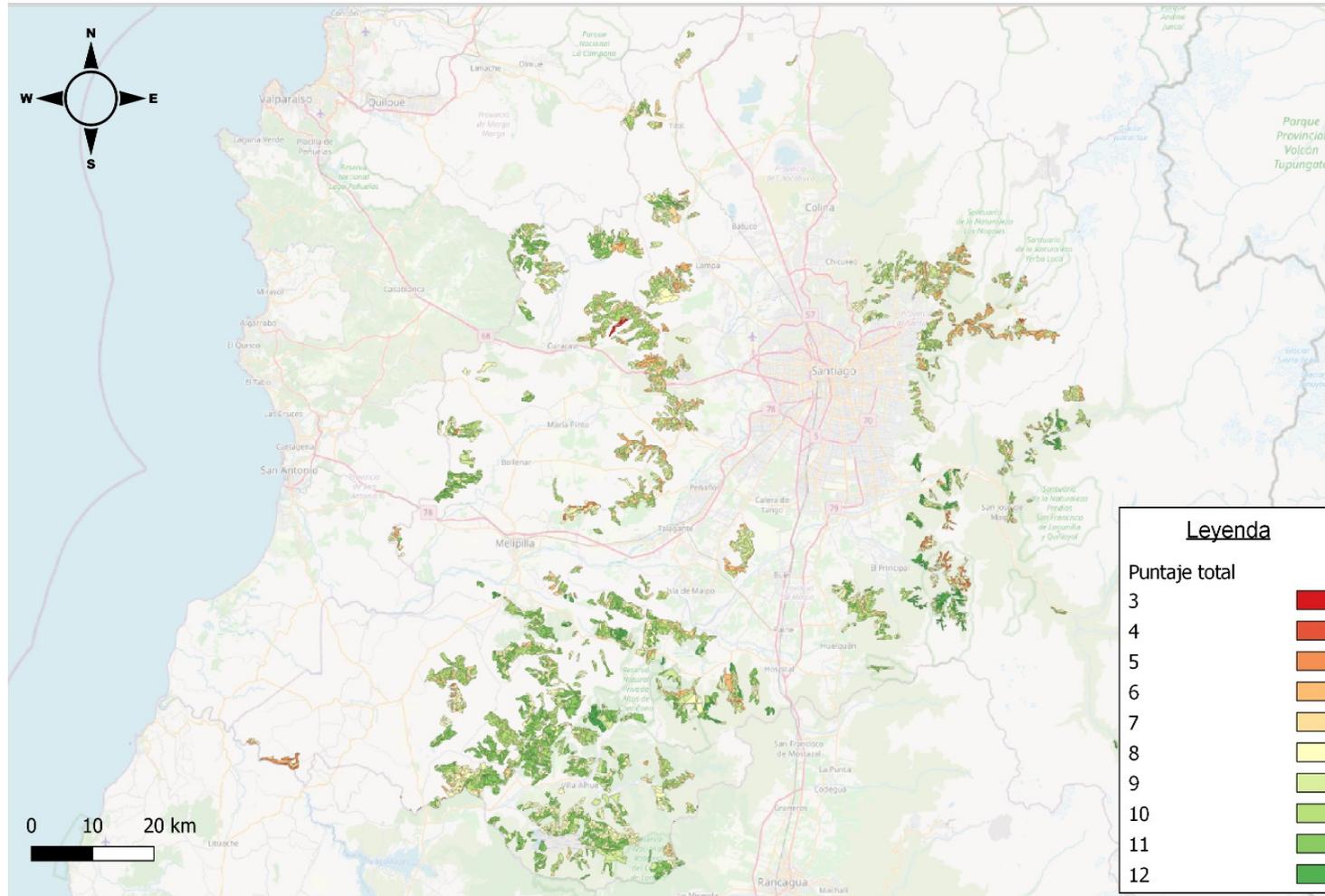


Figura 2. Zonificación de las áreas susceptibles a ser restauradas en la Región Metropolitana, en base a los puntajes obtenidos y a la propuesta de restauración analizada

Con respecto a la zonificación (Figura 2), y según la escala graduada de colores presentada en la leyenda, se pudo observar que zonas de la Precordillera de la Costa y el límite entre la Región Metropolitana con la Región de O'Higgins, poseen los puntajes más altos. Estos sectores poseen altas precipitaciones y una degradación del bosque esclerófilo más baja, dando lugar a zonas con espinales más densos y desarrollados, derivando en zonas factibles donde se puede llevar a cabo una restauración activa exitosa.

Por otro lado, las zonas menos factibles de recibir restauración se ubicaron en la zona centro norte de la Región Metropolitana, en los sectores aledaños a comuna de Santiago. Un menor monto de precipitación, una mayor degradación del bosque esclerófilo y la presencia de espinales menos densos, provocan que una propuesta de restauración basada en nodrizaje sea más difícil de concretar. Cabe destacar que el hecho de que sean menos factibles, se refiere a la posibilidad de obtener resultados poco exitosos, pero no son zonas excluyentes de recibir una eventual restauración si es que cuentan con una adecuada disponibilidad de agua de riego.

Acerca del programa REDD+ sobre reducción de las emisiones debidas a la deforestación y a la degradación de los bosques, muchos de los resultados obtenidos en este trabajo podrían ser muy útiles como potenciales recursos para analizar y medir la deforestación y degradación de los bosques de tipo esclerófilo en Chile, sin embargo, el estado actual del programa está en una fase de implementación muy temprana (CONAF, 2018).

CONCLUSIONES

El tipo de cobertura y su altura correspondiente, fue el criterio más importante al momento de plantear una propuesta de restauración activa mediante nodrizaje con *Vachellia caven*.

Las principales zonas aptas para recibir una restauración activa en base al nodrizaje con *Vachellia caven*, son la Precordillera de la Costa y la zona cercana al límite regional entre la Región Metropolitana y la del Libertador Bernardo O'Higgins, debido a la menor degradación y la presencia de árboles de mayor tamaño; así como un mayor monto de precipitaciones y pendientes moderadas, que facilitan las labores asociadas a una restauración del tipo activa. Por el contrario, la zona norte de la Región Metropolitana presenta una cobertura altamente degradada, pendientes muy elevadas y bajos montos de precipitaciones, características que disminuyen las probabilidades de éxito del proceso de restauración.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, D., Gayoso, J. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Facultad de Ciencias forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 96p.
- Arias, J. 2018. Mapeo de áreas prioritarias para la restauración ecológica en la zona de influencia del centro agrícola cantonal de Oreamuno, Cartago, Costa Rica, 2018. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/2238/10322>
- Altamirano, T. 2008. Restauración de los sistemas naturales mediterráneos de Chile central: Estudio de casos de restauración del bosque esclerófilo. Tesis de título. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. 107p.
- Arellano, E., Becerra, P., y, Smith, C. 2018. Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del bosque esclerófilo de Chile central. Santiago, Chile. 92p.
- Arroyo, M., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Massardo, F. 2008. El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. (pp. 90-93).
- Becerra, P. Castelli, G., Cruz, G., Ríos, S. 2013. Importance of irrigation and plant size in the establishment success of different native species in a degraded ecosystem of central Chile. *Bosque*, 34(1), 103-111. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002013000100012>
- Belmonte, F., Romero, A., López, F. 1996. Volumen y variabilidad espacial de la lluvia traslocada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido. *Ecología*. 10(1). 95-104
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J., Grebner, D. 2017. Management of Forests and Other Natural Resources. p. 1-20. In: Gonzalez, P. (ed.) Forest Management and Planning. Vol 2. Londres, Inglaterra.
- BCN (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile). 2008. Ley 20.283. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Santiago, Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=274894>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2020. Información territorial: Nuestro país. https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html#:~:text=Sus%20territorios%20comprenden%20parte%20del,patrimonial%20o%20Zona%20Econ%C3%B3mica%20Exclusiva
- Bonilla, M., Lopez, F., y Williams, G. 2015. Estableciendo la línea de base para la restauración del bosque de niebla en un paisaje periurbano. *Madera Bosques* 21(2):89-101.

Bown, I., Garfias, R., Navarro, R. Ruiz, F., Soto, M. y Vita, A. 2018. Remanentes del bosque esclerófilo en la zona mediterránea de Chile Central: Caracterización y distribución de fragmentos. *Interciencia*, 43 (9): 655-663

Bown, H., Fuentes, J., Martínez, A. 2017. Assessing water use and soil water balance of planted native tree species under strong water limitations in Northern Chile. *New forest*. 49: 871-892. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

Cayuela, L., Echeverría, C., J., Rey, J., Salas, y, Schulz, J. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30 (3): 436-477.

CONAF (Corporación Nacional Forestal) y CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Santiago, Chile. 158p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2001. Sistema de Información Territorial (SIT). Catastro vegetacional. Santiago, Chile. <https://sit.conaf.cl/>

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2013. Sistema de Información Territorial (SIT). Catastro vegetacional. Santiago, Chile. <https://sit.conaf.cl/>

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2017. Protocolo de plantaciones forestales. Recuperado de: https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1511383027SegundoInformeProtocoloPlantaciones13Julio.pdf

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2018. Chile define sistema de distribución de beneficios asociados a REDD+. <https://www.conaf.cl/chile-define-sistema-de-distribucion-de-beneficios-asociados-a-redd/>

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Santiago, Chile. 71p.

Cornejo, J. 2016. Propuesta de restauración ecológica en matorral y bosque esclerófilo degradado en la reserva nacional Río Clarillo, Región Metropolitana de Santiago. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 56p.

CR2 (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia). 2022. Explorador climático. <https://explorador.cr2.cl/> Visitado el 08 de abril de 2022.

Dirección meteorológica de Chile. 2021. Informe climatológico nacional. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/> Visitado el 28 de junio de 2022.

Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. *Bosque* 4(2): 117-146.

Esquivel, J. 2020. Identificación de áreas para la recuperación de vegetación nativa afectada por megaincendio 2017, en la Región del Biobío. Corporación Nacional Forestal. Concepción, Chile. 30p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). REDD Programme Strategic Framework 2016-20. Washington, D.C., United States. Disponible en: http://www.reddmonitor.org/wpcontent/uploads/2016/11/UNREDD_PB14_2015_Strategic-Framework-016-20-7May2015-130662-1.pdf Visitado el 04 de Noviembre de 2021.

Fortes, J., Silva, J., Mardones, D. 2020. Análisis vegetacional del bosque nativo en la región mediterránea de la zona central de Chile: zona de estudio valle de Colliguay. Investigaciones Geográficas (59): 105-119.

Gerding, V. Schaltter, J. 1995. Método de clasificación de sitios para la producción forestal, ejemplo en Chile. Bosque 16(2): 13-20. <https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n2-02>

Loyola, C. 2017. Distribución actual y potencial del tipo forestal esclerófilo en la zona central de Chile. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias forestales y de la conservación de la naturaleza, Santiago, Chile. 35p.

National Research Council (NRC). 1992. Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy. National Academies Press. 89p.

Romero, C. 1996. Análisis de las decisiones multicriterio. Recuperado de: https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/decisiones_multicriterio.pdf

SIT (Sistema de información territorial). 2022. Catastro de recursos vegetacionales por región. <https://sit.conaf.cl/> Visitado el: 08 de abril de 2022.

Stoll, A., Galvez, L. 2013. Efectos del cambio en el uso del suelo y la extracción de hojas y corteza sobre la diversidad genética y el estado de conservación del Quillay. Recuperado de: https://investigacion.conaf.cl/archivos/repositorio_documento/2018/11/041_2011-DOCUMENTOS_INFORME-FINAL.pdf

Pastor, M. 2007. Generación de una propuesta de estrategia de conservación en las serranías montañosas costeras de Chile Central. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias agronómicas, Santiago, Chile. 79p.

Ramírez, R. 2011. Efecto de la sombra de *Acacia caven* (Mol.) Mol en la pradera anual de clima mediterráneo. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias agronómicas, Santiago, Chile. 33p.

Root-Bernstein, M., Valenzuela, R., Huerta, M., Armesto, J., Jaksic, F. 2017. Acacia caven nurses endemic sclerophyllous trees along a successional pathway from silvopastoral savanna to forest. *Ecosphere* 8(2): e01667.

Trivelli, M. 2014. Reseña de la vegetación de Chile. Servicio agrícola y ganadero. Recuperado de: http://www.sag.cl/sites/default/files/la_flora_de_chile_continental_5f_junio_2014_final2.pdf

Universidad del bio-bio. 2014. Manual técnico manejo del bosque nativo. Recuperado de: https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-217230_recurso_pdf.pdf