



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERIA FORESTAL

**PROPUESTA DE EVALUACIÓN PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE
ESPECIES DE *Pinus spp.* EN CHILE BAJO ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniero/a Forestal

POR: Daríel Abaca

Profesor Guía: Juan Pedro Elissetche Martínez

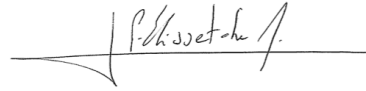
Marzo, 2024

Concepción, Chile

© 2024, Dariel Antonio Abaca Guajardo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

PROPUESTA DE EVALUACIÓN PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE ESPECIES
DE *Pinus spp.* EN CHILE BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO



Profesor Guía

Juan Pedro Elissetche Martínez
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, PhD



Profesor Co-Guía

Rosa María Alzamora Mallea
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Dra.

DEDICATORIA

En dedicatoria a mi familia, a aquellos con los que conté en este periodo, en especial a mi Madre por ser uno de los pilares fundamentales de mi vida, sin ti no sería quien soy hoy, a mi Tío por ser una inspiración para mí, a mi Ramita por quererme, amarme y ser un apoyo emocional, a mis amigos que fueron el grano de cordura durante esta aventura.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los docentes, colaboradores, profesores guías, futuros colegas que fueron parte de este documento.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	6
III. METODOLOGÍA	7
3.1. Fuentes de información	7
3.2. Integración de registros geográficos de las especies	8
3.3. Búsqueda de Información de las especies	8
3.4. Cálculo de superficie del habitat potencial.....	10
3.5. Evaluación de estrés por variaciones climáticas	11
3.6. Elaboración Cartográfica	14
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	15
4.1. Fichas de Especies.....	15
4.1.1. Especie <i>Pinus radiata</i>	15
4.1.2. Especie <i>Pinus brutia</i>	19
4.1.3. Especie <i>Pinus greggii</i>	23
4.1.4. Especie <i>Pinus herrerae</i>	27
4.1.5. Especie <i>Pinus leiophylla</i>	30
4.1.6. Especie <i>Pinus maximino</i>	33
4.1.7. Especie <i>Pinus muricata</i>	36
4.1.8. Especie <i>Pinus patula</i>	40
4.1.9. Especie <i>Pinus pinaster</i>	43
4.1.10. Especie <i>Pinus pringlei</i>	47
4.1.11. Especie <i>Pinus pseudostrobus</i>	51
4.1.12. Especie <i>Pinus taeda</i>	54
4.1.13. Especie <i>Pinus tecunumanii</i>	58
4.1.14. Especie <i>Pinus teocote</i>	62
V. RESULTADOS.....	67

5.1.	Gráficos de rangos de tolerancia.....	67
5.2.	Cartografía agroclimática base.....	75
5.3.	Resultado de distribución por especie.....	78
5.3.1.	Distribución potencial de <i>Pinus brutia</i>	78
5.3.2.	Distribución potencial de <i>Pinus greggi</i>	85
5.3.3.	Distribución potencial de <i>Pinus herrerae</i>	92
5.3.4.	Distribución potencial de <i>Pinus leiophylla</i>	98
5.3.5.	Distribución potencial de <i>Pinus maximinoi</i>	106
5.3.6.	Distribución potencial de <i>Pinus muricata</i>	112
5.3.7.	Distribución potencial de <i>Pinus patula</i>	120
5.3.8.	Distribución potencial de <i>Pinus pinaster</i>	127
5.3.9.	Distribución potencial de <i>Pinus pseudostrobus</i>	134
5.3.10.	Distribución potencial de <i>Pinus taeda</i>	141
5.3.11.	Distribución potencial de <i>Pinus tecunumanii</i>	148
5.3.12.	Distribución potencial de <i>Pinus teocote</i>	155
VI.	CONCLUSIONES.....	163
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	166
VII.	APENDICE.....	173

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus brutia</i>	80
Tabla 2. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus brutia</i>	83
Tabla 3. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus brutia</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	84
Tabla 4. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus greggii</i>	87
Tabla 5. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus greggii</i>	90
Tabla 6. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus greggii</i>	91
Tabla 7. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus herrerae</i>	94
Tabla 8. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus herrerae</i>	96
Tabla 9. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus herrerae</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	98
Tabla 10. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus leiophylla</i>	101
Tabla 11. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus leiophylla</i>	104
Tabla 12. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus leiophylla</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	106
Tabla 13. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus maximinoi</i>	109
Tabla 14. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus maximinoi</i>	112
Tabla 15. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus muricata</i>	115

Tabla 16. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus muricata</i>	118
Tabla 17. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus muricata</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.....	119
Tabla 18. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus patula</i>	122
Tabla 19. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus patula</i>	125
Tabla 20. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus patula</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	126
Tabla 21. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus pinaster</i>	129
Tabla 22. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus pinaster</i>	132
Tabla 23. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus pinaster</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	133
Tabla 24. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus pseudostrobus</i>	136
Tabla 25. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus pseudostrobus</i> ...	139
Tabla 26. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus pseudostrobus</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.....	140
Tabla 27. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus taeda</i>	143
Tabla 28. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus taeda</i>	146
Tabla 29. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus taeda</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	147
Tabla 30. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus tecunumanii</i>	150
Tabla 31. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus tecunumanii</i>	153
Tabla 32. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus tecunumanii</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	155

Tabla 33. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de <i>Pinus teocote</i>	157
Tabla 34. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de <i>Pinus teocote</i>	160
Tabla 35. Distribución y Potencial de Integración de Especies de <i>Pinus teocote</i> en Terrenos de Empresas Forestales por Región.	161

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Rangos de tolerancias de altitudes para distintas especies de Pinus.....	68
Figura 2. Rangos de tolerancias de precipitaciones para distintas especies de Pinus.....	69
Figura 3. Rangos de tolerancias de temperaturas para distintas especies de Pinus.....	71
Figura 4. Promedios de densidades básicas de la madera para distintas especies de Pinus.....	73
Figura 5. Promedios de largos de fibras de la madera para distintas especies de Pinus.....	75
Figura 6. Cartografía de la Temperaturas máximas (°C) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos del mes más cálido (Enero).....	76
Figura 7. Cartografía de la Temperaturas mínimas (°C) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos del mes más frío (Julio).....	77
Figura 8. Cartografía de precipitaciones anuales (mm) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.....	78
Figura 9. Distribución potencial de <i>Pinus brutia</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	79
Figura 10. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus brutia</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	82
Figura 11. Distribución potencial de <i>Pinus greggi</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	86
Figura 12. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus greggi</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	89
Figura 13. Distribución potencial de <i>Pinus herrerae</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	93
Figura 14. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus herrerae</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	96
Figura 15. Distribución potencial de <i>Pinus leiophylla</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	100

Figura 16. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus leiophylla</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	103
Figura 17. Distribución potencial de <i>Pinus maximinoi</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	108
Figura 18. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus maximinoi</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	111
Figura 19. Distribución potencial de <i>Pinus muricata</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	114
Figura 20. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus muricata</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	117
Figura 21. Distribución potencial de <i>Pinus patula</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	121
Figura 22. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus patula</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	124
Figura 23. Distribución potencial de <i>Pinus pinaster</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	128
Figura 24. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus pinaster</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	131
Figura 25. Distribución potencial de <i>Pinus pseudostrabus</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	135
Figura 26. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus pseudostrabus</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	138
Figura 27. Distribución potencial de <i>Pinus taeda</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	142
Figura 28. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus taeda</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	145

Figura 29. Distribución potencial de <i>Pinus tecunumanii</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	149
Figura 30. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus tecunumanii</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	152
Figura 31. Distribución potencial de <i>Pinus teocote</i> en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.....	156
Figura 32. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para <i>Pinus teocote</i> en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.....	159

RESUMEN

La presente tesis evalúa la viabilidad de diversificar especies de *Pinus spp* en Chile, enfocándose en su adaptabilidad climática, potencial productivo y su integración en terrenos de empresas forestales para enfrentar desafíos como el cambio climático y la demanda de productos forestales diversificados. Se analizaron distintas especies de *Pinus spp*, seleccionadas por su adaptabilidad climática, resistencia a patógenos y valor económico. La metodología incluyó análisis de datos climáticos y un estudio de cobertura potencial, ajustando por restricciones de establecimiento. Los resultados mostraron variaciones en adaptabilidad y potencial productivo, destacando *Pinus taeda* y *Pinus pseudostrobus* por su amplia cobertura y adaptabilidad. Estas especies se posicionan como opciones viables para complementar o reemplazar a *Pinus radiata D. Don*, dominante en Chile. Además, se identificó un alto potencial de diversificación productiva y mejora de la sostenibilidad con especies como *Pinus pseudostrobus* y *Pinus tecunumanii* en terrenos forestales empresariales. En conclusión, la diversificación de especies de *Pinus spp* representa una estrategia prometedora para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad del sector forestal chileno, requiriendo un enfoque integrado que incluya investigación, manejo forestal sostenible, desarrollo de mercados y políticas de fomento, contribuyendo al equilibrio entre producción y conservación ambiental.

ABSTRACT

This thesis evaluates the feasibility of diversifying *Pinus spp* species in Chile, focusing on their climatic adaptability, productive potential, and integration into lands owned by forestry companies to address challenges such as climate change and the demand for diversified forest products. Various *Pinus spp.* were analyzed, selected for their climatic adaptability, pathogen resistance, and economic value. The methodology included an analysis of climate data and a potential coverage study, adjusted for establishment restrictions. The results showed variations in adaptability and productive potential, with *Pinus taeda* and *Pinus pseudostrobus* standing out for their broad coverage and adaptability. These species are positioned as viable options to complement or replace *Pinus radiata D. Don*, dominant in Chile. Additionally, a high potential for productive diversification and sustainability improvement with species like *Pinus pseudostrobus* and *Pinus tecunumanii* in corporate forest lands was identified. In conclusion, the diversification of *Pinus* species represents a promising strategy to strengthen the resilience and sustainability of the Chilean forestry sector, requiring an integrated approach that includes research, sustainable forest management, market development, and supportive policies, contributing to the balance between production and environmental conservation.

I. INTRODUCCIÓN

Para el mundo el cambio climático ha representado uno de los desafíos que se ha vuelto cada vez más complejos durante el siglo XXI, teniendo múltiples repercusiones en distintos ámbitos, con implicaciones considerables tanto en la conservación como la gestión del área forestal. Siendo, los ecosistemas forestales los que desempeñan un papel fundamental en la regulación climática, la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales (IPCC, 2018). Bajo este contexto, los países con importantes inversiones en el sector forestal, tal como lo es Chile, se enfrentan constantemente en adaptar sus prácticas de manejo forestal para enfrentar los impactos del cambio climático con el fin garantizar la sostenibilidad de sus recursos forestales y satisfacer las demandas de estos.

Para Chile, aun ya contando con una considerable tradición en el manejo y la producción forestal, se encuentra en una encrucijada donde debe replantearse la manera en que se gestionan las plantaciones forestales. Durante estas décadas de manejo, dentro de los géneros de *Pinus spp*, destaca a nivel nacional la especie de pino radiata (*Pinus radiata D. Don*), la cual ha sido la especie dominante en las plantaciones forestales chilenas, gracias a su rápido crecimiento, su amplia adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y su atractivo comercial para los poderes de compra. Según lo detalla González et al.

(2018), el pino radiata representa aproximadamente el 90% de las plantaciones forestales en Chile, consolidándose como la especie más importante en términos económicos y productivos. Sin embargo, esto demuestra que existe una delicada dependencia excesiva de una sola especie en las plantaciones forestales de Chile, pudiendo ser un riesgo frente a los complejos panoramas que se han exacerbado a consecuencia del cambio climático, como el aumento de eventos climáticos extremos perjudiciales, la alteración de los ciclos de vida de plagas y enfermedades, cambios de la distribución geográficas de las especies, entre otras, dado que según Kirschbaum et al. (2019) estos cambios tendrán impactos significativos en la productividad y la adaptabilidad de las especies forestales existentes, incluido el pino radiata.

Según Linares et al. (2020), la introducción de especies de *Pinus spp.* en plantaciones forestales puede mejorar la adaptabilidad al cambio climático y aumentar la resiliencia de los sistemas forestales en Chile. El género *Pinus spp.* abarca un amplio espectro de especies que poseen una notable variabilidad genética y capacidad adaptativa dadas a las condiciones limitantes en las generalmente se pueden encontrar hoy en día, siendo el principal beneficio que al diversificar las plantaciones con estas especies seleccionadas por su mayor tolerancia a los nuevos escenarios, pueden ayudar a reducir los riesgos asociados a la monoespecificidad que común mente afectan a las plantaciones chilenas y busca mejorar la resiliencia de los sistemas forestales.

Investigaciones recientes respaldan la importancia de diversificar las plantaciones forestales en Chile con especies de *Pinus spp.* para enfrentar los desafíos del cambio climático y garantizar la sostenibilidad del sector forestal. Estos estudios proporcionan evidencia de los beneficios de la diversificación en términos de adaptabilidad y resiliencia, así como de las oportunidades económicas que pueden surgir de la introducción de nuevas especies de *Pinus spp.* Especies ya establecidas como lo son el pino insigne (*Pinus radiata D. Don*), el pino oregón (*Pinus ponderosa*) y el pino marítimo (*Pinus pinaster*) han demostrado tener potencial para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y edáficas en distintas regiones de Chile (Acosta-Rodríguez et al., 2019). Estas especies presentan características genéticas y fenotípicas que les confieren mayor resistencia a eventos climáticos extremos, como sequías e incremento de temperaturas, y les permiten mantener un crecimiento satisfactorio en condiciones adversas (Linares et al., 2020; Acosta-Rodríguez et al., 2019).

Los beneficios en términos de adaptación al cambio climático se suman a que muchas especies de *Pinus spp.* en su lugar de origen tienen un alto valor económico por su madera de calidad y otros productos derivados, y para Chile ofrecen una oportunidad de diversificar la oferta comercial del sector forestal y generar nuevas fuentes de ingresos. Al intentar replicar lo realizado por especies ya establecidas en el territorio como, el pino insigne ha sido ampliamente

utilizado en la industria maderera chilena debido a su rápido crecimiento y calidad de la madera, lo que ha contribuido significativamente al desarrollo económico del país (Donoso et al., 2015). Asimismo, siendo una alternativa más artesanal, el pino oregón se ha destacado por su madera de alta calidad, utilizada en la producción de muebles y construcción (Sandoval et al., 2018).

Estudios de selección de especies y pruebas de adaptabilidad son fundamentales para garantizar el éxito de las plantaciones forestales diversificadas (Acosta-Rodríguez et al., 2019). Además, se debe considerar el riesgo de introducir especies exóticas que puedan convertirse en invasoras y desplazar a las especies nativas, afectando la biodiversidad y los ecosistemas locales. Por lo tanto, se requiere un enfoque integrado que considere tanto los aspectos económicos como los ambientales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

A través de este estudio, se espera proporcionar información clave para la toma de decisiones en la planificación y gestión forestal en Chile, contribuyendo a la adaptación al cambio climático, la diversificación productiva y el desarrollo sostenible de la industria forestal en el cual se espera generar conocimiento científico que pueda ser utilizado por instituciones, empresas y actores involucrados en el manejo forestal para promover prácticas más resilientes y sustentables. En este contexto, el objetivo de esta tesis es realizar un estudio

exhaustivo sobre la diversificación de las plantaciones del género *Pinus spp.* en Chile, considerando el nuevo escenario de cambio climático. Se buscará identificar especies de *Pinus spp.* con potencial adaptativo y económico, evaluando su rendimiento en diferentes condiciones climáticas y analizando las oportunidades y desafíos asociados a su introducción en las plantaciones forestales chilenas. Además, se investigarán las implicaciones ambientales de esta diversificación y se propondrán estrategias de manejo adecuadas para asegurar la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

II. OBJETIVOS

- Evaluar el potencial de diversificación de especies del género *Pinus spp.* en Chile, enfocándose en la adaptabilidad y resiliencia climática.
- Seleccionar especies de *Pinus spp.* con potencial para cultivo sostenible en Chile, considerando los efectos sobre el cambio climático y la integridad de la biodiversidad local.
- Determinar el potencial de las especies de *Pinus spp.* seleccionadas para la restauración ecológica de áreas degradadas y el desarrollo de productos forestales sostenibles.
- Analizar los riesgos ecológicos y socioeconómicos asociados a la introducción de nuevas especies de *Pinus spp.* en Chile.

III. METODOLOGÍA

3.1. Fuentes de información

Para cumplir con los objetivos planteados, la búsqueda de información se realiza mediante libros y bases de datos de internet para la recopilación de datos e identificación de las principales bases de datos bibliográficas relevantes para el campo de estudio a explorar. Otras fuentes relevantes, como bibliotecas digitales de universidades y organismos gubernamentales, sitios web especializados, revistas científicas y organismos internacionales relacionados con medio ambiente y cambio climático como Forest Science Database, Forest Research and Information Center o plataformas más globales como Scopus, Web of Science, Google Scholar, entre otras.

Para los datos climáticos y superficies restrictivas se realizó una revisión documental que contempló fuentes secundarias tales como estudios académicos, escritos de SIG, etc. Se utilizó información de los catastros regionales que otorga Corporación Nacional Forestal (CONAF), Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BNC), Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Una vez obtenidos los resultados de la búsqueda, los documentos deben ser filtrados y depurados para seleccionar aquellos que sean relevantes para el tema de investigación.

3.2. Integración de registros geográficos de las especies

La fuente de registros de presencias de las especies se complementó con los registros de la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad REMIB (CONABIO 2015) con el fin de realizar un cruce de datos con el fin de verificar la validez de estos de la información de las fuentes sobre la distribución conocida de las especies.

3.3. Búsqueda de Información de las especies

Para poder realizar una introducción de especies forestales en Chile exitosa se requiere una revisión exhaustiva de diversos aspectos, especialmente bajo el nuevo escenario de cambio climático. A continuación, se mencionan algunos de los aspectos que fueron considerados:

Taxonomía: La taxonomía de las especies forestales es importante de considerar a la hora de introducirlas en un nuevo ecosistema, dado que, estudia la clasificación y relación de los organismos, para comprender la diversidad y las características de las especies de *Pinus spp.* Las distintas especies tienen características únicas que deben ser analizadas y descritas para el entendimiento en común.

Distribución geográfica: La distribución de las especies forestales es un factor importante para tener en cuenta a la hora de introducirlas en Chile. Algunas especies pueden adaptarse mejor a ciertas regiones que a otras, donde se deben considerar factores como la capacidad de adaptación de las especies a diferentes tipos de suelos comparando su condición nativa y la de introducción, junto con su tolerancia a condiciones altitudinales (Figura 1) lo cual ayudará a predecir el comportamiento de las especies introducidas en el nuevo entorno y evaluar su posible invasión en áreas naturales.

Clima: El cambio climático puede afectar al crecimiento y la productividad de diferentes especies, y esto debe tenerse en cuenta a la hora de introducir nuevas especies, dependiendo de factores como las precipitaciones (Figura 2) y la distribución de las temperaturas máximas y mínimas (Figura 3) requeridas por las especies para establecer parámetros de tolerancia y determinar si son propicias para su desarrollo y reproducción.

Suelos: Algunas especies pueden adaptarse mejor a ciertos tipos de suelo que a otros. Es necesario analizar la calidad del suelo y su idoneidad para las distintas especies para garantizar el éxito de la introducción. Siendo factores como la textura, estructura, pH, fertilidad, profundidad y capacidad de retención de agua del suelo pueden influir en el crecimiento y desarrollo de las especies de *Pinus spp.* El análisis de los suelos permitirá evaluar si proporcionan las condiciones adecuadas para el enraizamiento, nutrición y crecimiento saludable de las especies introducidas.

Características de la madera: Diferentes especies producen madera con características únicas que necesitan ser analizadas para determinar su idoneidad para diferentes usos, dado a que las especies de *Pinus spp* son valoradas por su madera. El conocimiento de estas características permitirá evaluar el potencial económico de la introducción de las especies de *Pinus spp* en términos de la industria maderera y otros usos relacionados. En conjunto con características primordiales para definir sus usos, como son la densidad básica de la madera (Figura 4) y los largos de fibras (Figura 5).

Aspecto sanitario: Algunas especies pueden ser más susceptibles a plagas y enfermedades que otras, y esto puede tener un impacto significativo en su crecimiento y productividad. También hay que analizar el impacto del cambio climático en la salud de las especies forestales. El análisis del aspecto sanitario ayudará a implementar medidas de prevención y manejo adecuadas para mitigar los posibles riesgos y proteger la salud de los ecosistemas.

3.4. Cálculo de superficie del hábitad potencial

Los principales aspectos que determinan la distribución geográfica y la adaptabilidad de las especies al clima son: la temperatura estival, el régimen térmico invernal y la intensidad del déficit hídrico durante la época seca (Marino et al., 2011). Para ello distribución potencial de las especies de *Pinus spp* se modelo bajo los siguientes escenarios: a) Determinación de la temperatura

mínima del mes más frío correspondiente al mes de Julio (°C), b) Determinación de la temperatura máxima del mes más cálido correspondiente al mes de Enero (°C) y c) Determinación de la precipitación anual (mm). Si bien la dispersión geográfica de una especie depende no solo del clima, sino también de otros determinantes como las interacciones bióticas, los cambios evolutivos en el ambiente y la capacidad competitiva de cada especie (Pearson y Dawson, 2003), estas tres variables parecen estar fuertemente determinantes en la distribución de las especies (Santibáñez, F. y Santibáñez, P., 2022). El modelo resultante consistirá en una cubierta geográfica delimitada por aquellas zonas potenciales para el establecimiento y crecimiento de las especies.

3.5. Evaluación de estrés por variaciones climáticas

Santibáñez, F. y Santibáñez, P., (2022) señalan que para determinar los niveles de estrés que un escenario de cambio climático puede generar en una especie o en un ecosistema, es necesario establecer el espectro actual de tolerancia bioclimática de éstos. Para lo anterior, se parte de la hipótesis de que existe un fuerte determinante climático en la distribución geográfica de una especie (Luoto et al., 2005; Sykes et al., 1996).

Para la aplicación del protocolo, Santibáñez, F. y Santibáñez, P. (2022), señala que para la evaluación del estrés se hace en una escala de 0 (ningún estrés, la

variable se encuentra dentro del rango óptimo) a 1 (estrés máximo, la variable esta fuera del intervalo máximo de distribución histórica de la especie).

Sin embargo, se replicará este protocolo, pero con la modificación de determinar los valores de 0 (como estrés máximo) y 1 (como ningún estrés) para evitar confusiones contra intuitivas.

De este modo, se tuvo un estrés inducido por las temperaturas altas del verano (*Pond T.max*), por el rigor del invierno (*Pond T.min*) y la media de las precipitaciones (*Pond pp.anual*). Luego, se integraron mediante un modelo aditivo en el que cada uno de ellos aporta al estrés global en que se encontraría la especie.

$$Pond T.min = \frac{(T^{\circ} - T^{\circ} \text{ limite inferior})}{(T^{\circ} \text{ limite superior} - T^{\circ} \text{ limite inferior})}$$

$$Pond T.max = 1 - \frac{(T^{\circ} - T^{\circ} \text{ limite inferior})}{(T^{\circ} \text{ limite superior} - T^{\circ} \text{ limite inferior})}$$

Donde:

T es la temperatura observada en °C

$T_{\text{limite superior}}$ es la máxima desviación tolerable de la zona en °C

$T_{\text{limite inferior}}$ es la mínima desviación tolerable de la zona en °C

$$Pond\ pp.\ anual = 1 - \frac{(pp\ (mm) - pp_{\acute{o}ptimo})}{pp_{Rango\ maximo}}$$

Donde:

pp es la precipitación observada en mm

$pp_{\acute{o}ptimo}$ es el valor de la precipitación media en mm

$pp_{Rango\ maximo}$ es la máxima desviación tolerable desde el óptimo en mm

Este protocolo fue aplicado a cada variable en cada punto de la malla climática utilizada. De esta forma, en cada punto geográfico se dispuso del valor de cada uno de los tres estreses considerados.

El índice de estrés bioclimático integrado se obtiene según la relación siguiente:

$$Pond\ Total = \frac{Pond\ T.\ min + Pond\ T.\ max + Pond\ pp.\ anual}{3}$$

Escalas interpretativas del estrés bioclimático

Para simplificar la interpretación de esta variación continua, se usa una escala discreta de valoración, la cual divide el estrés en tres niveles:

Condición		Rango
	Regular	0 - 0,33

	Aceptable	0,34 - 0,65
	Óptimo	0,66 - 1

3.6. Elaboración Cartográfica

Para construir la línea base climática se compiló información y obtuvieron datos climáticos, incluyendo temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones anuales, de estaciones meteorológicas de distintas fuentes (Dirección Meteorológica de Chile, Dirección General de Aguas, Red Agroclimática Nacional (RAN), y otras fuentes públicas y privadas disponibles). Estos datos corresponden al período (1980-2015). Además, se integraron datos geográficos en formato *shape* de los catastros de bosque nativo de CONAF, las bases de datos de Áreas Urbanas Consolidadas del IDE, las capas de las superficies de las áreas SNASPE y de las masas lacustres de BNC

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

La diversificación de las plantaciones forestales del género *Pinus spp.* en Chile se presenta como una estrategia esencial para enfrentar los desafíos del cambio climático y garantizar la sostenibilidad de la industria forestal. La introducción de nuevas especies con características adaptativas y potencial económico puede no solo mejorar la resiliencia de los sistemas forestales, sino también diversificar los productos y abrir nuevas oportunidades comerciales. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos ambientales y sociales asociados a esta diversificación, considerando la conservación de la biodiversidad y la sustentabilidad a largo plazo.

4.1. Fichas de Especies

4.1.1. Especie *Pinus radiata*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino radiata o pino insigne

Descripción: Es un árbol de hoja perenne que puede alcanzar alturas de hasta 30-45 metros. Tiene agujas largas y delgadas, agrupadas en grupos de tres, y sus conos son pequeños y ovales.

Distribución geográfica:

Rango altitudinal: En su distribución nativa en la costa oeste de América del Norte, generalmente se encuentra a altitudes bajas y medias, en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta alrededor de 2,000 metros.

Especies asociadas: Robles (*Quercus spp*), Madroño (*Arbutus menziesii*), Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), Arce de hojas grandes (*Acer macrophyllum*), Alisos (*Alnus spp*).

Localización Importante: Originaria de la costa oeste de América del Norte, desde Oregón hasta Baja California en México.

Clima: El pino radiata puede crecer en áreas con precipitaciones moderadas a altas. Generalmente, se adapta bien a climas con precipitaciones anuales que varían desde alrededor de 600 mm hasta 1500 mm o más. Sin embargo, puede sobrevivir en áreas con menos precipitación si las condiciones del suelo y el manejo son adecuadas.

Distribución temperatura máximas y mínimas: Puede soportar inviernos fríos y veranos cálidos. En su rango de distribución original en la costa oeste de América del Norte, puede enfrentar temperaturas invernales bajo cero, así como temperaturas de verano que pueden superar los 30°C. Sin embargo, no es tan resistente a condiciones extremadamente frías o calurosas como algunas otras especies de pinos.

Suelos:

Características: Es conocido por su capacidad para crecer en una variedad de tipos de suelo, pero ciertas características del suelo pueden influir en su crecimiento y desarrollo óptimos.

Profundidad suelo: Los suelos profundos permiten un mejor desarrollo de las raíces y un mayor acceso a los nutrientes y el agua. Aunque el pino radiata puede crecer en suelos menos profundos, los suelos con mayor profundidad son preferibles para un crecimiento óptimo.

Fertilidad suelo: El pino radiata es capaz de crecer en suelos con una gama moderada de fertilidad. Sin embargo, el suministro adecuado de nutrientes es importante para un crecimiento saludable. Los suelos con una cantidad adecuada de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros micronutrientes, serán beneficiosos para el crecimiento del pino radiata.

Características de la madera: La madera de pino radiata generalmente tiene una textura fina y recta, lo que la hace adecuada para una variedad de usos. Su color varía desde un tono pálido a un amarillo claro. Esta apariencia neutral permite que la madera sea tratada y teñida fácilmente según las necesidades del proyecto.

Densidad: La densidad de la madera de pino radiata varía, pero en general, se considera una madera de densidad moderada. La madera de pino radiata es más liviana en comparación con algunas otras especies de madera, lo que puede hacerla adecuada para ciertas aplicaciones donde se prefiere un material más

ligero. En general, la densidad de la madera de pino radiata suele estar en el rango de 450 a 650 kg/m³.

Largo de fibra: La longitud de fibra de la madera de pino radiata es en general moderada. Aunque no es tan larga como las fibras de algunas otras especies de árboles, es lo suficientemente adecuada para ciertas aplicaciones de pulpa y papel. El largo de fibra de la madera de Pino radiata también puede variar, pero suele estar en el rango de 1.5 a 3.0 milímetros.

Calidad de pulpa: La madera de pino radiata se utiliza ampliamente para la producción de pulpa y papel. La pulpa derivada de pino radiata generalmente tiene buenas características para la fabricación de papel. Puede ser tratada y procesada para obtener pulpa de alta calidad, que es utilizada en diversas aplicaciones de papel, como cartón, papel de embalaje y papel de impresión.

Usos: Es importante destacar que la calidad de la pulpa y la fibra puede variar según el proceso de producción y las técnicas de procesamiento utilizadas en la industria del papel. Además, la edad del árbol y la parte del tronco utilizada también pueden influir en la longitud y calidad de las fibras de madera. Es utilizado para la producción de madera, pulpa de papel y una amplia gama de productos de madereros.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es considerado en general como una especie tolerante a la sequía. Aunque prefiere suelos con suficiente humedad, tiene la capacidad de sobrevivir y crecer en condiciones de sequía moderada.

Su adaptabilidad a diferentes climas y la capacidad de desarrollar sistemas radiculares profundos le permiten acceder a agua en el suelo, lo que ayuda a su supervivencia en períodos secos.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Puede ser susceptible a enfermedades fúngicas en condiciones propicias. Algunos hongos patógenos pueden causar problemas como la marchitez de las agujas, la pudrición de la raíz y la pudrición del tronco. La gestión adecuada de la salud del bosque y la selección de prácticas de manejo forestal pueden ayudar a reducir el riesgo de infecciones fúngicas.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es vulnerable a una variedad de insectos que pueden afectar su salud y crecimiento. Algunos de los insectos que podrían ser un problema incluyen el gorgojo descortezador, que puede causar daño a la corteza y matar el árbol, y el barrenador del pino, que puede dañar las agujas y los brotes nuevos. La gestión integrada de plagas y prácticas forestales adecuadas son esenciales para minimizar el impacto de los insectos en los bosques de pino radiata.

4.1.2. Especie *Pinus brutia*

Nombre Común: Pino afgano, pino de Calabria, pino de Chipre, pino carrasco.

Descripción: Se desarrolla como árbol de hoja perenne, mediano a pequeño de 9-15 m de altura en estado natural, de forma simétrica y tiende a redondearse

con la edad, con la corteza escamosa y agrietada de color gris plateado, pasando a rojiza con los años, tiene agujas delgadas y rígidas que crecen en grupos de dos, y producen conos que miden de 6 a 11 cm de largo y contienen semillas que son una importante fuente de alimento para la fauna local.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Varía dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas de la región en la que se encuentra, pero generalmente se encuentra en altitudes bajas a medias, desde el nivel del mar hasta alrededor de 1500 metros sobre el nivel del mar.

Localización importante: Mediterráneo oriental, desde el sur de Turquía hasta el norte de Israel.

Ecología y especies asociadas: Encina (*Quercus ilex*), algarrobo (*Ceratonia siliqua*), coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), madroño (*Arbutus unedo*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Precipitación anual media de entre 400 y 800 mm. En algunas zonas más húmedas puede recibir más de 1000 mm de precipitación al año, mientras que en regiones más secas puede recibir menos de 400 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Puede soportar temperaturas invernales de hasta -10°C a -15°C, aunque las heladas tardías pueden dañar las yemas y las hojas nuevas. En verano, puede soportar temperaturas de hasta 35°C a 40°C, aunque las temperaturas extremas pueden afectar su crecimiento

y supervivencia. En general, se adapta mejor a temperaturas medias anuales entre 15°C y 20°C.

Suelos:

Características: Puede crecer en una amplia gama de suelos, pero prefiere suelos bien drenados y profundos, con una textura variable y una buena capacidad de retención de agua.

Profundidad: Una profundidad de al menos 50 cm y una buena capacidad de retención de agua.

Fertilidad: Además, la presencia de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio es importante para el crecimiento y la supervivencia. Los suelos con un pH entre 5,5 y 7,5 son los más adecuados para esta especie.

Características de la madera:

Calidad: Tiene un color amarillento o rojizo claro, con una textura recta o ligeramente ondulada. Tiene una veta fina y una superficie lisa y uniforme. Es una madera durable y resistente, que puede ser utilizada para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la construcción de muebles, la carpintería, la construcción de viviendas, la fabricación de papel y pulpa, entre otros.

Densidad: La densidad de la madera es relativamente baja, con un promedio de alrededor de 500 kg/m^3 . Esto la hace adecuada para aplicaciones que requieren madera ligera, como la fabricación de cajas, envases y paletas.

Largo de fibra: La madera tiene una longitud de fibra moderada, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Esto la hace adecuada para la producción de

pulpa de madera para la fabricación de papel, aunque su uso en este campo puede ser limitado por la presencia de resina en la madera.

Calidad de pulpa: Es especialmente adecuada para la fabricación de papel kraft, que se utiliza para envases, bolsas de papel y otros productos similares

Usos: Se utiliza comúnmente en la silvicultura, especialmente para la producción de madera para construcción y muebles, así como para la producción de resina.

Además, es especialmente adecuada para la fabricación de papel kraft, que se utiliza para envases, bolsas de papel y otros productos similares, se ha demostrado que los aceites esenciales extraídos del pino carrasco tienen propiedades antimicrobianas y antitumorales, entre otras propiedades medicinales.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es conocida por su tolerancia a la sequía, lo que le permite sobrevivir y crecer en climas mediterráneos con veranos calurosos y secos. Esta especie ha desarrollado adaptaciones fisiológicas que le permiten resistir períodos prolongados de sequía, como raíces profundas que pueden extraer agua de capas más bajas del suelo y una mayor eficiencia en la regulación de la pérdida de agua a través de los estomas de las hojas.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Algunas de las enfermedades fúngicas que pueden afectar a esta especie incluyen el cancro del tronco (*Diplodia pinea*), la marchitez producida por *Verticillium* y la roya del pino (*Cronartium flaccidum*).

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Puede ser propensa a la susceptibilidad por diversas especies de insectos, incluyendo barrenadores del tronco (*Ips sexdentatus*), escarabajos de la corteza (*Orthotomicus erosus*) y orugas defoliadoras (*Thaumetopoea pityocampa*).

4.1.3. Especie *Pinus greggii*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino de Greg

Descripción: Es un árbol de hoja perenne que puede crecer hasta unos 20-25 metros de altura y tiene una copa ancha y redondeada. Las hojas están dispuestas en grupos de dos y son largas y delgadas, midiendo de 15 a 30 cm de largo. Los conos de semillas son de forma ovalada y miden de 5 a 10 cm de largo.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: En México, esta especie se encuentra a altitudes que van desde los 1,000 hasta los 2,700 metros sobre el nivel del mar, mientras que, en los Estados Unidos, se encuentra principalmente en elevaciones de entre 1,500 y 2,500 metros sobre el nivel del mar.

Localización importante: Nativo de América del Norte, específicamente de México y los Estados Unidos.

Ecología y especies asociadas: Robles (*Quercus spp.*), *Quercus emoryi*, *Quercus hypoleucoides*, *Quercus arizonica*, Enebro (*Juniperus spp*), *Juniperus monosperma*, *Juniperus deppeana*, Madroño (*Arbutus arizonica*), Álamo (*Populus spp.*), Plátano (*Platanus spp.*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: El rango puede variar dependiendo de la ubicación geográfica. En México, donde esta especie se encuentra en su mayoría, se adapta a un rango de precipitaciones anuales que van desde los 300 hasta los 1,200 mm. En los Estados Unidos, donde se encuentra principalmente en el suroeste, el rango de precipitación anual varía de 250 a 500 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Puede tolerar temperaturas mínimas invernales de hasta -20°C, y temperaturas máximas en verano de hasta 38°C. Sin embargo, su crecimiento y desarrollo óptimo se produce en temperaturas medias anuales de entre 12°C y 20°C.

Suelos:

Características: Puede crecer en suelos con diferentes niveles de acidez (pH), aunque prefiere suelos con un pH ligeramente ácido a neutro, en el rango de 5.0 a 7.5. Además, el suelo debe tener una buena aireación y drenaje para evitar el encharcamiento, ya que esta especie es sensible a la humedad excesiva.

Profundidad: Puede crecer en suelos poco profundos, pero prefiere suelos más profundos que permitan un buen desarrollo de las raíces. Un suelo profundo

también puede ayudar a retener la humedad, lo que es beneficioso en climas secos.

Fertilidad: Puede crecer en suelos con bajos niveles de nutrientes, pero su crecimiento puede verse limitado en suelos muy pobres. Para un buen crecimiento, el suelo debe contener nutrientes importantes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes traza. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el exceso de fertilizantes puede ser perjudicial para esta especie.

Características de la madera:

Calidad: Es considerada una madera de calidad moderada, con características que la hacen adecuada para una variedad de usos. La madera de esta especie es moderadamente pesada y dura, con una densidad que varía de moderada a alta, lo que la hace resistente y duradera. También tiene una textura fina y un grano recto, lo que la hace fácil de trabajar y da una apariencia atractiva.

Densidad: Varía dependiendo de factores como la edad del árbol y las condiciones del suelo, pero en general se considera que tiene una densidad moderada a alta. Según la especie y las condiciones de crecimiento, la densidad de la madera puede variar de 450 a 700 kg/m^3 .

Largo de fibra: Es considerado medio a largo, con una longitud promedio de fibra de alrededor de 3,3 mm. Esta longitud de fibra es adecuada para la producción de pulpa mecánica y termomecánica.

Calidad de pulpa: Se considera buena y adecuada para la producción de papel y otros productos de pulpa. La madera de esta especie se utiliza comúnmente para la producción de pulpa termomecánica, que se utiliza para la fabricación de papel y cartón corrugado.

Usos: Se utiliza comúnmente en la industria maderera para la fabricación de muebles, revestimientos, pisos, vigas y otros productos de madera. También se utiliza en la construcción, particularmente para postes de cercas y estructuras de madera tratada a presión. Además, también se utiliza para la producción de papel y pulpa de madera.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es una especie tolerante a la sequía y está bien adaptada a crecer en condiciones de clima seco. Esta especie puede sobrevivir y crecer en áreas con precipitaciones anuales tan bajas como 250 mm. Además, la especie tiene una alta tolerancia a las condiciones de sequía y puede sobrevivir a periodos prolongados sin agua.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Además, los estudios han demostrado que la especie posee una alta resistencia a la *Phytophthora cinnamomi*, un hongo que puede causar enfermedades en las raíces de las plantas, lo que la hace adecuada para la restauración de áreas afectadas por este patógeno.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es susceptible a ciertas enfermedades y plagas, como la mancha foliar de *Dothistroma* y el

gorgojo del pino mexicano. Sin embargo, en general se considera que esta especie es resistente a las plagas y enfermedades comunes en la región en la que se encuentra, lo que la hace relativamente fácil de manejar en plantaciones y bosques.

4.1.4. Especie *Pinus herrerae*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino de herrera.

Descripción: Es un árbol de hoja perenne que puede alcanzar alturas de hasta 30 metros. Las agujas miden alrededor de 20 a 30 cm de largo y su corteza es de color marrón rojizo con fisuras profundas.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Varía entre los 1,200 y 2,800 metros sobre el nivel del mar, aunque se encuentra más comúnmente entre los 1,800 y 2,400 metros.

Localización importante: Especie de pino endémica de México, específicamente de los estados de Michoacán, Colima y Jalisco.

Ecología y especies asociadas: Encino amarillo (*Quercus laeta*), Encino (*Quercus rugosa*) Encino prieto (*Quercus sideroxyla*), Pino real (*Pinus montezumae*), Pino oocarpa (*Pinus pseudostrobus*), Pino blanco (*Pinus ayacahuite*), Oyamel (*Abies religiosa*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Puede tolerar desde 800 mm hasta 1,500 mm de lluvia al año.

Distribución de Precipitaciones: Es una especie adaptada a climas templados y frescos, con una estación seca que suele durar de 3 a 6 meses.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: En cuanto a las temperaturas, esta especie puede soportar desde -5°C hasta 30°C, pero se desarrolla mejor en climas con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 a 18 grados Celsius.

Suelos:

Características: Prefiere suelos bien drenados, profundos y ricos en nutrientes para un crecimiento óptimo.

Profundidad: Puede crecer en suelos que van desde moderadamente profundos a profundos, con un mínimo de 50 cm de profundidad. La presencia de roca subyacente o un suelo demasiado delgado puede limitar el crecimiento y desarrollo de la especie.

Fertilidad: Prefiere suelos ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Los suelos bien fertilizados permiten un mejor crecimiento y desarrollo, así como una mayor resistencia a las enfermedades y las plagas.

Características de la madera:

Calidad: Es considerada de alta calidad y es valorada por su densidad y resistencia. Tiene una textura fina y uniforme, y un grano recto que la hace fácil de trabajar.

Densidad: Es de alrededor de 480 kg/m³, lo que la hace relativamente pesada y resistente. La madera de esta especie es resistente a la putrefacción y la descomposición, lo que la hace ideal para su uso en ambientes húmedos.

Largo de fibra: Tiene un promedio de 1,5 mm, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa de madera para papel.

Calidad de pulpa: La calidad de pulpa considerada alta, con un alto contenido de celulosa y lignina, lo que la hace ideal para la producción de papel de alta calidad y otros productos de pulpa.

Usos: La madera es utilizada en la industria papelera, y es especialmente valorada para la producción de papel de impresión y escritura, papel de alta resistencia y papel de empaque.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Puede ser susceptible a la sequía prolongada, con la consecuencia que puede afectar su crecimiento y supervivencia.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Entre las enfermedades que pueden afectar a esta especie se encuentran la mancha de aguja (*Dothistroma pini*) y la costra de pino.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Mientras que los insectos que pueden afectar la especie incluyen la araña roja (*Tetranychus merganser*) y algunos tipos de gorgojos.

4.1.5. Especie *Pinus leiophylla*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino liso, pino de ayacahuite.

Descripción: Es un árbol de hoja perenne que puede crecer hasta alcanzar los 50 metros de altura. Tiene una corteza gruesa y escamosa de color marrón rojizo y agujas delgadas y lisas que miden alrededor de 15 a 25 cm de largo.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: En México, se encuentra desde los 800 hasta los 3,000 metros sobre el nivel del mar, aunque en algunos lugares puede llegar a los 3,600 metros. En Guatemala, se encuentra desde los 1,500 hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar, mientras que, en Honduras, se encuentra desde los 1,200 hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar. En El Salvador, se encuentra en altitudes más bajas, entre los 600 y los 1,500 metros sobre el nivel del mar. Es importante mencionar que estos valores son aproximados y pueden variar en función de las condiciones ambientales locales.

Localización importante: Se encuentra en México, Guatemala, Honduras y El Salvador, en altitudes que van desde los 800 hasta los 3,600 metros sobre el nivel del mar.

Ecología y especies asociadas: Robles (*Quercus spp.*), Oyamel (*Abies religiosa*), Pino real (*Pinus ayacahuite*), Pino de Hartweg (*Pinus hartwegii*), pino de Montezuma (*Pinus montezumae*), pino chino (*Pinus pseudostrobus*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Es una especie que se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas. En cuanto a las precipitaciones, esta especie puede crecer en zonas con precipitaciones anuales que oscilan entre los 500 y los 2,500 mm. Sin embargo, prefiere áreas con precipitaciones anuales que van desde los 1,000 a los 2,000 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Es una especie que tolera tanto el frío como el calor. Se puede encontrar en zonas con temperaturas anuales que oscilan entre los -1 y los 24 °C, aunque prefiere temperaturas anuales que van desde los 10 a los 18 °C.

Suelos:

Características: En general, prefiere suelos de textura media a gruesa y no tolera los suelos compactados o mal drenados. Además, se adapta bien a suelos ácidos o ligeramente ácidos.

Profundidad: Es una especie que puede crecer en una amplia variedad de suelos, siempre y cuando estos sean profundos y bien drenados.

Fertilidad: Esta especie puede crecer en suelos pobres en nutrientes, pero su crecimiento y desarrollo pueden ser mejorados con la adición de fertilizantes. La disponibilidad de nutrientes es particularmente importante en los primeros años de crecimiento de la planta.

Características de la madera:

Calidad: Es de buena calidad y es valorada por su resistencia y durabilidad. Es una madera ligera, de textura fina y grano recto, con un color que varía desde un amarillo pálido a un amarillo-rojizo.

Densidad: Varía dependiendo de la ubicación geográfica, la edad y las condiciones de crecimiento, pero generalmente es considerada como una madera de densidad media a baja. En promedio, la densidad se encuentra alrededor de 470 kg/m³.

Largo de fibra: Tiene una longitud de fibra moderada a larga. La longitud media de la fibra es de alrededor de 1,8 mm.

Calidad de pulpa: Es adecuada para la producción de pulpa mecánica y química. La pulpa química producida a partir de esta especie tiene una alta resistencia y una buena capacidad de retención de tinta, lo que la hace adecuada para la producción de papel de alta calidad. La pulpa mecánica producida a partir de *Pinus leiophylla* también tiene un buen rendimiento y una buena calidad de papel.

Usos: Es una madera resistente y adecuada para su uso en la construcción de estructuras y muebles, así como para la producción de papel y pulpa. La madera de *Pinus leiophylla* es también una fuente importante de resina, que se utiliza en la producción de productos químicos, barnices y productos de limpieza.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es una especie que se considera moderadamente tolerante a la sequía, aunque puede sufrir en condiciones de

sequía extrema. En general, prefiere zonas con una humedad relativa alta y puede sufrir en zonas con una sequía prolongada.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Esta especie es susceptible a varias enfermedades fúngicas, incluyendo el cancro del pino y la pudrición de la raíz. Estas enfermedades pueden afectar el crecimiento y la salud del árbol y, en casos graves, pueden causar la muerte del árbol.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es susceptible a varios insectos que pueden afectar su crecimiento y salud. Entre ellos se encuentran la oruga procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) y el barrenador del pino (*Dendroctonus spp.*), que pueden causar daños significativos en las plantaciones.

4.1.6. Especie *Pinus maximino*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino de Maximino, pino de Little, pino de Chihuahua, pino ocoloro.

Descripción: Es un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar una altura de hasta 25 metros y un diámetro de tronco de aproximadamente 60 centímetros.

Tiene una forma cónica o redondeada en su juventud, que se vuelve más amplia y abierta a medida que madura. La corteza es de color grisáceo a marrón claro, con fisuras y escamas.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Va desde los 2,100 hasta los 3,200 metros sobre el nivel del mar. Esta especie se encuentra comúnmente en áreas montañosas y en laderas con pendientes pronunciadas.

Localización importante: Especie de pino endémica de México, específicamente de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas.

Ecología y especies asociadas: *Quercus spp.*, *Juniperus spp.*, *Arbutus spp.*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Es una especie adaptada a climas secos y extremos, por lo que puede soportar precipitaciones anuales que varían de 200 a 500 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: En cuanto a las temperaturas, esta especie puede soportar temperaturas extremas, tanto altas como bajas, con un rango de temperatura media anual que va desde los 5°C a los 25°C.

Suelos:

Características: Puede crecer en suelos con diferentes texturas, como arenosos, arcillosos o franco-arenosos. Sin embargo, el suelo ideal para esta especie es uno que tenga un pH ligeramente ácido a neutro (entre 5.5 y 7.5), y que tenga un buen contenido de materia orgánica.

Profundidad: Se considera que un suelo ideal debe tener una profundidad de al menos 60 cm para permitir el desarrollo de sus raíces. Sin embargo, esta especie

puede crecer en suelos más superficiales siempre y cuando tengan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.

Fertilidad: Puede crecer en suelos con diferentes niveles de fertilidad. Sin embargo, prefiere suelos con un buen contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo y potasio. Si el suelo no tiene suficientes nutrientes, es posible que se requiera la aplicación de fertilizantes para mejorar el crecimiento y la salud de los árboles.

Características de la madera:

Calidad: Es de buena calidad y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. Es una madera ligera y resistente, con una textura fina y un grano recto. Su color varía desde un amarillo pálido hasta un marrón rojizo.

Densidad: Varía según las condiciones de crecimiento y el sitio, pero en general, se considera de densidad media, con valores que oscilan entre 400 a 600 kg/m³.

Largo de fibra: Tiene fibras rectas y una longitud de fibra media con una longitud promedio de alrededor de 1,6 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papel y pulpa de madera.

Calidad de pulpa: Es adecuada para la producción de pulpa mecánica, pero no es la mejor opción para la producción de pulpa química debido a su baja densidad y su alto contenido de resina y extractivos. A pesar de esto, la pulpa de *Pinus maximinoi* puede ser utilizada en la fabricación de papel de bajo gramaje, como papel de periódico o papel para envolver.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es una especie tolerante a la sequía y a las condiciones de estrés hídrico. Esta especie ha desarrollado mecanismos fisiológicos que le permiten sobrevivir en ambientes con bajos niveles de agua, como la capacidad de cerrar los estomas durante períodos prolongados de sequía para reducir la pérdida de agua por transpiración.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Suele ser resistente a los insectos barrenadores y a la pudrición blanca, pero es susceptible a la pudrición marrón y a algunos hongos manchadores de la madera.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: También se ha reportado que la especie es susceptible a plagas de insectos como la oruga del gusano descortezador y el escarabajo de la corteza.

4.1.7. Especie *Pinus muricata*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino ocote, pino blanco, pino chino.

Descripción: Tiene una altura que puede variar de 15 a 35 metros, su tronco es recto y puede medir entre 50 y 80 centímetros de diámetro. Las hojas son aciculares, miden de 15 a 25 centímetros de longitud y tienen una tonalidad verde claro. Este árbol produce conos que miden de 10 a 20 centímetros de largo y tienen escamas fuertemente adheridas entre sí.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: En México, esta especie se encuentra típicamente en elevaciones que van desde los 600 hasta los 3,000 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, en algunos lugares de México, como en el estado de Oaxaca, el pino ocote puede encontrarse a altitudes de hasta 3,600 metros sobre el nivel del mar.

Localización importante: Es nativo de México y se encuentra en las regiones montañosas de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Ecología y especies asociadas: Abeto blanco de California (*Abies concolor*) Roble dorado de California (*Quercus chrysolepis*) Madroño (*Arbutus menziesii*) Laurel de California (*Umbellularia californica*) Secuoya costera (*Sequoia sempervirens*) Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) Tanoak (*Lithocarpus densiflorus*) Alder de California (*Alnus rhombifolia*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Es una especie de clima templado a frío, por lo que prefiere climas frescos y húmedos. En cuanto a las precipitaciones, esta especie puede soportar un rango anual de precipitaciones que va desde los 500 hasta los 2,000 milímetros.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Puede tolerar temperaturas mínimas de hasta -10°C en invierno y temperaturas máximas de alrededor de

30°C en verano. Sin embargo, su crecimiento es óptimo en temperaturas que van desde los 10 a los 25°C.

Suelos:

Características: Puede tolerar suelos de baja calidad, siempre y cuando estén bien drenados y sean ricos en materia orgánica. Sin embargo, para obtener un crecimiento y desarrollo óptimo, es recomendable que los suelos sean profundos, bien drenados y ricos en nutrientes.

Profundidad: De preferencia suelos profundos, bien drenados y ricos en nutrientes. Este tipo de suelo debe tener una buena capacidad de retener agua, pero a la vez, permitir que el exceso de agua drene rápidamente para evitar la saturación del suelo.

Fertilidad: La fertilidad del suelo también es importante para el crecimiento y desarrollo de esta especie, por lo que es importante que el suelo tenga una buena cantidad de nutrientes disponibles como nitrógeno, fósforo y potasio.

Características de la madera:

Calidad: Esta madera es dura, resistente y presenta una textura fina y uniforme. Es de color amarillo claro a blanco, con un patrón de grano recto y nudos pequeños.

Densidad: En general, la densidad de la madera de esta especie oscila entre 440 y 510 kg/m³.

Largo de fibra: Largo de fibra moderado, con una longitud de fibra que varía entre 0,5 y 1,5 mm. Esta longitud de fibra es suficiente para proporcionar resistencia y

cohesión a la madera, lo que la hace adecuada para su uso en la fabricación de productos de pulpa y papel.

Calidad de pulpa: La calidad de la pulpa puede variar según el procesamiento y la edad del árbol. En general, de pulpa con un alto contenido de lignina, lo que la hace adecuada para la producción de papeles de menor calidad, como el papel de embalaje.

Usos: La madera de esta especie es fácil de trabajar y se puede lijar, cepillar y pulir bien, lo que la hace ideal para la fabricación de muebles, carpintería, construcción de casas y otros usos estructurales y la producción de papeles de menor calidad, como el papel de embalaje.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: En general, puede tolerar períodos cortos de sequía, pero es una especie que prefiere climas frescos y húmedos. Por lo tanto, si las sequías son prolongadas, la especie puede verse afectada negativamente en su crecimiento, desarrollo y calidad de la madera.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Es susceptible a varias enfermedades fúngicas como la costra de pino, la marchitez del pino y la mancha de pino. Estas enfermedades pueden afectar la salud y el crecimiento del árbol, y en algunos casos pueden ser mortales.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es susceptible a una variedad de plagas de insectos, como la cochinilla harinosa y la polilla de la

corteza. Estos insectos pueden debilitar y dañar el árbol, lo que puede disminuir su capacidad de crecimiento y productividad.

4.1.8. Especie *Pinus patula*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino chino, pino tacuán, pino mexicano, pino suizo, pino patula

Descripción: Es un árbol de hoja perenne que pertenece a la familia de las Pináceas. Puede alcanzar alturas considerables, llegando hasta los 40 metros, con un tronco recto y ramas extendidas. La corteza es gruesa y de color grisáceo, volviéndose más rugosa y fisurada con la edad.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Es bastante amplio y puede variar según las condiciones climáticas y del suelo. En general, se encuentra en altitudes que van desde los 900 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar.

Localización importante: En México, se encuentra principalmente en zonas montañosas de los estados de Durango, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca. En Centroamérica, se distribuye en países como Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica.

Ecología y especies asociadas: *Abies religiosa*, *Alnus acuminata*, *Quercus rugosa*, *Quercus castanea*, *Liquidambar styraciflua* y *Juniperus deppeana*, entre otras. En América Central, puede encontrarse en asociación con especies como

Quercus spp., *Alnus acuminata*, *Liquidambar styraciflua*, *Cedrela odorata* y *Ficus spp.* se puede asociar con otras especies de pinos y árboles de hoja ancha, como *Eucalyptus spp.*, *Acacia spp.*, *Grevillea robusta* y *Melia azedarach*, entre otros

Clima:

Precipitaciones: El rango de precipitación que puede tolerar *Pinus patula* es de alrededor de 800 a 3,000 mm al año. En cuanto a las temperaturas, puede tolerar tanto temperaturas cálidas como frías, aunque prefiere climas frescos y húmedos.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: En promedio, la temperatura ideal para el crecimiento de *Pinus patula* oscila entre los 16°C y los 25°C. Aunque puede tolerar temperaturas entre 0°C y 30°C, y en algunos casos hasta 35°C. En regiones con inviernos fríos, puede soportar temperaturas de hasta -12°C.

Suelos:

Características: Puede crecer en suelos con diferentes texturas, como arenosos, arcillosos o franco-arenosos. Sin embargo, el suelo ideal para esta especie es uno que tenga un pH ligeramente ácido a neutro (entre 5.5 y 7.5), y que tenga un buen contenido de materia orgánica.

Profundidad: Se considera que un suelo ideal debe tener una profundidad de al menos 60 cm para permitir el desarrollo de sus raíces. Sin embargo, esta especie puede crecer en suelos más superficiales siempre y cuando tengan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.

Fertilidad: Puede crecer en suelos con diferentes niveles de fertilidad. Sin embargo, prefiere suelos con un buen contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo y potasio. Si el suelo no tiene suficientes nutrientes, es posible que se requiera la aplicación de fertilizantes para mejorar el crecimiento y la salud de los árboles.

Características de la madera:

Calidad: Es de buena calidad y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. Es una madera ligera y resistente, con una textura fina y un grano recto. Su color varía desde un amarillo pálido hasta un marrón rojizo.

Densidad: Relativamente baja, con un promedio de alrededor de 380 kg/m³ a 12% de contenido de humedad. Esto la convierte en una madera liviana en comparación con otras especies.

Largo de fibra: Tiene una longitud de fibra moderadamente larga, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa para papel. El largo de la fibra se encuentra en el rango de 2.4 a 3.4 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papeles de alta calidad, como papel de impresión y escritura.

Calidad de pulpa: Se considera adecuada para la producción de pulpa de papel debido a su alto contenido de celulosa. La pulpa obtenida de *Pinus patula* es de calidad media a alta y se puede utilizar para la fabricación de papel de alta calidad.

Usos: Se utiliza comúnmente en la industria de la construcción para la fabricación de vigas, columnas, postes, marcos de puertas y ventanas, entre otros. También

se utiliza en la fabricación de papel y pulpa, y en la producción de muebles, cajas y envases.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es conocida por ser relativamente tolerante a la sequía y puede crecer en áreas con precipitaciones anuales de 600-2500 mm. Sin embargo, es importante tener en cuenta que su tolerancia a la sequía puede variar según el lugar de crecimiento y las condiciones específicas del sitio.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Es susceptible a una variedad de enfermedades fúngicas, incluyendo la mancha foliar y el marchitamiento del pino, que pueden afectar el crecimiento y la salud de los árboles. Además, la especie es susceptible a la pudrición del corazón, que puede debilitar la estructura de la madera y reducir su calidad.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es vulnerable a una variedad de plagas de insectos, incluyendo escarabajos descortezadores, orugas y gusanos de pino, que pueden dañar la corteza, las ramas y el follaje de los árboles y debilitarlos. Sin embargo, la especie tiene cierta resistencia natural a los descortezadores y puede recuperarse de infestaciones si se manejan adecuadamente.

4.1.9. Especie *Pinus pinaster*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino marítimo, pino negral, pino resinero.

Descripción: Árbol que alcanza 30 m de talla, con copa clara y porte irregular y desgarrado. Corteza gruesa de color marrón rojizo irregularmente agrietada. Acículas en grupos de 2, de 10-22 cm de longitud y 2 mm de grosor, rígidas y un poco punzantes. Yemas ovoides, fusiformes, con escamas revueltas, algo blanquecinas, no resinosas. Piñas ovado-cónicas, simétricas, de 8-18 cm de longitud, más o menos pedunculadas y más o menos persistentes en las ramillas. Escudetes piramidales con ombligo punzante, de color marrón rojizo reluciente o mate, bastante cubiertas de resina.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: En Europa, donde la especie es más común, se encuentra típicamente desde el nivel del mar hasta altitudes de alrededor de 800-1,000 metros. En el norte de África, puede encontrarse a altitudes superiores a los 1,800 metros.

Localización importante: Originario de la región mediterránea de Europa y África del Norte.

Ecología y especies asociadas: Encina (*Quercus ilex*), Alcornoque (*Quercus suber*), Enebro (*Juniperus oxycedrus*), Jara pringosa (*Cistus ladanifer*), Madroño (*Arbutus unedo*), Brezo (*Erica arborea*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Puede crecer en áreas con precipitaciones anuales que van desde alrededor de 400 mm hasta más de 1200 mm. Sin embargo, prefiere las áreas con precipitaciones entre 600-900 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Es capaz de crecer en áreas con una amplia gama de temperaturas. La temperatura media anual óptima para su crecimiento es de alrededor de 14-18°C. Sin embargo, puede soportar temperaturas invernales de hasta -20°C y temperaturas de verano de hasta 40°C.

Suelos:

Características: Es una especie que puede crecer en una amplia gama de tipos de suelos, pero prefiere suelos arenosos, bien drenados y con un pH ácido a neutro (5-7). Los suelos deben ser adecuados para el crecimiento de la planta, con una textura arenosa o franco-arenosa. Y no se desarrolla bien en suelos arcillosos o suelos que retienen el agua durante mucho tiempo.

Profundidad: Los suelos deben tener una profundidad adecuada para permitir que las raíces del árbol se desarrollen adecuadamente. En general, prefiere suelos con una profundidad mínima de 50-60 cm.

Fertilidad: Aunque es capaz de crecer en suelos pobres en nutrientes, los suelos que son moderadamente fértiles y que contienen una cantidad adecuada de nutrientes son preferidos. Los suelos con una alta acidez pueden limitar el crecimiento de la planta, por lo que es importante mantener el pH adecuado.

Características de la madera:

Calidad: La madera es de color amarillo pálido a amarillo rojizo, con una textura fina y una veta recta. Tiene importancia económica por el aprovechamiento de su madera, aunque no es de mucha calidad. En otras épocas tenía gran importancia como productor de resina. Muy utilizado en repoblaciones forestales y cultivado como ornamental.

Densidad: Es una madera dura y resistente, con una densidad media de alrededor de 600 kg/m³.

Largo de fibra: El largo de la fibra en la madera es relativamente corto, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Sin embargo, la madera es bastante recta y uniforme, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa para papel.

Calidad de pulpa: Buena y se utiliza en la producción de papel para diversas aplicaciones. La pulpa incluye un alto contenido de lignina, lo que la hace adecuada para la producción de papel kraft y papel de embalaje resistente.

Usos: La madera se utiliza comúnmente en la fabricación de muebles, paneles de contrachapado, pisos, revestimientos, postes, vigas, traviesas de ferrocarril, papel y pulpa de celulosa. También se utiliza para la producción de resinas, como el colofón y la trementina. Además, la pulpa es adecuada para la producción de papel de periódico y papel de impresión y escritura.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Tiene cierta tolerancia a la sequía, aunque se desarrolla mejor en condiciones húmedas. La especie es capaz de

sobrevivir y crecer en suelos con baja humedad y en áreas con clima mediterráneo seco.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Además, la especie es vulnerable a enfermedades como el chancro (*Dothistroma pini*) y la podredumbre de la raíz (*Armillaria spp.*).

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Algunas de las plagas que afectan a la especie son el barrenador de las ramas (*Pine processionary moth*), la polilla de la piña (*Lepidoptera*), y el escarabajo descortezador (*Ips sexdentatus*).

4.1.10. Especie *Pinus pringlei*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino pringle.

Descripción: Es un árbol de tamaño grande que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros. Tiene una forma cónica o piramidal cuando es joven, pero a medida que envejece, su copa se vuelve más redondeada. Las agujas son de color verde brillante y miden alrededor de 20 a 30 centímetros de longitud.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Se encuentra típicamente entre los 1,200 y 2,400 metros sobre el nivel del mar. Esta especie se adapta a hábitats montañosos y prefiere altitudes más elevadas.

Localización importante: Esta especie es endémica de México y se encuentra principalmente en la región de la Sierra de San Pedro Mártir, ubicada en Baja California. También se ha reportado su presencia en algunas áreas de Baja California Sur y Sonora.

Ecología y especies asociadas: Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), encino de las Californias (*Quercus cornelius-mulleri*), encino azul (*Quercus oblongifolia*), Pino piñonero (*Pinus cembroides*), Madroño (*Arbutus spp.*), Encino (*Quercus spp.*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Puede crecer en áreas con precipitaciones que van desde moderadas a bajas. Se adapta a climas secos y semiáridos, donde la precipitación anual puede variar entre 250 y 600 milímetros. Sin embargo, es importante destacar que el éxito de su desarrollo y crecimiento está influenciado por la distribución de las precipitaciones a lo largo del año y la disponibilidad de agua en el suelo.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Esta especie puede tolerar una amplia gama de temperaturas. Se adapta a climas templados a fríos. Las temperaturas medias anuales en su hábitat pueden variar entre 5 y 20 grados Celsius. Puede soportar temperaturas mínimas por debajo de cero grados Celsius e incluso tolerar heladas ocasionales.

Suelos:

Características: Se adapta mejor a suelos bien drenados. No tolera suelos con drenaje deficiente, ya que esto puede provocar problemas de encharcamiento y pudrición de las raíces. Además, prefiere suelos que sean ligeramente ácidos a neutros.

Profundidad: Esta especie se desarrolla mejor en suelos profundos que permitan el crecimiento adecuado de sus raíces. La profundidad del suelo es importante para que las raíces del pino Pringlei puedan extenderse y obtener los nutrientes y el agua necesarios para su crecimiento saludable.

Fertilidad: Puede crecer en suelos con fertilidad moderada, prefiere suelos que sean ricos en nutrientes. La disponibilidad de nutrientes es importante para el crecimiento y desarrollo de la especie. En suelos pobres en nutrientes, es posible que el pino Pringlei no alcance su pleno potencial de crecimiento.

Características de la madera:

Calidad: Tiene una densidad media a alta, lo que la hace resistente y duradera. Esta densidad contribuye a su capacidad para soportar cargas y su resistencia a impactos.

Densidad: La densidad de la madera de pino Pringlei se considera media a alta con un peso específico de 650 kg/m^3 .

Largo de fibra: Es moderado a largo. Las fibras largas en la madera son deseables, ya que pueden mejorar la resistencia y la capacidad de absorción de impactos. Esto es especialmente importante en aplicaciones estructurales y de construcción.

Calidad de pulpa: Se considera buena. La pulpa se refiere a la parte fibrosa de la madera que se utiliza en la producción de papel y otros productos de celulosa. La calidad de la pulpa se evalúa en función de su rendimiento en términos de resistencia, blancura y capacidad de retención de tinta. El pino Pringlei puede proporcionar pulpa de buena calidad para la fabricación de papel y productos relacionados.

Usos: Debido a su calidad y características, se utiliza en diversas aplicaciones, como construcción de viviendas, revestimientos, estructuras exteriores, muebles, pisos y carpintería en general. También se utiliza en la fabricación de postes y durmientes para líneas de ferrocarril.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es conocido por su capacidad para adaptarse a condiciones de sequía. Ha desarrollado mecanismos de resistencia, como raíces largas y profundas, que le permiten buscar agua en capas más profundas del suelo. Además, sus hojas tienen una cubierta cerosa que reduce la pérdida de agua por transpiración.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Tiene cierta resistencia a algunas enfermedades fúngicas comunes. Sin embargo, en condiciones de estrés o debilitamiento, como sequías prolongadas o daño mecánico, puede ser más susceptible a infecciones fúngicas.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Muestra cierta resistencia a los insectos, aunque también puede ser atacado por algunas

especies de insectos dañinos. Específicamente, algunas orugas y escarabajos pueden causar daños a las agujas y corteza del árbol. Sin embargo, en general, el pino Pringlei es considerado resistente a los ataques de insectos en comparación con algunas otras especies de pinos.

4.1.11. Especie *Pinus pseudostrobus*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino blanco, Pino real, Pino ayacahuite.

Descripción: Puede crecer hasta una altura de 40 metros y tiene una corteza de color grisáceo que se desprende en placas. Sus agujas miden de 15 a 25 cm de longitud y crecen en grupos de cinco. Sus piñas son grandes, de 15 a 30 cm de longitud, y tienen una forma oblonga.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Se distribuye en un rango altitudinal de generalmente de 900 a 3600 metros sobre el nivel del mar.

Localización importante: Es una especie de pino nativa de México y América Central.

Ecología y especies asociadas: Encinos (*Quercys spp.*), Abies (*Abies spp.*), Pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite*), *Pinus oocarpa* (*Pino oocarpa*), Pino blanco (*Pinus strobus*) Pino teocote (*Pinus teocote*), *Pinus devoniana* (*Pinus devoniana*), entre otros.

Clima:

Precipitaciones: Puede crecer en áreas con precipitaciones anuales que van desde los 700 hasta los 3000 mm. Sin embargo, prefiere las áreas con precipitaciones anuales de entre 1000 y 2000 mm.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: En México, donde se encuentra una gran parte de su distribución natural, puede soportar temperaturas invernales por debajo de los 0°C en las zonas más altas de su distribución, y temperaturas veraniegas superiores a los 30°C en las zonas más bajas de su distribución.

Suelos:

Características: La especie es muy sensible al encharcamiento y la asfixia radicular, por lo que se debe evitar el cultivo en suelos mal drenados o con una alta acumulación de agua.

Profundidad: Además, los suelos donde crece deben tener una buena aireación y permeabilidad para permitir el crecimiento de sus raíces.

Fertilidad: En general, los suelos óptimos para su crecimiento son aquellos que tienen un pH entre 4,5 y 7,5 y que son ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo. También pueden crecer en suelos moderadamente ácidos y pobres en nutrientes, aunque en esas condiciones el crecimiento puede ser más lento y la producción de madera puede ser menor.

Características de la madera:

Calidad: La madera tiene una textura fina y una apariencia homogénea y uniforme. Tiene un color claro a amarillo pálido y no tiene nudos grandes ni defectos significativos. Es moderadamente durable y resiste la descomposición y la pudrición, especialmente cuando se utiliza en interiores o en ambientes secos.

Densidad: En general, se considera que la densidad de esta madera es media a baja, con un peso específico que puede oscilar entre 380 y 550 kg/m³.

Largo de fibra: El largo de fibra es moderadamente largo, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Esto la hace adecuada para la producción de pulpa de papel, aunque en general no es tan valorada para este propósito como otras especies de pino como *Pinus radiata* o *Pinus taeda*.

Calidad de pulpa: En cuanto a la calidad de la pulpa, la madera es adecuada para la producción de pulpa mecánica y química. La pulpa química producida a partir de esta madera tiene buenas propiedades de resistencia.

Usos: Lo que la hace adecuada para su uso en la fabricación de papel para impresión y escritura, así como para papel de embalaje y otros productos de papel.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Existen algunos antecedentes que sugieren que es una especie resistente a la sequía, aunque su tolerancia a este factor puede variar dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones de

crecimiento. En general, se ha observado que esta especie es capaz de sobrevivir en ambientes secos y de soportar periodos prolongados de sequía.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Es susceptible a algunas enfermedades fúngicas, como la mancha foliar causada por *Dothistroma sp.*

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Así como a algunos insectos plagas como el barrenador del pino (*Dendroctonus spp.*) y la polilla del pino (*Dioryctria spp.*). Sin embargo, en general se considera que esta especie es menos susceptible a estas plagas que otras especies de pino, como el *Pinus radiata* o el *Pinus taeda*.

4.1.12. Especie *Pinus taeda*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino de hoja larga, pino americano.

Descripción: El pino de hoja larga es un árbol alto y recto que puede alcanzar alturas de hasta 30-40 metros. Tiene una corteza gruesa y escamosa de color marrón rojizo y agujas largas y delgadas que crecen en grupos de tres. Las piñas son grandes y pueden medir hasta 20 cm de largo.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: En los Estados Unidos, se encuentra comúnmente en las llanuras costeras del Atlántico y del Golfo de México, desde el nivel del mar hasta

altitudes de alrededor de 300 metros. En otras partes del mundo donde se ha introducido, su rango altitudinal puede variar. En Sudáfrica se ha encontrado en altitudes de hasta 1800 metros, mientras que en Argentina se ha registrado hasta altitudes de 1100 metros.

Localización importante: Esta especie es nativa del sureste de los Estados Unidos, pero también se ha introducido en otros países, como Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y Sudáfrica.

Ecología y especies asociadas: Encinos (*Quercys spp.*), Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), Nogal (*Carya spp.*), Tulipán de Virginia (*Liriodendron tulipifera*), Magnolia de hojas grandes (*Magnolia grandiflora*), Pino rojo de los Apeninos (*Pinus echinata*), Pino de Elliott (*Pinus elliottii*), Pino de pantano (*Pinus palustris*), Pino negro (*Pinus serotina*), entre otras.

Clima:

Precipitaciones: Su rango de precipitación óptimo se encuentra entre los 1000 y 1500 mm anuales. Sin embargo, esta especie puede tolerar precipitaciones anuales de hasta 2500 mm en condiciones adecuadas de drenaje del suelo.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Prefiere climas templados y cálidos, y su rango de temperatura óptimo se encuentra entre los 18 y 28 grados Celsius. Sin embargo, puede tolerar temperaturas por debajo de los -12 grados Celsius y por encima de los 40 grados Celsius en condiciones adecuadas.

Suelos:

Características: En general, los suelos más adecuados para el crecimiento del pino de hoja larga son aquellos con un pH ácido, con valores entre 4,5 y 6,5. Además, esta especie es tolerante a suelos pobres en nutrientes y puede crecer en suelos de baja fertilidad, pero responde bien a la fertilización en suelos con deficiencias de nutrientes.

Fertilidad: La adición de nitrógeno, fósforo y potasio puede mejorar el crecimiento, especialmente en suelos pobres. Sin embargo, el exceso de nutrientes también puede ser perjudicial para su crecimiento, especialmente en suelos saturados o con mal drenaje.

Características de la madera:

Calidad: La madera de esta especie es resistente y durable, especialmente cuando se trata con productos químicos para la conservación de la madera. Además, tiene un grano recto y uniforme, con una textura fina y una apariencia atractiva.

Densidad: Varía en función de las condiciones de crecimiento, pero generalmente es de baja a media densidad, con una densidad promedio de alrededor de 450 kg/m³.

Largo de fibra: Tiene fibras relativamente cortas, con un largo promedio de alrededor de 0,8 a 1,2 mm. Esta longitud de fibra es adecuada para la producción de pasta química y mecánica, y se adapta bien a los procesos pulpables.

Calidad de pulpa: La calidad de la pulpa producida es considerada de buena calidad, especialmente para la producción de pulpa de papel de periódico y pulpa

blanqueada. La pulpa es suave y resistente, y se puede mezclar con otras pulpas para mejorar la calidad del papel.

Usos: Se utiliza principalmente para la producción de tableros de partículas, vigas, paneles contrachapados, postes de cerca, estructuras de edificios y otros productos de madera de construcción. También se utiliza en la fabricación de papel y pulpa de madera.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es considerada una especie resistente y tolerante a la sequía. Esta especie es capaz de sobrevivir en regiones con una precipitación anual de alrededor de 600-1200 mm y puede adaptarse a condiciones de sequía a corto plazo. Durante períodos prolongados de sequía, puede sufrir estrés hídrico y disminuir su crecimiento, pero generalmente se recupera bien una vez que se restauran las condiciones de humedad adecuadas.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Es susceptible a una variedad de patógenos fúngicos y ataques de insectos. Algunos de los hongos que pueden afectar a esta especie son *Fusarium circinatum*, el hongo causante de la enfermedad del cancro del pino, y *Cronartium quercuum* f. sp. fusiforme, que causa la enfermedad del corrimiento del pino.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: En cuanto a los insectos, algunos de los que pueden afectar son *Dendroctonus frontalis*, el escarabajo del pino de la corteza, y *Nantucket pine tip moth*, la polilla de la punta del pino de Nantucket.

4.1.13. Especie *Pinus tecunumanii*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino cariblanco, pino guatemalteco, pino hondureño, pino rojo centroamericano.

Descripción: Es un árbol de tamaño mediano a grande que puede alcanzar alturas de 30 a 45 metros, con un tronco recto y cilíndrico. La corteza es de color marrón a grisáceo, con fisuras y escamas irregulares. Las ramas se disponen en forma de espiral alrededor del tronco.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Generalmente se encuentra entre los 900 y 2,700 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este rango puede variar ligeramente dependiendo de los factores específicos del hábitat en el que se encuentre esta especie en diferentes regiones. En su distribución natural, se encuentra en áreas montañosas de América Central, donde las condiciones climáticas y altitudinales son propicias para su crecimiento.

Localización importante: Nativo de América Central, específicamente de Honduras, Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

Ecología y especies asociadas: Robles (*Quercus oleoides* y *Quercus segoviensis*), Aliso (*Alnus acuminata*), Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Nogal (*Juglans jamaicensis*), entre otras.

Clima:

Precipitaciones: Puede tolerar una amplia gama de precipitaciones. Generalmente, se encuentra en áreas donde la precipitación anual varía entre 1,000 y 3,000 milímetros. Sin embargo, también puede sobrevivir en lugares con precipitaciones más bajas, alrededor de 800 milímetros, siempre que haya una distribución adecuada de la lluvia a lo largo del año.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Esta especie puede adaptarse a una variedad de temperaturas. Se desarrolla mejor en regiones con temperaturas promedio anuales entre 18 y 24 grados Celsius. Puede soportar tanto temperaturas frías como cálidas dentro de su rango de tolerancia, con temperaturas mínimas que pueden llegar a -5 grados Celsius y máximas que pueden alcanzar los 35 grados Celsius.

Suelos:

Características: Son aquellos que tienen una textura franca o franca-arenosa. Estos suelos suelen tener una buena capacidad de drenaje y retención de agua, permitiendo que las raíces del árbol respiren adecuadamente y evitando el encharcamiento. No obstante, esta especie puede tolerar una variedad de texturas de suelo, incluyendo suelos más pesados como arcillas y suelos más ligeros como arenas, siempre que haya una adecuada aireación y drenaje.

Profundidad: Puede crecer en suelos con diversas profundidades, pero prefiere suelos profundos que le permitan desarrollar un sistema de raíces bien

establecido y fuerte. Los suelos profundos proporcionan un mayor volumen de sustrato para que las raíces puedan explorar y extraer nutrientes y agua.

Fertilidad: Puede tolerar suelos de fertilidad moderada, prefiere suelos que sean ricos en nutrientes. Un suelo fértil proporciona los nutrientes esenciales necesarios para un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo de la especie. Sin embargo, esta especie también puede adaptarse a suelos menos fértiles, aunque puede requerir suplementos nutricionales adicionales para un crecimiento óptimo.

Características de la madera:

Calidad: Es conocida por su durabilidad y resistencia. Tiene una buena resistencia natural a la putrefacción, los insectos y los hongos, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere madera duradera.

Densidad: Es conocido por tener una densidad media a alta con un peso específico de 575 kg/m^3 , lo que significa que su madera tiende a ser relativamente densa. La densidad de la madera puede variar dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones de crecimiento específicas.

Largo de fibra: Tiene una fibra de longitud media a larga con una longitud promedio de alrededor de 1,8 mm.. La longitud de la fibra es importante porque influye en las propiedades mecánicas de la madera, como la resistencia y la flexibilidad. Las fibras más largas suelen ser deseables para aplicaciones que requieren mayor resistencia y durabilidad.

Calidad de pulpa: No se utiliza comúnmente para la producción de pulpa de celulosa. Sin embargo, en general, los pinos se consideran una fuente de pulpa de calidad moderada. La calidad de la pulpa puede variar según la edad del árbol, las características de la madera y los métodos de procesamiento utilizados.

Usos: Debido a su durabilidad y resistencia, se utiliza en una variedad de aplicaciones. Se utiliza en la fabricación de muebles, carpintería de interior, pisos, paneles, revestimientos y construcción de viviendas. También se emplea en la fabricación de postes, durmientes de ferrocarril, tableros de encofrado y otros usos estructurales.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Muestra una tolerancia moderada a la sequía una vez que está establecido. Es capaz de adaptarse y sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo. Sin embargo, como cualquier especie de árbol, un suministro adecuado de agua durante los primeros años de establecimiento es fundamental para asegurar un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Tiene una buena resistencia a los hongos y muestra una cierta capacidad para resistir la putrefacción y la descomposición causadas por microorganismos fúngicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que ningún árbol es completamente inmune a los hongos, y el cuidado adecuado y la gestión forestal pueden ayudar

a prevenir enfermedades fúngicas y garantizar la salud a largo plazo de los árboles.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Ha mostrado cierta resistencia a los insectos y a los daños que pueden causar. Sin embargo, como ocurre con cualquier especie de pino, hay insectos que pueden afectar su salud y causar daños, como el gorgojo de pino y algunas especies de escarabajos. La gestión adecuada de plagas y la aplicación de prácticas de control de insectos pueden ser necesarias para proteger los árboles de daños significativos.

4.1.14. Especie *Pinus teocote*

Taxonomía:

Nombre Común: Pino piñonero mexicano

Descripción: Es un árbol de tamaño medio a grande, que puede crecer hasta una altura de 20 a 35 metros y un diámetro de tronco de hasta 1 metro. Tiene una forma de copa cónica y su corteza es de color café-rojizo, con fisuras profundas y escamas.

Distribución Geográfica:

Rango altitudinal: Se encuentra en un rango altitudinal que va desde los 1,800 hasta los 3,500 metros sobre el nivel del mar. En México, esta especie se distribuye en una amplia zona que abarca desde los estados de Zacatecas y San

Luis Potosí en el norte, hasta los estados de Puebla y Oaxaca en el sur, pasando por la Ciudad de México y el Estado de México en el centro del país.

Localización importante: En México, esta especie se distribuye en una amplia zona que abarca desde los estados de Zacatecas y San Luis Potosí en el norte, hasta los estados de Puebla y Oaxaca en el sur, pasando por la Ciudad de México y el Estado de México en el centro del país.

Ecología y especies asociadas: *Quercus spp.*, *Arbutus spp.*, *Juniperus spp.*, *Cupressus spp.*, *Pinus spp.* (como *Pinus leiophylla* y *Pinus ayacahuite*), *Abies religiosa*, *Populus tremuloides*, entre otras.

Clima:

Precipitaciones: Puede sobrevivir en zonas con precipitaciones anuales que van desde los 600 a los 1,200 mm, aunque prefiere zonas con un promedio anual de lluvias de alrededor de 800 a 1,000 mm. Esta especie puede tolerar periodos cortos de sequía, pero un déficit prolongado de agua puede afectar su crecimiento y desarrollo.

Distribución temperaturas máximas y mínimas: Puede crecer en zonas con temperaturas mínimas que van desde los -5°C a los 0°C, y máximas que van desde los 25°C a los 35°C. Esta especie prefiere temperaturas frescas y no tolera bien las altas temperaturas en zonas bajas.

Suelos:

Características: Prefiere suelos bien desarrollados, con una textura franco-arenosa o franco-arcillosa y una buena estructura. La presencia de arcilla en el

suelo puede ser beneficiosa para la retención de agua y nutrientes. También es importante que el suelo tenga un pH entre 5.5 y 7.5, ya que fuera de estos valores la disponibilidad de nutrientes puede ser limitada.

Profundidad: Necesita suelos profundos para desarrollar un sistema radicular amplio y estable. La profundidad mínima recomendada es de al menos 50 cm, aunque en suelos más profundos la planta puede crecer más vigorosa.

Fertilidad: Es una especie que requiere un nivel moderado de nutrientes para crecer adecuadamente. Los suelos que contienen una cantidad adecuada de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son favorables para el crecimiento de esta especie. Sin embargo, es importante evitar el exceso de fertilización, ya que puede ser perjudicial para la salud de la planta.

Características de la madera:

Calidad: Es de buena calidad y tiene una amplia variedad de usos. La madera de esta especie es considerada una de las mejores para la producción de muebles, estructuras de madera, vigas, postes y otros productos de madera aserrada. La madera es considerada resistente, durable y de color rojizo oscuro a marrón claro, con una textura fina y uniforme. Esta madera también tiene un alto contenido de resinas, lo que la hace resistente al deterioro por hongos e insectos. Además, el *Pinus teocote* tiene un rápido crecimiento, lo que lo convierte en una especie importante para la producción forestal en México. La plantación de esta especie puede ser una alternativa rentable para la producción de madera y la recuperación de áreas degradadas o erosionadas.

Densidad: La densidad es media-alta, con un peso específico que oscila entre 450 y 650 kg/m³, lo que la hace resistente y duradera.

Largo de fibra: El largo de la fibra de la madera del *Pinus teocote* es mediano a largo, con una longitud promedio de alrededor de 1,6 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papel y otros productos de pulpa.

Calidad de pulpa: La calidad de pulpa de la madera es adecuada para la producción de pulpa kraft y pulpa mecánica, aunque se considera que la pulpa kraft es de mayor calidad.

Usos: La madera se ha utilizado en la producción de pulpa para papel de alta calidad, incluyendo papel moneda, papel para libros y papel para impresión.

Sanidad:

Antecedentes sobre tolerancia a sequía: Es una especie que presenta cierta tolerancia a la sequía, ya que se encuentra en zonas semiáridas y puede crecer en suelos pobres en nutrientes. Sin embargo, es importante mencionar que esta especie también requiere de cierta cantidad de agua para su crecimiento y desarrollo óptimo.

Antecedentes sobre susceptibilidades y tolerancias a hongos: Es susceptible a algunas enfermedades fúngicas, como la mancha foliar causada por *Dothistroma pini*, la pudrición de la raíz causada por *Armillaria mellea* y la pudrición blanca de la madera causada por *Trametes versicolor*.

Antecedentes sobre susceptibilidades y resistencia a insectos: Es susceptible al ataque de algunas especies de escarabajos descortezadores, como

Dendroctonus mexicanus y *Ips calligraphus*, que pueden causar daños significativos a los bosques de esta especie. También puede ser afectado por la oruga de la mariposa procesionaria *Thaumetopoea pityocampa*. Es importante realizar una gestión forestal adecuada para prevenir y controlar los ataques de insectos en los bosques de esta especie de Pino.

V. RESULTADOS

5.1. Gráficos de rangos de tolerancia

Algunas especies como, *Pinus patula* y *Pinus tecunumanii* exhiben rangos de tolerancia altitudinal muy amplios, lo que sugiere una gran versatilidad y capacidad de adaptación a variados entornos montañosos. Por otro lado, especies como *Pinus maximinoi* y *Pinus leiophylla* muestran rangos más estrechos, lo que podría indicar una preferencia por condiciones más específicas de altitud.

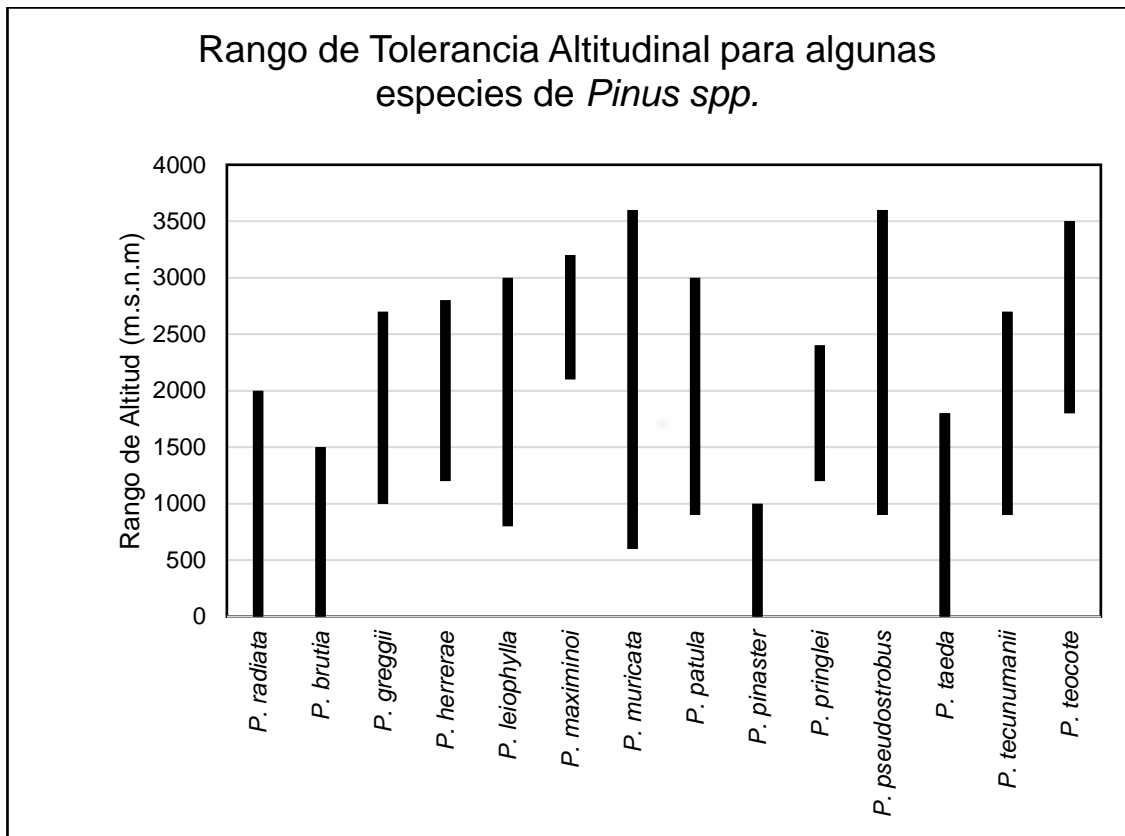


Figura 1. Rangos de tolerancias de altitudes para distintas especies de *Pinus spp.*

La Figura 2 muestra un gráfico de barras que representa los rangos de tolerancia a la precipitación anual de diferentes especies de *Pinus spp.*

Las especies como *Pinus patula* y *Pinus tecunumanii* presentan una amplia tolerancia a las precipitaciones, lo que sugiere que pueden crecer en regiones con variabilidad significativa en la cantidad de lluvia anual. En contraste, otras especies, como *Pinus brutia* y *Pinus leiophylla*, parecen tener rangos de

tolerancia mucho más estrechos, indicando que prefieren condiciones de humedad más específicas.

Además, el conocimiento de estos rangos ayuda a prever la resistencia de las especies frente a los cambios climáticos, especialmente en escenarios de alteración de los patrones de lluvia.

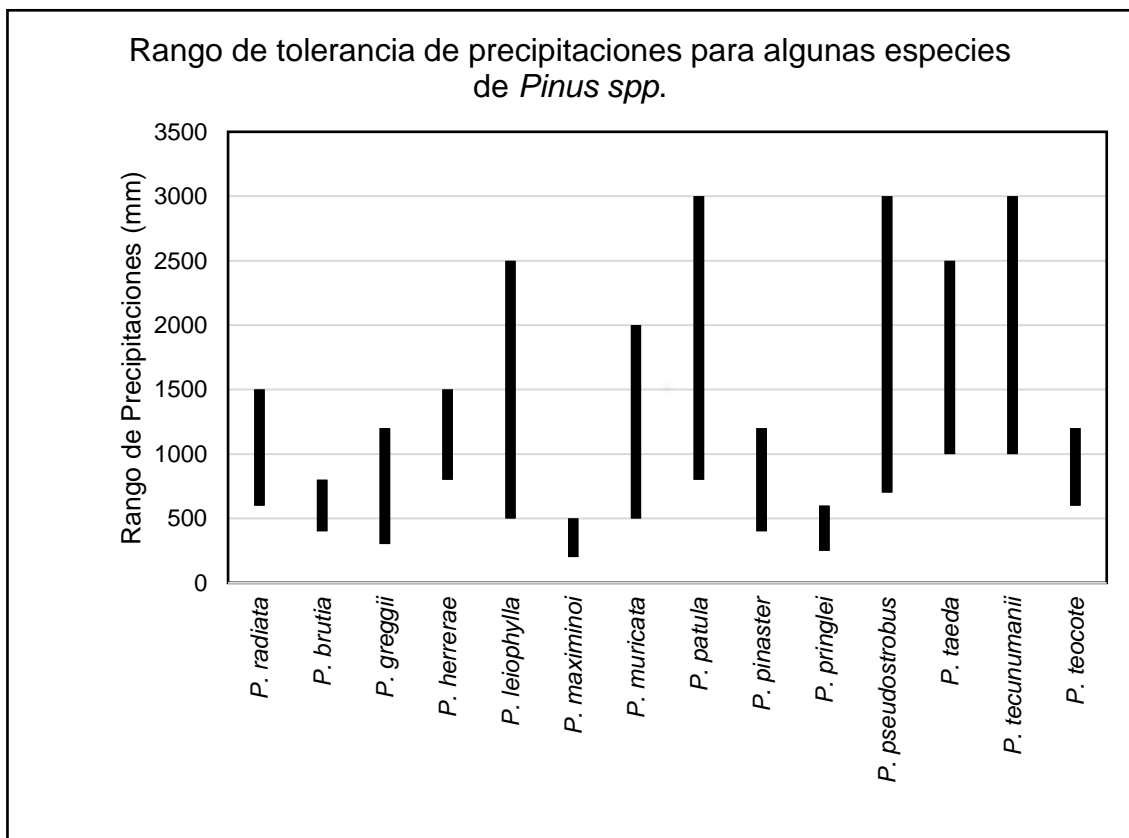


Figura 2. Rangos de tolerancias de precipitaciones para distintas especies de *Pinus spp.*

La Figura 3 presenta un diagrama de barras verticales que ilustra los rangos de tolerancia de temperatura para distintas especies del género *Pinus sp.*

La representación visual destaca la capacidad de algunas especies como *Pinus tecunumanii* y *Pinus teocote* para tolerar un espectro amplio de temperaturas, lo cual indica su potencial para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y zonas geográficas. Otras especies, como *Pinus brutia* y *Pinus leiophylla*, muestran rangos de tolerancia más limitados, lo que podría sugerir una especialización a nichos ecológicos más específicos con menos variación de temperatura.

Además, la capacidad de las especies para soportar temperaturas extremas es un factor crítico en el contexto del cambio climático, donde se esperan variaciones significativas en las temperaturas promedio y extremas.

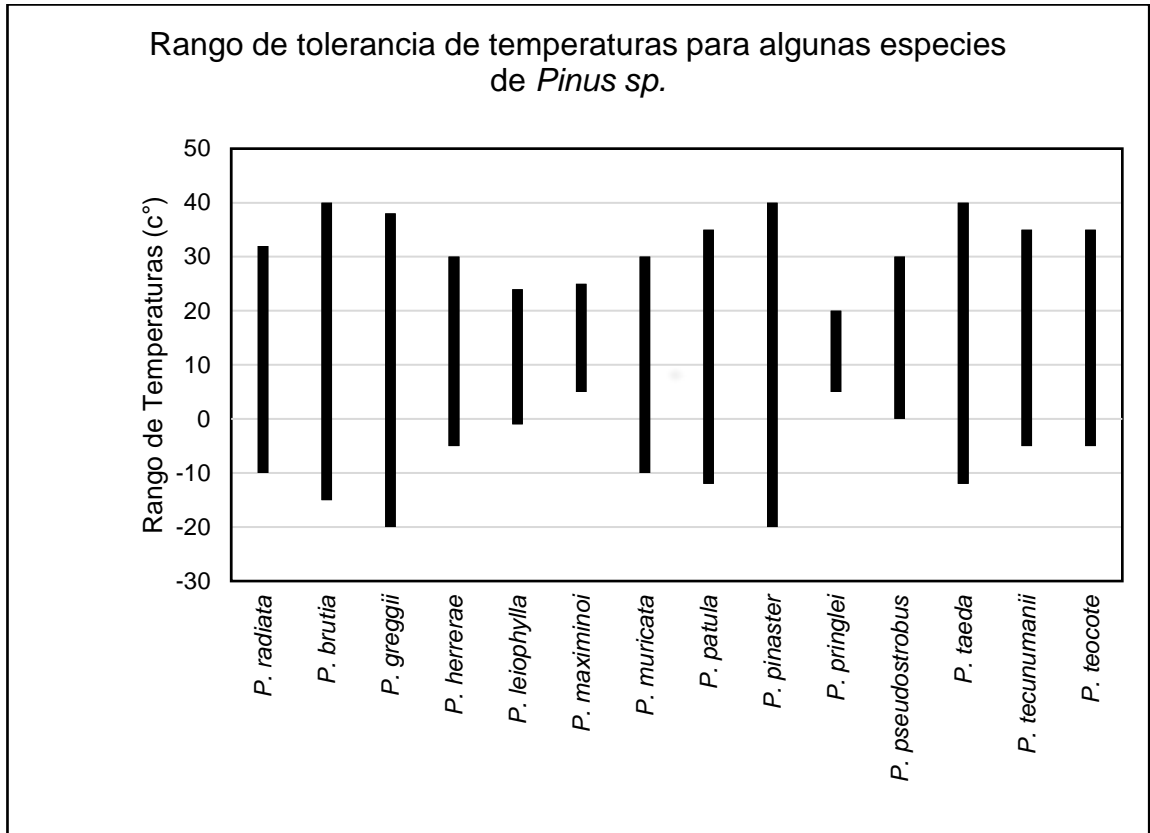


Figura 3. Rangos de tolerancias de temperaturas para distintas especies de *Pinus sp.*

La Figura 4 muestra un gráfico de barras que representa el promedio de la densidad básica de la madera, medida en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), para varias especies del género *Pinus sp.* La densidad básica es un indicador clave de la calidad de la madera, relacionado con propiedades como la dureza, la durabilidad y la eficiencia en procesos de transformación, y es fundamental en la valoración de la madera para distintos usos industriales.

Las barras del gráfico muestran la variabilidad en la densidad básica entre diferentes especies de pinos, con algunas como *Pinus teocote* y *Pinus tecunumanii* que alcanzan valores más altos, sugiriendo una madera más densa y posiblemente más dura. En contraste, especies como *Pinus brutia* y *Pinus leiophylla* presentan densidades más bajas, lo que podría indicar una madera más ligera y menos densa.

Además, estas diferencias en las características de la madera pueden influir en la selección de especies para la fabricación de productos específicos, como papel, muebles, o construcción, y para fines de conservación del suelo y captura de carbono.

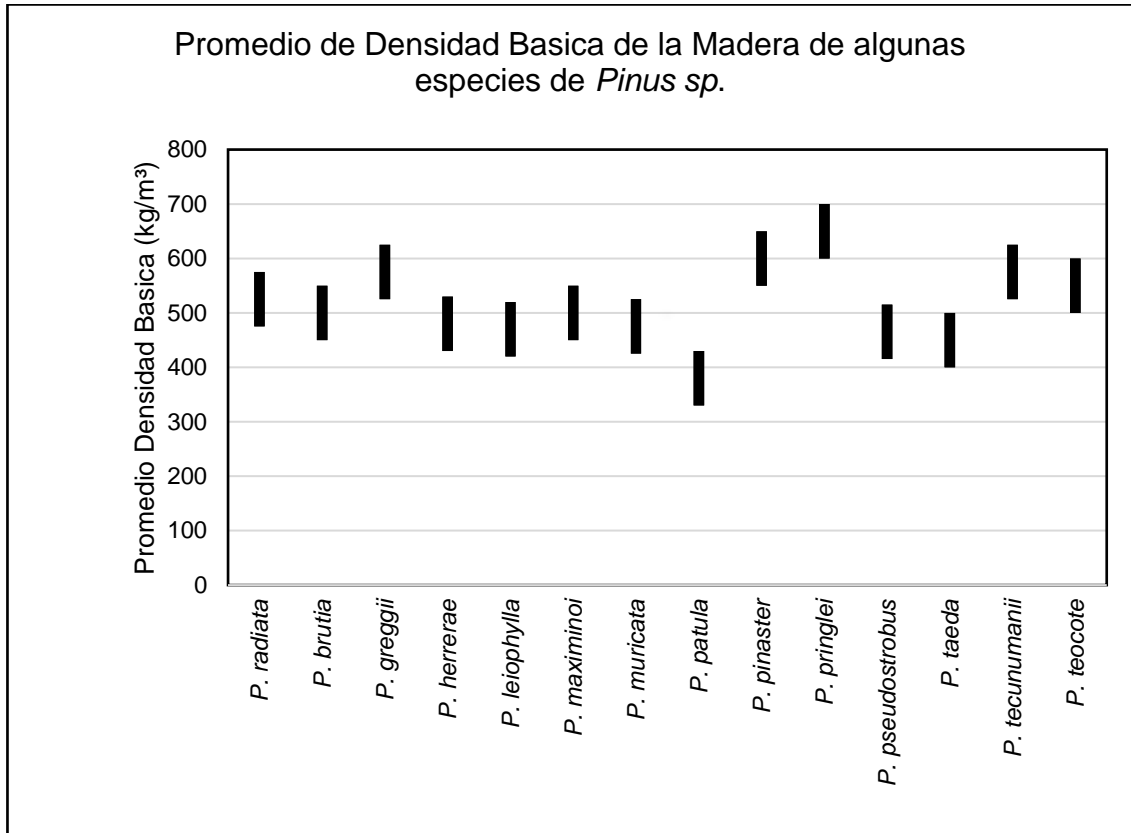


Figura 4. Promedios de densidades básicas de la madera para distintas especies de *Pinus sp.*

La Figura 5 ilustra un gráfico de barras que presenta el promedio de largo de fibras de la madera, expresado en milímetros (mm), para varias especies de *Pinus*. El largo de fibra es un factor determinante en la calidad del papel y otros productos derivados de la madera, donde fibras más largas generalmente contribuyen a una mayor resistencia del material final.

En el gráfico se observa una notable variabilidad en el largo de fibra entre las distintas especies. Algunas, como *Pinus radiata*, muestran fibras relativamente

cortas, mientras que otras, como *Pinus teocote*, tienen fibras más largas, lo cual puede ser preferible para ciertas aplicaciones industriales. Las especies con fibras más largas podrían ser más adecuadas para la producción de papel de mayor resistencia o para productos de madera donde la tenacidad es importante. Además, la longitud de las fibras puede tener implicaciones en la eficiencia del procesamiento y en las propiedades mecánicas de los productos de madera, influyendo así en la elección de especies para la reforestación y la producción forestal.

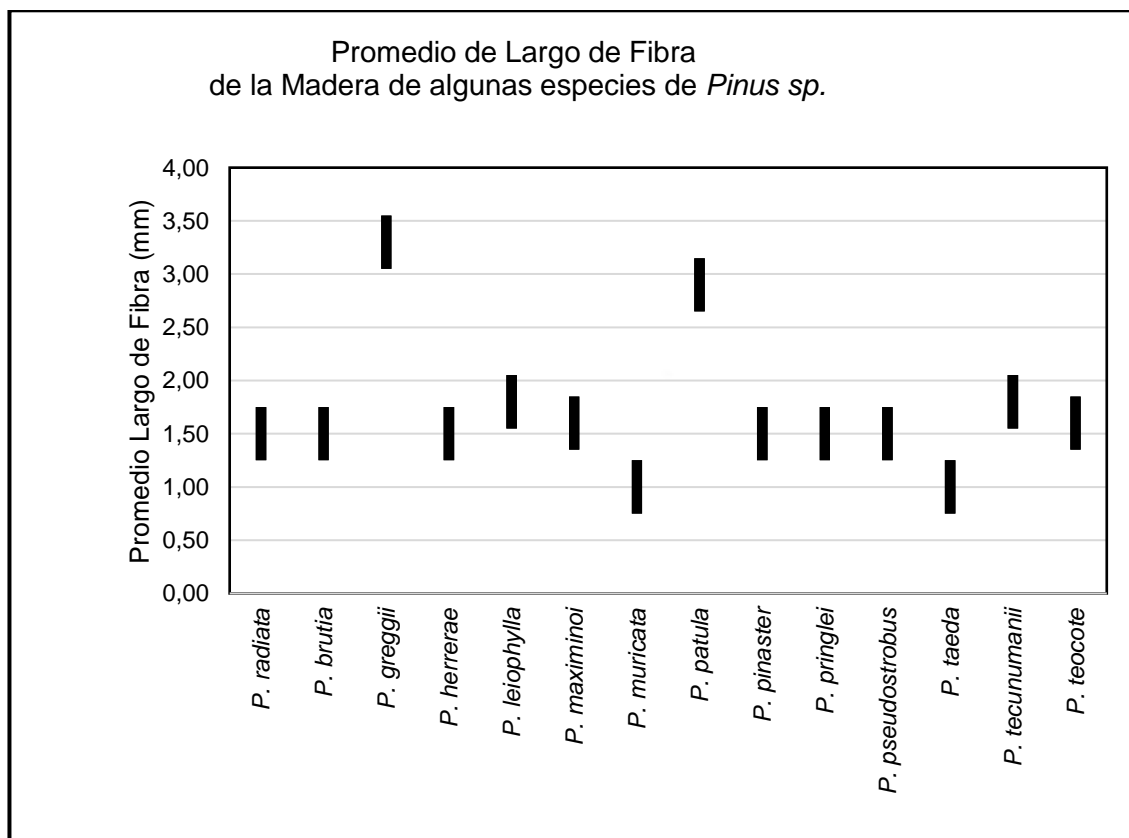


Figura 5. Promedios de largos de fibras de la madera para distintas especies de *Pinus sp.*

5.2. Cartografía agroclimática base

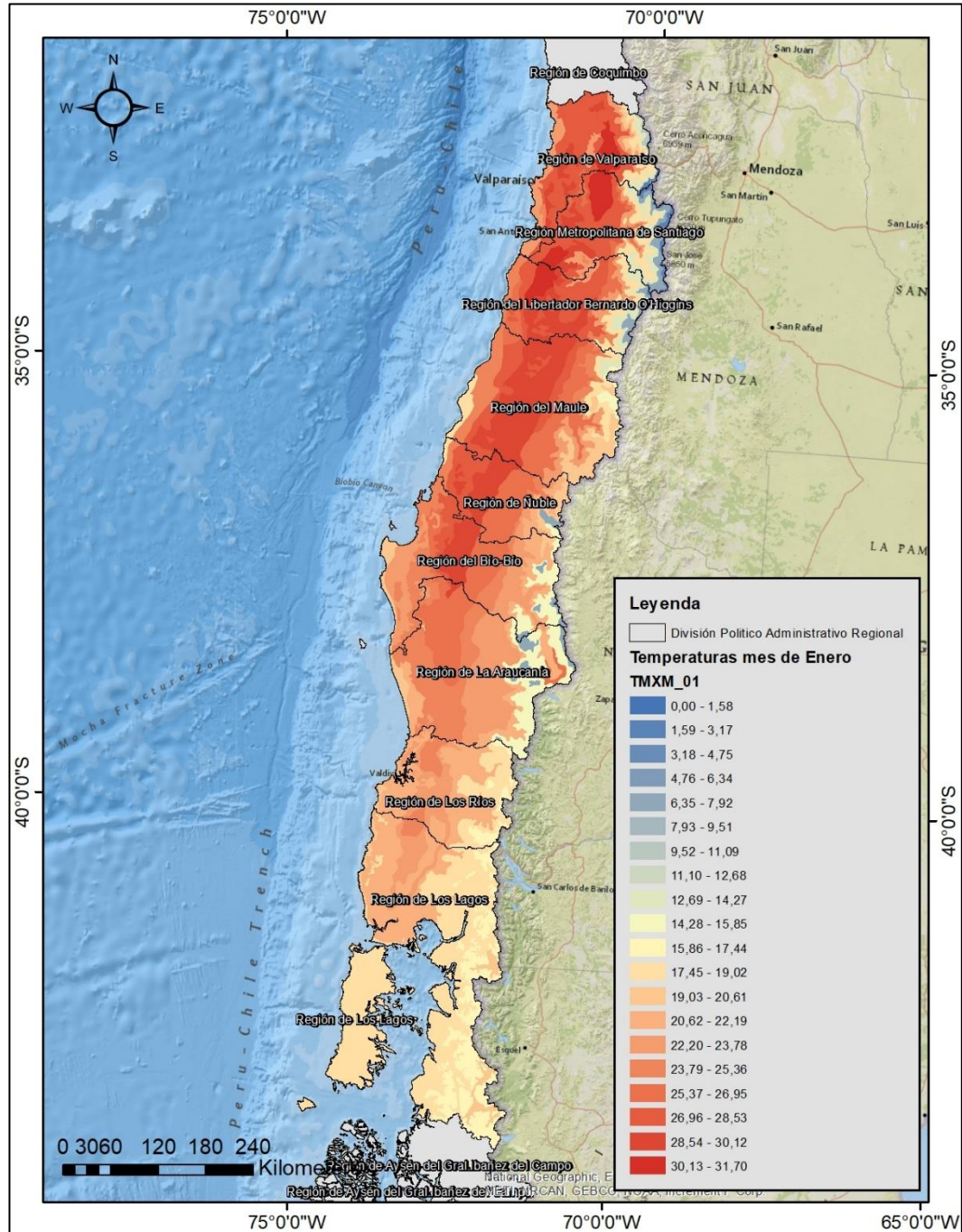


Figura 6. Cartografía de Temperaturas máximas (°C) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos del mes más cálido (Enero).

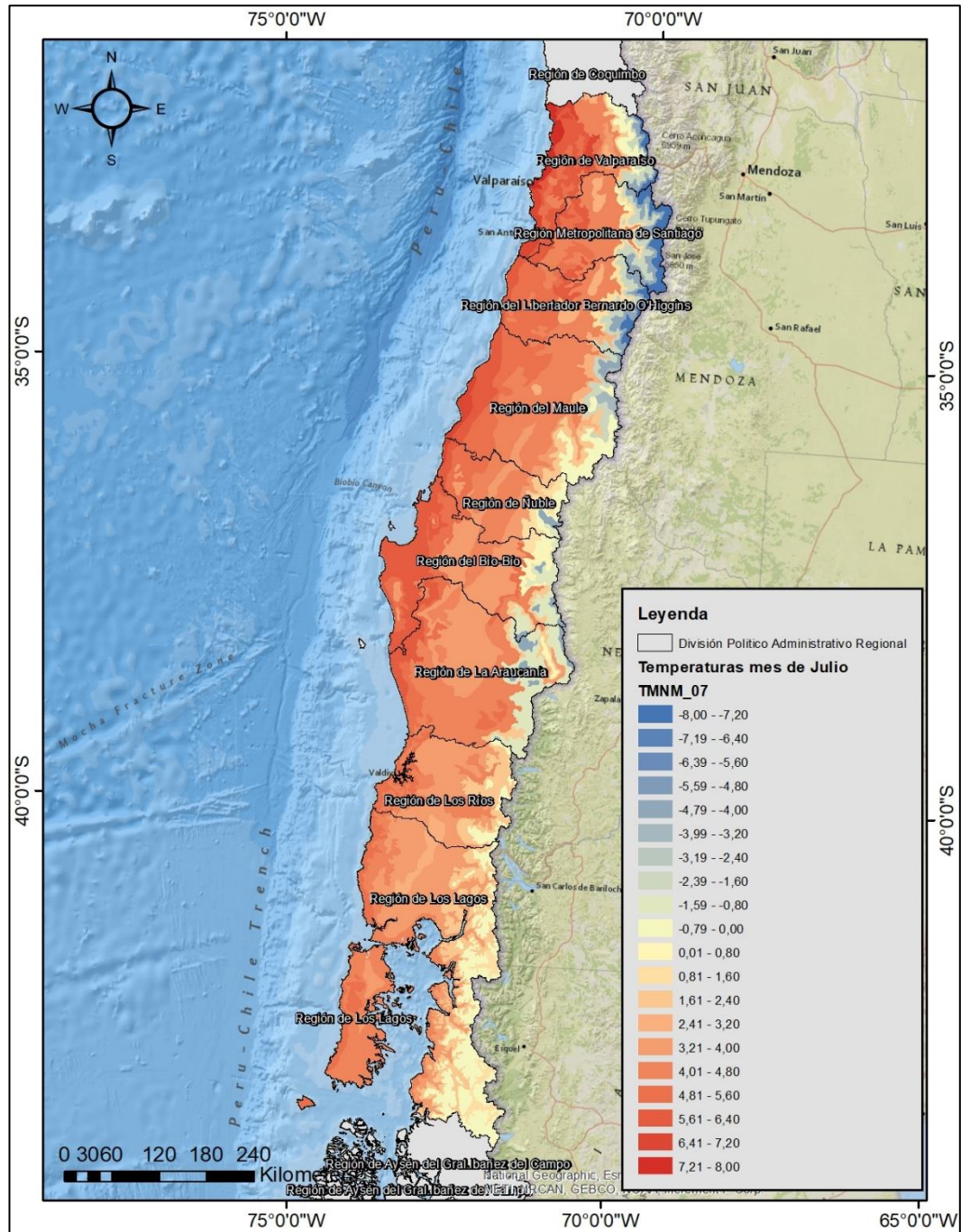


Figura 7. Cartografía de Temperaturas mínimas (°C) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos del mes más frío (Julio).

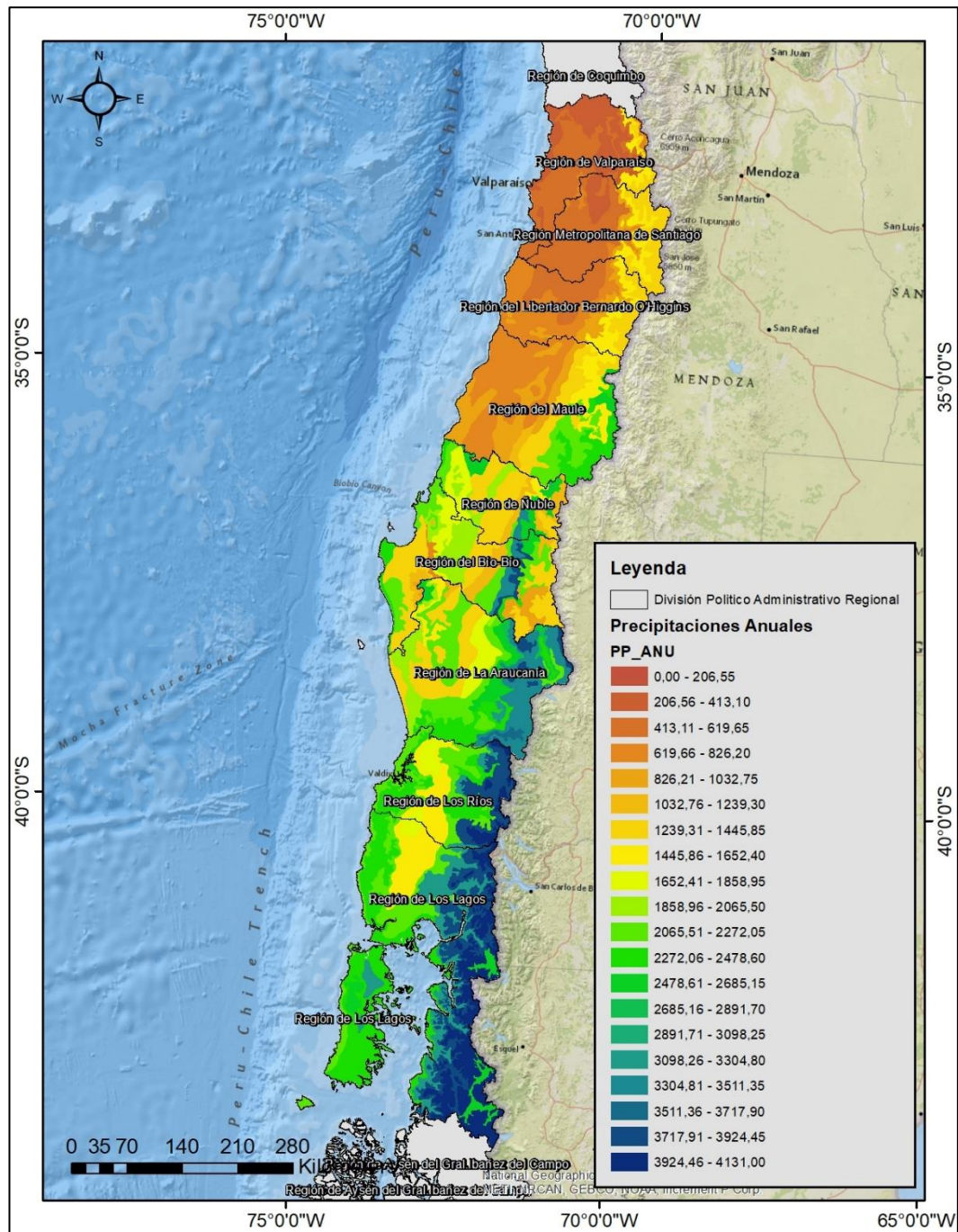


Figura 8. Cartografía de precipitaciones anuales (mm) desde la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos.

5.3. Resultado de distribución por especie

5.3.1. Distribución potencial de *Pinus brutia*

Distribución Potencial de la Especie

La modelación de la distribución potencial de la especie arbórea de *Pinus* indica que se distribuiría predominantemente en la zona central de Chile, abarcando una superficie potencial estimada de 3.767.952,9 ha. Esta área de distribución se extiende desde la Región de Valparaíso hasta la Región del Maule, con tendencias de presencias desde las zonas del Valle Central hasta la zona costera. Los mapas generados bajo la modelación (Figura 9) ilustran claramente esta distribución, destacando el límite entre la Región Metropolitana de Santiago y la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins que presente una mayor idoneidad basados en la evaluación de estrés para el establecimiento de la especie.

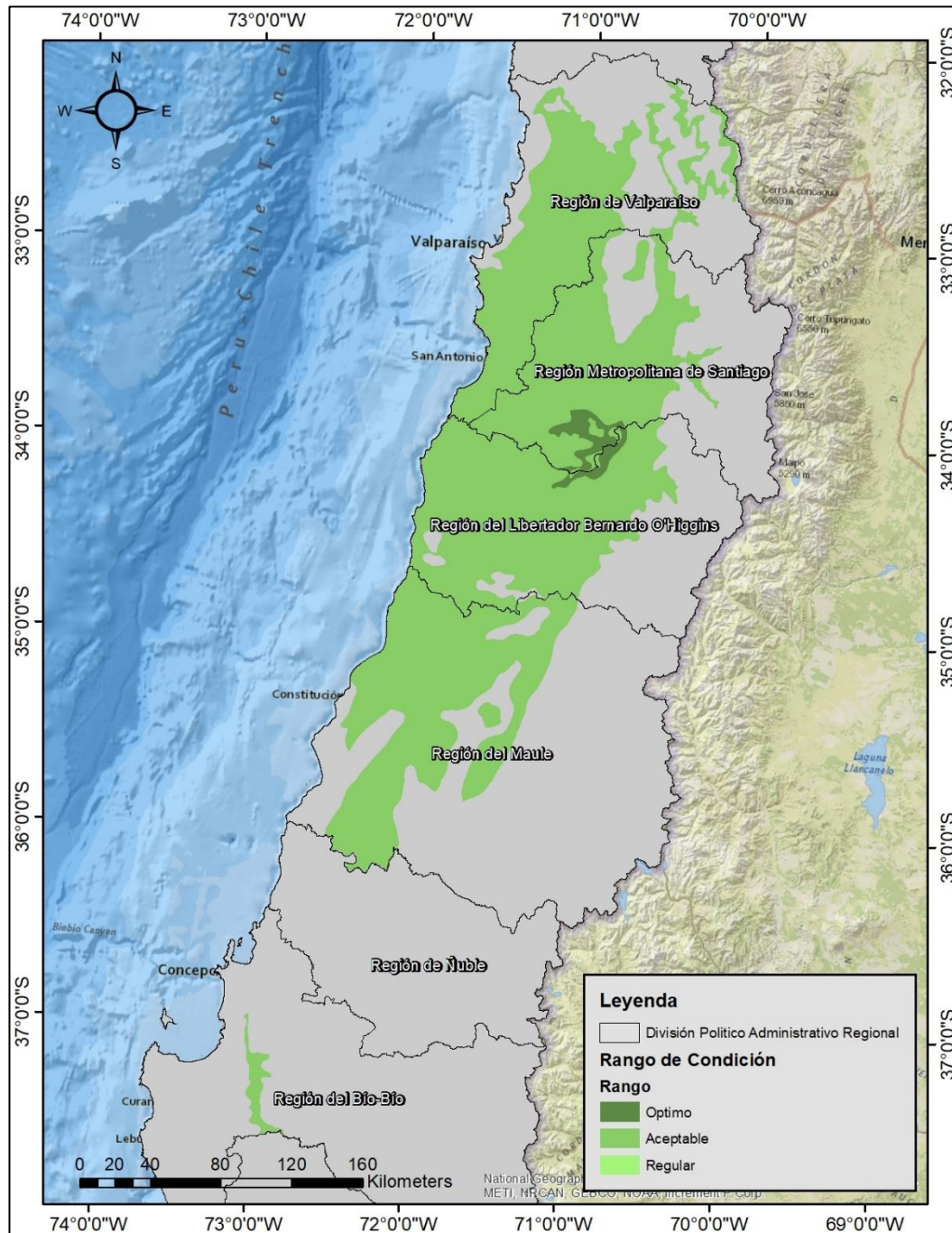


Figura 9. Distribución potencial de *Pinus brutia* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 1 adjunta resume las superficies estimadas para el establecimiento de *Pinus brutia* por región, clasificadas por condiciones óptimas, aceptables y regulares. La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins presenta la mayor superficie con condiciones óptimas, contribuyendo significativamente a la cobertura potencial total con un 32%. En contraste, las regiones de Ñuble, Biobío y La Araucanía muestran superficies menores, pero aún contribuyen a la diversidad de hábitats potenciales para la especie

Tabla 1. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus brutia*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	823.948,6	0,0	823.948,6	21,9%
Metropolitana de Santiago	31.048,2	688.116,8	0,0	719.165,0	19,1%
Libertador General Bernardo O'Higgins	44.916,9	1.162.525,1	0,0	1.207.442,0	32,0%
Maule	0,0	961.273,5	0,0	961.273,5	25,5%
Ñuble	0,0	15.673,1	0,0	15.673,1	0,4%
Biobío	0,0	32.209,2	0,0	32.209,2	0,9%
La Araucanía	0,0	8.241,5	0,0	8.241,5	0,2%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	75.965,1	3.691.987,8	0,0	3.767.952,9	100,0%

Ajuste de Superficie Total

Al considerar las restricciones de establecimiento para especies exóticas, las cuales incluyen áreas urbanas consolidadas, cuerpos de agua y áreas silvestres protegidas, la superficie adecuada se reduce significativamente. Después de aplicar estos descuentos ilustrados en los mapas (Figura 10), la superficie final idónea para la especie se estima en 2.490.935,5 ha. Este ajuste refleja la importancia de una planificación cuidadosa y la consideración de criterios ecológicos de conservación y la gestión de las especies exóticas.

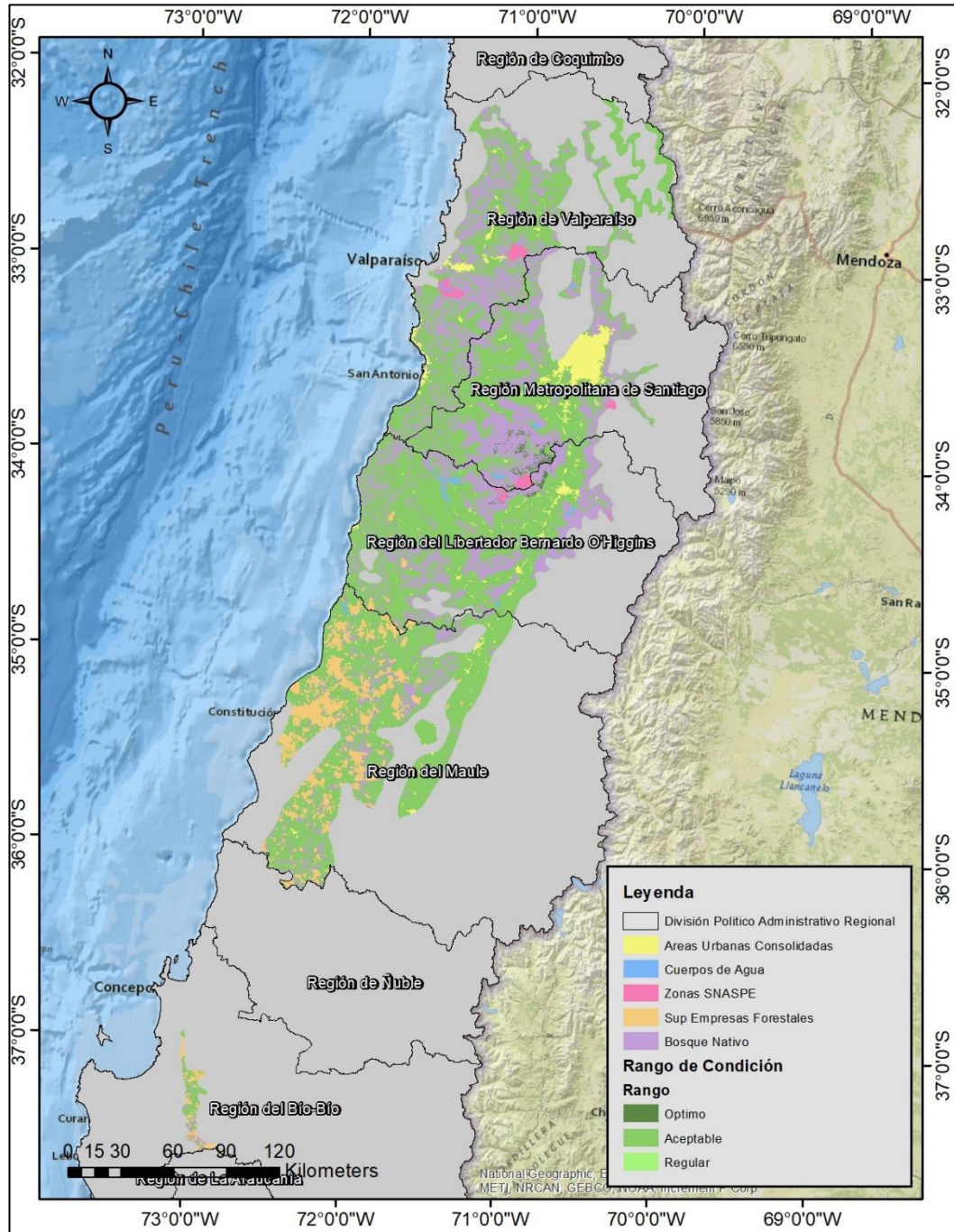


Figura 10. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus brutia* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

Tabla 2. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus brutia*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	823.948,6	341.132,8	482.815,9	19,4%
Metropolitana de Santiago	719.165,0	395.156,6	324.008,4	13,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.207.442,0	367.034,6	840.407,4	33,7%
Maule	961.273,5	164.850,3	796.423,2	32,0%
Ñuble	15.673,1	56,2	15.616,9	0,6%
Biobío	32.209,2	8.786,8	23.422,4	0,9%
La Araucanía	8.241,5	0,0	8.241,5	0,3%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	3.767.952,9	1.277.017,4	2.490.935,5	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

La identificación de áreas idóneas para el establecimiento de *Pinus brutia* se complementó con un análisis de las superficies actuales en propiedad de empresas forestales en Chile (Figura 10). Este enfoque busca destacar regiones donde la introducción de nuevas especies de *Pinus* no solo es ecológicamente

viable sino también compatible con intereses productivos existentes, potenciando así oportunidades de valor agregado.

Tabla 3. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus brutia* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,7	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	11.481,1	0,5%
Maule	204.905,1	8,2%
Ñuble	5.425,0	0,2%
Biobío	10.520,4	0,4%
La Araucanía	4.397,5	0,2%
Los Ríos	0,0	0,0%
Total (ha)	236.729,8	9,5%

Las regiones del Maule, Biobío, Ñuble y La Araucanía resaltan por su significativa superficie en manos de empresas forestales, lo que las convierte en áreas clave para explorar la viabilidad del establecimiento de *Pinus brutia*. Específicamente, la Región del Maule, con la mayor superficie forestal empresarial, representa una oportunidad destacada para propuestas de diversificación de especies.

5.3.2. Distribución potencial de *Pinus greggi*

Distribución Potencial de la Especie

La modelación de la distribución potencial arbórea de *Pinus greggi* indica se distribuiría predominante en la zona central de Chile. Los mapas generados bajo la modelación (Figura 11) ilustran claramente esta distribución en el cual se observa que la especie tiene un potencial de establecimiento significativo en la Región del Maule, con una cobertura potencial total estimada de 5.457.905,8 hectáreas a nivel nacional.

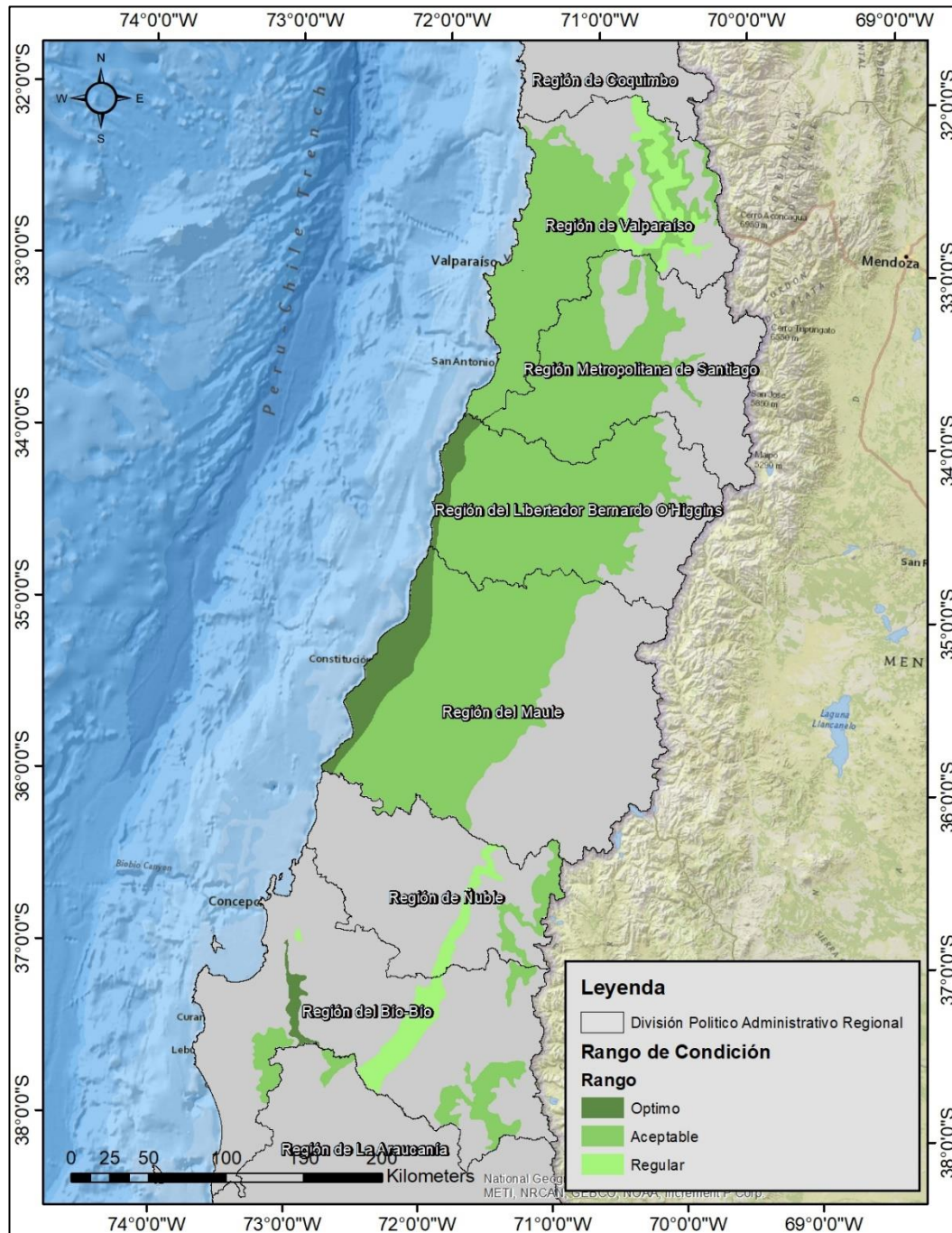


Figura 11. Distribución potencial de *Pinus greggi* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 4 resume las superficies por condición de establecimiento para *Pinus greggii* en diversas regiones de Chile. La Región del Maule destaca con la mayor superficie en condiciones óptimas, representando el 30,7% del potencial total, seguida por la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins con un 22,7%. El análisis sugiere que estas regiones podrían ser focos prioritarios para futuras iniciativas de reforestación o diversificación forestal con *Pinus greggii*. En total, se estima una cobertura potencial de 362.181,9 hectáreas en condiciones óptimas a nivel nacional, lo cual representa una posibilidad significativa para la expansión de esta especie en el país

Tabla 4. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus greggii*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	470,6	939.081,9	194.471,0	1.134.023,4	20,8%
Metropolitana de Santiago	0,0	821.390,0	0,0	821.390,0	15,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	75.682,4	1.163.670,9	0,0	1.239.353,4	22,7%
Maule	245.577,3	1.431.780,8	501,3	1.677.859,5	30,7%
Ñuble	0,9	94.227,3	73.152,2	167.380,5	3,1%
Biobío	40.436,9	220.073,1	133.158,8	393.668,9	7,2%

La Araucanía	13,8	24.200,5	16,0	24.230,3	0,4%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	362.181,9	4.694.424,6	401.299,4	5.457.905,8	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región del Maule muestra la mayor superficie de cobertura potencial restante, con un 34,4% del total ajustado, seguida por la Región de Valparaíso y la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, ambas con más del 20% de la cobertura total ajustada (Figura 12). Esto sugiere que, aunque la superficie adecuada para *Pinus greggii* se ha reducido significativamente después de considerar las restricciones, todavía hay áreas considerables que podrían ser aptas para su cultivo y manejo forestal sostenible.

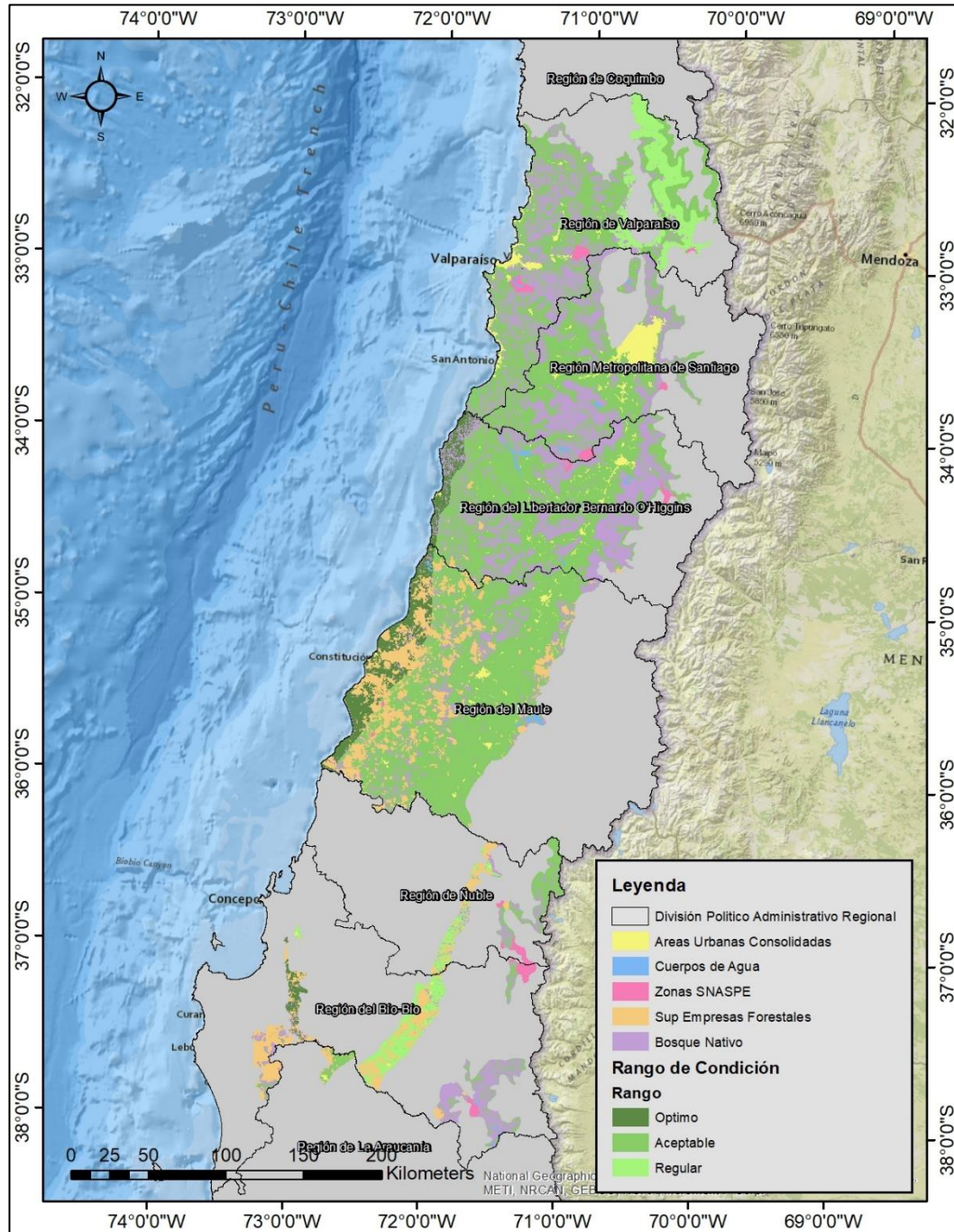


Figura 12. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus greggi* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 5 adjunta resume las superficies ajustadas por región, mostrando una reducción total de 2.234.199,9 hectáreas de la cobertura potencial original, resultando en una superficie final estimada de 3.223.705,9 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus greggii*. Esta área representa las superficies remanentes que cumplen con los criterios ecológicos y de conservación para la introducción de especies exóticas en Chile.

Tabla 5. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus greggii*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	1.134.023,4	394.003,5	740.019,9	23,0%
Metropolitana de Santiago	821.390,0	391.405,4	429.984,6	13,3%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.239.353,4	479.332,9	760.020,5	23,6%
Maule	1.677.859,5	568.566,5	1.109.293,0	34,4%
Ñuble	167.380,5	101.673,4	65.707,1	2,0%
Biobío	393.668,9	287.859,1	105.809,8	3,3%
La Araucanía	24.230,3	11.359,2	12.871,1	0,4%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	5.457.905,8	2.234.199,9	3.223.705,9	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua.

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus greggi*, el análisis de las zonas de valor agregado para empresas forestales indica que hay un potencial considerable para la integración de esta especie en áreas actualmente bajo gestión empresarial, con un total de 495.467,4 ha, representando el 15,4% del total de cobertura potencial.

La Región del Maule se destaca notablemente con 328.116,9 ha en propiedad de empresas forestales, lo que corresponde al 10,2% del total de cobertura potencial. Esta cifra pone de relieve la importancia de la Región del Maule como un área clave para la exploración del establecimiento de *Pinus greggi*, aprovechando las extensas áreas de manejo forestal existentes para potenciar la diversificación y el valor agregado dentro del sector forestal.

Tabla 6. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus greggi*.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,7	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	9.162,9	0,3%
Maule	328.116,9	10,2%
Ñuble	32.048,0	1,0%

Biobío	118.825,2	3,7%
La Araucanía	7.313,7	0,2%
Los Ríos	0,0	0,0%
Total (ha)	495.467,4	15,4%

5.3.3. Distribución potencial de *Pinus herrerae*

Distribución Potencial de la Especie

La Región del Biobío presenta la mayor superficie con condiciones aceptables, representando aproximadamente el 28% del potencial total (Figura 13), destacándose por la presencia de una pequeña área óptima. Le sigue la Región del Maule, que constituye el 21,6% de la cobertura potencial total con condiciones mayormente aceptables. La Región de La Araucanía también muestra una cobertura significativa, con el 16,8% del total, incluyendo la mayor proporción de áreas óptimas entre todas las regiones. En total, se estima una cobertura potencial de 58.396,2 hectáreas en condiciones óptimas y 3.501.972,4 hectáreas en condiciones aceptables, sumando un potencial total de 4.028.430,9 hectáreas a nivel nacional para *Pinus herrerae*, lo que representa una oportunidad considerable para la diversificación forestal con esta especie en Chile.

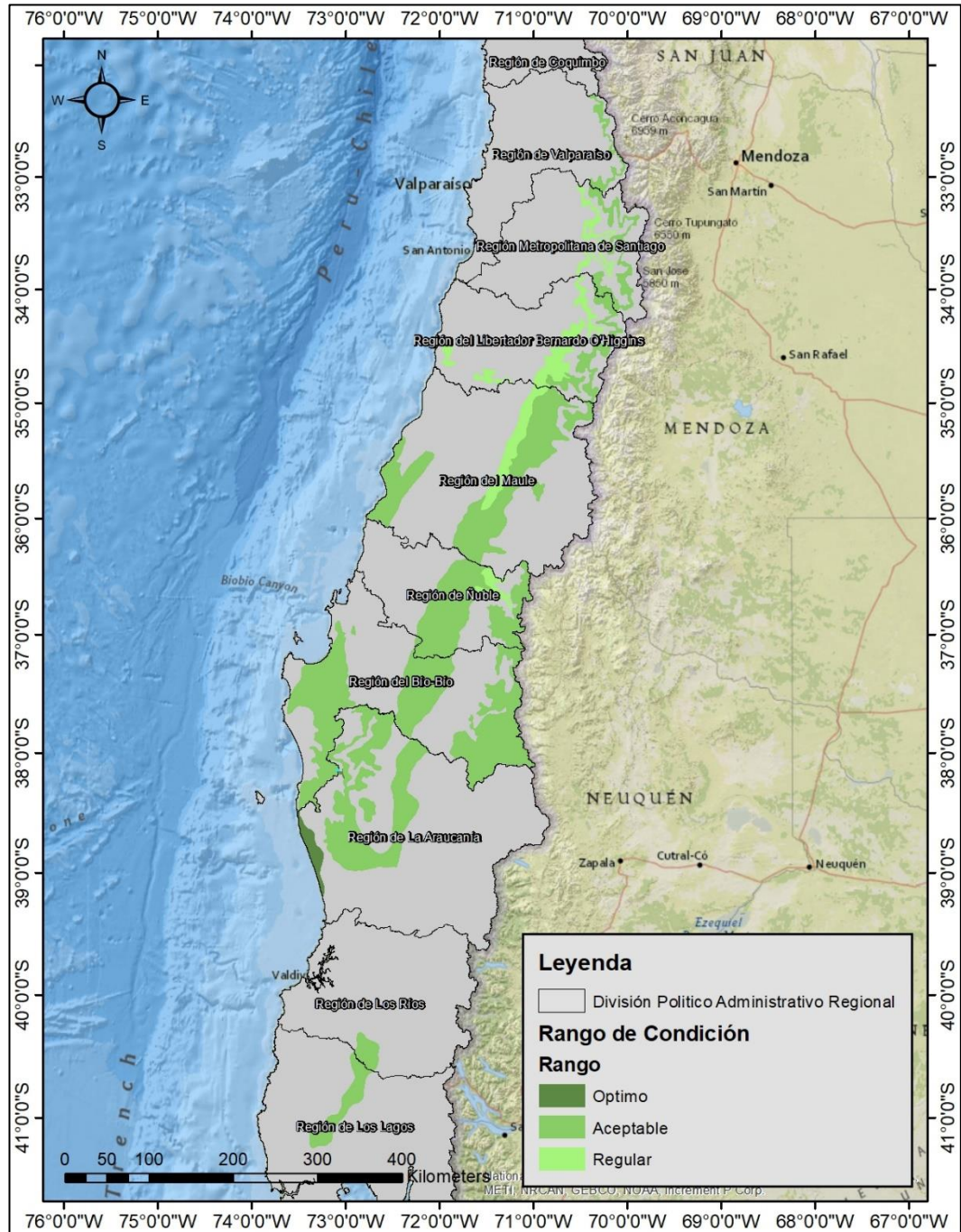


Figura 13. Distribución potencial de *Pinus herrerae* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

Tabla 7. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus herrerae*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	64.730,3	224,1	64.954,4	1,6%
Metropolitana de Santiago	0,0	152.168,8	84.396,0	236.564,8	5,9%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	150.927,7	192.384,6	343.312,3	8,5%
Maule	0,0	723.244,7	144.997,3	868.242,0	21,6%
Ñuble	0,0	499.843,5	46.060,2	545.903,7	13,6%
Biobío	67,8	1.126.564,2	0,0	1.126.632,0	28,0%
La Araucanía	58.328,4	618.675,7	0,0	677.004,1	16,8%
Los Ríos	0,0	51.354,9	0,0	51.354,9	1,3%
Los Lagos	0,0	114.462,6	0,0	114.462,6	2,8%
Total (ha)	58.396,2	3.501.972,4	468.062,2	4.028.430,9	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región del Biobío muestra la mayor superficie de cobertura potencial restante, con un 24,2% del total ajustado representado en la Figura 14, seguida por la Región de La Araucanía con un 20,2% y la Región del Maule con un 19,9%. Esto sugiere que, aunque la superficie adecuada para *Pinus herrerae* se ha reducido

significativamente después de considerar las restricciones, todavía hay áreas considerables que podrían ser aptas para su cultivo y manejo forestal sostenible.

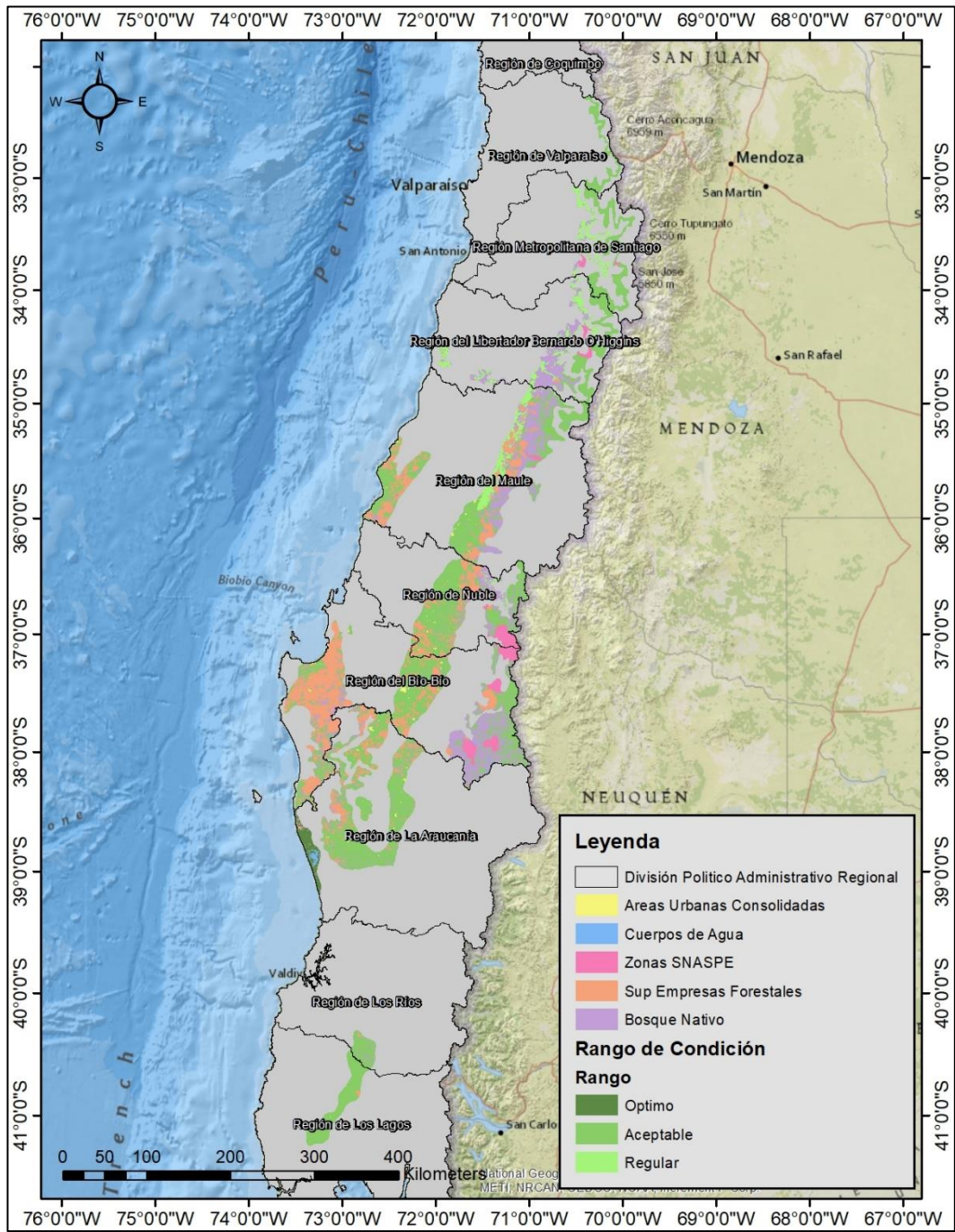


Figura 14. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus herrerae* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 8 resume las superficies ajustadas por región, mostrando una reducción total de 1.104.669,9 hectáreas de la cobertura potencial original, resultando en una superficie final estimada de 2.923.760,9 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus herrerae*. Esta área representa las superficies remanentes que cumplen con los criterios ecológicos y de conservación para la introducción de especies exóticas en Chile.

Tabla 8. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus herrerae*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	64.954,4	151,0	64.803,4	2,2%
Metropolitana de Santiago	236.564,8	26.144,1	210.420,8	7,2%
Libertador General Bernardo O'Higgins	343.312,3	141.648,9	201.663,3	6,9%
Maule	868.242,0	285.708,2	582.533,8	19,9%
Ñuble	545.903,7	137.741,6	408.162,1	14,0%
Biobío	1.126.632,0	418.733,2	707.898,8	24,2%
La Araucanía	677.004,1	87.837,5	589.166,6	20,2%

Los Ríos	51.354,9	6.618,6	44.736,3	1,5%
Los Lagos	114.462,6	86,8	114.375,8	3,9%
Total (ha)	4.028.430,9	1.104.669,9	2.923.760,9	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua.

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus herrerae*, el análisis de las zonas de valor agregado para empresas forestales indica que hay una superficie considerable de terrenos forestales empresariales que podrían ser idóneos para la introducción y el establecimiento de esta especie. Los datos reflejan que un total de 795.916,4 ha, que representan el 27,2% de la cobertura potencial total, están bajo la gestión de empresas forestales, lo que ofrece un marco sólido para la diversificación de especies en la producción forestal.

La Región del Biobío se presenta como la más prominente con 374.998,8 ha de superficie forestal empresarial, equivalente al 12,8% de la cobertura total. Esto sugiere que esta región puede desempeñar un papel clave en la implementación de estrategias para la introducción de *Pinus herrerae*, aprovechando las infraestructuras existentes y fomentando la diversidad en la producción forestal. La Región del Maule también se destaca con 179.749,8 ha (6,1% de la cobertura total), seguida por la Región de Ñuble y la Región de La Araucanía, que representan el 3,7% y 4,4% respectivamente. Estas áreas podrían beneficiarse de la introducción de *Pinus herrerae*, complementando las especies ya presentes

y potencialmente mejorando la resiliencia y la sostenibilidad del ecosistema forestal.

Tabla 9. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus herrerae* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.733,3	0,1%
Maule	179.749,8	6,1%
Ñuble	108.805,1	3,7%
Biobío	374.998,8	12,8%
La Araucanía	128.148,6	4,4%
Los Ríos	959,7	0,0%
Los Lagos	1.521,0	0,1%
Total (ha)	795.916,4	27,2%

5.3.4. Distribución potencial de *Pinus leiophylla*

Distribución Potencial de la Especie

Mapa de la distribución potencial (Figura 15) de *Pinus leiophylla* en Chile. La Región de Los Lagos sobresale como la zona con mayor potencial, seguida por

la Región de Los Ríos, ambas con una significativa proporción de áreas aceptables para el desarrollo de la especie.

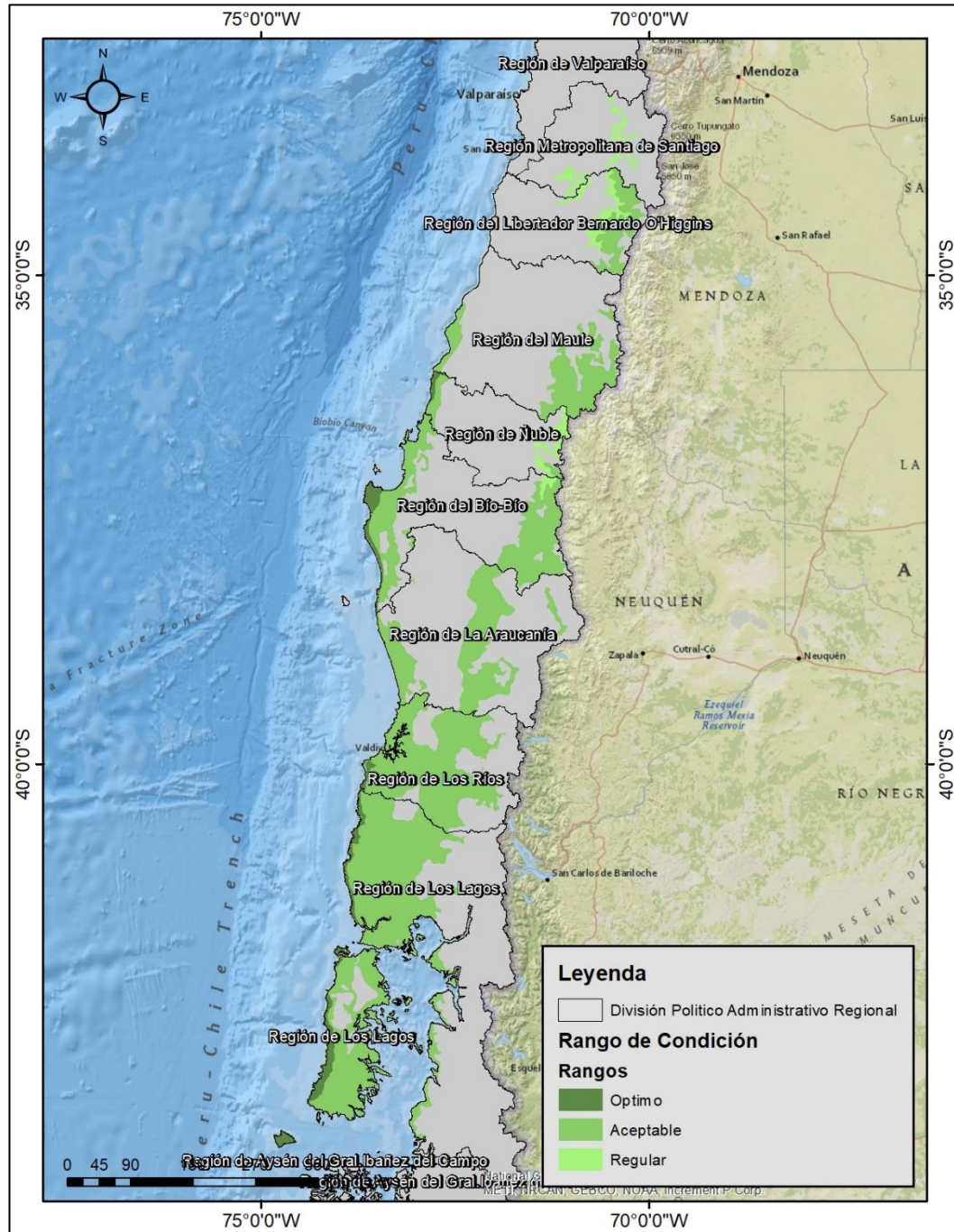


Figura 15. Distribución potencial de *Pinus leiophylla* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 10 proporciona un desglose detallado de las áreas potenciales para *Pinus leiophylla*, mostrando que la Región de Los Lagos presenta la mayor superficie adecuada, con un total de 2.141.679,3 hectáreas, lo que representa el 33,5% del potencial de cobertura total. Le sigue la Región de Los Ríos, con un 18% de la cobertura potencial. En conjunto, estas dos regiones podrían ser áreas prioritarias para la silvicultura y conservación de *Pinus leiophylla*, con un total de 6.391.879,6 hectáreas de cobertura potencial, ofreciendo un amplio espacio para la diversificación forestal en el sur de Chile.

Tabla 10. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus leiophylla*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	0,0	224,1	224,1	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	2.352,6	135.022,8	137.375,3	2,1%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	291.596,7	126.284,1	417.880,8	6,5%
Maule	311,9	572.073,6	648,9	573.034,5	9,0%
Ñuble	17.627,5	72.608,7	93.437,2	183.673,4	2,9%
Biobío	73.865,3	901.322,3	23.421,7	998.609,3	15,6%
La Araucanía	0,9	787.391,2	0,0	787.392,1	12,3%

Los Ríos	15.714,8	1.136.295,9	0,0	1.152.010,7	18,0%
Los Lagos	160.329,1	1.981.350,2	0,0	2.141.679,3	33,5%
Total (ha)	267.849,5	5.744.991,3	379.038,7	6.391.879,6	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos resalta con la mayor área adecuada para el establecimiento de esta especie, seguida por la Región de Los Ríos, indicando que estas regiones poseen condiciones ambientales y espacios disponibles más favorables (Figura 16).

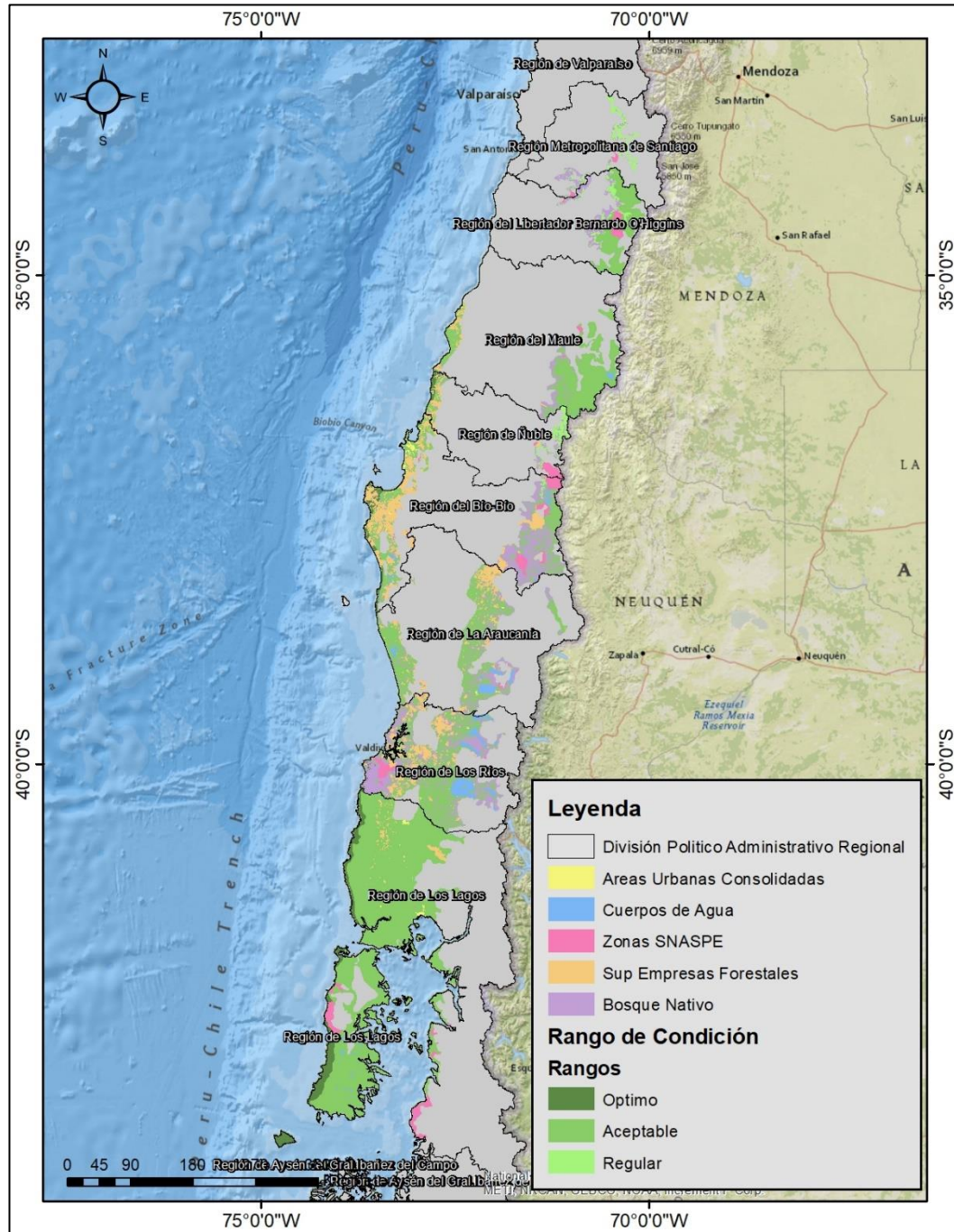


Figura 16. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus leiophylla* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

El ajuste en la superficie total, como se muestra en la Tabla 11, ha resultado en una reducción significativa de la cobertura potencial. La Región de Los Lagos, aunque con una reducción mínima, sigue siendo la más prometedora con un 43,5% del total de cobertura ajustada. La Región de Los Ríos también mantiene una proporción considerable de la superficie restante con un 12,2%.

Tabla 11. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus leiophylla*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	224,1	0,0	224,1	0,0%
Metropolitana de Santiago	137.375,3	65.477,2	71.898,1	1,5%
Libertador General Bernardo O'Higgins	417.880,8	116.974,5	300.906,3	6,4%
Maule	573.034,5	76.518,3	496.516,2	10,6%
Nuble	183.673,4	65.190,2	118.483,3	2,5%
Biobío	998.609,3	444.479,3	554.130,0	11,8%
La Araucanía	787.392,1	246.044,0	541.348,1	11,5%
Los Ríos	1.152.010,7	578.249,4	573.761,3	12,2%
Los Lagos	2.141.679,3	98.634,6	2.043.044,7	43,5%
Total (ha)	6.391.879,6	1.691.567,5	4.700.312,1	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Después de descontar un total de 1.691.567,5 hectáreas de las áreas originales, la cobertura final para *Pinus leiophylla* se estima en 4.700.312,1 hectáreas, lo que representa el área remanente que satisface los criterios de conservación y gestión sostenible para el establecimiento de especies no nativas en el país.

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus leiophylla*, el análisis de las zonas de valor agregado para empresas forestales revela oportunidades potenciales en regiones específicas donde la presencia de terrenos en propiedad de empresas forestales es notable. Un total de 645.718,3 ha, representando el 13,7% de la cobertura potencial total, se encuentra dentro de las áreas forestales empresariales, lo que sugiere posibilidades para la diversificación y el establecimiento de esta especie en dichas zonas.

La Región del Biobío se destaca como la principal área de interés con 277.432,8 ha, equivalente al 5,9% del total de la cobertura potencial. Este dato sugiere un potencial significativo para la introducción de *Pinus leiophylla* en la región, aprovechando la infraestructura existente de las empresas forestales y contribuyendo a la diversidad de especies forestales en la producción.

La Región de Los Ríos también muestra un porcentaje considerable de superficie forestal empresarial (3,6%), lo que indica que esta región podría ser estratégica para la expansión de la especie. Las regiones de La Araucanía, Ñuble y el Maule

presentan porcentajes más bajos (2,2%, 0,7% y 0,6%, respectivamente) pero aún ofrecen posibilidades para la introducción de la especie dentro de los planes de manejo forestal sostenible y diversificación de cultivos.

Tabla 12. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus leiophylla* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	0,0%
Maule	30.006,6	0,6%
Ñuble	32.357,6	0,7%
Biobío	277.432,8	5,9%
La Araucanía	103.863,8	2,2%
Los Ríos	170.507,4	3,6%
Los Lagos	31.550,1	0,7%
Total (ha)	645.718,3	13,7%

5.3.5. Distribución potencial de *Pinus maximinoi*

Distribución Potencial de la Especie

La región de Valparaíso se destaca como la única con una cobertura potencial total de 241.279,5 hectáreas, donde la totalidad del área potencial está concentrada.

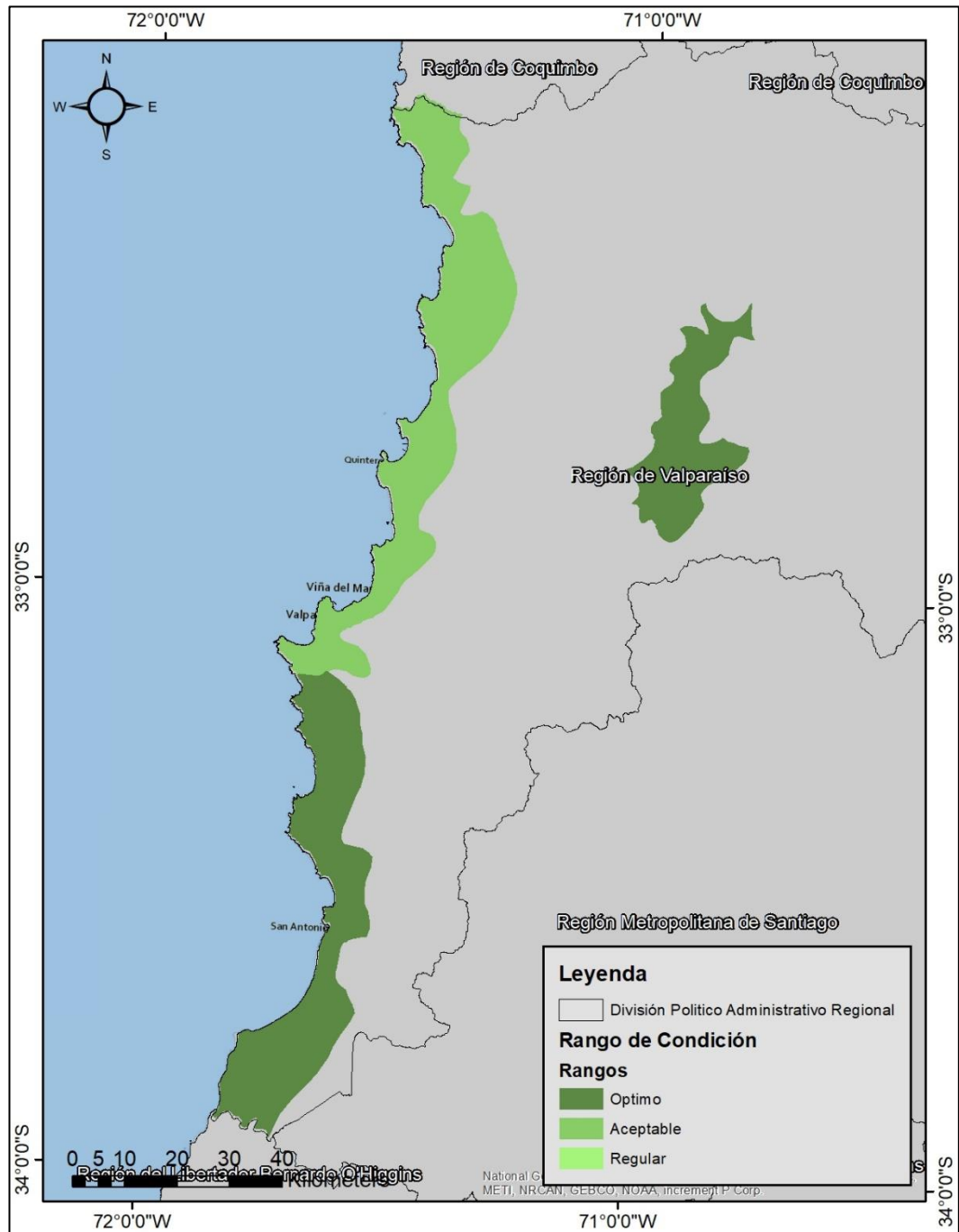


Figura 17. Distribución potencial de *Pinus maximinoi* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 13 indica que para *Pinus maximinoi*, la Región de Valparaíso posee la totalidad de la superficie potencialmente adecuada para el establecimiento de la especie en Chile, con 135.665,4 hectáreas en condiciones óptimas y 105.614,1 hectáreas en condiciones aceptables. Esto suma un área total de 241.302,5 hectáreas, correspondiendo al 100% del potencial de cobertura para la especie en el país. La presencia casi exclusiva de la especie en esta región sugiere que las condiciones climáticas y edáficas son particularmente favorables para su desarrollo en comparación con otras regiones evaluadas.

Tabla 13. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus maximinoi*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	135.665,4	105.614,1	0,0	241.279,5	100,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	23,0	0,0	0,0	23,0	0,0%
Maule	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Ñuble	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
La Araucanía	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%

Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	135.688,3	105.614,1	0,1	241.302,5	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Valparaíso es la única que muestra una cobertura potencial para *Pinus maximinoi*, con un área total de 241.279,5 hectáreas. Después de descontar 88.822,1 hectáreas debido a las restricciones mencionadas, queda una superficie final idónea de 152.457,4 hectáreas, lo que representa el 100% de la cobertura ajustada para la especie en la región. Este resultado subraya la importancia de una planificación detallada y consciente que incorpore consideraciones de sostenibilidad y conservación ambiental en la gestión forestal de especies no nativas.

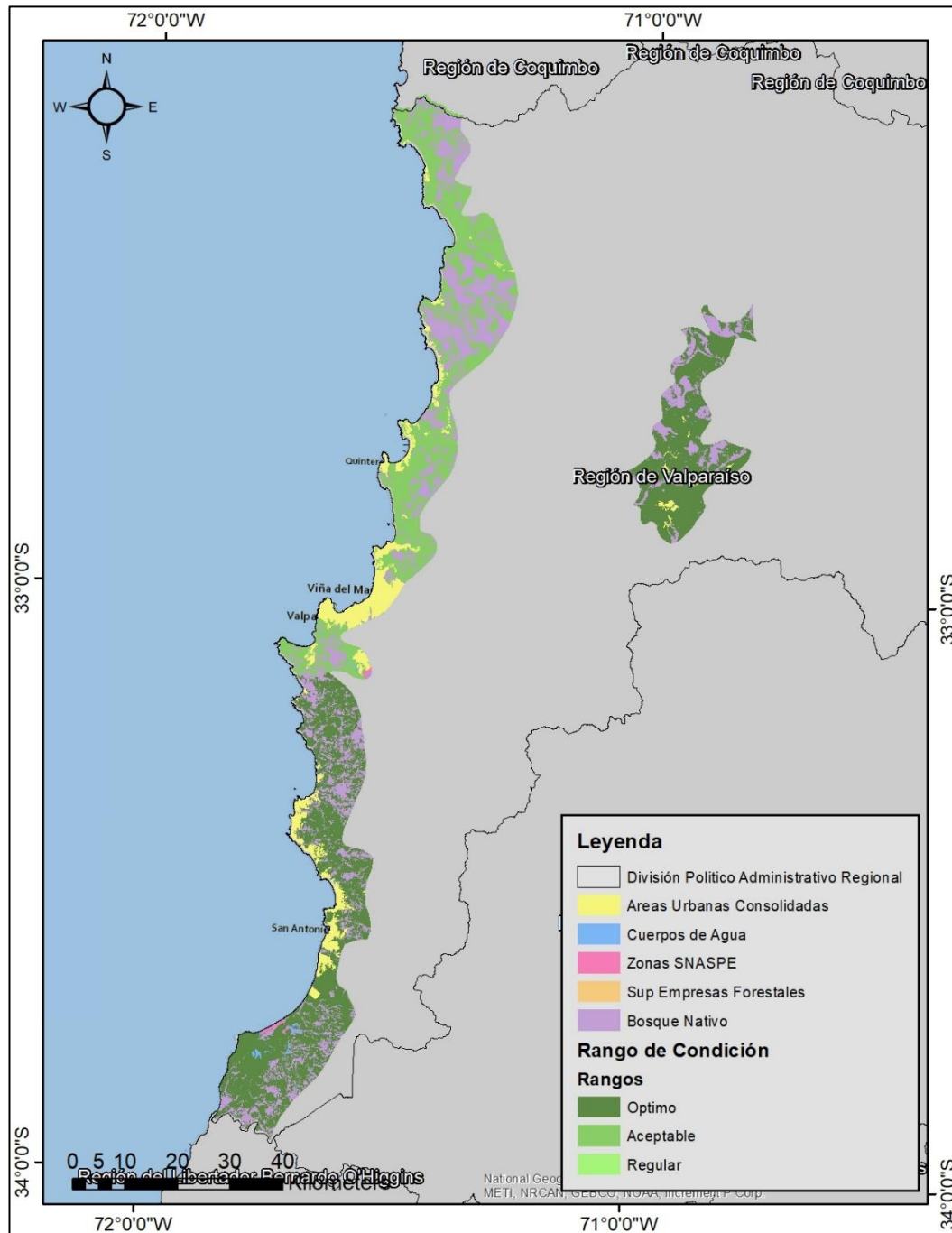


Figura 18. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus maximinoi* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

Tabla 14. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus maximinoi*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	241.279,5	88.822,1	152.457,4	100,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	23,0	0,0	23,0	0,0%
Maule	0,0	0,0	0,0	0,0%
Ñuble	0,0	0,0	0,0	0,0%
Biobío	0,0	0,0	0,0	0,0%
La Araucanía	0,0	0,0	0,0	0,0%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0%
Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	241.302,5	88.822,1	152.480,4	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Esta especie no cubre superficies de empresas forestales.

5.3.6. Distribución potencial de *Pinus muricata*

Distribución Potencial de la Especie

En total, se registra una cobertura potencial de 249.116,4 hectáreas en condiciones óptimas y 8.980.035,9 hectáreas en condiciones aceptables, sumando 9.247.477,0 hectáreas a nivel país para el establecimiento de *Pinus muricata*, lo que subraya la importancia de estas regiones para futuras iniciativas de reforestación y manejo forestal con esta especie

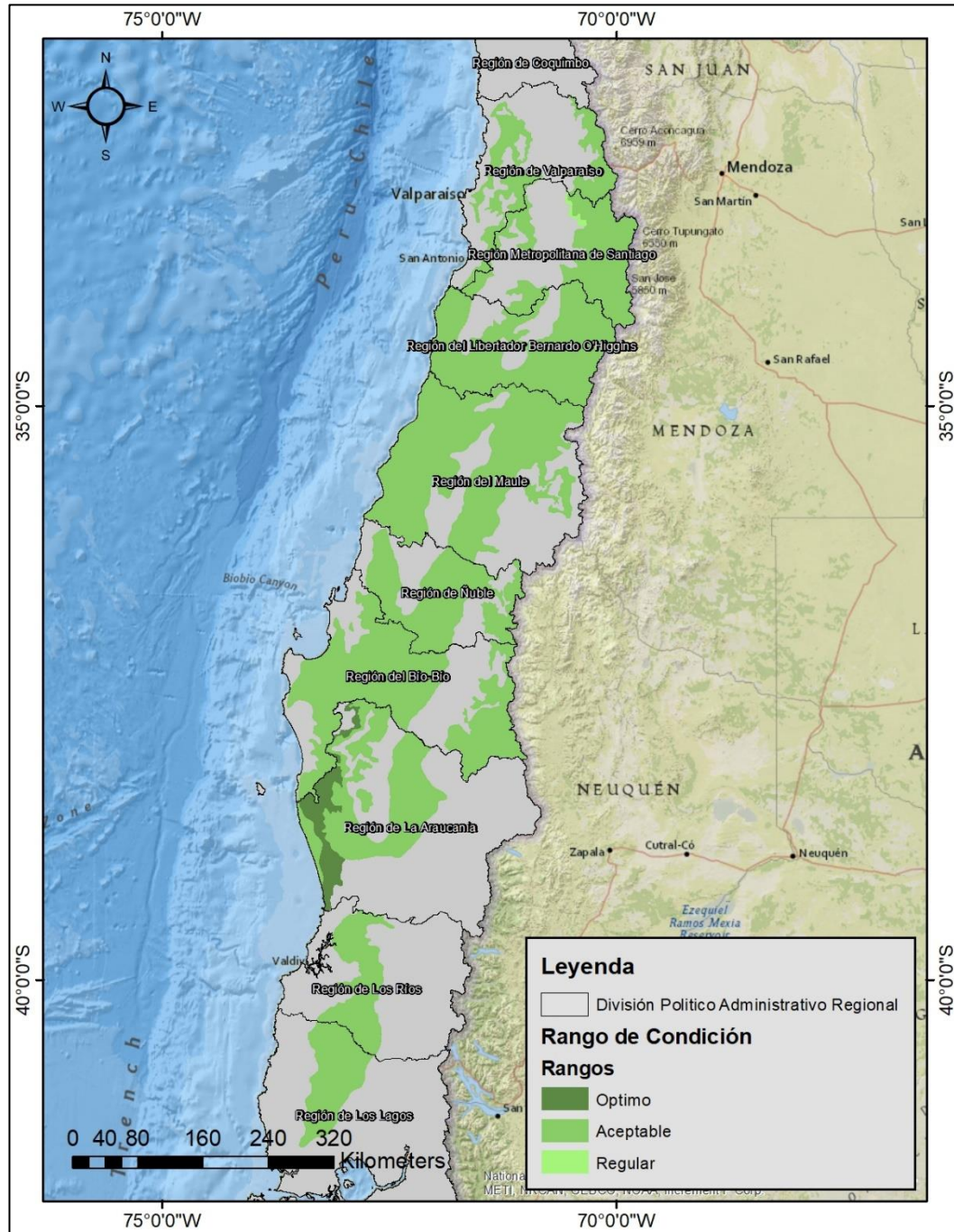


Figura 19. Distribución potencial de *Pinus muricata* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 15 resume las superficies por condición de establecimiento para *Pinus muricata*, donde se observa que la Región del Maule presenta la mayor área potencial con 2.040.764,7 hectáreas en condiciones aceptables, lo que constituye el 22,1% del total nacional. La Región de La Araucanía también resalta con 247.319,7 hectáreas en condiciones óptimas, añadiendo un significativo potencial para la especie.

Tabla 15. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus muricata*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	588.551,2	291,3	588.842,5	6,4%
Metropolitana de Santiago	0,0	862.998,8	18.033,5	881.032,3	9,5%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	1.323.842,9	0,0	1.323.842,9	14,3%
Maule	0,0	2.040.764,7	0,0	2.040.764,7	22,1%
Ñuble	0,0	839.208,1	0,0	839.208,1	9,1%
Biobío	1.787,6	1.575.918,5	0,0	1.577.706,1	17,1%
La Araucanía	247.319,7	897.120,3	0,0	1.144.439,9	12,4%
Los Ríos	9,1	431.498,7	0,0	431.507,8	4,7%
Los Lagos	0,0	420.132,6	0,0	420.132,6	4,5%

Total (ha)	249.116,4	8.980.035,9	18.324,8	9.247.477,0	100,0%
------------	-----------	-------------	----------	-------------	--------

Ajuste de Superficie Total

Tras el ajuste, la Región del Maule mantiene la mayor superficie idónea con un 22,5% del total ajustado, seguida por la Región del Biobío y la Región de La Araucanía, con 16,0% y 13,5% respectivamente. Estas regiones proporcionan un ambiente favorable para el establecimiento y crecimiento de *Pinus muricata*, teniendo en cuenta la sostenibilidad y la conservación.

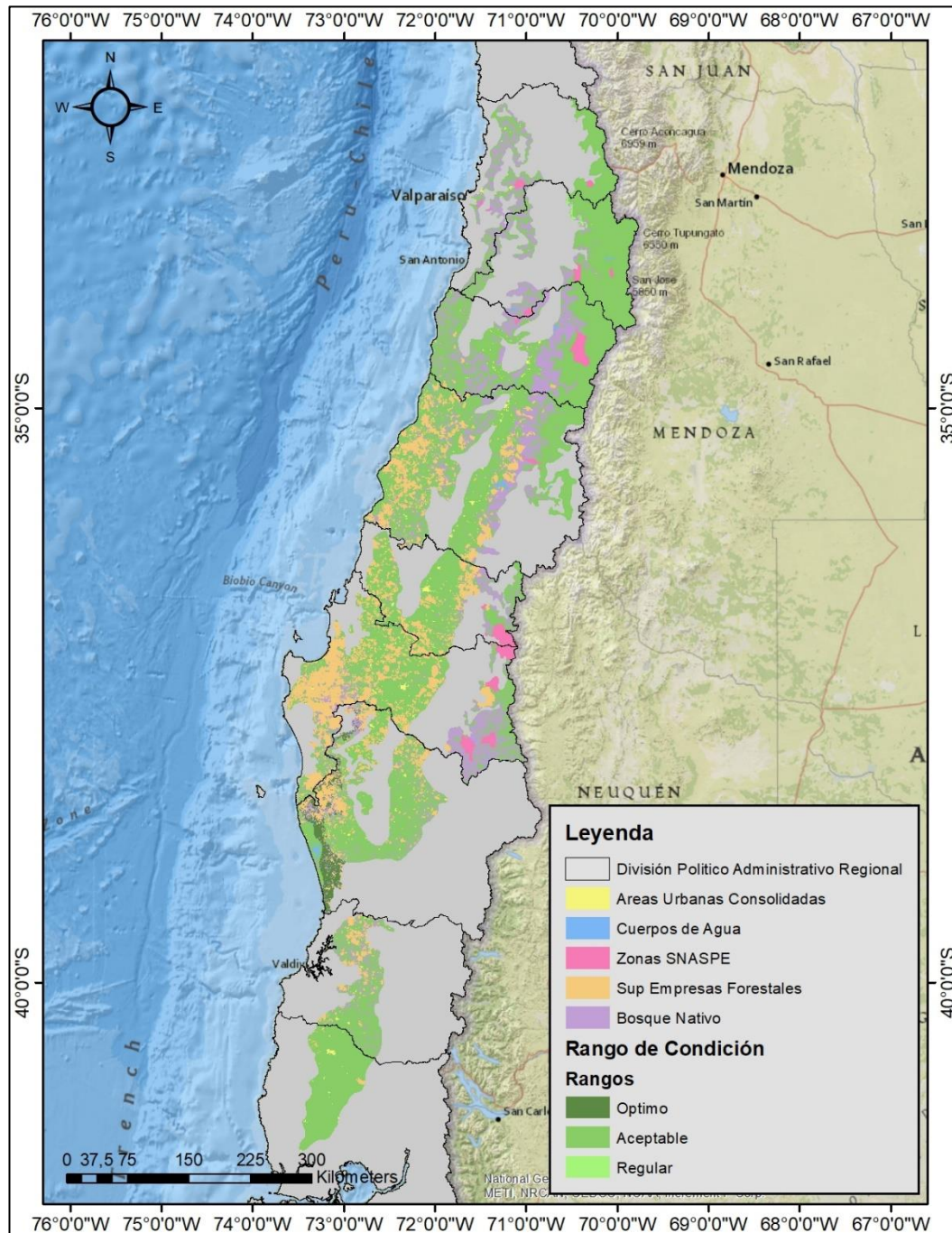


Figura 20. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus muricata* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 16 resume la superficie ajustada en cada región, resultando en una reducción de 2.210.210,7 hectáreas de la cobertura potencial original, lo que deja un total de 7.037.266,3 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus muricata*. Este resultado subraya la necesidad de una planificación forestal cuidadosa que proteja los ecosistemas naturales y las áreas protegidas al introducir y gestionar especies forestales no nativas.

Tabla 16. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus muricata*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	588.842,5	206.761,5	382.081,0	5,4%
Metropolitana de Santiago	881.032,3	193.112,9	687.919,4	9,8%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.323.842,9	447.707,5	876.135,5	12,4%
Maule	2.040.764,7	459.131,5	1.581.633,3	22,5%
Ñuble	839.208,1	153.984,7	685.223,4	9,7%
Biobío	1.577.706,1	450.567,1	1.127.138,9	16,0%
La Araucanía	1.144.439,9	193.864,2	950.575,7	13,5%
Los Ríos	431.507,8	101.049,4	330.458,4	4,7%
Los Lagos	420.132,6	4.031,8	416.100,8	5,9%
Total (ha)	9.247.477,0	2.210.210,7	7.037.266,3	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus muricata*, el análisis de las zonas de valor agregado para empresas forestales indica que hay un considerable potencial para la introducción de esta especie en terrenos forestales empresariales, con un total de 1.401.561,1 ha, lo que representa el 19,9% de la cobertura potencial total.

La Región del Maule destaca significativamente con 393.186,2 ha, correspondientes al 5,6% de la cobertura potencial total, lo que sugiere que esta región podría ser una de las más adecuadas para la diversificación mediante la introducción de *Pinus muricata*. Esto es especialmente relevante si consideramos que la región ya posee una infraestructura y experiencia en el manejo forestal que podría facilitar la integración de nuevas especies.

Tabla 17. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus muricata* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	9.838,8	0,1%
Maule	393.186,2	5,6%

Ñuble	174.548,4	2,5%
Biobío	522.345,6	7,4%
La Araucanía	232.080,3	3,3%
Los Ríos	63.076,8	0,9%
Los Lagos	6.485,0	0,1%
Total (ha)	1.401.561,1	19,9%

5.3.7. Distribución potencial de *Pinus patula*

Distribución Potencial de la Especie

La Región de La Araucanía y la Región de Los Lagos se destacan por tener las mayores áreas con condiciones óptimas, lo que sugiere un clima y suelo particularmente propicios para el desarrollo de la especie en estas zonas.

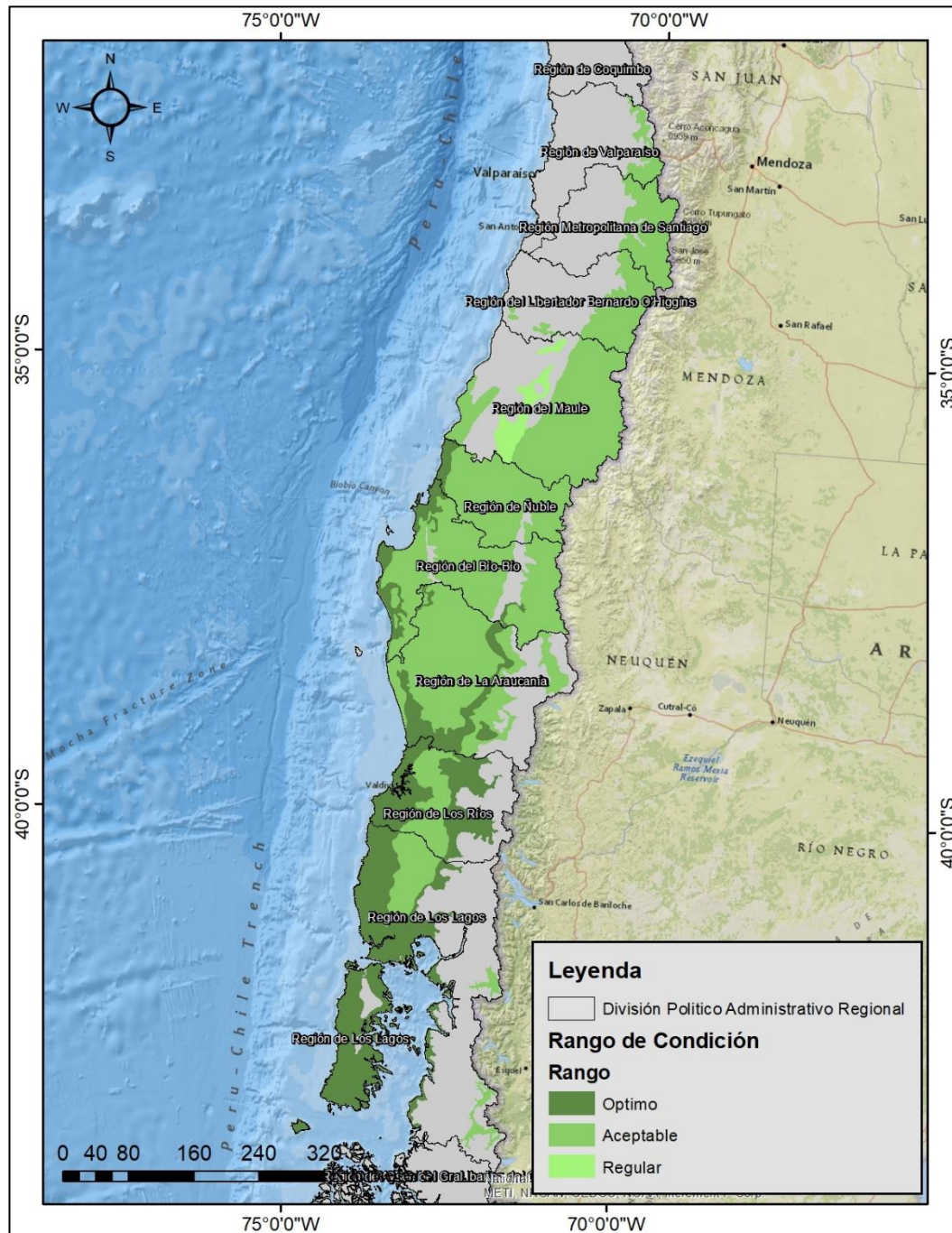


Figura 21. Distribución potencial de *Pinus patula* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 18 adjunta detalla las superficies por condición de establecimiento para *Pinus patula*, mostrando que la Región de La Araucanía presenta la mayor superficie bajo condiciones óptimas con 486.331,5 hectáreas, seguida por la Región de Los Lagos con 1.839.054,2 hectáreas. La Región del Biobío también contribuye significativamente con 286.163,7 hectáreas en condiciones óptimas. En total, se estima una cobertura potencial de 3.533.747,1 hectáreas en condiciones óptimas a nivel nacional, lo que representa una oportunidad considerable para la expansión de esta especie en Chile, totalizando un área de 12.951.600,7 hectáreas cuando se consideran todas las categorías de idoneidad.

Tabla 18. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus patula*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	190.460,5	0,0	190.460,5	1,5%
Metropolitana de Santiago	0,0	592.804,9	0,0	592.804,9	4,6%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	589.960,1	395,6	590.355,8	4,6%
Maule	1.023,7	1.739.137,2	281.452,2	2.021.613,0	15,6%
Nuble	74.659,3	1.189.992,2	40,5	1.264.692,0	9,8%

Biobío	286.163,7	1.879.798,3	0,0	2.165.962,0	16,7%
La Araucanía	486.331,5	1.960.211,1	0,0	2.446.542,6	18,9%
Los Ríos	846.514,7	432.304,2	0,0	1.278.818,9	9,9%
Los Lagos	1.839.054,2	561.296,7	0,0	2.400.350,9	18,5%
Total (ha)	3.533.747,1	9.135.965,2	281.888,3	12.951.600,7	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos emerge como la región con la mayor superficie final adecuada, representando el 23,0% del total después de los ajustes. La Región de La Araucanía también retiene una proporción significativa de cobertura potencial con el 17,8%, seguida por la Región del Maule con el 15,6%.

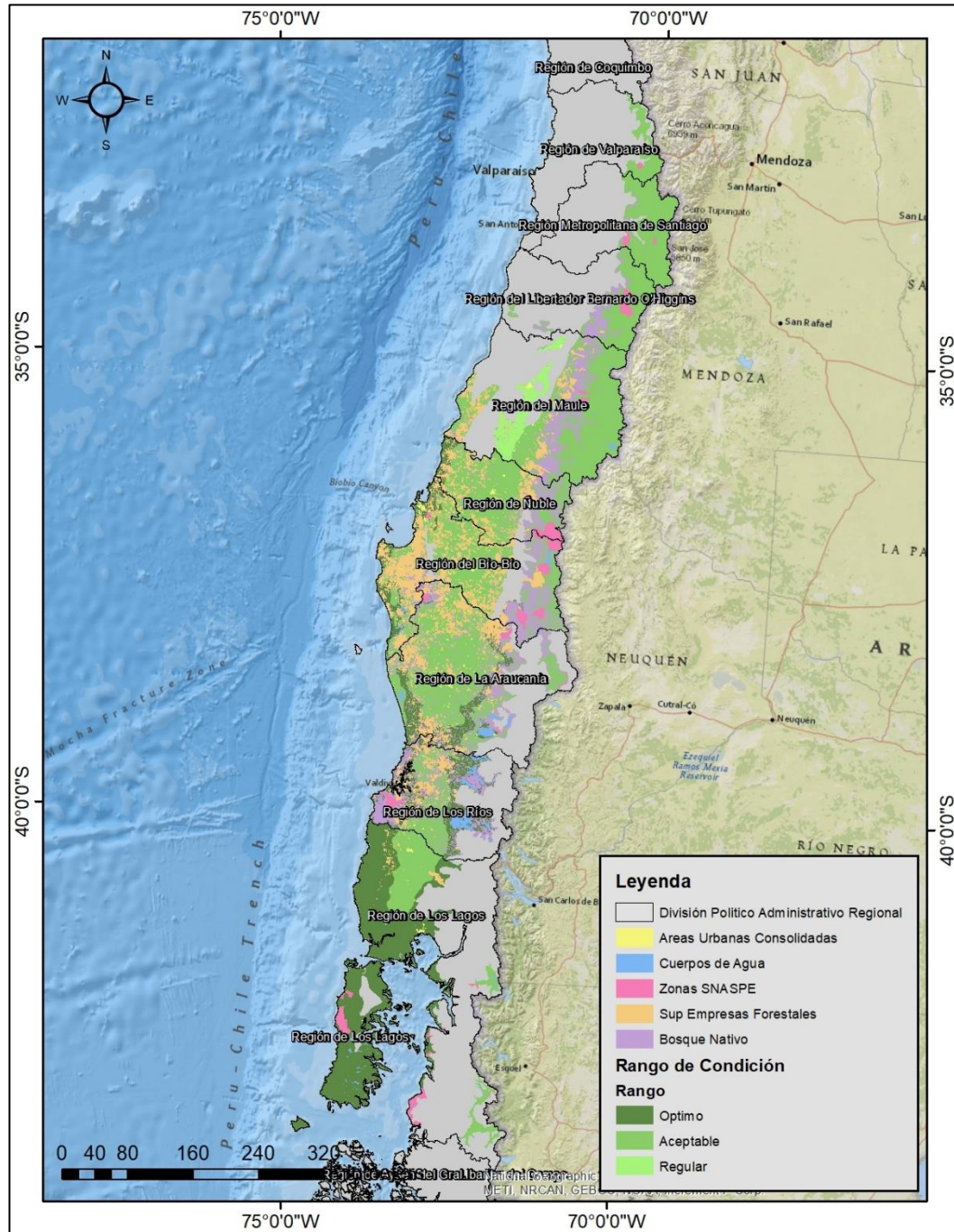


Figura 22. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus patula* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 19 proporciona un desglose detallado de las áreas ajustadas por región, mostrando una reducción de 3.006.458,3 hectáreas de la cobertura potencial inicial, dejando un área final de 9.945.142,4 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus patula*.

Tabla 19. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus patula*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	190.460,5	4.437,9	186.022,6	1,9%
Metropolitana de Santiago	592.804,9	35.640,8	557.164,1	5,6%
Libertador General Bernardo O'Higgins	590.355,8	172.250,0	418.105,8	4,2%
Maule	2.021.613,0	472.742,6	1.548.870,5	15,6%
Ñuble	1.264.692,0	279.815,4	984.876,6	9,9%
Biobío	2.165.962,0	636.317,3	1.529.644,7	15,4%
La Araucanía	2.446.542,6	674.510,8	1.772.031,8	17,8%
Los Ríos	1.278.818,9	613.235,8	665.583,0	6,7%
Los Lagos	2.400.350,9	117.507,7	2.282.843,3	23,0%
Total (ha)	12.951.600,7	3.006.458,3	9.945.142,4	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus patula*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales muestra que existe un potencial significativo para la diversificación forestal en áreas actualmente bajo manejo empresarial. La cobertura potencial total en manos de empresas forestales para esta especie es de 1.862.153,4 ha, lo que constituye el 18,7% de la cobertura total.

En este contexto, la Región del Biobío se presenta como una zona prioritaria para el establecimiento de *Pinus patula*, con una superficie de empresas forestales de 696.460,9 ha, lo que representa el 7,0% de la cobertura total. Este dato subraya la relevancia de esta región en la industria forestal y su potencial para la introducción de nuevas especies.

Tabla 20. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus patula* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.733,3	0,0%
Maule	200.920,3	2,0%
Ñuble	250.645,7	2,5%
Biobío	696.460,9	7,0%

La Araucanía	479.683,3	4,8%
Los Ríos	199.660,9	2,0%
Los Lagos	33.049,1	0,3%
Total (ha)	1.862.153,4	18,7%

5.3.8. Distribución potencial de *Pinus pinaster*

Distribución Potencial de la Especie

Se observa que la Región del Maule presenta la mayor extensión de área óptima, seguida por la Región Metropolitana de Santiago y la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, ambas con amplias zonas de condiciones aceptables.

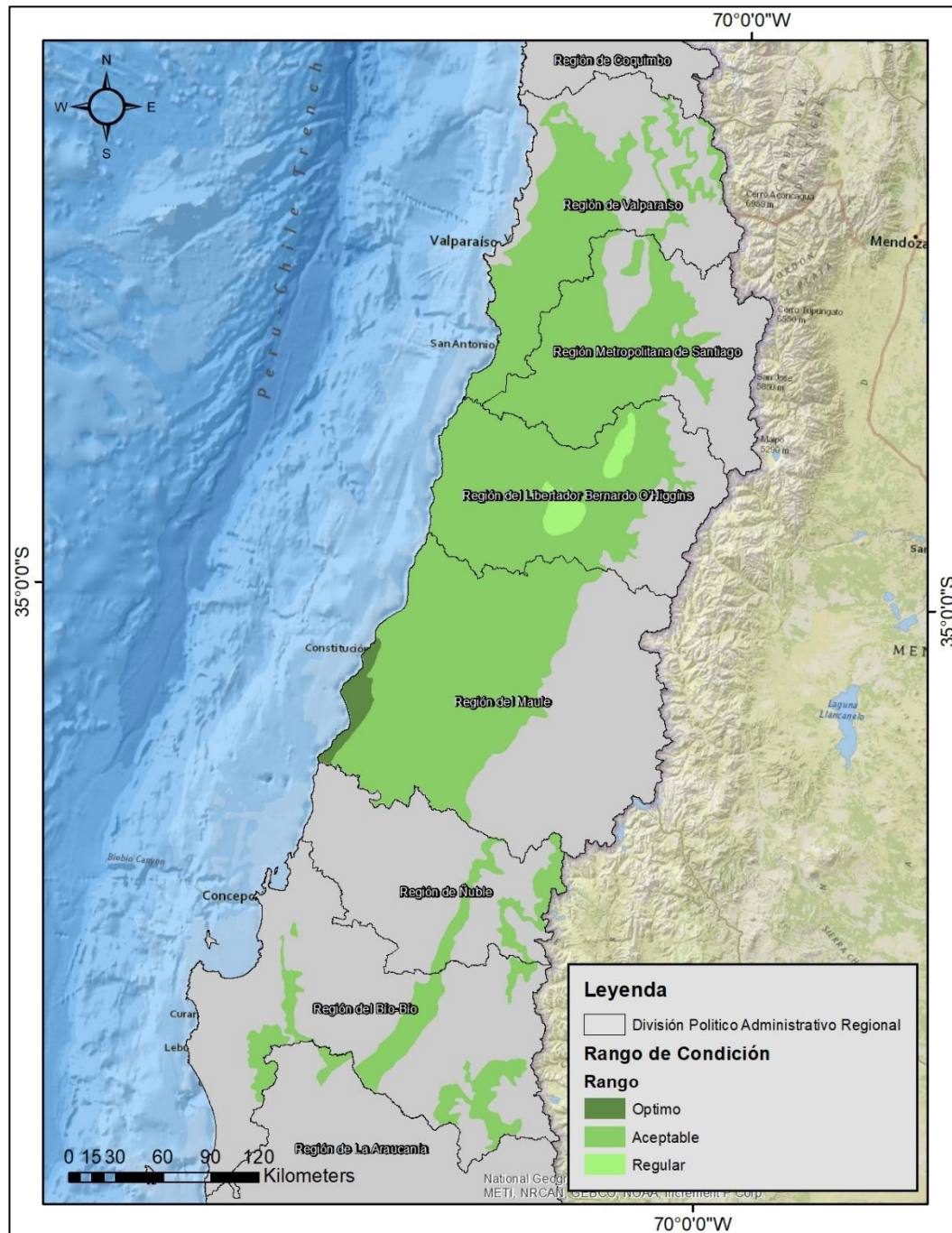


Figura 23. Distribución potencial de *Pinus pinaster* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 21 de distribución de *Pinus pinaster* revela que la mayor proporción de su cobertura potencial está en la Región del Maule, con un 31,9% del total nacional en condiciones óptimas para el establecimiento de la especie. La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins también presenta una cobertura significativa, con un 23,6% en condiciones aceptables. En total, se estima una superficie de 80.210,4 hectáreas en condiciones óptimas y 5.074.250,1 hectáreas en condiciones aceptables, acumulando una cobertura potencial de 5.253.785,5 hectáreas a lo largo de Chile, lo que indica un amplio rango de adaptabilidad de *Pinus pinaster* en el país.

Tabla 21. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus pinaster*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	845.602,1	0,0	845.602,1	16,1%
Metropolitana de Santiago	0,0	905.686,0	0,0	905.686,0	17,2%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	1.140.032,8	99.325,0	1.239.357,9	23,6%
Maule	80.209,5	1.597.650,1	0,0	1.677.859,7	31,9%
Ñuble	0,9	167.379,7	0,0	167.380,6	3,2%
Biobío	0,0	393.668,9	0,0	393.668,9	7,5%

La Araucanía	0,0	24.230,3	0,0	24.230,3	0,5%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	80.210,4	5.074.250,1	99.325,1	5.253.785,5	100,0%

Ajuste de Superficie Total

Después del ajuste, la Región del Maule emerge como la zona con la mayor cobertura potencial, constituyendo el 40,6% del total ajustado. La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins también conserva una considerable superficie adecuada con el 21,7% del total. Estas regiones se presentan como las más favorables para el desarrollo de *Pinus pinaster*, considerando las restricciones ambientales y de uso del suelo.

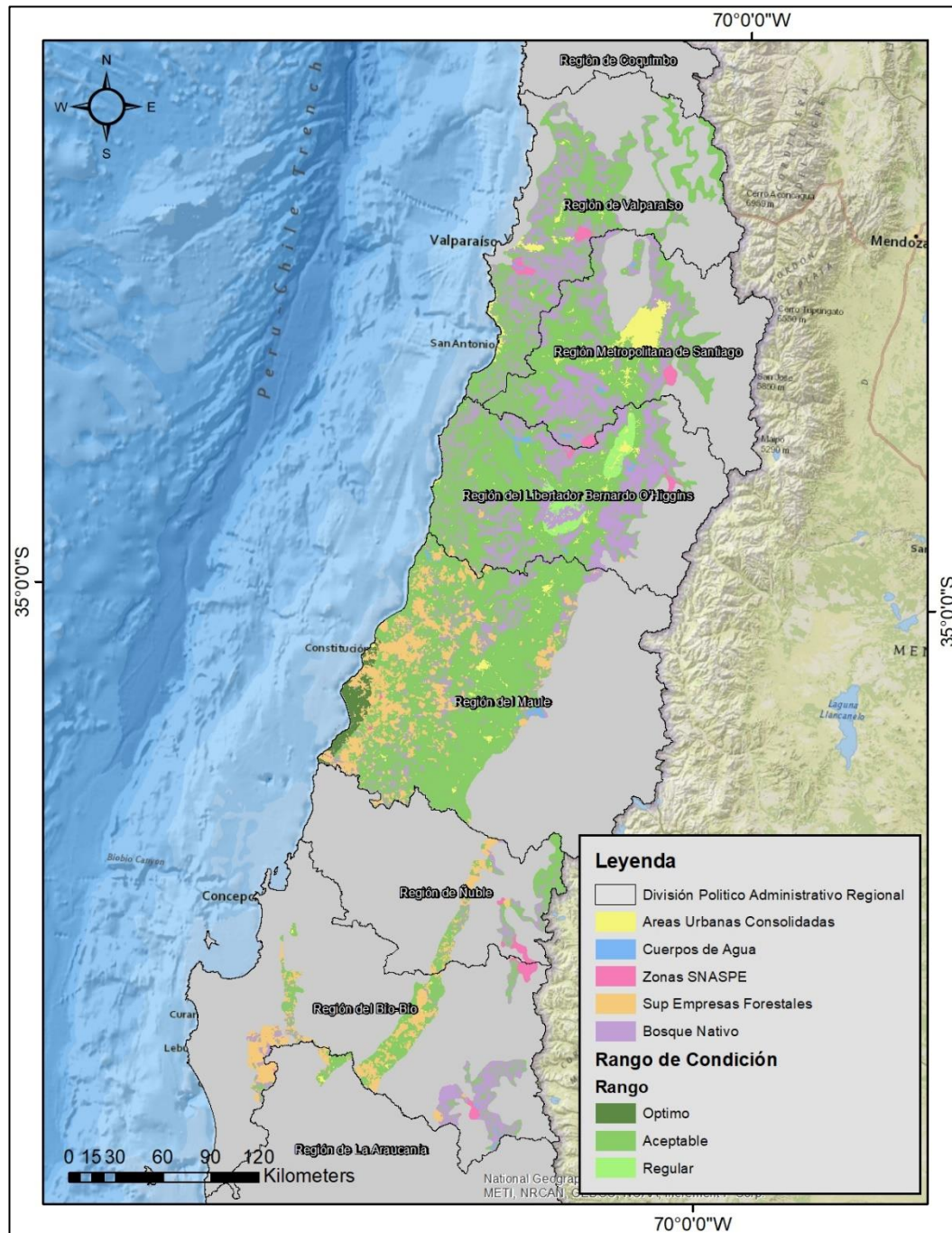


Figura 24. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus pinaster* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 22 resume la superficie ajustada por región, mostrando una disminución significativa de la cobertura potencial original, con una reducción total de 1.735.091,4 hectáreas, dejando un área final de 3.518.694,1 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus pinaster*. Esta área representa las superficies remanentes que cumplen con los criterios de conservación para la introducción de especies exóticas en Chile, subrayando la necesidad de una gestión forestal cuidadosa que equilibre la producción con la preservación de los ecosistemas nativos y las áreas protegidas.

Tabla 22. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus pinaster*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	845.602,1	342.129,2	503.472,9	14,3%
Metropolitana de Santiago	905.686,0	425.138,2	480.547,8	13,7%
Libertador General Bernardo O'Higgins	1.239.357,9	474.663,4	764.694,5	21,7%
Maule	1.677.859,7	248.181,9	1.429.677,7	40,6%
Ñuble	167.380,6	58.557,3	108.823,3	3,1%
Biobío	393.668,9	182.578,0	211.090,9	6,0%
La Araucanía	24.230,3	3.843,3	20.387,0	0,6%
Los Ríos	0,0	0,0	0,0	0,0%

Los Lagos	0,0	0,0	0,0	0,0%
Total (ha)	5.253.785,5	1.735.091,4	3.518.694,1	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus pinaster*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales en Chile señala que hay una superficie total de 495.467,6 ha en propiedad de estas empresas, lo que representa el 14,1% del potencial de cobertura forestal para esta especie.

La Región del Maule sobresale con 328.116,9 ha de superficie forestal empresarial, correspondiente al 9,3% del total, indicando un espacio significativo para el cultivo de *Pinus pinaster*. Esta región ofrece una oportunidad estratégica para la expansión y la diversificación de especies dentro del sector forestal, potencialmente aumentando la resiliencia económica y ecológica de la zona.

Tabla 23. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus pinaster* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,7	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	9.163,0	0,3%

Maule	328.116,9	9,3%
Ñuble	32.048,1	0,9%
Biobío	118.825,2	3,4%
La Araucanía	7.313,7	0,2%
Los Ríos	0,0	0,0%
Los Lagos	0,0	0,0%
Total (ha)	495.467,6	14,1%

5.3.9. Distribución potencial de *Pinus pseudostrobus*

Distribución Potencial de la Especie

Se destaca la presencia de zonas óptimas en la Región de La Araucanía, la Región de Los Lagos y la Región del Biobío, lo que sugiere que estas áreas podrían ser especialmente adecuadas para la silvicultura de esta especie.

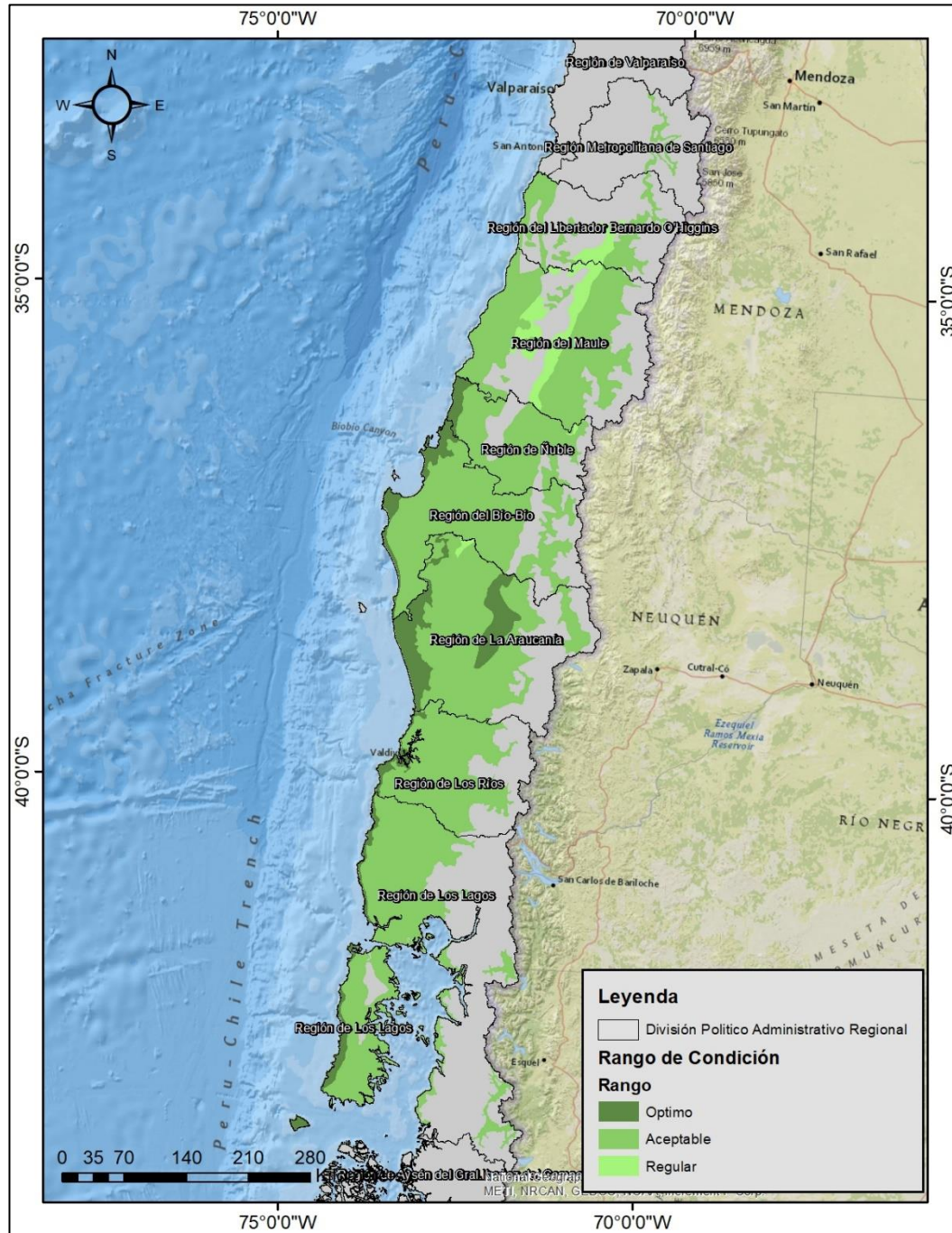


Figura 25. Distribución potencial de *Pinus pseudostrobus* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 24 detalla la distribución de las superficies adecuadas para el establecimiento de *Pinus pseudostrobus* en Chile. La Región de Los Lagos y la Región de La Araucanía tienen las áreas más extensas con condiciones óptimas, representando el 20,7% y el 21,0% del total nacional, respectivamente. La Región del Biobío también contribuye de manera significativa con un 16,4% en condiciones óptimas. En conjunto, estas regiones ofrecen un entorno favorable para la diversificación de especies forestales y el desarrollo de la silvicultura con un total de 1.013.273,4 hectáreas en condiciones óptimas y una cobertura potencial general de 11.623.394,9 hectáreas cuando se incluyen todas las categorías de idoneidad.

Tabla 24. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus pseudostrobus*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Óptimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	719,0	0,0	719,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	84.985,5	0,0	84.985,5	0,7%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	435.982,7	106.777,5	542.760,2	4,7%
Maule	1.023,7	1.605.316,5	382.814,1	1.989.154,3	17,1%

Ñuble	74.659,3	889.489,5	6.783,3	970.932,1	8,4%
Biobío	175.989,9	1.732.421,3	986,6	1.909.397,8	16,4%
La Araucanía	534.447,6	1.892.599,9	19.228,7	2.446.276,3	21,0%
Los Ríos	66.823,8	1.211.995,1	0,0	1.278.818,9	11,0%
Los Lagos	160.329,1	2.240.021,9	0,0	2.400.350,9	20,7%
Total (ha)	1.013.273,4	10.093.531,3	516.590,2	11.623.394,9	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos destaca como la región con el mayor porcentaje de superficie adecuada restante, con un 26,1% del total ajustado. La Región de La Araucanía también presenta una cantidad significativa de cobertura potencial con el 20,2%, seguida por la Región del Biobío con el 16,5% y la Región del Maule con el 16,3%. Estas regiones podrían ofrecer condiciones favorables para el cultivo de *Pinus pseudostrobus*, teniendo en cuenta los factores ecológicos y de uso de la tierra.

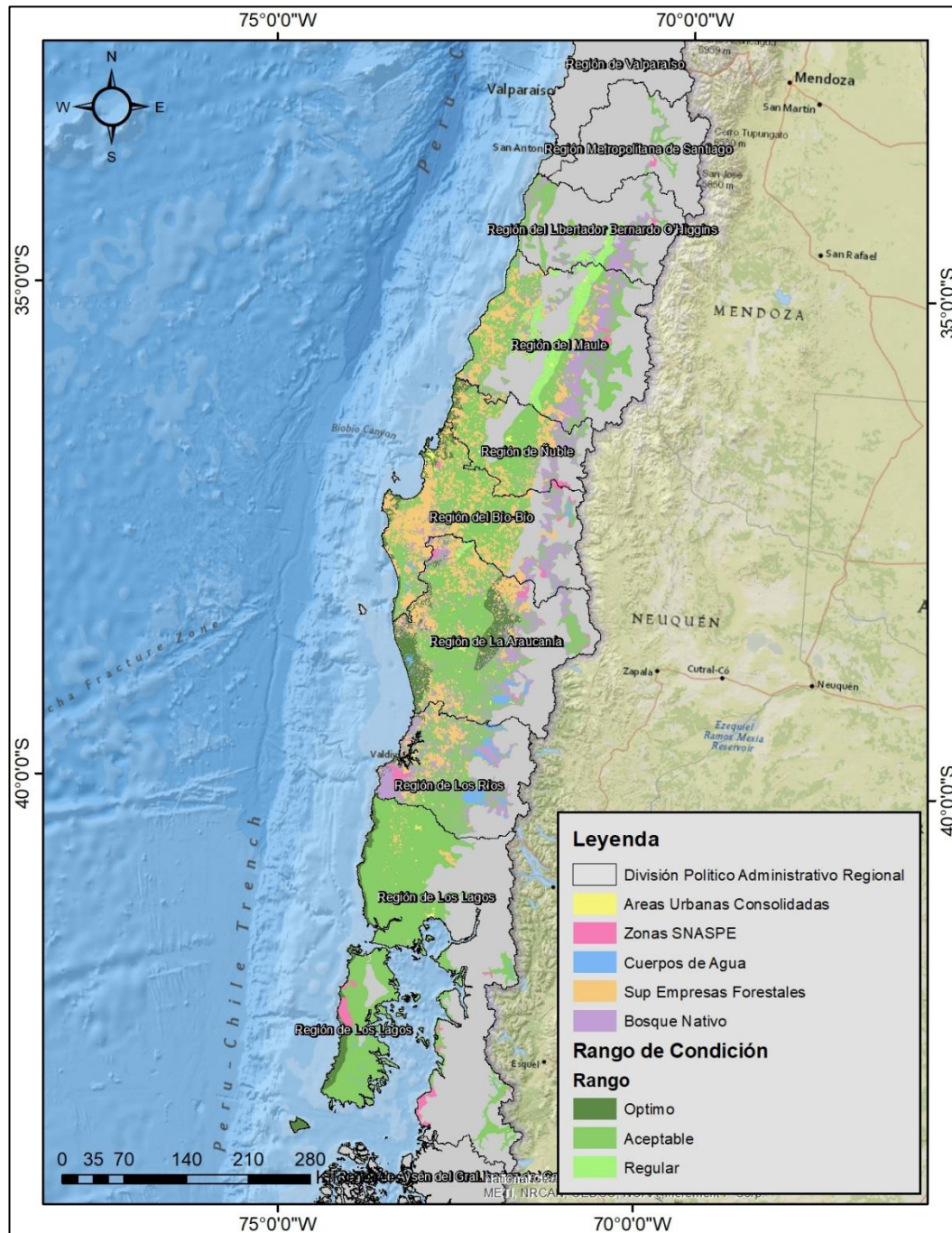


Figura 26. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus pseudostrobus* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 25 detalla la superficie ajustada por región, resultando en una reducción total de 2.867.421,0 hectáreas de la cobertura potencial original, lo que deja un área final de 8.755.974,0 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus pseudostrobus*. Este resultado subraya la importancia de la planificación forestal cuidadosa y de la conservación de ecosistemas naturales al introducir especies no nativas, para asegurar que la expansión forestal sea sostenible y no comprometa los ecosistemas nativos y las áreas protegidas.

Tabla 25. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus pseudostrobus*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	719,0	132,6	586,4	0,0%
Metropolitana de Santiago	84.985,5	24.748,7	60.236,9	0,7%
Libertador General Bernardo O'Higgins	542.760,2	213.203,0	329.557,1	3,8%
Maule	1.989.154,3	559.190,9	1.429.963,4	16,3%
Ñuble	970.932,1	204.859,9	766.072,1	8,7%
Biobío	1.909.397,8	460.353,8	1.449.043,9	16,5%
La Araucanía	2.446.276,3	674.188,6	1.772.087,7	20,2%
Los Ríos	1.278.818,9	613.235,9	665.583,0	7,6%
Los Lagos	2.400.350,9	117.507,6	2.282.843,3	26,1%

Total (ha)	11.623.394,9	2.867.421,0	8.755.974,0	100%
------------	--------------	-------------	-------------	------

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus pseudostrobus*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales en Chile indica que existe una superficie total de 2.024.122,8 ha en propiedad de estas empresas, lo que corresponde al 23,1% del potencial de cobertura forestal para esta especie.

La Región del Maule es la más destacada en términos de superficie forestal empresarial, con 378.151,5 ha que representan el 4,3% del total de cobertura potencial. Esta área sugiere que la Región del Maule es una zona prioritaria para el desarrollo y establecimiento de *Pinus pseudostrobus*, ofreciendo posibilidades para la diversificación y el mejoramiento de la productividad forestal.

Tabla 26. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus pseudostrobus* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	4.396,5	0,1%
Maule	378.151,5	4,3%

Ñuble	237.694,5	2,7%
Biobío	691.522,4	7,9%
La Araucanía	479.648,0	5,5%
Los Ríos	199.660,9	2,3%
Los Lagos	33.049,1	0,4%
Total (ha)	2.024.122,8	23,1%

5.3.10. Distribución potencial de *Pinus taeda*

Distribución Potencial de la Especie

Se observa una distribución amplia y favorable en las regiones del sur, incluyendo La Araucanía y Los Lagos, lo que sugiere un gran potencial para el cultivo y manejo forestal de esta especie en estas zonas climáticamente propicias.

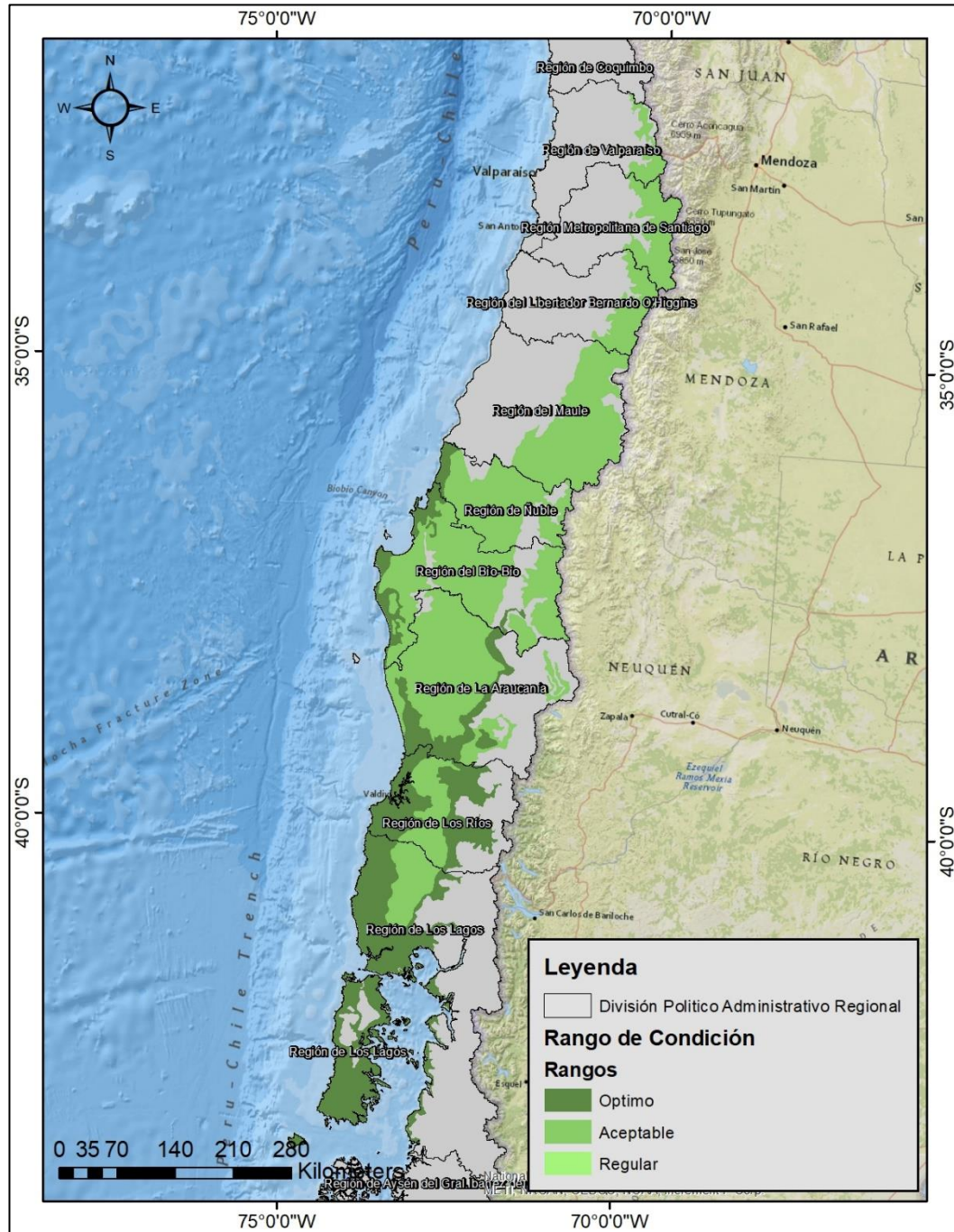


Figura 27. Distribución potencial de *Pinus taeda* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 27 refleja que la Región de Los Lagos y la Región de La Araucanía poseen las mayores áreas con condiciones óptimas para el establecimiento de *Pinus taeda*, representando el 19,6% y 19,3% del potencial de cobertura total, respectivamente. La Región del Biobío también muestra una contribución importante con un 18,3% en condiciones óptimas. En total, se contabiliza una superficie de 3.446.002,1 hectáreas en condiciones óptimas y 7.744.709,5 hectáreas en condiciones aceptables a nivel nacional, lo que se traduce en un área potencial de 11.190.711,6 hectáreas para la especie, destacando la viabilidad de *Pinus taeda* para programas de reforestación y desarrollo forestal en el país.

Tabla 27. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus taeda*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	190.236,4	0,0	190.236,4	1,7%
Metropolitana de Santiago	0,0	508.408,9	0,0	508.408,9	4,5%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	397.575,5	0,0	397.575,5	3,6%
Maule	1.023,7	1.334.013,8	0,0	1.335.037,5	11,9%
Nuble	74.659,3	1.001.098,1	0,0	1.075.757,4	9,6%

Biobío	285.643,4	1.760.874,9	0,0	2.046.518,3	18,3%
La Araucanía	464.645,3	1.700.065,2	0,0	2.164.710,5	19,3%
Los Ríos	846.514,7	432.304,2	0,0	1.278.818,9	11,4%
Los Lagos	1.773.515,7	420.132,6	0,0	2.193.648,4	19,6%
Total (ha)	3.446.002,1	7.744.709,5	0,0	11.190.711,6	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos sobresale con la mayor superficie apta restante, con un 23,8% del total ajustado, lo que sugiere que esta región posee condiciones y espacio disponibles favorables para el establecimiento de *Pinus taeda*. La Región de La Araucanía también muestra una cobertura significativa con un 19,0% del total ajustado, seguida de cerca por la Región del Biobío con un 17,2%.

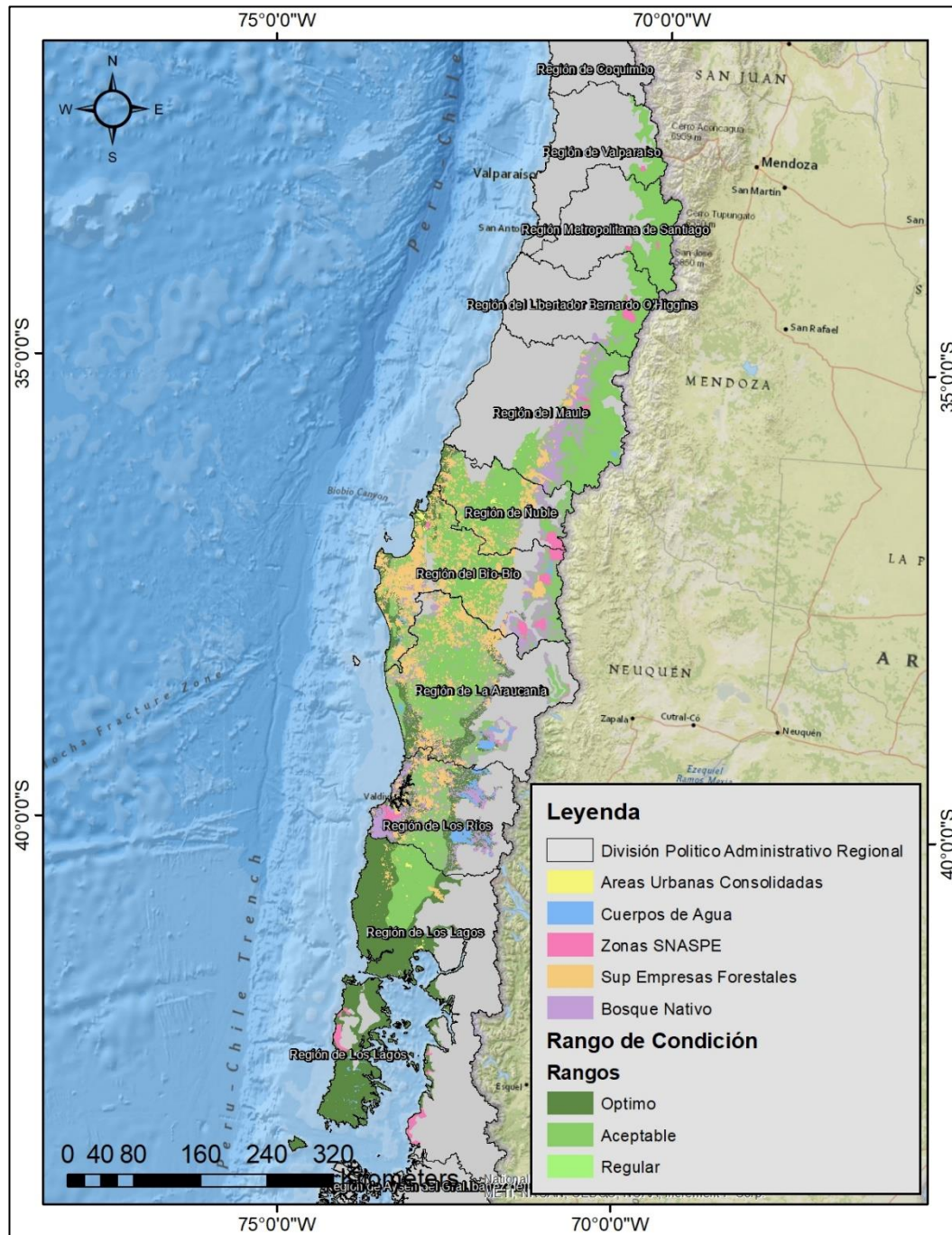


Figura 28. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus taeda* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 28 adjunta detalla la superficie ajustada por región, indicando una reducción de 2.376.079,8 hectáreas de la cobertura potencial inicial, dejando un área final de 8.814.631,8 hectáreas aptas para el establecimiento de *Pinus taeda*. Este resultado destaca la importancia de considerar los requisitos de conservación y sostenibilidad en la planificación forestal al introducir especies no nativas, asegurando que la expansión de la forestación sea responsable y no comprometa los valiosos ecosistemas nativos y las áreas protegidas.

Tabla 28. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus taeda*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	190.236,4	4.437,9	185.798,5	2,1%
Metropolitana de Santiago	508.408,9	11.109,4	497.299,5	5,6%
Libertador General Bernardo O'Higgins	397.575,5	57.753,1	339.822,4	3,9%
Maule	1.335.037,5	391.488,7	943.548,8	10,7%
Ñuble	1.075.757,4	172.399,8	903.357,5	10,2%
Biobío	2.046.518,3	534.381,9	1.512.136,4	17,2%
La Araucanía	2.164.710,5	492.476,1	1.672.234,4	19,0%
Los Ríos	1.278.818,9	613.235,9	665.583,0	7,6%
Los Lagos	2.193.648,4	98.797,1	2.094.851,3	23,8%

Total (ha)	11.190.711,6	2.376.079,8	8.814.631,8	100%
------------	--------------	-------------	-------------	------

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus taeda*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales en Chile muestra una superficie total de 1.659.669,9 ha en propiedad de estas empresas, lo que constituye el 18,8% del total de cobertura potencial para la especie.

En este contexto, la Región del Biobío sobresale con una extensa área de 680.326,4 ha, equivalente al 7,7% del total de cobertura potencial, lo que señala un área significativa para la inversión y el desarrollo de proyectos forestales.

La Región de La Araucanía también representa un área importante con 440.105,7 ha, que constituyen el 5,0% del potencial total, enfatizando su relevancia en el sector forestal y la posibilidad de diversificar la producción con esta especie de pino.

Tabla 29. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus taeda* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Región de Valparaíso	0,0	0,0%
Región Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%

Libertador General Bernardo O'Higgins	679,5	0,0%
Maule	86.417,9	1,0%
Ñuble	219.430,4	2,5%
Biobío	680.326,4	7,7%
La Araucanía	440.105,7	5,0%
Los Ríos	199.660,9	2,3%
Los Lagos	33.049,1	0,4%
Total (ha)	1.659.669,9	18,8%

5.3.11. Distribución potencial de *Pinus tecunumanii*

Distribución Potencial de la Especie

La presencia de la especie se proyecta principalmente en la Región de La Araucanía y la Región de Los Lagos, que juntas constituyen una proporción significativa del hábitat adecuado para *Pinus tecunumanii*, reflejando la compatibilidad de estas regiones con los requisitos ecológicos de la especie.

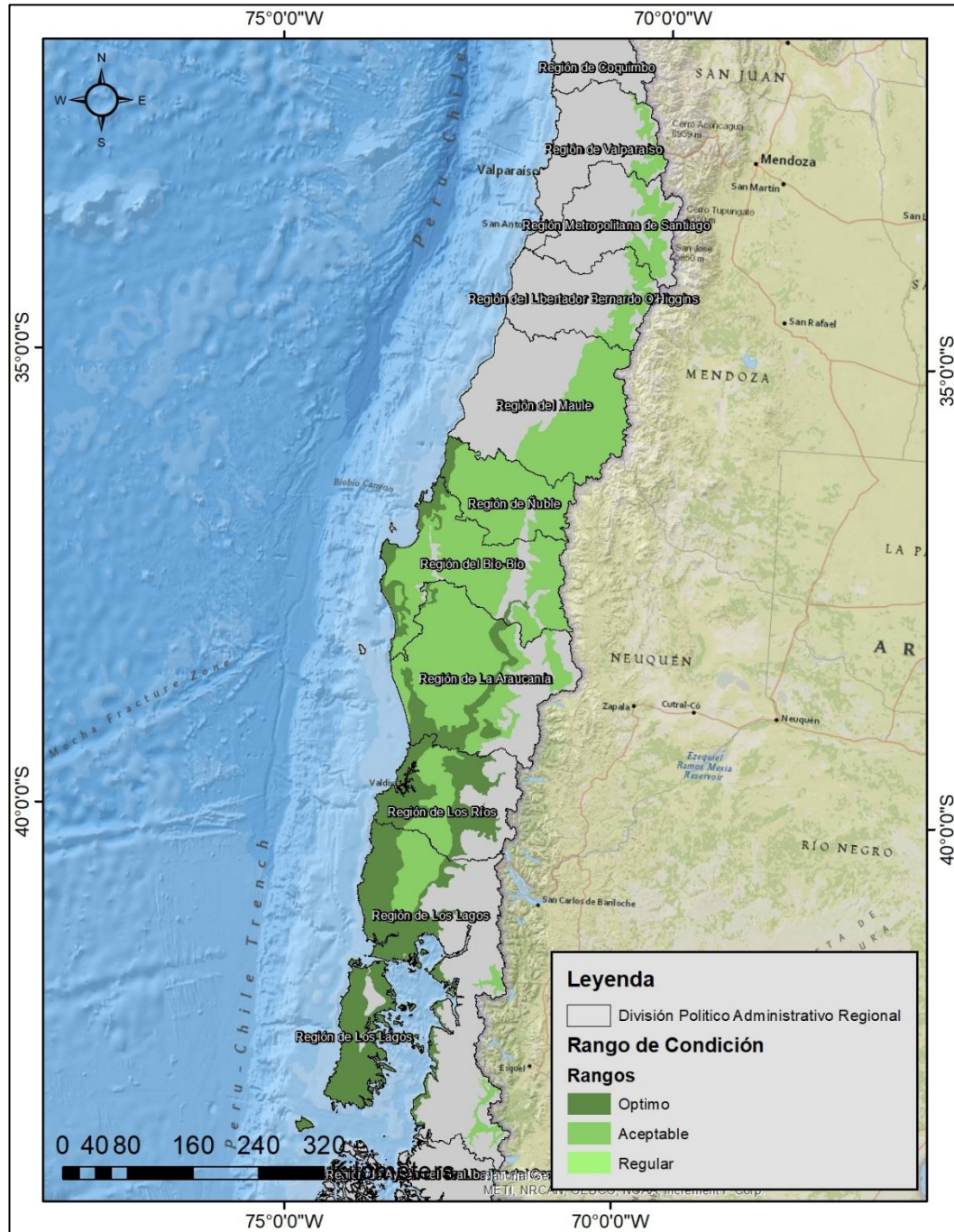


Figura 29. Distribución potencial de *Pinus tecunumanii* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

De acuerdo con la Tabla 30, *Pinus tecunumanii* tiene un potencial de establecimiento considerable en la Región de La Araucanía y la Región de Los Lagos, cada una con aproximadamente el 20% del total nacional en condiciones óptimas. La Región del Biobío también resalta con un 17,9% en condiciones óptimas. En total, la cobertura potencial óptima nacional para *Pinus tecunumanii* es de 3.533.747,1 hectáreas, con una cobertura potencial general de 11.713.267,3 hectáreas considerando todas las condiciones de idoneidad. Estos resultados subrayan la importancia de estas regiones para la conservación y manejo sostenible de *Pinus tecunumanii* en el contexto forestal chileno.

Tabla 30. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus tecunumanii*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Óptimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	169.613,3	0,0	169.613,3	1,4%
Metropolitana de Santiago	0,0	324.494,7	0,0	324.494,7	2,8%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	326.467,3	0,0	326.467,3	2,8%
Maule	1.023,7	1.411.244,7	0,0	1.412.268,4	12,1%
Ñuble	74.659,3	1.189.945,1	0,0	1.264.604,4	10,8%
Biobío	286.163,7	1.804.822,5	0,0	2.090.986,2	17,9%

La Araucanía	486.331,5	1.959.331,7	0,0	2.445.663,2	20,9%
Los Ríos	846.514,7	432.304,2	0,0	1.278.818,9	10,9%
Los Lagos	1.839.054,2	561.296,7	0,0	2.400.350,9	20,5%
Total (ha)	3.533.747,1	8.179.520,2	0,0	11.713.267,3	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos presenta la mayor superficie restante propicia para la especie, con un 25,4% del total ajustado, lo que indica que esta región podría ser una zona prioritaria para la plantación de *Pinus tecunumanii*. La Región de La Araucanía también mantiene una superficie considerable con el 19,7% del total ajustado, y la Región del Biobío le sigue con el 16,9%.

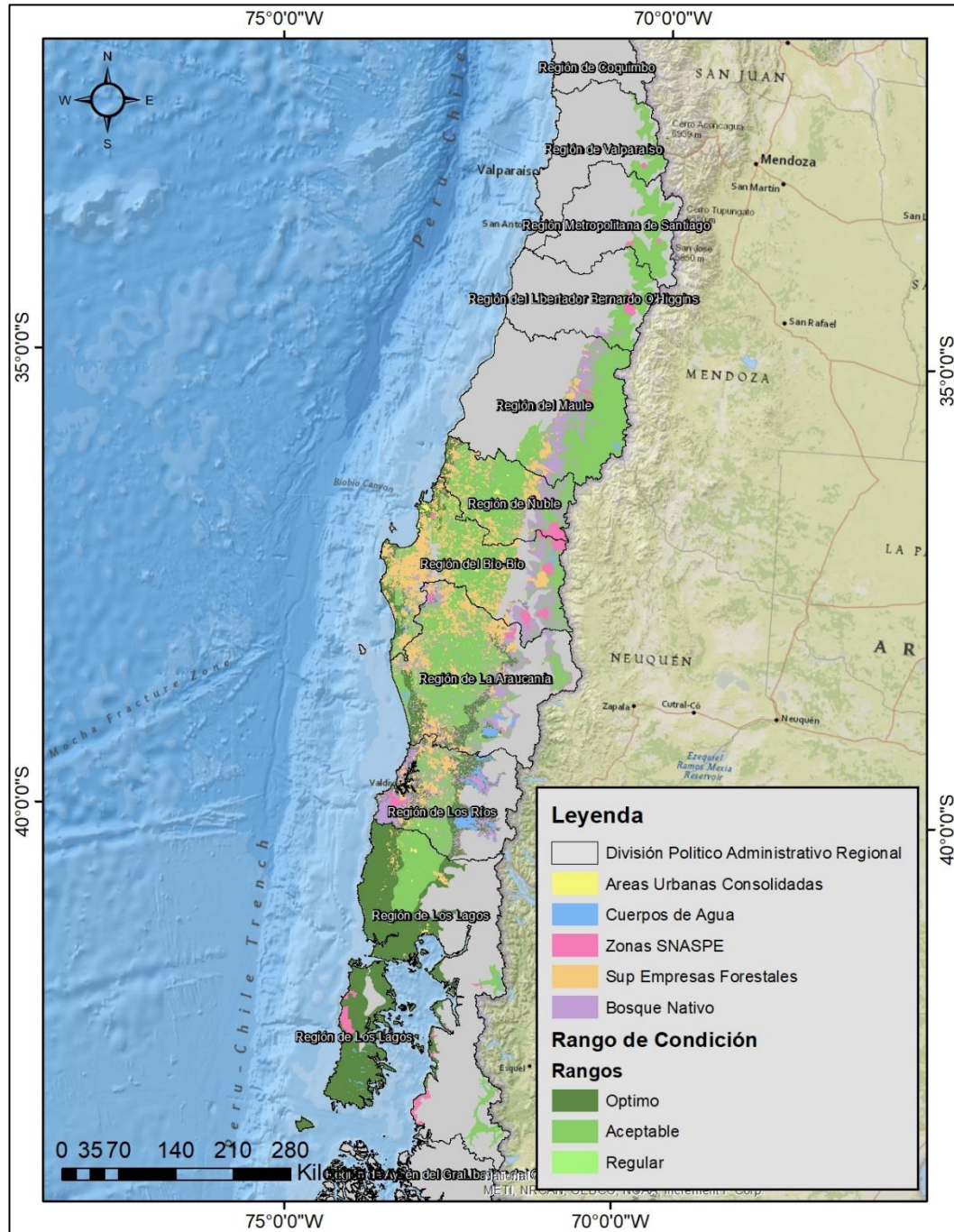


Figura 30. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus tecunumanii* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 31 resume las superficies ajustadas por región, revelando una reducción total de 2.720.974,4 hectáreas de la cobertura potencial inicial, resultando en un área final de 8.992.292,9 hectáreas disponibles para el establecimiento de *Pinus tecunumanii*. Esta área refleja las superficies que cumplen con los criterios de conservación para la introducción de especies exóticas en Chile, enfatizando la necesidad de una gestión forestal estratégica y sostenible que mitigue los impactos en los ecosistemas nativos y las áreas protegidas.

Tabla 31. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus tecunumanii*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	169.613,3	4.436,7	165.176,6	1,8%
Metropolitana de Santiago	324.494,7	10.799,8	313.694,8	3,5%
Libertador General Bernardo O'Higgins	326.467,3	55.160,9	271.306,4	3,0%
Maule	1.412.268,4	393.209,4	1.019.059,0	11,3%
Ñuble	1.264.604,4	279.788,9	984.815,6	11,0%
Biobío	2.090.986,2	573.222,5	1.517.763,7	16,9%
La Araucanía	2.445.663,2	673.612,7	1.772.050,5	19,7%
Los Ríos	1.278.818,9	613.235,9	665.583,0	7,4%

Los Lagos	2.400.350,9	117.507,6	2.282.843,3	25,4%
Total (ha)	11.713.267,3	2.720.974,4	8.992.292,9	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus tecunumanii*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales en Chile indica que existe un potencial de superficie de 1.732.029,9 ha en propiedad de empresas forestales, lo que representa el 19,3% del total de la cobertura potencial identificada para esta especie.

La Región del Biobío destaca por su relevante superficie forestal empresarial de 681.985,2 ha, lo que corresponde a un 7,6% del total de cobertura potencial. Esta región es clave para el desarrollo de proyectos forestales con *Pinus tecunumanii* debido a su significativa participación en la industria forestal del país.

En las Regiones de Los Ríos y Los Lagos, las áreas forestales empresariales son menos extensas, con 199.660,9 ha y 33.049,1 ha respectivamente, pero, aun así, ofrecen potencial para la plantación de esta especie, especialmente considerando la diversificación y mejora del valor agregado para las empresas del sector.

Las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago, así como la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, muestran una superficie empresarial

mínima para esta especie, lo que podría reflejar las preferencias actuales de cultivo o condiciones menos adecuadas para el desarrollo de *Pinus tecunumanii*.

Tabla 32. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus tecunumanii* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	679,5	0,0%
Maule	86.834,3	1,0%
Ñuble	250.627,4	2,8%
Biobío	681.985,2	7,6%
La Araucanía	479.193,7	5,3%
Los Ríos	199.660,9	2,2%
Los Lagos	33.049,1	0,4%
Total (ha)	1.732.029,9	19,3%

5.3.12. Distribución potencial de *Pinus teocote*

Distribución Potencial de la Especie

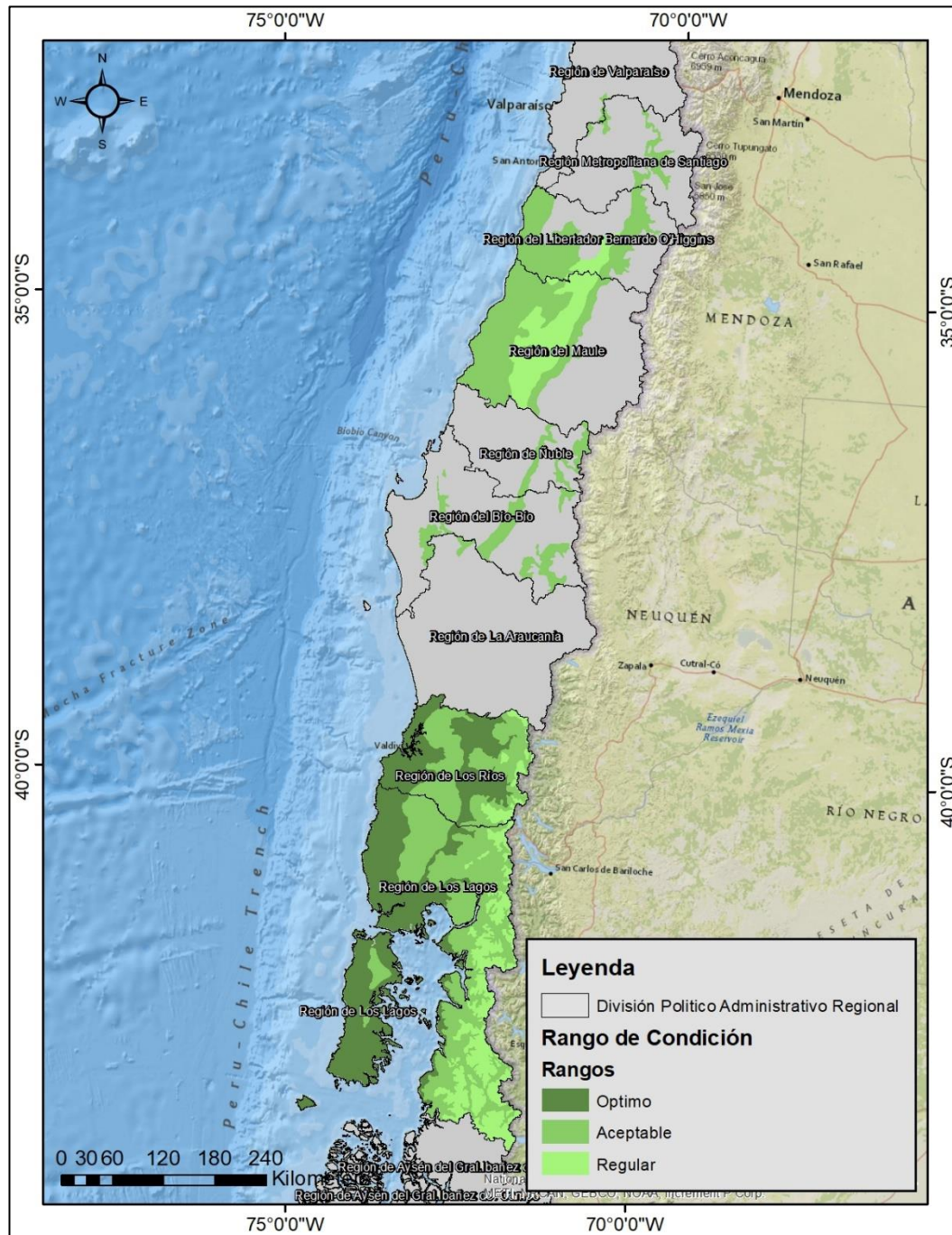


Figura 31. Distribución potencial de *Pinus teocote* en Chile, basada en parámetros climáticos. Las áreas resaltadas muestran regiones idóneas según temperatura y precipitación.

La Tabla 33 adjunta detalla la distribución de la superficie por condición de establecimiento para *Pinus teocote* a lo largo de varias regiones de Chile. La Región de Los Lagos domina el potencial de cobertura con el 48,4% del total en condiciones óptimas y aceptables. Le sigue la Región de Los Ríos con un 18,4% y la Región del Maule con un 17%. En conjunto, estas regiones ofrecen un vasto territorio adecuado para la silvicultura y la conservación de *Pinus teocote*, sumando un total de 9.849.456,1 hectáreas en todo el país, lo que resalta el amplio potencial para la expansión y manejo forestal de esta especie en Chile.

Tabla 33. Información de la superficie potencial de cobertura potencial total en ha y % por condición de establecimiento por región para la especie de *Pinus teocote*.

Regiones	Superficie por Condición de Establecimiento			Cobertura Potencial Total (ha)	Potencial Cobertura Total (%)
	Optimo (ha)	Aceptable (ha)	Regular (ha)		
Valparaíso	0,0	16.531,6	0,0	16.531,6	0,2%
Metropolitana de Santiago	0,0	138.960,4	0,0	138.960,4	1,4%
Libertador General Bernardo O'Higgins	0,0	731.088,2	107.173,1	838.261,3	8,5%
Maule	0,0	1.058.103,1	619.756,5	1.677.859,7	17,0%
Ñuble	0,0	167.340,1	40,5	167.380,6	1,7%
Biobío	0,0	393.668,9	0,0	393.668,9	4,0%
La Araucanía	4.344,2	25.600,5	1.362,4	31.307,1	0,3%

Los Ríos	846.229,4	840.538,9	129.375,5	1.816.143,8	18,4%
Los Lagos	1.839.054,2	2.013.227,6	917.060,8	4.769.342,6	48,4%
Total (ha)	2.689.627,8	5.385.059,3	1.774.769,0	9.849.456,1	100,0%

Ajuste de Superficie Total

La Región de Los Lagos resalta con la mayor área propicia para la especie después de los ajustes, constituyendo el 53,3% de la cobertura total ajustada. Esto sugiere que esta región puede ser un área de enfoque prioritario para la introducción de *Pinus teocote*. Por otro lado, la Región del Maule también presenta una proporción significativa de área ajustada (21,9%), seguida por la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins con el 7,7%.

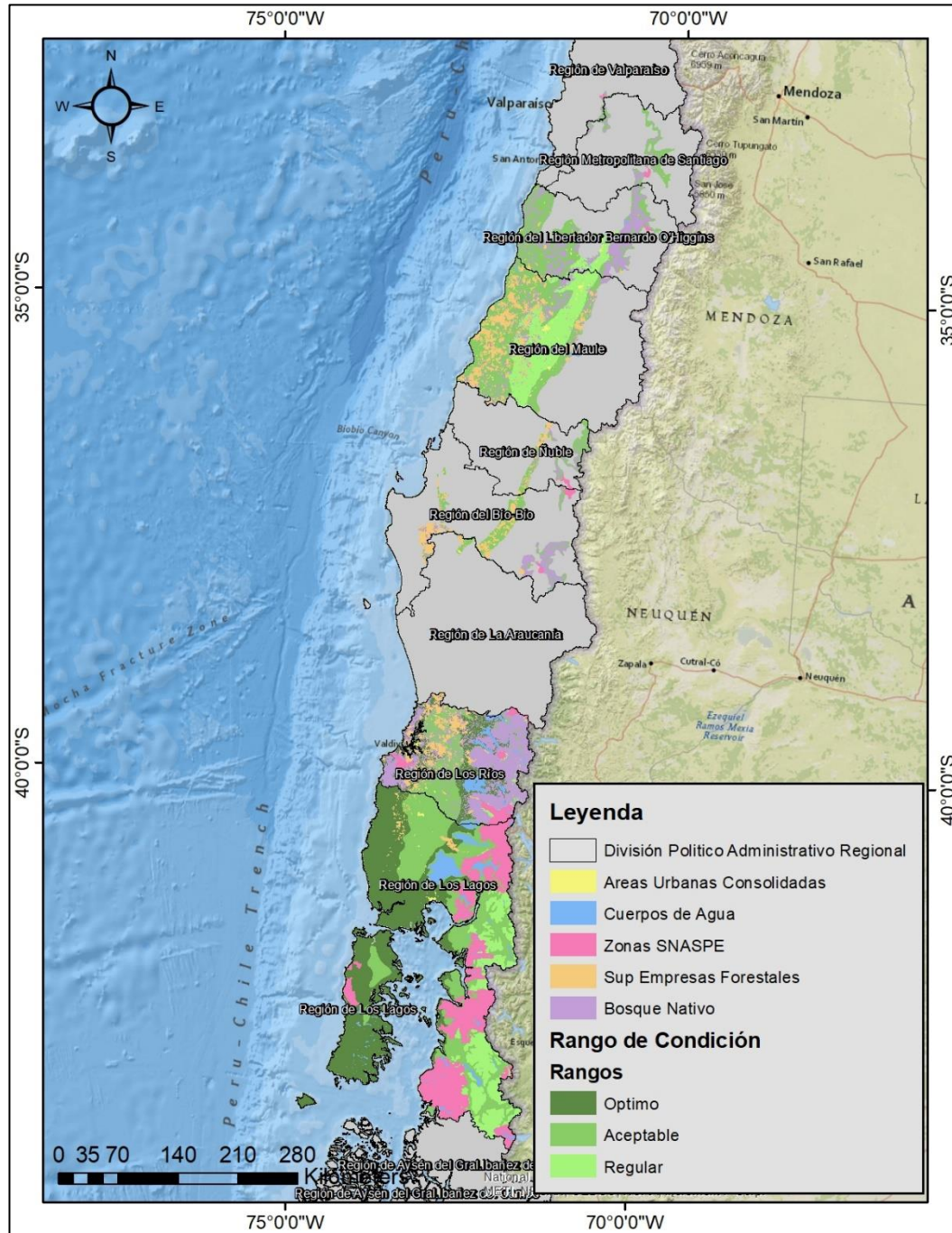


Figura 32. Mapa revisado de ubicaciones adecuadas para *Pinus teocote* en Chile, tras excluir áreas no aptas por razones de conservación, como zonas protegidas y ecosistemas sensibles.

La Tabla 34 proporciona un desglose detallado de la cobertura potencial inicial y la superficie descontada por región, con una reducción total significativa de 3.329.119,1 hectáreas de la cobertura potencial inicial, dejando un total ajustado de 6.520.337,0 hectáreas aptas para el establecimiento de *Pinus teocote*. Estos resultados subrayan la importancia de integrar consideraciones ecológicas en la gestión forestal para la conservación de ecosistemas nativos y áreas protegidas en el contexto de la introducción de especies exóticas en Chile.

Tabla 34. Información de potencial de Cobertura Total posterior a superficie descontada en ha y % por región para la especie de *Pinus teocote*.

Regiones	Cobertura Potencial Total (ha)	Superficie Descontada (ha)*	Cobertura Total (ha)	Cobertura Total (%)
Valparaíso	16.531,6	9.881,1	6.650,6	0,1%
Metropolitana de Santiago	138.960,4	50.252,9	88.707,5	1,4%
Libertador General Bernardo O'Higgins	838.261,3	337.698,0	500.563,3	7,7%
Maule	1.677.859,7	248.181,9	1.429.677,7	21,9%
Ñuble	167.380,6	58.557,3	108.823,3	1,7%
Biobío	393.668,9	182.578,0	211.090,9	3,2%
La Araucanía	31.307,1	11.160,0	20.147,1	0,3%
Los Ríos	1.816.143,8	1.139.523,6	676.620,2	10,4%
Los Lagos	4.769.342,6	1.291.286,2	3.478.056,4	53,3%
Total (ha)	9.849.456,1	3.329.119,1	6.520.337,0	100%

*Superficie descontada de la Cobertura Potencial Total - Bosque nativo, Áreas urbanas consolidadas, Áreas de SNASPE, Cuerpos de agua

Zonas de Valor Agregado para Empresas Forestales

Para la especie *Pinus teocote*, el análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales en Chile destaca que hay un total de 736.122,7 ha de terrenos en propiedad de estas empresas, lo que representa el 11,3% del total de cobertura potencial para esta especie.

La Región del Maule se distingue con 328.116,9 ha, equivalente al 5,0% de la cobertura total, sugiriendo un área significativa para la integración de *Pinus teocote* dentro de los programas de reforestación y diversificación de especies. Esta región, debido a su extensa superficie forestal empresarial, presenta una oportunidad clave para explorar la viabilidad del establecimiento de *Pinus teocote* en armonía con los objetivos productivos y de conservación.

Tabla 35. Distribución y Potencial de Integración de Especies de *Pinus teocote* en Terrenos de Empresas Forestales por Región.

Regiones	Superficie Empresas Forestales	Cobertura Total (%)
Valparaíso	0,0	0,0%
Metropolitana de Santiago	0,0	0,0%
Libertador General Bernardo O'Higgins	9.159,3	0,1%
Maule	328.116,9	5,0%

Ñuble	32.048,1	0,5%
Biobío	118.825,2	1,8%
La Araucanía	8.505,7	0,1%
Los Ríos	204.238,1	3,1%
Los Lagos	35.229,3	0,5%
Total (ha)	736.122,7	11,3%

VI. CONCLUSIONES

La evaluación de la adaptabilidad climática y el potencial productivo de diversas especies de *Pinus*, en comparación con el ampliamente cultivado *Pinus radiata*, sugiere varias consideraciones clave para el futuro de la silvicultura en Chile. La introducción y el manejo de especies alternativas de *Pinus*, como *Pinus greggii*, *Pinus herrerae*, *Pinus leiophylla*, *Pinus maximinoi*, *Pinus patula*, *Pinus pinaster*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus taeda*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus teocote*, ofrecen oportunidades para diversificar y potencialmente mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sector forestal frente a desafíos como el cambio climático, plagas y enfermedades que puede afectar gravemente la monoespecificidad que se vive hoy en día.

Las especies de *Pinus spp* evaluadas muestran variabilidad en su adaptabilidad climática, lo que puede permitir su cultivo en diferentes condiciones ambientales y regiones climáticas dentro de Chile. La adaptación de estas especies a rangos climáticos específicos sugiere la posibilidad de seleccionar aquellas que mejor se ajusten a las condiciones locales, mejorando así la resiliencia de los ecosistemas forestales ante variaciones climáticas. A diferencia de *Pinus radiata*, que tiene un rango climático relativamente bien definido, la diversificación de especies podría ofrecer una mayor flexibilidad para adaptarse a condiciones climáticas cambiantes.

Pinus radiata ha sido la especie dominante en la silvicultura chilena debido a su rápido crecimiento, adaptabilidad a diversos suelos y climas, y su valor económico. Sin embargo, la dependencia de una sola especie conlleva riesgos inherentes, como susceptibilidad a enfermedades y plagas. Las especies de *Pinus spp* evaluadas podrían complementar o en algunos casos reemplazar a *Pinus radiata*, ofreciendo beneficios como diversidad genética, resistencia a enfermedades específicas y adaptación a condiciones climáticas y edáficas variadas. Este enfoque diversificado puede contribuir a la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones forestales en Chile siendo algunas de las especies destacadas:

Pinus taeda: Esta especie se destaca por su amplia cobertura potencial final, lo cual puede atribuirse a su adaptabilidad a una gama variada de condiciones climáticas y edáficas. La robustez y la versatilidad de *Pinus taeda* hacen que sea adecuada para varias regiones de Chile, especialmente en aquellas con climas más húmedos y templados. La adaptabilidad de *Pinus taeda* a una variedad de condiciones climáticas y su valor comercial potencial hacen que sea una opción atractiva para la diversificación de plantaciones forestales.

Pinus pseudostrobus: Esta especie también muestra una cobertura potencial final considerable, reflejando su capacidad para adaptarse a diferentes entornos y su potencial para la reforestación y la diversificación forestal en Chile. Su adaptabilidad a variaciones en precipitaciones y temperaturas la hace adecuada para una amplia gama de condiciones climáticas. Esto sugiere que *Pinus*

pseudostrobus no solo es adaptable desde un punto de vista ecológico, sino que también se alinea bien con las áreas de interés económico para el sector forestal, marcando un equilibrio entre sostenibilidad y productividad.

Pinus tecunumanii: Presenta una cobertura significativa después de los descuentos, lo que sugiere que tiene una adaptabilidad relativamente alta a las condiciones locales y puede ser una buena candidata para la diversificación de las plantaciones forestales en diversas regiones de Chile. Su adaptabilidad a las condiciones locales y el interés en su madera y productos derivados pueden contribuir significativamente al sector.

El análisis de zonas de valor agregado para empresas forestales indica que hay una superficie considerable bajo manejo empresarial que podría ser idónea para la introducción de nuevas especies de *Pinus spp*. Esto sugiere que, desde una perspectiva productiva, la diversificación de especies no solo es viable sino también deseable. El cultivo de especies alternativas de *Pinus spp* podría ofrecer ventajas como ciclos de producción diferenciados, productos forestales especializados y mayor resiliencia frente a riesgos bióticos y abióticos. Sin embargo, para un reemplazo efectivo con fines productivos, es crucial considerar factores como el crecimiento, la calidad de la madera, la adaptabilidad y el mercado para los productos derivados de estas nuevas especies.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Rodríguez, A. N., Toro-Labrador, G., & Escobar-Sepúlveda, J. A., 2019
- Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). Genetic variability and structure of *Pinus pinaster* Aiton populations in Spain. *Annals of Forest Science*, 71(4), 435-444.
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martínez, E. (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984). Growth and nutrition of loblolly pine and associated hardwoods in North Carolina. *Forest Science*, 30(1), 43-54.
- Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Hérault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). Rapid simultaneous assessment of biodiversity and carbon stocks of neotropical forests: a comparison of field inventory methods. *PloS one*, 4(3), e4553.
- Becerra, J. X. (2003). Los pinos de México. Fondo de Cultura Económica.
- Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). The impact of forest management on natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. and *P. halepensis* Mill. in Turkey. *Annals of Forest Research*, 56(1), 147-158.
- Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-García, C. (2017). Anatomic characterization and use of wood from *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. *Journal of wood chemistry and technology*, 37(2), 130-139.
- Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). Temporal and spatial analysis of *Dothistroma* needle blight on *Pinus pseudostrobus* in Durango, Mexico. *Forest Pathology*, 48(1), e12369.

De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). Caracterización de madera de *Pinus maximinoi*. *Madera y Bosques*, 18(2), 7-18.

Donoso, P. J., Sandoval, V., & Delard, R. (2015). *Pinus radiata* en Chile. *Bosque*, 36(3), 371-382.

Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). *Pinus patula* Schltl. & Cham.: a review of its ecology and silviculture. *Bosque*, 39(1), 119-131.

Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). Influence of altitude on growth, yield and cone characteristics of *Pinus leiophylla* Schltl. & Cham. silviculture in Central Mexico. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(1), 47-62.

Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). *Pinus patula*: ecological aspects and forest management. In E. Öztürk & B. M. Kantarci (Eds.), *Pinus Species: Distribution, Uses and Health Benefits* (pp. 1-28). Nova Science Publishers, Inc.

García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). Evaluación de la calidad de la pulpa obtenida de *Pinus maximinoi*. *Madera y Bosques*, 20(3), 43-52.

Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). Differences in plant size structure and belowground carbon stocks in *Pinus pinaster* Ait. stands in contrasted environments in the western Mediterranean region. *Annals of Forest Science*, 61(4), 295-302.

González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). *Pinus maximinoi* (little-leaf pine): A monograph on its distribution, ecology, silviculture and uses. México, D.F.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montañó-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). Guía para la restauración ecológica de bosques de *Pinus teocote* en México. Instituto Nacional de Ecología.

González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). Variación de características de la madera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en Durango, México. *Madera y Bosques*, 20(2), 41-52.

Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). Effects of water stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence parameters in *Pinus greggii* Engelm. trees of contrasting leaf morphology. *Trees*, 27(3), 767-777.

Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). Modeling the influence of environmental factors on the presence and abundance of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae) in forested settings of southern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 364, 120-129.

Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009). Influence of *Pinus pinaster* and *Eucalyptus globulus* on soil organic matter characteristics in Galicia (NW Spain). *Soil Biology and Biochemistry*, 41(7), 1415-1422.

IDE CHILE. 2022a. Shape de División Política Administrativa 2020 cuya institución responsable es la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Información disponible en la página web de Infraestructura de Datos Geoespaciales, Ministerio de Bienes Nacionales, Chile. <https://www.ide.cl/index.php/limites-y-fronteras>.

IDE CHILE. 2022b. Shape de Área Urbana Consolidada cuya institución responsable es el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Información disponible en la página web de Infraestructura de Datos Geoespaciales, Ministerio de Bienes Nacionales, Chile. <https://www.ide.cl/index.php/planificacion-y-catastro>.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018). Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004). Unequal contribution of maternally and paternally inherited chloroplasts and mitochondria in conifers. *Annals of Botany*, 94(6), 863-870.

Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). Managing forest ecosystems: the challenge of climate change. CRC Press.

Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). Assessment of stand density effects on growth and yield of *Pinus brutia* Ten. stands. Journal of Forestry Research, 27(1), 207-213.

Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). The impact of site factors on the bark thickness of *Pinus brutia* Ten. Trees, 29(1), 111-119.

Kirschbaum, M. U., Linares, J. C., & Dalla-Salda, G. (2019). Adapting forest management to climate change in South America. Forests, 10(8), 684.

Koç, B. (2015). The effects of stand age and tree diameter on bark thickness of *Pinus brutia* Ten. Journal of forestry research, 26(3), 753-758.

Linares, J. C., Miranda, A., Sánchez-Salguero, R., Carreira, J. A., & Camarero, J. J. (2020). Diversification practices for adapting European forests to climate change: Synthesis of provenances experiments in *Pinus* spp. Forest Ecology and Management, 467, 118160.

López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). *Pinus patula* Schltdl. & Cham. In M. Aguirre-Dugua, J. López-Upton, & R. J. Bye (Eds.), Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas (pp. 525-531). Instituto de Ecología, A.C.

López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). Características morfológicas y de calidad de la madera de *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. en tres sitios de Durango, México. Madera y Bosques, 25(2), e2521526.

Luebert, F. Y P. Plischoff. 2017. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Segunda Edición. Editorial Universitaria. 381 p.

Luebert, F. Y P. Plischoff. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. 307 p.

Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). Vegetación asociada a *Pinus maximinoi* (Martínez) Andresen en el norte de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 10(55), 94-113.

Mata-González, R. et al. (2007). Differential drought responses in two evergreen oaks coexisting in a semi-arid environment. Annals of Forest Science, 64(5), 555-562.

Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017). Efecto del agua y de los hongos manchadores de la madera en la resistencia a la flexión de cuatro especies de pino mexicano. Madera y Bosques, 23(1), 23-36.

Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012). Evaluation of pulping and papermaking properties of *Pinus brutia* Ten. grown in Turkey. Bioresources, 7(4), 5275-5284.

Perala, D. A. (2017). The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest. Springer.

Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). Altitudinal variation in wood density, growth rates, and a set of functional traits in a dominant conifer: implications for climate change resilience. Trees, 29(4), 1093-1105.

Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). Response of *Pinus greggii* Engelm. and *Quercus* spp. seedlings to water stress and shade. Trees, 25(1), 109-118.

Rahn, T. A. et al. (2012). *Phytophthora cinnamomi* mortality and survival of *Pinus greggii* Engelm. in south Texas. Forest Ecology and Management, 284, 223-230.

Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). Análisis de la relación de la precipitación y temperatura con

el crecimiento de *Pinus teocote* en la Sierra Madre Oriental, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 10(54), 73-87.

Ross-Davis, A. L. et al. (2010). First report of Dothistroma needle blight on *Pinus greggii* in the United States. Plant Disease, 94(12), 1506-1506.

Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). Volatile composition and olfactometric analysis of *Pinus pinaster* Aiton from different geographical origins. Industrial Crops and Products, 38, 146-152.

Sandoval, V., Donoso, P. J., & Quiroz, F. (2018). Evaluación del potencial maderable de *Pinus ponderosa* en Chile central. Bosque, 39(3), 409-419.

Santibáñez, F. Y J.M. Uribe. 2017. Atlas Agroclimático de Chile Tomo III: Región de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.

Santibáñez, F. Y J.M. Uribe. 2017. Atlas Agroclimático de Chile Tomo IV: Región del Biobío y de La Araucanía. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.

Santibáñez, F. Y J.M. Uribe. 2017. Atlas Agroclimático de Chile Tomo V: Región de Los Ríos y Los Lagos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.

Santibáñez, F. Y Santibañez, P. 2022. Estrés bioclimático de especies nativas en Chile en los nuevos escenarios climáticos para mediados del siglo XXI. INFODEP, Información para el Desarrollo Productivo Ltda. 176 Pág. Chile.

Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). Soil nitrogen mineralization in a *Pinus pinaster* Ait. forest after thinning. Plant and Soil, 290(1-2), 327-337.

Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). Loblolly pine management. Springer.

USDA Forest Service. (2007). *Silvics of North America: Volume 1. Conifers.*

Vargas-Mendoza, N. et al. (2016). Insectos defoliadores del género *Pinus* en México y su importancia forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 76-91.

Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019). Pine caterpillar (*Dendrolimus spp.*) outbreaks and their impact on forests in Mexico: A review. *Forest Ecology and Management*, 433, 232-239.

Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). Genetic variation in loblolly pine: a review of its inheritance and association with growth and adaptation. *Forest Ecology and Management*, 29(1-2), 1-22.

Wilson, B., & Davis, J. M. (2011). A review of the use of *Pinus patula* in forestry in South Africa. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 73(1), 35-44.

Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). Mechanical and physical properties of Turkish pine (*Pinus brutia Ten.*) wood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(1), 53-62.

Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). Climate-growth relationships and extreme events in *Pinus pseudostrobus* Lindl. from central Mexico. *Dendrochronologia*, 53, 18-26.

VII. APENDICE

Taxonomía de las especies			
Nombre científico	Nombre común	Descripción	Fuentes
<i>Pinus brutia</i>	Pino afgano, pino de Calabria, pino de Chipre, pino carrasco.	Se desarrolla como árbol de hoja perenne, mediano a pequeño de 9-15 m de altura en estado natural, de forma simétrica y tiende a redondearse con la edad, con la corteza escamosa y agrietada de color gris plateado, pasando a rojiza con los años, tiene agujas delgadas y rígidas que crecen en grupos de dos, y producen conos que miden de 6 a 11 cm de largo y contienen semillas que son una importante fuente de alimento para la fauna local.	<ul style="list-style-type: none"> - Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>Pinus greggii</i>	Pino de Greg	Es un árbol de hoja perenne que puede crecer hasta unos 20-25 metros de altura y tiene una copa ancha y redondeada. Las hojas están dispuestas en grupos de dos y son largas y delgadas, midiendo de 15 a 30 cm de largo. Los conos de semillas son de forma ovalada y miden de 5 a 10 cm de largo.	<ul style="list-style-type: none"> - Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).
<i>Pinus herrerae</i>	Pino de herrera	Es un árbol de hoja perenne que puede alcanzar alturas de hasta 30 metros. Las agujas miden alrededor de 20 a 30 cm de largo y su corteza es de color marrón rojizo con fisuras profundas.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>Pinus leiophylla</i>	Pino liso, pino de ayacahuite.	Es un árbol de hoja perenne que puede crecer hasta alcanzar los 50 metros de altura. Tiene una corteza gruesa y escamosa de color marrón rojizo y agujas delgadas y lisas que miden alrededor de 15 a 25 cm de largo.	<ul style="list-style-type: none"> - Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Herault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-Garcia, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). - Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). - Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>Pinus maximinoi</i>	Pino de Maximino, pino de Little, pino de Chihuahua, pino ocoloro.	Es un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar una altura de hasta 25 metros y un diámetro de tronco de aproximadamente 60 centímetros. Tiene una forma cónica o redondeada en su juventud, que se vuelve más amplia y abierta	<ul style="list-style-type: none"> - De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019).

		a medida que madura. La corteza es de color grisáceo a marrón claro, con fisuras y escamas.	<ul style="list-style-type: none"> - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>Pinus muricata</i>	Pino ocote, pino blanco, pino chino.	Tiene una altura que puede variar de 15 a 35 metros, su tronco es recto y puede medir entre 50 y 80 centímetros de diámetro. Las hojas son aciculares, miden de 15 a 25 centímetros de longitud y tienen una tonalidad verde claro. Este árbol produce conos que miden de 10 a 20 centímetros de largo y tienen escamas fuertemente adheridas entre sí.	<ul style="list-style-type: none"> - Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann. - David A. Wardle y David M. Graber. - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>Pinus patula</i>	Pino chino, pino tacuán, pino mexicano, pino suizo, pino patula	Es un árbol de hoja perenne que pertenece a la familia de las Pináceas. Puede alcanzar alturas considerables, llegando hasta los 40 metros, con un tronco recto y ramas extendidas. La corteza es gruesa y de color grisáceo, volviéndose más rugosa y fisurada con la edad.	<ul style="list-style-type: none"> - López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). - Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).
<i>Pinus pinaster</i>	Pino marítimo, pino negral, Pino resinero.	Árbol que alcanza 30 m de talla, con copa clara y porte irregular y desgarrado. Corteza gruesa de color marrón rojizo irregularmente agrietada. Acículas en grupos de 2, de 10-22 cm de longitud y 2 mm de grosor, rígidas y un poco punzantes. Yemas ovoides, fusiformes, con escamas revueltas, algo blanquecinas, no resinosas. Piñas ovado-cónicas, simétricas, de 8-18 cm de longitud, más o menos pedunculadas y más o menos persistentes en las ramillas. Escudetes piramidales con ombligo punzante, de color marrón rojizo reluciente o mate, bastante cubiertas de resina.	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). - Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).
<i>Pinus pringlei</i>	Pino Pringle	El pino Pringle es un árbol de tamaño grande que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros. Tiene una forma cónica o piramidal cuando es joven, pero a medida que envejece, su copa se vuelve más redondeada. Las agujas son de color verde brillante y miden alrededor de 20 a 30 centímetros de longitud.	
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino blanco, Pino real, Pino ayacahuite	El pino blanco puede crecer hasta una altura de 40 metros y tiene una corteza de color grisáceo que se desprende en placas. Sus agujas miden de 15 a 25 cm de longitud y crecen en grupos de cinco. Sus piñas son grandes, de 15 a 30 cm de longitud, y tienen una forma oblonga.	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019).

			<ul style="list-style-type: none"> - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). - Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>Pinus taeda</i>	Pino de hoja larga, Pino americano	El pino de hoja larga es un árbol alto y recto que puede alcanzar alturas de hasta 30-40 metros. Tiene una corteza gruesa y escamosa de color marrón rojizo y agujas largas y delgadas que crecen en grupos de tres. Las piñas son grandes y pueden medir hasta 20 cm de largo.	<ul style="list-style-type: none"> - Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). Silvics of North America: Volume 1. Conifers. - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).
<i>Pinus tecunumanii</i>	Pino cariblanco, pino guatemalteco, pino hondureño, pino rojo centroamericano	Es un árbol de tamaño mediano a grande que puede alcanzar alturas de 30 a 45 metros, con un tronco recto y cilíndrico. La corteza es de color marrón a grisáceo, con fisuras y escamas irregulares. Las ramas se disponen en forma de espiral alrededor del tronco.	
<i>Pinus teocote</i>	Pino piñonero mexicano	El Pinus teocote es un árbol de tamaño medio a grande, que puede crecer hasta una altura de 20 a 35 metros y un diámetro de tronco de hasta 1 metro. Tiene una forma de copa cónica y su corteza es de color café-rojizo, con fisuras profundas y escamas.	<ul style="list-style-type: none"> - Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas - Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montaña-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martinez, E. (2000).

Distribución geográfica				
Especie	Rango altitudinal	Ecología y especies asociadas	Localización Importante	Fuentes
<i>P. brutia</i>	Desde el nivel del mar hasta alrededor de 1500 metros sobre el nivel del mar.	Encina (<i>Quercus ilex</i>), algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>), coscoja (<i>Quercus coccifera</i>), lentisco (<i>Pistacia lentiscus</i>), madroño (<i>Arbutus unedo</i>), entre otros.	Mediterráneo oriental, desde el sur de Turquía hasta el norte de Israel.	- Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>P. greggii</i>	En México, esta especie se encuentra a altitudes que van desde los 1,000 hasta los 2,700 metros sobre el nivel del mar, mientras que, en los Estados Unidos, se encuentra principalmente en elevaciones de entre 1,500 y 2,500 metros sobre el nivel del mar.	Robles (<i>Quercus spp.</i>), <i>Quercus emoryi</i> , <i>Quercus hypoleucoides</i> , <i>Quercus arizonica</i> , Enebro (<i>Juniperus spp.</i>), <i>Juniperus monosperma</i> , <i>Juniperus deppeana</i> , Madroño (<i>Arbutus arizonica</i>), Álamo (<i>Populus spp.</i>), Plátano (<i>Platanus spp.</i>), entre otros.	Nativo de América del Norte, específicamente de México y los Estados Unidos.	- Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).
<i>P. herrerae</i>	Varía entre los 1,200 y 2,800 metros sobre el nivel del mar, aunque se encuentra más comúnmente entre los 1,800 y 2,400 metros.	Encino amarillo (<i>Quercus laeta</i>) Encino (Quercus rugosa) Encino prieto (<i>Quercus sideroxyla</i>) Pino real (<i>Pinus montezumae</i>) Pino oocarpa (<i>Pinus pseudostrobus</i>) Pino blanco (<i>Pinus ayacahuite</i>) Oyamel (<i>Abies religiosa</i>), entre otros.	Especie de pino endémica de México, específicamente de los estados de Michoacán, Colima y Jalisco.	- Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>P. leiophylla</i>	En México, se encuentra desde los 800 hasta los 3,000 metros sobre el nivel del mar. En Guatemala, se encuentra desde los 1,500 hasta los 2,500 metros sobre el nivel del	Robles (<i>Quercus spp.</i>), Oyamel (<i>Abies religiosa</i>), Pino real (<i>Pinus ayacahuite</i>), Pino de Hartweg (<i>Pinus hartwegii</i>), pino de Montezuma (<i>Pinus</i>	Se encuentra en México, Guatemala, Honduras y El Salvador, en altitudes que van	- Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Herault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-Garcia, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015).

	mar, mientras que, en Honduras, se encuentra desde los 1,200 hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar. En El Salvador, se encuentra en altitudes más bajas, entre los 600 y los 1,500 metros sobre el nivel del mar.	<i>montezumae</i>), pino chino (<i>Pinus pseudostrabus</i>), entre otros.	desde los 800 hasta los 3,600 metros sobre el nivel del mar.	- Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). - Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>P. maximinoi</i>	Va desde los 2,100 hasta los 3,200 metros sobre el nivel del mar. Esta especie se encuentra comúnmente en áreas montañosas y en laderas con pendientes pronunciadas.	<i>Quercus spp.</i> , <i>Juniperus spp.</i> , <i>Arbutus spp.</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>Pinus hartwegii</i> , entre otros.	Especie de pino endémica de México, específicamente de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas.	- De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., & Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>P. muricata</i>	En México, esta especie se encuentra típicamente en elevaciones que van desde los 600 hasta los 3,000 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, en algunos lugares de México, como en el estado de Oaxaca, el pino ocote puede encontrarse a altitudes de hasta 3,600 metros sobre el nivel del mar.	Abeto blanco de California (<i>Abies concolor</i>) Roble dorado de California (<i>Quercus chrysolepis</i>) Madroño (<i>Arbutus menziesii</i>) Laurel de California (<i>Umbellularia californica</i>) Secuoya costera (<i>Sequoia sempervirens</i>) Abeto de Douglas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) Tanoak (<i>Lithocarpus densiflorus</i>) Alder de California (<i>Alnus rhombifolia</i>), entre otros.	Es nativo de México y se encuentra en las regiones montañosas de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.	- Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann. - David A. Wardle y David M. Graber. - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata - "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>P. patula</i>	Es bastante amplio y puede variar según las condiciones climáticas y del suelo. En general, se encuentra en altitudes que van desde los 900 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar.	<i>Abies religiosa</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Quercus rugosa</i> , <i>Quercus castanea</i> , <i>Liquidambar styraciflua</i> y <i>Juniperus deppeana</i> , entre otras. En América Central, puede encontrarse en asociación con especies como <i>Quercus spp.</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Liquidambar</i>	En México, se encuentra principalmente en zonas montañosas de los estados de Durango, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos, Puebla,	- López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). - Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).

		<i>styraciflua</i> , <i>Cedrela odorata</i> y <i>Ficus spp.</i> se puede asociar con otras especies de pinos y árboles de hoja ancha, como <i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Acacia spp.</i> , <i>Grevillea robusta</i> y <i>Melia azedarach</i> , entre otros	Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca. En Centroamérica, se distribuye en países como Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica.	
<i>P. pinaster</i>	En Europa, donde la especie es más común, se encuentra típicamente desde el nivel del mar hasta altitudes de alrededor de 800-1,000 metros. En el norte de África, puede encontrarse a altitudes superiores a los 1,800 metros.	Encina (<i>Quercus ilex</i>), Alcornoque (<i>Quercus suber</i>), Enebro (<i>Juniperus oxycedrus</i>), Jara pringosa (<i>Cistus ladanifer</i>), Madroño (<i>Arbutus unedo</i>), Brezo (<i>Erica arborea</i>), entre otros.	Originario de la región mediterránea de Europa y África del Norte.	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). - Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).
<i>P. pringlei</i>	Se encuentra típicamente entre los 1,200 y 2,400 metros sobre el nivel del mar. Esta especie se adapta a hábitats montañosos y prefiere altitudes más elevadas.	Pino ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i>), encino de las Californias (<i>Quercus cornelius-mulleri</i>), encino azul (<i>Quercus oblongifolia</i>), Pino piñonero (<i>Pinus cembroides</i>), Madroño (<i>Arbutus spp.</i>), Encino (<i>Quercus spp.</i>), entre otros.	Esta especie es endémica de México y se encuentra principalmente en la región de la Sierra de San Pedro Mártir, ubicada en Baja California. También se ha reportado su presencia en algunas áreas de Baja California Sur y Sonora.	
<i>P. pseudostrobus</i>	El rango altitudinal de <i>Pinus pseudostrobus</i> es generalmente de 900 a 3600 metros sobre el nivel del mar.	Encinos (<i>Quercus spp.</i>), <i>Abies (Abies spp.)</i> , Pino ayacahuite (<i>Pinus ayacahuite</i>), <i>Pinus oocarpa (Pino oocarpa)</i> , <i>Pino blanco (Pinus strobus)</i> <i>Pinus teocote (Pinus teocote)</i> , <i>Pinus</i>	Es una especie de pino nativa de México y América Central.	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018).

		<i>devoniana (Pinus devoniana)</i> , <i>entre otros.</i>		- Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>P. taeda</i>	Desde el nivel del mar hasta altitudes de alrededor de 300 metros. En Sudáfrica se ha encontrado en altitudes de hasta 1800 metros, mientras que en Argentina se ha registrado hasta altitudes de 1100 metros.	Encinos (<i>Quercys spp.</i>), Liquidambar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), Nogal (<i>Carya spp.</i>), Tulipán de Virginia (<i>Liriodendron tulipifera</i>), Magnolia de hojas grandes (<i>Magnolia grandiflora</i>), Pino rojo de los Apeninos (<i>Pinus echinata</i>), Pino de Elliott (<i>Pinus elliotii</i>), Pino de pantano (<i>Pinus palustris</i>), Pino negro (<i>Pinus serotina</i>), entre otras.	Esta especie es nativa del sureste de los Estados Unidos, pero también se ha introducido en otros países, como Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y Sudáfrica.	- Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). <i>Silvics of North America: Volume 1. Conifers.</i> - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).
<i>P. tecunumanii</i>	Generalmente se encuentra entre los 900 y 2,700 metros sobre el nivel del mar.	Robles (<i>Quercus oleoides</i> y <i>Quercus segoviensis</i>), Aliso (<i>Alnus acuminata</i>), Liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), Nogal (<i>Juglans jamaicensis</i>), entre otras.	Nativo de América Central, específicamente de Honduras, Guatemala, El Salvador y Nicaragua.	
<i>P. teocote</i>	Se encuentra en un rango altitudinal que va desde los 1,800 hasta los 3,500 metros sobre el nivel del mar.	<i>Quercus spp.</i> , <i>Arbutus spp.</i> , <i>Juniperus spp.</i> , <i>Cupressus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i> (como <i>Pinus leiophylla</i> y <i>Pinus ayacahuite</i>), <i>Abies religiosa</i> , <i>Populus tremuloides</i> , entre otras.	En México, esta especie se distribuye en una amplia zona que abarca desde los estados de Zacatecas y San Luis Potosí en el norte, hasta los estados de Puebla y Oaxaca en el sur, pasando por la Ciudad de México y el Estado de México en el centro del país.	- Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montaña-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martínez, E. (2000).

Especie	Clima		Fuentes
	Precipitación	Distribución tem máx y min por mes	
<i>P. brutia</i>	Precipitación anual media de entre 400 y 800 mm. En algunas zonas más húmedas puede recibir más de 1000 mm de precipitación al año, mientras que en regiones más secas puede recibir menos de 400 mm.	Puede soportar temperaturas invernales de hasta -10°C a -15°C, aunque las heladas tardías pueden dañar las yemas y las hojas nuevas. En verano, puede soportar temperaturas de hasta 35°C a 40°C, aunque las temperaturas extremas pueden afectar su crecimiento y supervivencia. En general, se adapta mejor a temperaturas medias anuales entre 15°C y 20°C.	<ul style="list-style-type: none"> - Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>P. greggii</i>	El rango puede variar dependiendo de la ubicación geográfica. En México, donde esta especie se encuentra en su mayoría, se adapta a un rango de precipitaciones anuales que van desde los 300 hasta los 1,200 mm. En los Estados Unidos, donde se encuentra principalmente en el suroeste, el rango de precipitación anual varía de 250 a 500 mm.	Puede tolerar temperaturas mínimas invernales de hasta -20°C, y temperaturas máximas en verano de hasta 38°C. Sin embargo, su crecimiento y desarrollo óptimo se produce en temperaturas medias anuales de entre 12°C y 20°C.	<ul style="list-style-type: none"> - Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).
<i>P. herrerae</i>	En cuanto a la precipitación, <i>Pinus herrerae</i> puede tolerar desde 800 mm hasta 1,500 mm de lluvia al año	En cuanto a las temperaturas, esta especie puede soportar desde -5°C hasta 30°C, pero se desarrolla mejor en climas con temperaturas medias anuales de alrededor de 14 a 18 grados Celsius.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>P. leiophylla</i>	Es una especie que se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas. En cuanto a las precipitaciones, esta	Es una especie que tolera tanto el frío como el calor. Se puede encontrar en zonas con temperaturas anuales que	<ul style="list-style-type: none"> - Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Herault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009).

	especie puede crecer en zonas con precipitaciones anuales que oscilan entre los 500 y los 2,500 mm. Sin embargo, prefiere áreas con precipitaciones anuales que van desde los 1,000 a los 2,000 mm.	oscilan entre los -1 y los 24 °C, aunque prefiere temperaturas anuales que van desde los 10 a los 18 °C.	<ul style="list-style-type: none"> - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-Garcia, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). - Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>P. maximinoi</i>	<i>Pinus maximinoi</i> es una especie adaptada a climas secos y extremos, por lo que puede soportar precipitaciones anuales que varían de 200 a 500 mm.	En cuanto a las temperaturas, esta especie puede soportar temperaturas extremas, tanto altas como bajas, con un rango de temperatura media anual que va desde los 5°C a los 25°C.	<ul style="list-style-type: none"> - De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>P. muricata</i>	Es una especie de clima templado a frío, por lo que prefiere climas frescos y húmedos. En cuanto a las precipitaciones, esta especie puede soportar un rango anual de precipitaciones que va desde los 500 hasta los 2,000 milímetros.	Puede tolerar temperaturas mínimas de hasta -10°C en invierno y temperaturas máximas de alrededor de 30°C en verano. Sin embargo, su crecimiento es óptimo en temperaturas que van desde los 10 a los 25°C.	<ul style="list-style-type: none"> - Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann. - David A. Wardle y David M. Graber. - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata - "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>P. patula</i>	El rango de precipitación que puede tolerar <i>Pinus patula</i> es de alrededor de 800 a 3,000 mm al año. En cuanto a las temperaturas, puede tolerar tanto temperaturas cálidas como frías, aunque prefiere climas frescos y húmedos.	En promedio, la temperatura ideal para el crecimiento de <i>Pinus patula</i> oscila entre los 16°C y los 25°C. Aunque puede tolerar temperaturas entre 0°C y 30°C, y en algunos casos hasta 35°C. En regiones con inviernos fríos, puede soportar temperaturas de hasta -12°C.	<ul style="list-style-type: none"> - López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).
<i>P. pinaster</i>	Puede crecer en áreas con precipitaciones anuales que van desde alrededor de 400 mm hasta más de 1200 mm. Sin embargo, prefiere las áreas con precipitaciones entre 600-900 mm.	Es capaz de crecer en áreas con una amplia gama de temperaturas. La temperatura media anual óptima para su crecimiento es de alrededor de 14-18°C. Sin embargo, puede soportar temperaturas invernales de hasta -20°C y temperaturas de verano de hasta 40°C.	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).

<i>P. pringlei</i>	Puede crecer en áreas con precipitaciones que van desde moderadas a bajas. Se adapta a climas secos y semiáridos, donde la precipitación anual puede variar entre 250 y 600 milímetros. Sin embargo, es importante destacar que el éxito de su desarrollo y crecimiento está influenciado por la distribución de las precipitaciones a lo largo del año y la disponibilidad de agua en el suelo.	Esta especie puede tolerar una amplia gama de temperaturas. Se adapta a climas templados a fríos. Las temperaturas medias anuales en su hábitat pueden variar entre 5 y 20 grados Celsius. Puede soportar temperaturas mínimas por debajo de cero grados Celsius e incluso tolerar heladas ocasionales.	
<i>P. pseudostrabus</i>	Puede crecer en áreas con precipitaciones anuales que van desde los 700 hasta los 3000 mm. Sin embargo, prefiere las áreas con precipitaciones anuales de entre 1000 y 2000 mm.	En México, donde se encuentra una gran parte de su distribución natural, puede soportar temperaturas invernales por debajo de los 0°C en las zonas más altas de su distribución, y temperaturas veraniegas superiores a los 30°C en las zonas más bajas de su distribución.	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). - Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>P. taeda</i>	Su rango de precipitación óptimo se encuentra entre los 1000 y 1500 mm anuales. Sin embargo, esta especie puede tolerar precipitaciones anuales de hasta 2500 mm en condiciones adecuadas de drenaje del suelo.	Prefiere climas templados y cálidos, y su rango de temperatura óptimo se encuentra entre los 18 y 28 grados Celsius. Sin embargo, puede tolerar temperaturas por debajo de los -12 grados Celsius y por encima de los 40 grados Celsius en condiciones adecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). <i>Silvics of North America: Volume 1. Conifers.</i> - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).
<i>P. tecunumanii</i>	Puede tolerar una amplia gama de precipitaciones. Generalmente, se encuentra en áreas donde la precipitación anual varía entre 1,000 y 3,000 milímetros. Sin embargo, también puede sobrevivir en lugares con precipitaciones más bajas, alrededor de 800 milímetros, siempre que haya una distribución adecuada de la lluvia a lo largo del año.	Esta especie puede adaptarse a una variedad de temperaturas. Se desarrolla mejor en regiones con temperaturas promedio anuales entre 18 y 24 grados Celsius. Puede soportar tanto temperaturas frías como cálidas dentro de su rango de tolerancia, con temperaturas mínimas que pueden llegar a -5 grados Celsius y máximas que pueden alcanzar los 35 grados Celsius.	

<i>P. teocote</i>	Puede sobrevivir en zonas con precipitaciones anuales que van desde los 600 a los 1,200 mm, aunque prefiere zonas con un promedio anual de lluvias de alrededor de 800 a 1,000 mm. Esta especie puede tolerar periodos cortos de sequía, pero un déficit prolongado de agua puede afectar su crecimiento y desarrollo.	Puede crecer en zonas con temperaturas mínimas que van desde los -5°C a los 0°C, y máximas que van desde los 25°C a los 35°C. Esta especie prefiere temperaturas frescas y no tolera bien las altas temperaturas en zonas bajas.	<ul style="list-style-type: none"> - Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montaña Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martinez, E. (2000).
-------------------	--	--	--

Especie	Suelo			Bibliografía
	Características	Profundidad suelo	Fertilidad suelo	
<i>P. brutia</i>	Puede crecer en una amplia gama de suelos, pero prefiere suelos bien drenados y profundos, con una textura variable y una buena capacidad de retención de agua.	Una profundidad de al menos 50 cm y una buena capacidad de retención de agua	Además, la presencia de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio es importante para el crecimiento y la supervivencia. Los suelos con un pH entre 5,5 y 7,5 son los más adecuados para esta especie.	<ul style="list-style-type: none"> - Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>P. greggii</i>	Puede crecer en suelos con diferentes niveles de acidez (pH), aunque prefiere suelos con un pH ligeramente ácido a neutro, en el rango de 5.0 a 7.5. Además, el suelo debe tener una buena aireación y drenaje para evitar el encharcamiento, ya que esta especie es sensible a la humedad excesiva.	Puede crecer en suelos poco profundos, pero prefiere suelos más profundos que permitan un buen desarrollo de las raíces. Un suelo profundo también puede ayudar a retener la humedad, lo que es beneficioso en climas secos.	Puede crecer en suelos con bajos niveles de nutrientes, pero su crecimiento puede verse limitado en suelos muy pobres. Para un buen crecimiento, el suelo debe contener nutrientes importantes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes traza. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el exceso de fertilizantes puede ser perjudicial para esta especie.	<ul style="list-style-type: none"> - Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).

<i>P. herrerae</i>	Prefiere suelos bien drenados, profundos y ricos en nutrientes para un crecimiento óptimo.	Puede crecer en suelos que van desde moderadamente profundos a profundos, con un mínimo de 50 cm de profundidad. La presencia de roca subyacente o un suelo demasiado delgado puede limitar el crecimiento y desarrollo de la especie.	Prefiere suelos ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Los suelos bien fertilizados permiten un mejor crecimiento y desarrollo, así como una mayor resistencia a las enfermedades y las plagas.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>P. leiophylla</i>	En general, prefiere suelos de textura media a gruesa y no tolera los suelos compactados o mal drenados. Además, se adapta bien a suelos ácidos o ligeramente ácidos.	Es una especie que puede crecer en una amplia variedad de suelos, siempre y cuando estos sean profundos y bien drenados.	Esta especie puede crecer en suelos pobres en nutrientes, pero su crecimiento y desarrollo pueden ser mejorados con la adición de fertilizantes. La disponibilidad de nutrientes es particularmente importante en los primeros años de crecimiento de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> - Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Herault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-Garcia, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). - Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). - Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>P. maximinoi</i>	Puede crecer en suelos con diferentes texturas, como arenosos, arcillosos o franco-arenosos. Sin embargo, el suelo ideal para esta especie es uno que tenga un pH ligeramente ácido a neutro (entre 5.5 y 7.5), y que tenga un buen contenido de materia orgánica.	Se considera que un suelo ideal debe tener una profundidad de al menos 60 cm para permitir el desarrollo de sus raíces. Sin embargo, esta especie puede crecer en suelos más superficiales siempre y cuando tengan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.	Puede crecer en suelos con diferentes niveles de fertilidad. Sin embargo, prefiere suelos con un buen contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo y potasio. Si el suelo no tiene suficientes nutrientes, es posible que se requiera la aplicación de fertilizantes para mejorar el crecimiento y la salud de los árboles.	<ul style="list-style-type: none"> - De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>P. muricata</i>	Puede tolerar suelos de baja calidad, siempre y cuando estén bien	De preferencia suelos profundos, bien drenados y ricos en	La fertilidad del suelo también es importante para el crecimiento y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann.

	drenados y sean ricos en materia orgánica. Sin embargo, para obtener un crecimiento y desarrollo óptimo, es recomendable que los suelos sean profundos, bien drenados y ricos en nutrientes.	nutrientes. Este tipo de suelo debe tener una buena capacidad de retener agua, pero a la vez, permitir que el exceso de agua drene rápidamente para evitar la saturación del suelo.	de esta especie, por lo que es importante que el suelo tenga una buena cantidad de nutrientes disponibles como nitrógeno, fósforo y potasio.	<ul style="list-style-type: none"> - David A. Wardle y David M. Graber. - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata - "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>P. patula</i>	Puede crecer en suelos con diferentes texturas, como arenosos, arcillosos o franco-arenosos. Sin embargo, el suelo ideal para esta especie es uno que tenga un pH ligeramente ácido a neutro (entre 5.5 y 7.5), y que tenga un buen contenido de materia orgánica.	Se considera que un suelo ideal debe tener una profundidad de al menos 60 cm para permitir el desarrollo de sus raíces. Sin embargo, esta especie puede crecer en suelos más superficiales siempre y cuando tengan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.	Puede crecer en suelos con diferentes niveles de fertilidad. Sin embargo, prefiere suelos con un buen contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo y potasio. Si el suelo no tiene suficientes nutrientes, es posible que se requiera la aplicación de fertilizantes para mejorar el crecimiento y la salud de los árboles.	<ul style="list-style-type: none"> - López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). - Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).
<i>P. pinaster</i>	Es una especie que puede crecer en una amplia gama de tipos de suelos, pero prefiere suelos arenosos, bien drenados y con un pH ácido a neutro (5-7). los suelos deben ser adecuados para el crecimiento de la planta, con una textura arenosa o franco-arenosa. El pino marítimo no se desarrolla bien en suelos arcillosos o suelos que retienen el agua durante mucho tiempo.	Los suelos deben tener una profundidad adecuada para permitir que las raíces del árbol se desarrollen adecuadamente. En general, el pino marítimo prefiere suelos con una profundidad mínima de 50-60 cm.	Aunque es capaz de crecer en suelos pobres en nutrientes, los suelos que son moderadamente fértiles y que contienen una cantidad adecuada de nutrientes son preferidos. Los suelos con una alta acidez pueden limitar el crecimiento de la planta, por lo que es importante mantener el pH adecuado.	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). - Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).
<i>P. pringlei</i>	Se adapta mejor a suelos bien drenados. No tolera suelos con drenaje deficiente, ya que esto	Esta especie se desarrolla mejor en suelos profundos que permitan el	Puede crecer en suelos con fertilidad moderada, prefiere suelos que sean ricos en nutrientes. La disponibilidad	

	puede provocar problemas de encharcamiento y pudrición de las raíces. Además, prefiere suelos que sean ligeramente ácidos a neutros.	crecimiento adecuado de sus raíces. La profundidad del suelo es importante para que las raíces del pino Pringlei puedan extenderse y obtener los nutrientes y el agua necesarios para su crecimiento saludable.	de nutrientes es importante para el crecimiento y desarrollo de la especie. En suelos pobres en nutrientes, es posible que el pino Pringlei no alcance su pleno potencial de crecimiento.	
<i>P. pseudostrabus</i>	La especie es muy sensible al encharcamiento y la asfixia radicular, por lo que se debe evitar el cultivo en suelos mal drenados o con una alta acumulación de agua.	Deben tener una buena aireación y permeabilidad para permitir el crecimiento de sus raíces. La especie es muy sensible al encharcamiento y la asfixia radicular, por lo que se debe evitar el cultivo en suelos mal drenados o con una alta acumulación de agua.	En general, los suelos óptimos para su crecimiento son aquellos que tienen un pH entre 4,5 y 7,5 y que son ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo. También pueden crecer en suelos moderadamente ácidos y pobres en nutrientes, aunque en esas condiciones el crecimiento puede ser más lento y la producción de madera puede ser menor.	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). - Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>P. taeda</i>	En general, los suelos más adecuados para el crecimiento del pino de hoja larga son aquellos con un pH ácido, con valores entre 4,5 y 6,5. Además, esta especie es tolerante a suelos pobres en nutrientes y puede crecer en suelos de baja fertilidad, pero responde bien a la fertilización en suelos con deficiencias de nutrientes.		La adición de nitrógeno, fósforo y potasio puede mejorar el crecimiento, especialmente en suelos pobres. Sin embargo, el exceso de nutrientes también puede ser perjudicial para su crecimiento, especialmente en suelos saturados o con mal drenaje.	<ul style="list-style-type: none"> - Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). <i>Silvics of North America: Volume 1. Conifers.</i> - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).
<i>P. tecunumanii</i>	Son aquellos que tienen una textura franca o franca-arenosa. Estos suelos	Puede crecer en suelos con diversas profundidades, pero	Puede tolerar suelos de fertilidad moderada, prefiere suelos que sean ricos en	

	<p>suelen tener una buena capacidad de drenaje y retención de agua, permitiendo que las raíces del árbol respiren adecuadamente y evitando el encharcamiento. No obstante, esta especie puede tolerar una variedad de texturas de suelo, incluyendo suelos más pesados como arcillas y suelos más ligeros como arenas, siempre que haya una adecuada aireación y drenaje.</p>	<p>prefiere suelos profundos que le permitan desarrollar un sistema de raíces bien establecido y fuerte. Los suelos profundos proporcionan un mayor volumen de sustrato para que las raíces puedan explorar y extraer nutrientes y agua.</p>	<p>nutrientes. Un suelo fértil proporciona los nutrientes esenciales necesarios para un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo de la especie. Sin embargo, esta especie también puede adaptarse a suelos menos fértiles, aunque puede requerir suplementos nutricionales adicionales para un crecimiento óptimo.</p>	
<i>P. teocote</i>	<p>Prefiere suelos bien desarrollados, con una textura franco-arenosa o franco-arcillosa y una buena estructura. La presencia de arcilla en el suelo puede ser beneficiosa para la retención de agua y nutrientes. También es importante que el suelo tenga un pH entre 5.5 y 7.5, ya que fuera de estos valores la disponibilidad de nutrientes puede ser limitada.</p>	<p>Necesita suelos profundos para desarrollar un sistema radicular amplio y estable. La profundidad mínima recomendada es de al menos 50 cm, aunque en suelos más profundos la planta puede crecer más vigorosa.</p>	<p>Es una especie que requiere un nivel moderado de nutrientes para crecer adecuadamente. Los suelos que contienen una cantidad adecuada de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son favorables para el crecimiento de esta especie. Sin embargo, es importante evitar el exceso de fertilización, ya que puede ser perjudicial para la salud de la planta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montañó-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martínez, E. (2000).

Especie	Características de la madera				Fuentes
	Calidad de la madera	Densidad	Largo de fibra	Calidad de pulpa	
<i>P. brutia</i>	Tiene un color amarillento o rojizo claro, con una textura recta o ligeramente ondulada. Tiene una veta fina y una superficie lisa y uniforme. Es una madera durable y resistente, que puede ser utilizada para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la construcción de muebles, la carpintería, la construcción de viviendas, la fabricación de papel y pulpa, entre otros.	La densidad de la madera de <i>Pinus brutia</i> es relativamente baja, con un promedio de alrededor de 500 kg/m ³ . Esto la hace adecuada para aplicaciones que requieren madera ligera, como la fabricación de cajas, envases y paletas.	En cuanto al largo de fibra, la madera de <i>Pinus brutia</i> tiene una longitud de fibra moderada, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Esto la hace adecuada para la producción de pulpa de madera para la fabricación de papel, aunque su uso en este campo puede ser limitado por la presencia de resina en la madera.	<i>Pinus brutia</i> es especialmente adecuada para la fabricación de papel kraft, que se utiliza para envases, bolsas de papel y otros productos similares	<ul style="list-style-type: none"> - Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>P. greggii</i>	Es considerada una madera de calidad moderada, con características que la hacen adecuada para una variedad de usos. La madera de esta especie es moderadamente pesada y dura, con una densidad que varía de moderada a alta, lo que la hace resistente y duradera. También tiene una textura fina y un grano recto, lo que la hace fácil de trabajar y da una apariencia atractiva.	Varía dependiendo de factores como la edad del árbol y las condiciones del suelo, pero en general se considera que tiene una densidad moderada a alta. Según la especie y las condiciones de crecimiento, la densidad de la madera puede variar de 450 a 700 kg/m ³ .	El largo de fibra de la madera de <i>Pinus greggii</i> es considerado medio a largo, con una longitud promedio de fibra de alrededor de 3,3 mm. Esta longitud de fibra es adecuada para la producción de pulpa mecánica y termomecánica.	Se considera buena y adecuada para la producción de papel y otros productos de pulpa. La madera de esta especie se utiliza comúnmente para la producción de pulpa termomecánica, que se utiliza para la fabricación de papel y cartón corrugado.	<ul style="list-style-type: none"> - Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).
<i>P. herrerae</i>	Es considerada de alta calidad y es valorada por su densidad y resistencia. Tiene una textura fina y uniforme, y un grano recto que la hace fácil de trabajar.	Es de alrededor de 480 kg/m ³ , lo que la hace relativamente pesada y resistente. La madera de esta especie es resistente a la putrefacción y la descomposición, lo que la hace ideal para su uso en ambientes húmedos.	En cuanto al largo de fibra, la madera de <i>Pinus herrerae</i> tiene un promedio de 1,5 mm, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa de madera para papel.	La calidad de pulpa considerada alta, con un alto contenido de celulosa y lignina, lo que la hace ideal para la producción de papel de alta calidad y otros productos de pulpa.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO

					- "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>P. leiophylla</i>	Es de buena calidad y es valorada por su resistencia y durabilidad. Es una madera ligera, de textura fina y grano recto, con un color que varía desde un amarillo pálido a un amarillo-rojizo.	Varía dependiendo de la ubicación geográfica, la edad y las condiciones de crecimiento, pero generalmente es considerada como una madera de densidad media a baja. En promedio, la densidad se encuentra alrededor de 470 kg/m ³ .	Tiene una longitud de fibra moderada a larga. La longitud media de la fibra es de alrededor de 1,8 mm.	Es adecuada para la producción de pulpa mecánica y química. La pulpa química producida a partir de esta especie tiene una alta resistencia y una buena capacidad de retención de tinta, lo que la hace adecuada para la producción de papel de alta calidad. La pulpa mecánica producida a partir de <i>Pinus leiophylla</i> también tiene un buen rendimiento y una buena calidad de papel.	<ul style="list-style-type: none"> - Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Herault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-García, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). - Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). - Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>P. maximinoi</i>	Es de buena calidad y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. Es una madera ligera y resistente, con una textura fina y un grano recto. Su color varía desde un amarillo pálido hasta un marrón rojizo.	Varía según las condiciones de crecimiento y el sitio, pero en general, se considera de densidad media, con valores que oscilan entre 400 a 600 kg/m ³ .	Tiene fibras rectas y una longitud de fibra media con una longitud promedio de alrededor de 1,6 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papel y pulpa de madera.	Es adecuada para la producción de pulpa mecánica, pero no es la mejor opción para la producción de pulpa química debido a su baja densidad y su alto contenido de resina y extractivos. A pesar de esto, la pulpa de <i>Pinus maximinoi</i> puede ser utilizada en la fabricación de papel de bajo gramaje, como papel de periódico o papel para envolver.	<ul style="list-style-type: none"> - De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>P. muricata</i>	Esta madera es dura, resistente y presenta una textura fina y uniforme. Es de color amarillo claro a blanco, con un patrón de grano recto y nudos pequeños.	En general, la densidad de la madera de esta especie oscila entre 440 y 510 kg/m ³ .	Largo de fibra moderado, con una longitud de fibra que varía entre 0,5 y 1,5 mm. Esta longitud de fibra es suficiente para proporcionar resistencia y cohesión a la madera, lo que la hace adecuada	La calidad de la pulpa puede variar según el procesamiento y la edad del árbol. En general, de pulpa con un alto contenido de lignina, lo que la hace adecuada para la producción de papeles de menor calidad, como el papel de embalaje.	<ul style="list-style-type: none"> - Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann. - David A. Wardle y David M. Graber.

			para su uso en la fabricación de productos de pulpa y papel.		<ul style="list-style-type: none"> - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata - "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>P. patula</i>	Es de buena calidad y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. Es una madera ligera y resistente, con una textura fina y un grano recto. Su color varía desde un amarillo pálido hasta un marrón rojizo.	Relativamente baja, con un promedio de alrededor de 380 kg/m ³ a 12% de contenido de humedad. Esto la convierte en una madera liviana en comparación con otras especies.	Tiene una longitud de fibra moderadamente larga, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa para papel. El largo de la fibra se encuentra en el rango de 2.4 a 3.4 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papeles de alta calidad, como papel de impresión y escritura.	En cuanto a la calidad de pulpa, la madera de <i>Pinus patula</i> se considera adecuada para la producción de pulpa de papel debido a su alto contenido de celulosa. La pulpa obtenida de <i>Pinus patula</i> es de calidad media a alta y se puede utilizar para la fabricación de papel de alta calidad.	<ul style="list-style-type: none"> - López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). - Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).
<i>P. pinaster</i>	La madera es de color amarillo pálido a amarillo rojizo, con una textura fina y una veta recta. Tiene importancia económica por el aprovechamiento de su madera, aunque no es de mucha calidad. En otras épocas tenía gran importancia como productor de resina. Muy utilizado en repoblaciones forestales y cultivado como ornamental.	Es una madera dura y resistente, con una densidad media de alrededor de 600 kg/m ³ .	El largo de la fibra en la madera es relativamente corto, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Sin embargo, la madera es bastante recta y uniforme, lo que la hace adecuada para la producción de pulpa para papel.	Buena y se utiliza en la producción de papel para diversas aplicaciones. La pulpa incluye un alto contenido de lignina, lo que la hace adecuada para la producción de papel kraft y papel de embalaje resistente.	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). - Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).
<i>P. pringlei</i>	Tiene una densidad media a alta, lo que la hace resistente	La densidad de la madera de pino	Es moderado a largo. Las fibras largas en la madera	Se considera buena. La pulpa se refiere a la parte fibrosa de la	

	y duradera. Esta densidad contribuye a su capacidad para soportar cargas y su resistencia a impactos.	Pringlei se considera media a alta con un peso específico de 650 kg/m ³ .	son deseables, ya que pueden mejorar la resistencia y la capacidad de absorción de impactos. Esto es especialmente importante en aplicaciones estructurales y de construcción.	madera que se utiliza en la producción de papel y otros productos de celulosa. La calidad de la pulpa se evalúa en función de su rendimiento en términos de resistencia, blancura y capacidad de retención de tinta. El pino Pringlei puede proporcionar pulpa de buena calidad para la fabricación de papel y productos relacionados.	
<i>P. pseudostrobus</i>	La especie es muy sensible al encharcamiento y la asfixia radicular, por lo que se debe evitar el cultivo en suelos mal drenados o con una alta acumulación de agua.	En general, se considera que la densidad de esta madera es media a baja, con un peso específico que puede oscilar entre 380 y 550 kg/m ³ .	El largo de la fibra de la madera de <i>Pinus pseudostrobus</i> es moderadamente largo, con una longitud promedio de alrededor de 1,5 mm. Esto la hace adecuada para la producción de pulpa de papel, aunque en general no es tan valorada para este propósito como otras especies de pino como <i>Pinus radiata</i> o <i>Pinus taeda</i> .	En cuanto a la calidad de la pulpa, la madera de <i>Pinus pseudostrobus</i> es adecuada para la producción de pulpa mecánica y química. La pulpa química producida a partir de esta madera tiene buenas propiedades de resistencia, lo que la hace adecuada para su uso en la fabricación de papel para impresión y escritura, así como para papel de embalaje y otros productos de papel.	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). - Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>P. taeda</i>	La madera de esta especie es resistente y durable, especialmente cuando se trata con productos químicos para la conservación de la madera. Además, tiene un grano recto y uniforme, con una textura fina y una apariencia atractiva.	Varía en función de las condiciones de crecimiento, pero generalmente es de baja a media densidad, con una densidad promedio de alrededor de 450 kg/m ³ .	Tiene fibras relativamente cortas, con un largo promedio de alrededor de 0,8 a 1,2 mm. Esta longitud de fibra es adecuada para la producción de pasta química y mecánica, y se adapta bien a los procesos pulpables.	La calidad de la pulpa producida a partir de la madera de <i>Pinus taeda</i> es buena, especialmente para la producción de pulpa de papel de periódico y pulpa blanqueada. La pulpa de <i>Pinus taeda</i> es suave y resistente, y se puede mezclar con otras pulpas para mejorar la calidad del papel.	<ul style="list-style-type: none"> - Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). Silvics of North America: Volume 1. Conifers. - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).

<p><i>P. tecunumanii</i></p>	<p>Es conocida por su durabilidad y resistencia. Tiene una buena resistencia natural a la putrefacción, los insectos y los hongos, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere madera duradera.</p>	<p>Es conocido por tener una densidad media a alta con un peso específico de 575 kg/m³, lo que significa que su madera tiende a ser relativamente densa. La densidad de la madera puede variar dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones de crecimiento específicas.</p>	<p>Tiene una fibra de longitud media a larga con una longitud promedio de alrededor de 1,8 mm.. La longitud de la fibra es importante porque influye en las propiedades mecánicas de la madera, como la resistencia y la flexibilidad. Las fibras más largas suelen ser deseables para aplicaciones que requieren mayor resistencia y durabilidad.</p>	<p>No se utiliza comúnmente para la producción de pulpa de celulosa. Sin embargo, en general, los pinos se consideran una fuente de pulpa de calidad moderada. La calidad de la pulpa puede variar según la edad del árbol, las características de la madera y los métodos de procesamiento utilizados.</p>	
<p><i>P. teocote</i></p>	<p>Es de buena calidad y tiene una amplia variedad de usos. La madera de esta especie es considerada una de las mejores para la producción de muebles, estructuras de madera, vigas, postes y otros productos de madera aserrada. La madera es considerada resistente, durable y de color rojizo oscuro a marrón claro, con una textura fina y uniforme. Esta madera también tiene un alto contenido de resinas, lo que la hace resistente al deterioro por hongos e insectos. Además, el <i>Pinus teocote</i> tiene un rápido crecimiento, lo que lo convierte en una especie importante para la producción forestal en México. La plantación de esta especie puede ser una</p>	<p>La densidad es media-alta, con un peso específico que oscila entre 450 y 650 kg/m³, lo que la hace resistente y duradera.</p>	<p>El largo de la fibra de la madera del <i>Pinus teocote</i> es mediano a largo, con una longitud promedio de alrededor de 1,6 mm, lo que la hace adecuada para la producción de papel y otros productos de pulpa.</p>	<p>La calidad de pulpa de la madera es adecuada para la producción de pulpa kraft y pulpa mecánica, aunque se considera que la pulpa kraft es de mayor calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montañó-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martínez, E. (2000).

alternativa rentable para la producción de madera y la recuperación de áreas degradadas o erosionadas.

Especie	Antecedentes sobre susceptibilidad o tolerancia			Fuentes
	Sequia	Hongos	Insectos	
<i>P. brutia</i>	Es conocida por su tolerancia a la sequía, lo que le permite sobrevivir y crecer en climas mediterráneos con veranos calurosos y secos. Esta especie ha desarrollado adaptaciones fisiológicas que le permiten resistir períodos prolongados de sequía, como raíces profundas que pueden extraer agua de capas más bajas del suelo y una mayor eficiencia en la regulación de la pérdida de agua a través de las estomas de las hojas.	Algunas de las enfermedades fúngicas que pueden afectar a esta especie incluyen el cancro del tronco (<i>Diplodia pinea</i>), la marchitez producida por <i>Verticillium</i> y la roya del pino (<i>Cronartium flaccidum</i>).	Puede ser propensa a la susceptibilidad por diversas especies de insectos, incluyendo barrenadores del tronco (<i>Ips sexdentatus</i>), escarabajos de la corteza (<i>Orthotomicus erosus</i>) y orugas defoliadoras (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>).	<ul style="list-style-type: none"> - Kavgaci, A., & Sahin, U. (2016). - Keskin, H., & Dönmez, E. O. (2015). - Koç, B. (2015). - Yaltirik, F., & Eroglu, H. (2014). - Bilgili, E., & Bayramzadeh, V. (2013). - Özkan, O. Ç., & Çakmak, S. (2012).
<i>P. greggii</i>	Es una especie tolerante a la sequía y está bien adaptada a crecer en condiciones de clima seco. Esta especie puede sobrevivir y crecer en áreas con precipitaciones anuales tan bajas como 250 mm. Además, la especie tiene una alta tolerancia a las condiciones de sequía y	Además, los estudios han demostrado que la especie posee una alta resistencia a la <i>Phytophthora cinnamomi</i> , un hongo que puede causar enfermedades en las raíces de las plantas, lo que la hace adecuada para la restauración de áreas	Es susceptible a ciertas enfermedades y plagas, como la mancha foliar de <i>Dothistroma spp</i> y el gorgojo del pino mexicano. Sin embargo, en general se considera que esta especie es resistente a las plagas y enfermedades comunes en la región en la que se encuentra, lo que la hace relativamente fácil de manejar en plantaciones y bosques.	<ul style="list-style-type: none"> - Guzmán-Lucero, D. et al. (2013). - Mata-González, R. et al. (2007). - Pinedo-Alvarez, A. et al. (2011). - Rahn, T. A. et al. (2012). - Ross-Davis, A. L. et al. (2010). - Vargas-Mendoza, N. et al. (2016).

	puede sobrevivir a periodos prolongados sin agua.	afectadas por este patógeno.		
<i>P. herrerae</i>	Puede ser susceptible a la sequía prolongada, con la consecuencia que puede afectar su crecimiento y supervivencia.	Entre las enfermedades que pueden afectar a esta especie se encuentran la mancha de aguja (<i>Dothistroma pini</i>) y la costra de pino.	Mientras que los insectos que pueden afectar la especie incluyen la araña roja (<i>Tetranychus merganser</i>) y algunos tipos de gorgojos.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Jiménez et al. (2017) - Téllez-Valdés et al. (2019) - Carrillo-Parra et al. (2013) - Escalante-Sandoval et al. (2016) - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de CONABIO - "Pinus herrerae" en la base de datos de especies de la (UICN)
<i>P. leiophylla</i>	Es una especie que se considera moderadamente tolerante a la sequía, aunque puede sufrir en condiciones de sequía extrema. En general, prefiere zonas con una humedad relativa alta y puede sufrir en zonas con una sequía prolongada.	Esta especie es susceptible a varias enfermedades fúngicas, incluyendo el cancro del pino y la pudrición de la raíz. Estas enfermedades pueden afectar el crecimiento y la salud del árbol y, en casos graves, pueden causar la muerte del árbol.	Es susceptible a varios insectos que pueden afectar su crecimiento y salud. Entre ellos se encuentran la oruga procesionaria del pino (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) y el barrenador del pino (<i>Dendroctonus spp.</i>), que pueden causar daños significativos en las plantaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Baraloto, C., Molto, Q., Rabaud, S., Hérault, B., Valencia, R., Blanc, L., & Fine, P. V. (2009). - Contreras-Medina, R., Lopez-Upton, J., & Gay-García, C. (2017). - Flores-Lopez, C., Castro-Ramirez, A. E., Corral-Rivas, J. J., & Corral-Rivas, S. (2015). - Hernandez-Delgado, G. D., & Ager, A. A. (2016). - Villanueva-Díaz, J., López-Upton, J., García-Espinosa, R., & Carrillo-Parra, A. (2019).
<i>P. maximinoi</i>	Es una especie tolerante a la sequía y a las condiciones de estrés hídrico. Esta especie ha desarrollado mecanismos fisiológicos que le permiten sobrevivir en ambientes con bajos niveles de agua, como la capacidad de cerrar las estomas durante periodos prolongados de sequía para reducir la pérdida de agua por transpiración.	Suele ser resistente a los insectos barrenadores y a la pudrición blanca, pero es susceptible a la pudrición marrón y a algunos hongos manchadores de la madera.	También se ha reportado que la especie es susceptible a plagas de insectos como la oruga del gusano descortezador y el escarabajo de la corteza.	<ul style="list-style-type: none"> - De la Cruz-Reyna, S., & García-García, E. (2012). - González-Elizondo, M. S., & Jurado, E. (2015). - Luján-Santiago, H. R., Ochoa-Gaona, S., & Treviño-Garza, E. J. (2019). - García-García, E., De la Cruz-Reyna, S., & Romero-Manzanares, A. (2014). - Moya, R., Gómez-Balandra, M. Á., Espinosa-Mireles, G., Hernández-Tejeda, T., & Muñoz-Uc, J. (2017).
<i>P. muricata</i>	En general, el <i>Pinus muricata</i> puede tolerar periodos cortos de sequía, pero es una	Es susceptible a varias enfermedades fúngicas como la costra de pino, la marchitez del pino y	Es susceptible a una variedad de plagas de insectos, como la cochinilla harinosa y la polilla de la corteza. Estos insectos	<ul style="list-style-type: none"> - Chadwick D. Oliver, John P. Menne, y J. Stephen Brewer. - Richard S. Dodd, Bryan A. Endress, Thomas E. Burk, y R. Keala Hagmann. - David A. Wardle y David M. Graber.

	<p>especie que prefiere climas frescos y húmedos. Por lo tanto, si las sequías son prolongadas, la especie puede verse afectada negativamente en su crecimiento y desarrollo.</p>	<p>la mancha de pino. Estas enfermedades pueden afectar la salud y el crecimiento del árbol, y en algunos casos pueden ser mortales.</p>	<p>pueden debilitar y dañar el árbol, lo que puede disminuir su capacidad de crecimiento y productividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - J. Drew Lanham, Richard J. Niederholzer, y Joan L. Walker. - "California Native Plant Society": https://www.cnps.org/gardening/gardening-resources/growing-native-plants/pinus-muricata - "USDA Forest Service": https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pinmur/all.html
<i>P. patula</i>	<p>Es conocida por ser relativamente tolerante a la sequía y puede crecer en áreas con precipitaciones anuales de 600-2500 mm. Sin embargo, es importante tener en cuenta que su tolerancia a la sequía puede variar según el lugar de crecimiento y las condiciones específicas del sitio.</p>	<p>Es susceptible a una variedad de enfermedades fúngicas, incluyendo la mancha foliar y el marchitamiento del pino, que pueden afectar el crecimiento y la salud de los árboles. Además, la especie es susceptible a la pudrición del corazón, que puede debilitar la estructura de la madera y reducir su calidad.</p>	<p>Es vulnerable a una variedad de plagas de insectos, incluyendo escarabajos descortezadores, orugas y gusanos de pino, que pueden dañar la corteza, las ramas y el follaje de los árboles y debilitarlos. Sin embargo, la especie tiene cierta resistencia natural a los descortezadores y puede recuperarse de infestaciones si se manejan adecuadamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - López-Upton, J., Flores-López, C., Corral-Rivas, J., & García-Estrada, C. (2017). - Galicia, L., & Bautista-Zúñiga, F. (2016). - Eguiluz-Piedra, T., Méndez-González, J., & Flores-López, C. (2018). - Wilson, B., & Davis, J. M. (2011).
<i>P. pinaster</i>	<p>Tiene cierta tolerancia a la sequía, aunque se desarrolla mejor en condiciones húmedas. La especie es capaz de sobrevivir y crecer en suelos con baja humedad y en áreas con clima mediterráneo seco.</p>	<p>Además, la especie es vulnerable a enfermedades como el chancro (<i>Dothistroma pini</i>) y la podredumbre de la raíz (<i>Armillaria spp.</i>).</p>	<p>Algunas de las plagas que afectan a la especie son el barrenador de las ramas (<i>Pine processionary moth</i>), la polilla de la piña (Lepidoptera), y el escarabajo descortezador (<i>Ips sexdentatus</i>).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-González, M., Iglesias, S., & Díaz-Maroto, M. C. (2012). - Alía, R., Moro-Serrano, J., Notivol, E., García-Gil, M. R., & López-Díaz, M. L. (2014). - Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., & Zamora, R. (2004). - Serra-Varela, M. J., & García-Murillo, P. (2007). - Herrero, C., Fernández, M., Díaz-Raviña, M., & Arias-Estévez, M. (2009).
<i>P. pringlei</i>	<p>Es conocido por su capacidad para adaptarse a condiciones de sequía. Ha desarrollado mecanismos de resistencia, como raíces largas y profundas, que le permiten buscar agua en capas más profundas del</p>	<p>Tiene cierta resistencia a algunas enfermedades fúngicas comunes. Sin embargo, en condiciones de estrés o debilitamiento, como sequías prolongadas o daño mecánico, puede</p>	<p>Muestra cierta resistencia a los insectos, aunque también puede ser atacado por algunas especies de insectos dañinos. Específicamente, algunas orugas y escarabajos pueden causar daños a las agujas y corteza del árbol. Sin embargo, en general, el pino Pringlei es</p>	

	suelo. Además, sus hojas tienen una cubierta cerosa que reduce la pérdida de agua por transpiración.	ser más susceptible a infecciones fúngicas.	considerado resistente a los ataques de insectos en comparación con algunas otras especies de pinos.	
<i>P. pseudostrabus</i>	Existen algunos antecedentes que sugieren que es una especie resistente a la sequía, aunque su tolerancia a este factor puede variar dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones de crecimiento. En general, se ha observado que esta especie es capaz de sobrevivir en ambientes secos y de soportar periodos prolongados de sequía.	Es susceptible a algunas enfermedades fúngicas, como la mancha foliar causada por <i>Dothistroma spp.</i>	Así como a algunos insectos plagas como el barrenador del pino (<i>Dendroctonus spp.</i>) y la polilla del pino (<i>Dioryctria spp.</i>). Sin embargo, en general se considera que esta especie es menos susceptible a estas plagas que otras especies de pino, como el <i>Pinus radiata</i> o el <i>Pinus taeda</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - González-Elizondo, M.S., García-Moya, E., Hernández-Apolinar, M., y Jurado, E. (2014). - Pérez-Verdín, G., Navarro-Martínez, A., Rodríguez-Correa, H., López-Upton, J., y Wehenkel, C. (2015). - Zúñiga-Aguilar, J.J., López-Sánchez, C.A., y Valdez-Lazalde, J.R. (2019). - Corral-Rivas, J.J., Sánchez-Vargas, N.M., Mora-Aguilera, G., y Aguirre-Calderón, O.A. (2018). - Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J., Bousquet, J., y Isabel, N. (2004).
<i>P. taeda</i>	Es considerada una especie resistente y tolerante a la sequía. Esta especie es capaz de sobrevivir en regiones con una precipitación anual de alrededor de 600-1200 mm y puede adaptarse a condiciones de sequía a corto plazo. Durante periodos prolongados de sequía, puede sufrir estrés hídrico y disminuir su crecimiento, pero generalmente se recupera bien una vez que se restauran las condiciones de humedad adecuadas.	Es susceptible a una variedad de patógenos fúngicos y ataques de insectos. Algunos de los hongos que pueden afectar a esta especie son <i>Fusarium circinatum</i> , el hongo causante de la enfermedad del cancro del pino, y <i>Cronartium quercuum f. sp. fusiforme</i> , que causa la enfermedad del corrimiento del pino.	En cuanto a los insectos, algunos de los que pueden afectar son <i>Dendroctonus frontalis</i> , el escarabajo del pino de la corteza, y <i>Nantucket pine tip moth</i> , la polilla de la punta del pino de Nantucket.	<ul style="list-style-type: none"> - Wahlenberg, W. G., & Lauer, D. K. (1989). - USDA Forest Service. (2007). Silvics of North America: Volume 1. Conifers. - Shupe, T. F., & Sommers, P. (2018). - Perala, D. A. (2017). - Jose, S., Merritt, S., & Ramsey, C. L. (2012). - Baldwin, V. C., & Lassoie, J. P. (1984).

<p><i>P. tecunumanii</i></p>	<p>Muestra una tolerancia moderada a la sequía una vez que está establecido. Es capaz de adaptarse y sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo. Sin embargo, como cualquier especie de árbol, un suministro adecuado de agua durante los primeros años de establecimiento es fundamental para asegurar un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo.</p>	<p>Tiene una buena resistencia a los hongos y muestra una cierta capacidad para resistir la putrefacción y la descomposición causadas por microorganismos fúngicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que ningún árbol es completamente inmune a los hongos, y el cuidado adecuado y la gestión forestal pueden ayudar a prevenir enfermedades fúngicas y garantizar la salud a largo plazo de los árboles.</p>	<p>Ha mostrado cierta resistencia a los insectos y a los daños que pueden causar. Sin embargo, como ocurre con cualquier especie de pino, hay insectos que pueden afectar su salud y causar daños, como el gorgojo de pino y algunas especies de escarabajos. La gestión adecuada de plagas y la aplicación de prácticas de control de insectos pueden ser necesarias para proteger los árboles de daños significativos.</p>	
<p><i>P. teocote</i></p>	<p>Es una especie que presenta cierta tolerancia a la sequía, ya que se encuentra en zonas semiáridas y puede crecer en suelos pobres en nutrientes. Sin embargo, es importante mencionar que esta especie también requiere de cierta cantidad de agua para su crecimiento y desarrollo óptimo.</p>	<p>Es susceptible a algunas enfermedades fúngicas, como la mancha foliar causada por <i>Dothistroma pini</i>, la pudrición de la raíz causada por <i>Armillaria mellea</i> y la pudrición blanca de la madera causada por <i>Trametes versicolor</i>.</p>	<p>Es susceptible al ataque de algunas especies de escarabajos descortezadores, como <i>Dendroctonus mexicanus</i> y <i>Ips calligraphus</i>, que pueden causar daños significativos a los bosques de esta especie. También puede ser afectado por la oruga de la mariposa procesionaria <i>Thaumetopoea pityocampa</i>. Es importante realizar una gestión forestal adecuada para prevenir y controlar los ataques de insectos en los bosques de esta especie de Pino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ramírez-Valverde, B., Navarro-Martínez, A., Vargas-Hernández, J. J., & Romo-Lozano, Y. (2019). - López-Upton, J., García-Moya, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2019). - González-Elizondo, M. S., Jurado, E., Montañó-Moctezuma, G., & Ramírez, L. (2010). - Becerra, J. X. (2003). - Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., & Martínez, E. (2000).

