

Funciones de biomasa y estimación de carbono fijado por las principales especies del bosque esclerófilo de las Regiones de O`Higgins y del Maule

RESUMEN



R. Garfias, S.; M. Castillo, S.; A. Vita, A.; H. Bown, I.; P. Zúñiga, N. y F. Ruiz, G.;
Caldentey, J.

**Funciones de biomasa y estimación de carbono fijado por las principales
especies del bosque esclerófilo de las Regiones de O`Higgins y del Maule**

Santiago, Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Financiamiento: Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN).

ISBN: 978-956-19-1153-6

R.P.I.: 308319

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Universidad de Chile

Casilla 1004, Santa Rosa 11315

La Pintana Santiago

Edición: 500 ejemplares.

Santiago, Chile, 2019.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio no se hubiese podido ejecutar sin los valiosos aportes de:

- Emilio Mahías, Ingeniero Forestal
- Camila Loyola, Ingeniera Forestal
- Rodrigo Mazzarrelli, Ingeniero Forestal
- Cristina Villavicencio, Ingeniera Forestal
- Tamara Segovia, Ingeniera Forestal
- Tamara Bustamante, Ingeniera Forestal
- Paula Becerra, Ingeniera Forestal
- Diego Acevedo, Ingeniero Forestal
- Nicole Ávalos, Egresada de Ingeniería Forestal
- Macarena Palacios, Egresada de Ingeniería Forestal
- Aarón Núñez, Egresado de Ingeniería Forestal
- Daniela Romero, Egresada de Ingeniería Forestal
- Germán Oviedo, Egresado de Ingeniería Forestal
- Laura Galaz, estudiante de Ingeniería Forestal

Especial mención a los Profesionales de las Regiones del Libertador Bernardo O´Higgins y del Maule, quienes aportaron en la discusión y validación de los resultados de este proyecto

Se agradece al Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN) el financiamiento de este estudio

AUTORES

M.C. Roberto Garfias Salinas¹

Dr. Miguel Castillo Soto¹

Ingeniero Forestal Antonio Vita Alonso¹

PhD. Horacio Bown Intveen¹

Ingeniero Forestal Pablo Zúñiga Navarrete

Ingeniera Forestal Francisca Ruiz Gozalvo

Dr. Juan Caldentey Pont¹

¹ Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	SITUACIONES VEGETACIONALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	3
2.1	Situación de Bosque I: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval denso. Estructura secundaria: bosque adulto con renoval denso.....	4
2.2	Situación de Bosque II: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval semidenso. Estructura secundaria: bosque adulto con renoval semidenso.....	8
2.3	Situación de Bosque III: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval con cobertura abierta.....	12
2.4	Análisis a nivel de situación de bosque.....	15
2.4.1	Situación de bosque abierto	16
2.4.2	Situación de bosque semidenso	17
2.4.3	Situación de bosque denso.....	17
2.5	Análisis a nivel global	18
3	FUNCIONES DE BIOMASA AÉREA Y RADICULAR.....	23
4	ESTIMACIÓN DE CARBONO	39
5	MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA AUMENTAR LA CAPTURA DE CARBONO.....	43
5.1	Definición de la estructura potencial del bosque con el propósito de aumentar la captura de emisiones de carbono	45
5.2	Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales	45
5.2.1	Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque abierto	47
5.2.2	Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque semidenso	53
5.2.3	Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque denso	57
5.3	Análisis General	62
5.4	Ejemplos de esquemas de manejo para Espino	64
5.4.1	Esquema 1, Objetivo: Piezas cortas de madera	64
5.4.2	Esquema 2, Objetivo: Silvopastoral. Producción de flores y frutos. Preservación	64
5.5	Conclusiones	65
6	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	66

1 INTRODUCCIÓN

Las formaciones de bosque y matorral esclerófilo de Chile Central representan en su conjunto, un patrimonio natural territorial y cultural de muy alto valor ecosistémico, siendo a su vez un recurso renovable seriamente amenazado por el impacto de diversidad de fenómenos y también patrones de cambio, algunos de carácter permanente como es la expansión urbana, la actividad ganadera, los cultivos agrícolas, y en general la competencia por uso del suelo. Otros fenómenos ligados más a la estacionalidad corresponden a la presencia de incendios forestales y también al innegable efecto del cambio climático, expresado en una mayor condición de sequedad de la vegetación combustible y una mayor carga bajo dosel por aporte de material vegetal fino y seco, proclive a los incendios. Si a este escenario se suma la permanente demanda hídrica para múltiples usos silvoagropecuarios, habitacional e industrial, el escenario de conservación de este recurso natural como patrimonio esencial para la captación de gases de efecto invernadero, se ve cada vez más complejo por esta multiplicidad de factores, y por la potencial tasa de emisión de dióxido de carbono y otros gases contribuyentes al calentamiento global.

En términos generales, los bosques capturan carbono, promueven la estabilidad atmosférica, el balance hídrico y en general regulan el equilibrio de variados procesos naturales que dependen de la producción de oxígeno y almacenamiento de gases de efecto invernadero. El escenario mundial actual pone de manifiesto la urgente necesidad de promover investigaciones y acciones concretas que vayan en la dirección de promover el estudio y conservación de formaciones boscosas y obtener de ellos, las mejores alternativas de manejo sostenible, en concordancia con su potencial productivo y la generación de servicios ambientales y sociales para los habitantes que utilizan este recurso o coexisten en sus áreas aledañas. En este sentido, el conocimiento del potencial de captura de CO₂ basado en el crecimiento y tipo de biomasa forestal es un aspecto fundamental para el entendimiento del estado actual y potencial de la vegetación como rol de equilibrio y agente mitigador a las diferentes actividades que conllevan la emisión de gases de efecto invernadero y en general la fragmentación de paisajes vegetales.

Por lo anterior, este estudio aporta al conocimiento sobre el estado actual del bosque esclerófilo de Chile Central, desde el punto de vista de su distribución, extensión y tipología de desarrollo y cobertura, con el propósito de evaluar su potencial de almacenamiento y captura de CO₂ a distintas situaciones de bosque y con mayor especificidad, en la estimación de biomasa existente tanto en raíces, tocones, corteza, hojas, fuste y ramas, como aportantes en el almacenamiento de gases y también para aportar con mejores referencias técnicas para las prescripciones silvícolas factibles de aplicar con el objetivo de disponer de una biomasa estable y producción sostenida acorde con las condiciones de demanda local y exposición a los impactos del entorno.

La estimación de carbono fijado por las principales especies del bosque esclerófilo se ha focalizado entre las regiones de O'Higgins y Maule, cuyos territorios se encuentran potencialmente expuestos a los impactos señalados inicialmente, y en cuyo caso resulta crucial proponer medidas de mitigación para aumentar, por un lado, la captura de carbono, y por otro, disponer de una evaluación más actualizada en biomasa por

tipología de bosque, aspecto importante de conocer luego de los graves daños ocasionados por los últimos incendios de magnitud ocurridos en 2017. Las referencias indican que el bosque y matorral mantiene un importante stock en biomasa y que por esta condición las distintas situaciones de bosque acá tratadas, necesitan de acciones específicas de gestión y conservación, considerando estas evaluaciones en biomasa a distintas secciones de árbol individual y también como estructuras de poblaciones.

Estas referencias permitirán además, apoyar las decisiones para los planes de ordenación y manejo predial, aportante al funcionamiento y perfeccionamiento de los instrumentos de fomento forestal en bosque nativo, particularmente el tipo forestal esclerófilo que está más ligado a la gestión de pequeños propietarios agrícolas y forestales. Los autores esperan que esta investigación sea una real contribución a la gestión de este recurso forestal como componente fundamental para el secuestro de carbono y mitigación del calentamiento global.

2 SITUACIONES VEGETACIONALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Para estudiar el recurso vegetal se utilizó como referencia inicial el catastro de Recursos Vegetacionales de la Corporación Nacional Forestal, actualizado el año 2005 en la Región de O'Higgins y el año 2009 en la Región del Maule. Posteriormente, con la publicación de una nueva cartografía Landcover para todo Chile (Zhao *et al.*, 2016), con nuevas metodologías para la evaluación de bosques, fue posible disponer de un producto satelital actualizado a 2014, y cuyas bases de datos permitieron cruzar y validar los datos existentes del Catastro. Para ambas fuentes cartográficas, se trabajó a una escala 1:50.000, utilizando la proyección UTM WGS84, Huso 19 Sur. Los criterios, filtros, y datos resultantes fueron generados en formato vectorial, con sus bases de datos asociadas, para la elaboración de cubiertas que describen distintas situaciones de bosque. Los criterios utilizados se indican a continuación:

- a) Atributos asociados a la definición de "Situación de bosque", con enfoque a bosque esclerófilo:
 - ✓ Identificación del uso de suelo (primer filtro para la selección de bosque)
 - ✓ Tipo forestal
 - ✓ Subtipo forestal
 - ✓ Estructura y cobertura (bosque denso / semidenso / abierto, renoval, renoval mixto).
 - ✓ Especies principales (hasta cinco)
 - ✓ Altura dominante (categorías definidas en las bases de datos catastrales)
 - ✓ Clases de cobertura: de acuerdo a las bases de datos del Catastro, es posible identificar, para ambas regiones, el predominio de tres categorías de cobertura: 01 (denso), 02 (semidenso), 03 (abierto)).
 - ✓ Cohesión (área mínima de 100 hectáreas para las zonas tipificadas en cada una de las situaciones de bosque)
- a) Adicionalmente se consideraron los criterios físicos derivados de la topografía. Si bien el Catastro contiene esta información, se optó por elaborar de manera adicional el modelo de terreno para toda el área de investigación, para luego obtener los mapas de pendientes y exposiciones. De esta manera, se adicionaron tres criterios más para la elaboración más precisa de las situaciones encontradas:
 - ✓ Altitud (clases distanciadas cada 200 metros).
 - ✓ Pendiente (0-15%; 15-30%; 30-45%; 45-60%; >60%)
 - ✓ Exposición (plano, norte, sur, este, oeste).

El paso que junta ambas fuentes cartográficas se produce en la operación de intersección espacial en el Sistema de Información Geográfica, de la cubierta vectorial de LandCover, con el Catastro para las Regiones de O'Higgins y Maule, para con ello validar la información espacial, elaborar las situaciones de bosque y permitir con ello la programación de la campaña de terreno.

Lo anterior permitió identificar las siguientes situaciones vegetacionales para toda el área de estudio comprendida por las Regiones de O'Higgins y del Maule.

2.1 Situación de Bosque I: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval denso. Estructura secundaria: bosque adulto con renoval denso.

- ✓ Abarca una superficie de 28.531 hectáreas (Figura 1), con 22 unidades mayor a 100 hectáreas. El resto corresponde a mosaicos de vegetación desagregados.
- ✓ La pendiente dominante en estas formaciones se concentra entre 15-45%, con exposiciones preferentemente sur.
- ✓ No existen preferencias por rangos altitudinales, encontrándose presencia de esta situación de bosque homogéneamente distribuida en un rango de 0 a 1.500 m.s.n.m., con menor frecuencia por sobre 1.500m.
- ✓ Las especies principales para esta situación de bosque son: quillay, peumo, boldo, litre y espino.
- ✓ La altura dominante de los árboles fluctúa principalmente entre 4-8 metros y 8-12 metros.
- ✓ La proporción entre estructuras es 93,47 % renoval denso y 6,98% de bosque adulto con renoval denso.
- ✓ Las principales comunas en donde se detecta esta situación de bosque (Figura 2), corresponden a San Fernando (7.503 ha), Romeral (2.582 ha), Chimbarongo (2.403 ha), Linares (2.356 ha) y Las Cabras (2.051 ha).

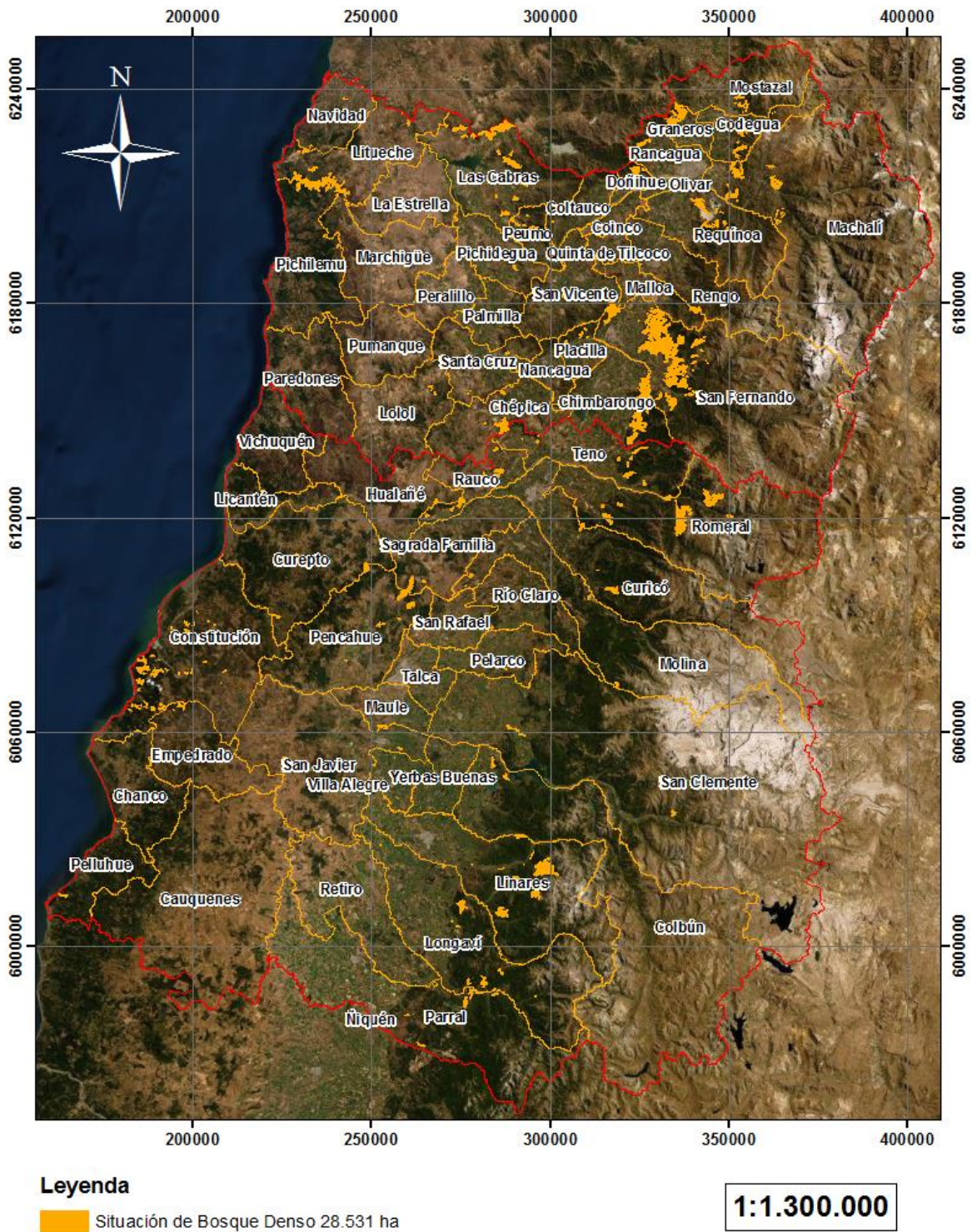


Figura 1. Distribución de la situación vegetal densa en las Regiones de O'Higgins y del Maule.

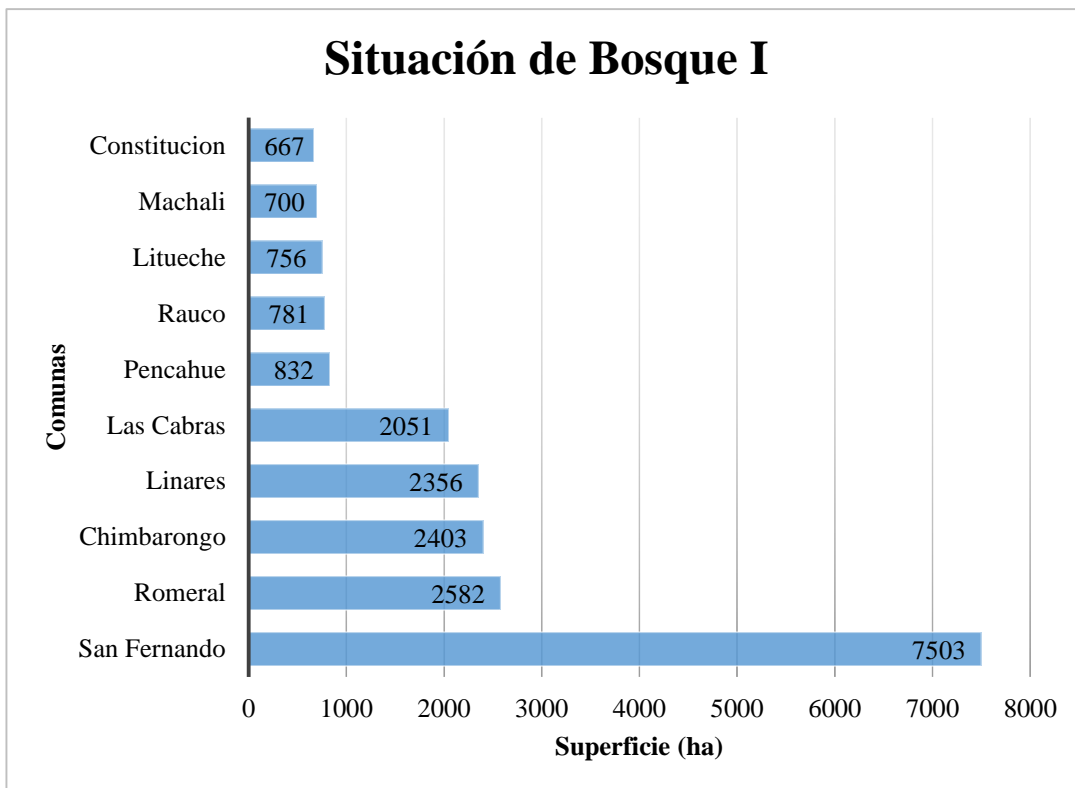
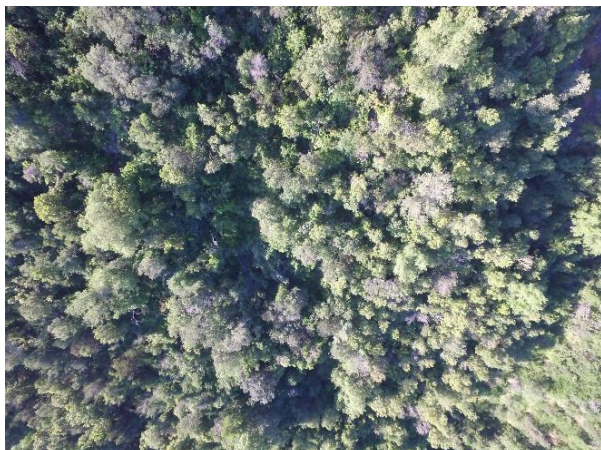


Figura 2: Superficies para situación vegetacional I (bosque denso), basado en el análisis espacial.

En la Figura 3 se pueden observar algunas tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetacional densa ubicadas en las Regiones de O'Higgins y del Maule.



Comuna de Pichidegua. UTM 285081E 6192850N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna del Maule. UTM 253839E 6061630N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna de Curicó. UTM 265174E 6120450N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna de Péncahue. UTM 257268E 6097300N. Imagen capturada a 30 metros de altura.

Figura 3: Tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetal densa ubicadas en las Regiones de O'Higgins y del Maule.

2.2 Situación de Bosque II: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval semidenso. Estructura secundaria: bosque adulto con renoval semidenso.

- ✓ Abarca una superficie de 37.995 hectáreas (Figura 4), con 37 unidades mayor a 100 hectáreas. El resto corresponde a mosaicos de vegetación desagregados.
- ✓ La pendiente en estas formaciones varía entre 0-45%, con exposiciones preferentemente sur y sectores planos.
- ✓ Esta situación de bosque se distribuye altitudinalmente entre 0- 1200 m.s.n.m.m.
- ✓ Las especies principales para esta situación de bosque son: peumo, litre, quillay, boldo y espino.
- ✓ La altura dominante de los árboles fluctúa entre 2-4 metros y 4-8 metros.
- ✓ La proporción entre estructuras es prácticamente un 100% de renoval semidenso.
- ✓ Las principales comunas en donde se detecta esta situación de bosque (Figura 5), corresponden a Curicó (3.895 ha), Las Cabras (2.686 ha), y Teno (2.272 ha).

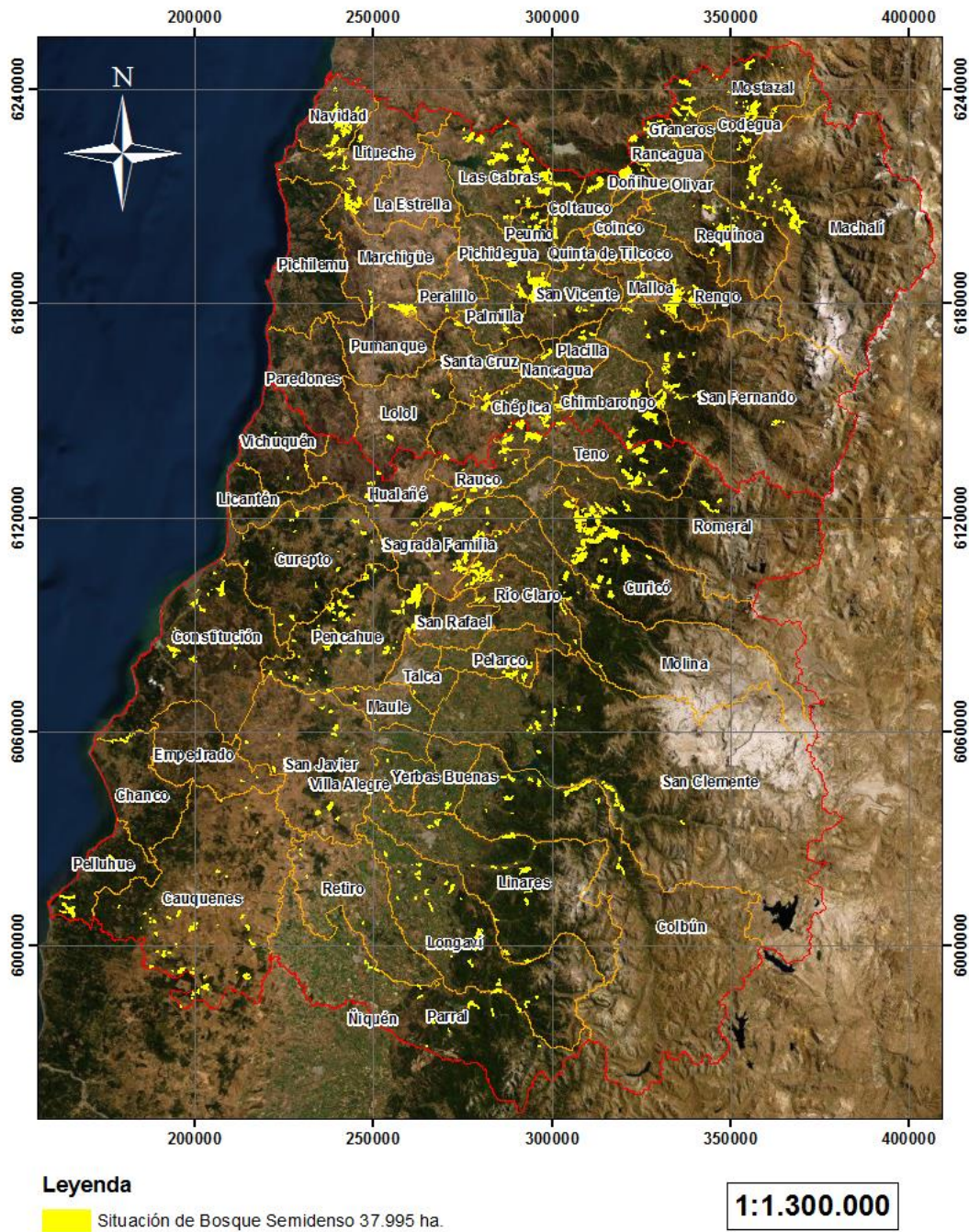


Figura 4. Distribución de la situación vegetal semidensa en las Regiones de O'Higgins y del Maule.

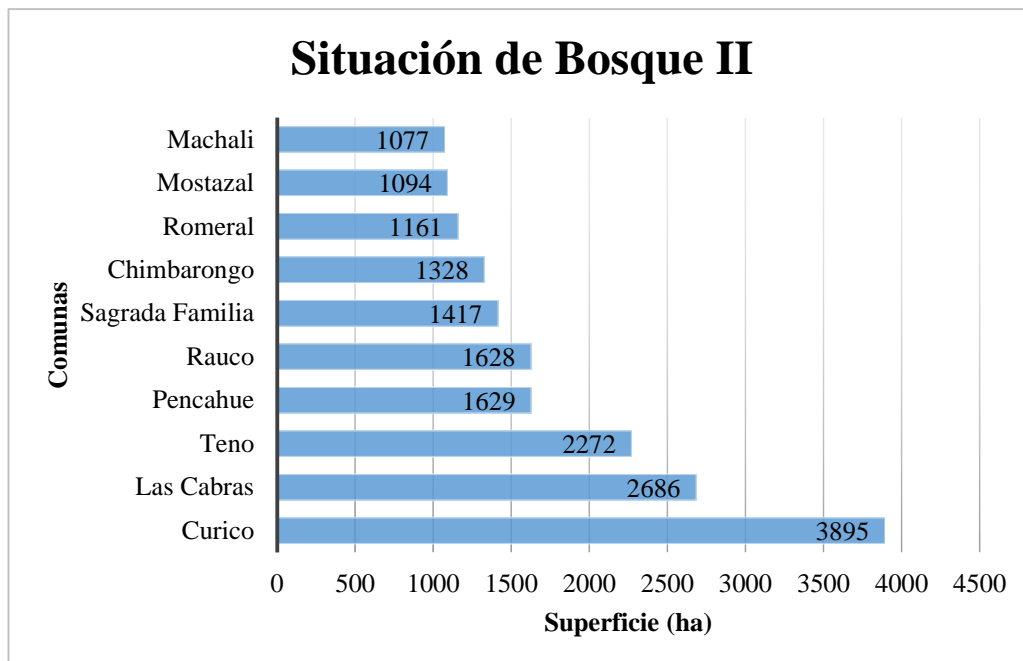
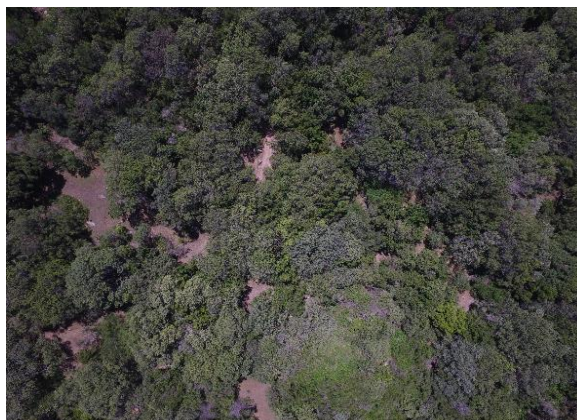


Figura 5: Superficies para situación vegetacional II (bosque semidenso), basado en el análisis espacial.

En la Figura 6 se pueden observar algunas tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetacional semidensa ubicadas en el área de estudio.



Comuna de Graneros. UTM 338652E 6233820N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna de Doñihue. UTM 320978E 6214510N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna de Rauco. UTM 273303E 6122030N. Imagen capturada a 50 metros de altura.



Comuna de San Rafael. UTM 265294E; 6090870N. Imagen capturada a 50 metros de altura.

Figura 6: Tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetacional semidensa ubicadas en las Regiones de O´Higgins y del Maule.

2.3 Situación de Bosque III: Bosque esclerófilo, con dominio de renoval con cobertura abierta

- ✓ Abarca una superficie de 37.553 hectáreas (Figura 7), con 40 unidades mayor a 100 hectáreas. El resto corresponde a mosaicos de vegetación desagregados.
- ✓ La pendiente en estas formaciones varía homogéneamente entre los 0-45%.
- ✓ Una mayor proporción se concentra en el rango altitudinal entre 0-1200 m.s.n.m., es posible encontrar esta situación en sectores tanto con exposición sur (38% de su presencia) como con exposición norte (33,8% de su presencia).
- ✓ Las especies principales para esta situación de bosque son: quillay, litre, boldo, peumo y espino.
- ✓ La altura dominante de los árboles fluctúa entre 2-4 metros y 4-8 metros.
- ✓ La proporción entre estructuras es prácticamente 100% renoval abierto.
- ✓ Las principales comunas en donde se detecta esta situación de bosque (Figura 8), corresponden a Sagrada Familia (3.281 ha), Pichilemu (3.224 ha), Penciahue (2.955 ha), Curepto (2.876 ha) y Requinoa (2.819 ha).

En la Figura 9 se pueden observar algunas tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetal abierta ubicadas en las Regiones de O´Higgins y del Maule.

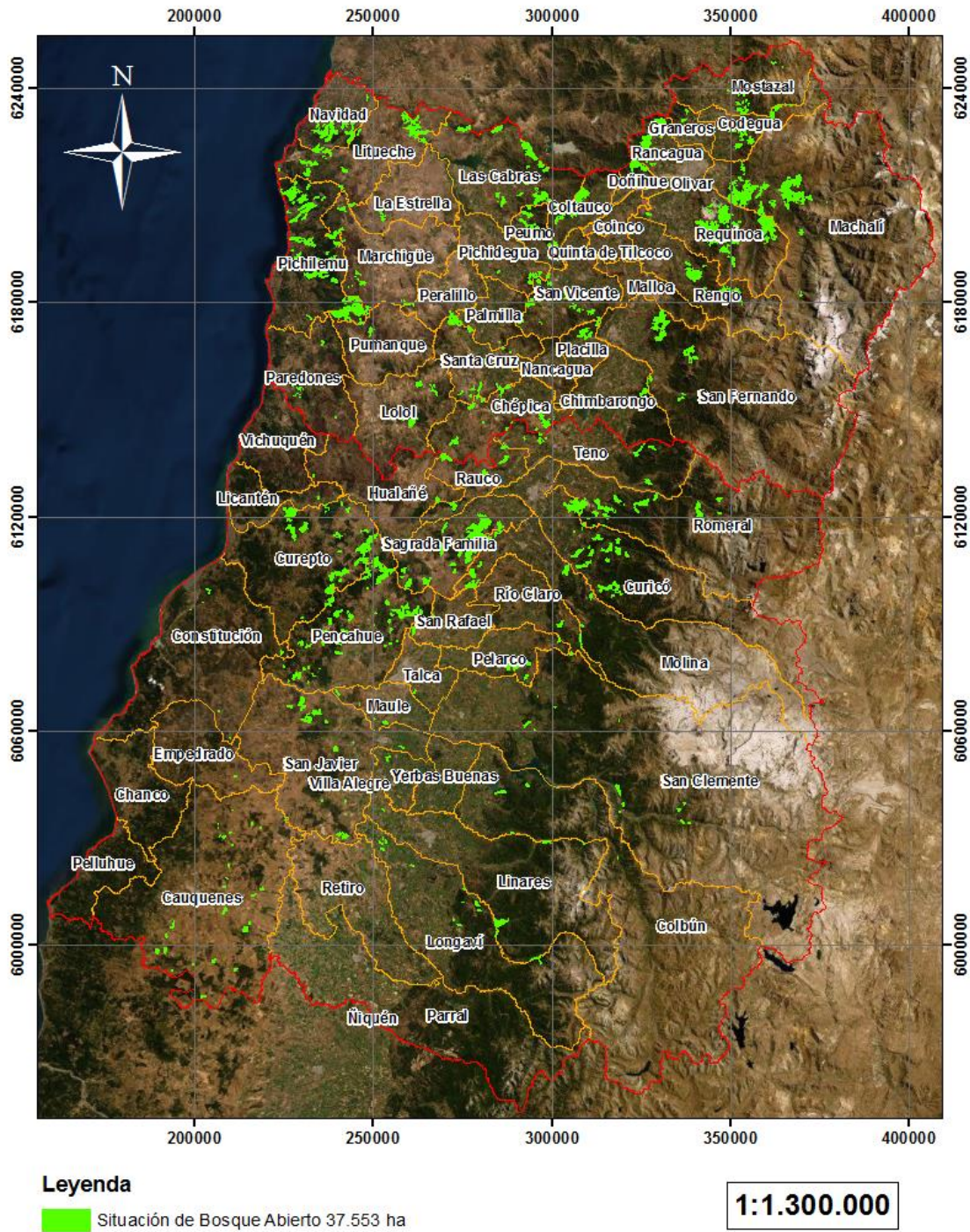


Figura 7. Distribución de la situación vegetal abierta en las Regiones de O'Higgins y del Maule.

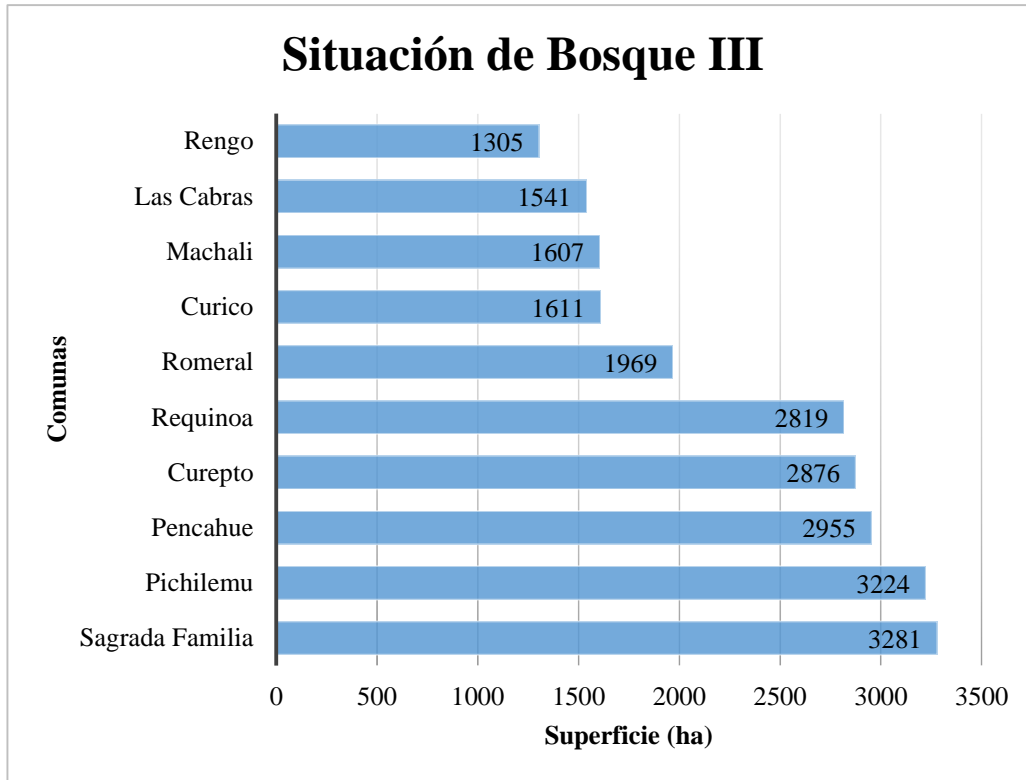


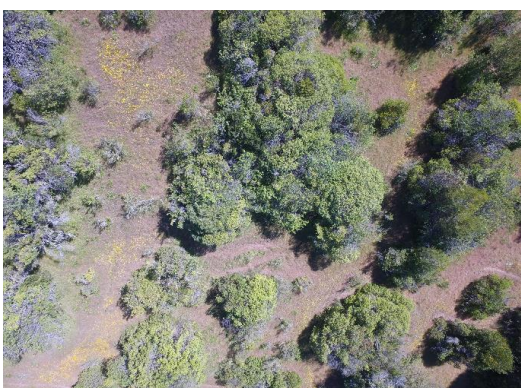
Figura 8: Superficies para situación III de bosques, basado en el análisis espacial.



Comuna de Pelarco. UTM 287860E; 6078430N.
Imagen capturada a 40 metros de altura.



Comuna de San Vicente. UTM 306233E; 6205430N.
Imagen capturada a 30 metros de altura.



Comuna de San Javier. UTM 241799E; 6060360N.
Imagen capturada a 30 metros de altura.



Comuna de San Rafael. UTM 260840E; 6087190N.
Imagen capturada a 50 metros de altura.

Figura 9: Tomas aéreas de diversas áreas de la situación vegetacional abierta ubicadas en las Regiones de O´Higgins y del Maule.

2.4 Análisis a nivel de situación de bosque

Para llevar a cabo el análisis cualitativo, en cada una de las macro unidades (situaciones densa, semidensa y abierta) se establecieron 10 parcelas rectangulares de 500 m² (25m x 20m), donde se registró la vegetación de acuerdo a los siguientes aspectos:

- ✓ Árboles: Dcopa 1, Dcopa 2, Altura, DAP (DAT en caso de monte bajo), y N^o individuos por especie presente.
- ✓ Arbustos: D copa 1, D copa 2, Altura y N^o individuos por especie.
- ✓ Suculentas: D copa 1, D copa 2, Altura y N^o individuos que cumplen los mismos atributos.
- ✓ Número de plántulas según especie en la parcela. Plántula se consideró todo ejemplar de diámetro de tallo inferior a 2 cm y altura menor a 1 m.

La caracterización de las formaciones se llevó a cabo a partir de la interpretación de La Ley 20.283 (Ministerio de Agricultura, 2008), que establece las siguientes definiciones:

Formaciones Xerofíticas: “formación vegetal, constituida por especies autóctonas, preferentemente arbustivas o suculentas, de áreas de condiciones áridas o semiáridas ubicadas entre las Regiones I y VI, incluidas la Metropolitana y la XV y en las depresiones interiores de las Regiones VII y VIII”.

Bosque Nativo de Preservación: “aquél, cualquiera sea su superficie, que presente o constituya actualmente hábitat de especies vegetales protegidas legalmente o aquellas clasificadas en las categorías de en “peligro de extinción”, “vulnerables”, “raras”, “insuficientemente conocidas” o “fuera de peligro”; o que corresponda a ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, cuyo manejo sólo puede hacerse con el objetivo del resguardo de dicha diversidad”

Bosque Nativo: “bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar”.

Matorral Nativo: Comunidad arbustiva y de plantas leñosas, cuya parte aérea no se puede diferenciar claramente en troco y follaje, pues éste se prolonga generalmente hasta la base. Corresponde al tipo vegetacional más característico en zonas mediterráneas (Vita, 1993).

Para una mayor comprensión a este criterio, se organizaron las formaciones xerofíticas y matorral nativo, en una estructura más amplia de Matorrales. Así mismo, las formaciones de Bosque Nativo y Bosque Nativo de Preservación se incorporaron dentro de la estructura de Bosques Nativos.

Para la caracterización cuantitativa se ejecutaron parcelas de 50 x 10 m, en donde 10 parcelas fueron consideradas como la muestra preliminar para determinar el número de parcelas definitivas que permitieron cuantificar las existencias del bosque. De esta forma, sobre la base de la información capturada se determinó el coeficiente de variación en área basal, lo que posteriormente permitió determinar el número de parcelas definitivas (asumiendo un error muestral del 20% y un nivel de confianza de 95%). Finalmente se obtuvo la siguiente muestra: 29 en bosque denso, 16 en bosque semidenso y 27 en bosque abierto.

2.4.1 Situación de bosque abierto

Se distribuye en diversas condiciones de exposición, sin destacarse alguna de ellas en forma particular.

Presenta coberturas totales que fluctúan entre 25 y 53%, con un promedio de 35,9%, en tanto que la cobertura del dosel arbóreo tiene un promedio de 30,15%. *Acacia caven* y *Lithrea caustica* son las especies más comunes con el 70% de representación dentro del total de las parcelas, seguidas por *Peumus boldus* con el 60% del total. Más abajo se encuentran *Quillaja saponaria* y *Retanilla trinervia* con el 50%. Otras especies con menor presencia son *Cryptocarya alba*, *Kageneckia oblonga*, *Lomatia hirsuta*, *Talguenea quinquinervia*, *Proustia cuneifolia* y *Echinopsis chiloensis*.

Las estructuras verticales internas son variadas, presentando situaciones monoestratificadas hasta tres estratos. Cuando está presente *Quillaja saponaria*, al menos un ejemplar de la especie, ocupa un nivel de copa claramente sobresaliente del resto de la composición.

El número de árboles por hectárea para la situación de bosque abierto es de 3.070 y el área basal por hectárea es de 6,80 m²/ha (Tabla 1).

Este tipo de bosque ocupa una superficie de 37.553 hectáreas en el área de estudio, en tanto que las comunas con mayor presencia de este tipo de bosque corresponden a Pichilemu y Sagrada Familia.

2.4.2 Situación de bosque semidenso

Se distribuye en diversas condiciones de exposición, con mayor proporción de aquellas más sombrías orientadas hacia el sur. Presenta coberturas totales que fluctúan entre 40 y 60%, con un promedio de 49,4%, en tanto que la cobertura del dosel arbóreo tiene un promedio de 46,75%.

Peumus boldus es la especie más común con un 80% de representación dentro del total de las parcelas, seguida por *Acacia caven* con un 70% del total. Más abajo se encuentran *Quillaja saponaria*, *Lithrea caustica* y *Retanilla trinervia* con un 50%. Otras especies con menor presencia son *Cryptocarya alba*, *Kageneckia oblonga*, *Lomatia hirsuta*, *Crinodendron patagua*, *Talguenea quinquinervia*, *Cestrum parqui*, *Proustia cuneifolia* y *Echinopsis chiloensis*.

Las estructuras verticales internas son variadas, presentando situaciones monoestratificadas hasta cuatro estratos. Las especies que destacan en altura sobresaliendo al menos en una oportunidad sobre el dosel superior son *Cryptocarya alba*, *Quillaja saponaria*, *Acacia caven*, *Lithrea caustica*, *Peumus boldus* y *Crinodendron patagua*.

En la situación de bosque semidenso el número de árboles por hectárea es de 3.088 y el área basal por hectárea es de 13,57 m²/ha (Tabla 2).

Este tipo de bosque ocupa una superficie de 37.995 ha., en tanto que las comunas con mayor presencia de este tipo de bosque corresponden a Curicó y Las Cabras.

2.4.3 Situación de bosque denso

Se distribuye tanto en exposiciones asoleadas como sombrías, destacándose estas últimas. Presenta coberturas totales que fluctúan entre 51% y 65,5%, con un promedio de 58,25%, en tanto que la cobertura del dosel arbóreo tiene un promedio de 54,5%.

Peumus boldus es la especie más común con el 100% de representación dentro del total de las parcelas, seguida por *Lithrea caustica* con el 80% del total. Más abajo se encuentra *Quillaja saponaria* con el 70%, *Acacia caven* con 60% y *Retanilla trinervia* con 50%. Otras especies con menor presencia son *Cryptocarya alba*, *Kageneckia oblonga*, *Maytenus boaria*, *Sophora macrocarpa*, *Talguenea quinquinervia*, *Azara celsastrina* y *Proustia cuneifolia*.

Las estructuras verticales internas son variadas, presentando situaciones monoestratificadas de hasta cinco estratos. Las especies que destacan en altura

sobresaliendo al menos en una oportunidad sobre el dosel superior son *Quillaja saponaria*, *Lithrea caustica* y *Peumus boldus*.

El número de árboles por hectárea para la situación de bosque denso es de 3.266 y el área basal por hectárea alcanza los 17,49 m²/ha (Tabla 3).

Este tipo de bosque ocupa una superficie de 28.531 hectáreas, en tanto que las comunas con mayor presencia de este tipo de bosque corresponden a San Fernando, Romeral y Chimbarongo

2.5 Análisis a nivel global

Los resultados obtenidos ratifican una de las características más relevantes del Tipo Forestal Esclerófilo en cuanto a su extrema heterogeneidad. Esta heterogeneidad es el resultado de la gran diversidad de sitios que se presenta en las zonas áridas y semiáridas de Chile donde el efecto de los factores fisiográficos tiene importantes consecuencias ambientales, particularmente sobre el estado hídrico de los suelos y su relación con la vegetación. A lo anterior, se agregan las diferentes modalidades e intensidades de acción antrópica histórica.

El análisis global de la cantidad de ejemplares por clase diamétrica en los tres tipos de situación indica una distribución muy similar a una J inversa (Tablas 1, 2 y 3), equivalente a lo que ocurre en los tipos forestales Siempreverde y Coigüe-Raulí-Tepa.

En el caso de los bosques objeto del presente estudio, la especie dominante en cuanto a ubicación en la estratificación arbórea es *Quillaja saponaria* la cual, presentando una estructura interna tipo J inversa imperfecta, algunos ejemplares sobresalen en el dosel superior formando un estrato discontinuo lo que le da a la formación una fisonomía de monte medio. Este mismo comportamiento lo presenta, en menor medida, *Peumus boldus*, en tanto que, las otras especies arbóreas abundantes, como *Lithrea caustica* y *Acacia caven*, presentan igualmente estructuras internas compatible con tipo J inversa imperfecta, pero sin sobresalir en el nivel superior.

No obstante lo anterior, para definir verdaderamente cuál es el tipo de distribución diamétrica de un bosque, el análisis debe hacerse a nivel de parcela de ordenación (algunas decenas de hectáreas) y no a nivel del bosque completo (centenares a miles de hectáreas) por cuanto, todos los bosques manejados de tipo regular, como es el caso extremo de las plantaciones, presentan estructuras de tipo J inversa al considerar el bosque en su conjunto de parcelas. Pero lo importante, es lo que ocurre a nivel de parcela. Es necesario tener en consideración, que un monte alto irregular se caracteriza por tener, al menos, tres estratos arbóreos bien diferenciados (Vita, 1996). En este tipo de bosque, dicha situación interna a nivel de parcela se da solo en algunos casos, razón por la que se trata, en este caso, de una estructura indefinida (Vita, 2007).

Como resultado de lo anteriormente expuesto se puede señalar que, en términos globales, las tres situaciones analizadas presentan una estructura indefinida cercana a la natural que se caracteriza por no corresponder a una estructura clásica forestal, particularmente en bosques manejados, como es el caso del monte alto regular, monte alto irregular, monte bajo o monte medio (Vita, 2007).

Para efectos de homogenizar las formaciones leñosas con el propósito de plantear zonas de producción y de ordenación forestal se puede proceder a uniformizar los

recursos vegetales en función de la composición, de la estructura o de su condición. Para el caso del presente estudio, la uniformización a nivel macro se ha llevado a cabo según esto último, a través de tres niveles de cobertura de los bosques.

Tabla 1: Tabla de rodal obtenida en el inventario desarrollado en bosque esclerófilo en las Regiones de O'Higgins y del Maule. Situación abierta (Número de parcelas 27).

TABLA DE RODAL SITUACIÓN DE BOSQUE ABIERTO

Clase (cm)	Varetas/ha								Área Basal (m ² /ha)							
	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	BOLLÉN	OTROS	TOTAL	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	BOLLÉN	OTROS	TOTAL
2,5	1462	400	34	336	1	103	15	2352	0,8363	0,2422	0,0211	0,2174	0,0018	0,0658	0,0098	1,3944
7,5	317	59	4	185	2	24	4	594	1,4634	0,2367	0,0201	0,8611	0,0154	0,0987	0,0155	2,7108
12,5	51	6	3	28		1	2	91	0,6487	0,0776	0,0369	0,3463		0,0070	0,0346	1,1510
17,5	11	1	1	5	1			19	0,2576	0,0149	0,0421	0,1474	0,0149			0,4768
22,5	1	1	1	1				5	0,0364	0,0620	0,0538	0,0538				0,2060
27,5	1		1	1				2	0,0424		0,0456	0,0424				0,1304
32,5			1					1			0,0673					0,0673
37,5			3		1			4			0,3501		0,0931			0,4431
42,5			1					1			0,0978					0,0978
47,5			1					1			0,1231					0,1231
Total	1843	467	50	557	5	127	21	3070	3,2847	0,6334	0,8578	1,6685	0,1252	0,1715	0,0598	6,8009

Tabla 2: Tabla de rodal obtenida en el inventario desarrollado en bosque esclerófilo en las Regiones de O´Higgins y del Maule. Situación semidensa (Número de parcelas 16).

TABLA DE RODAL SITUACIÓN DE BOSQUE SEMIDENSO

Clase (cm)	Varetas/ha							Área Basal (m ² /ha)						
	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	BOLLÉN	TOTAL	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	BOLLÉN	TOTAL
2,5	1136	304	39	230	4	109	1821	0,7161	0,2117	0,0245	0,2105	0,0018	0,0607	1,2253
7,5	464	131	19	249	4	18	884	2,2332	0,5650	0,0993	1,2440	0,0161	0,0760	4,2335
12,5	83	16	30	118	1	8	255	1,0571	0,2164	0,3923	1,4790	0,0141	0,0907	3,2497
17,5	11	8	14	41			74	0,2598	0,1916	0,3339	1,0216			1,8069
22,5	6	1	10	16	1		35	0,2695	0,0614	0,3990	0,6558	0,0614		1,4470
27,5		3	3	1			6		0,1709	0,1547	0,0716			0,3972
32,5	3	1	1	1	3		9	0,2204	0,1135	0,1069	0,1135	0,1949		0,7492
37,5		1	1				3		0,1272	0,1272				0,2545
47,5					1		1					0,2077		0,2077
Total	1703	465	116	656	14	134	3088	4,7561	1,6577	1,6378	4,7959	0,4961	0,2274	13,57

Tabla 3: Tabla de rodal obtenida en el inventario desarrollado en bosque esclerófilo en las Regiones de O´Higgins y del Maule. Situación densa (número de parcelas 29).

TABLA DE RODAL FINAL SITUACIÓN DE BOSQUE DENSO

Clase (cm)	Varetas/ha									Área Basal (m ² /ha)								
	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	MAITÉN	BOLLÉN	OTROS	TOTAL	BOLDO	LITRE	QUILLAY	ESPINO	PEUMO	MAITÉN	BOLLÉN	OTROS	TOTAL
2,5	1163	554	58	235	199	11	23	8	2251	0,6975	0,3392	0,0406	0,1784	0,1313	0,0115	0,0145	0,0037	1,4170
7,5	446	229	46	210	172	4	12	1	1120	2,0741	1,055	0,2359	1,0496	0,8469	0,0173	0,0545	0,0019	5,3360
12,5	81	61	45	82	59	2	5		335	0,9763	0,7727	0,6052	1,0372	0,7491	0,0306	0,0603		4,2317
17,5	14	12	19	30	26	1	1		103	0,3219	0,2826	0,4445	0,7413	0,6272	0,0371	0,0371		2,4920
22,5	4	6	9	5	4			2	30	0,1623	0,2199	0,3633	0,1795	0,1673		0,0455	0,0649	1,1576
27,5	2	1	4	1	4	1	1	1	15	0,1127	0,088	0,2343	0,0487	0,246	0,0487		0,0366	0,8609
32,5	3		6	1	1			1	12	0,2219		0,44583	0,1184	0,1146			0,121	1,0352
37,5	1		2						3	0,169		0,2388						0,4079
42,5	1		1		1				3	0,1001		0,1001		0,1048				0,3052
47,5	1								1	0,13								0,1301
52,5					1				1					0,1048				0,1409
Total general	1716	863	190	564	467	19	42	13	3874	4,9658	2,7574	2,70853	3,3531	3,092	0,1452	0,2119	0,2281	17,51

3 FUNCIONES DE BIOMASA AÉREA Y RADICULAR

Con la información obtenida en el inventario forestal se seleccionaron 390 individuos, distribuidos como 88 boldos, 94 espinos, 78 litres, 57 peumos y 73 quillay, abarcando las distintas clases diamétricas en las tres situaciones bajo estudio (densa, semidensa, abierta). La muestra por situación vegetacional se describe en la Tabla 4. En cada situación de bosque (densa, semidensa, abierta), se aplicó el método destructivo para la estimación de la biomasa total y de sus componentes (hojas, ramas, fustes y raíces). Luego se ajustaron modelos alométricos de biomasa en función de variables de fácil medición como son el diámetro a la altura del tocón, o la altura total, como ha sido recomendado por otros autores (Gayoso et al., 2002; Fonseca-González, 2017).

Tabla 4: Número de individuos (varetas) de cada especie e identificación del rango diamétrico y de altura del muestreo, para situaciones densa, semidensa, abierta y total, del bosque esclerófilo utilizadas en la construcción de las funciones de biomasa.

Especies	Número de varetas				DAT (cm)		H (cm)	
	Densa	Semidensa	Abierta	TOTAL	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Boldo	28	30	30	88	1.7	28.2	1.58	7.3
Espino	31	31	32	94	1.3	30.8	1.43	6.1
Litre	24	30	24	78	1.5	35.6	1.00	9.3
Peumo	30	19	08	57	1.5	34.9	1.64	11.3
Quillay	26	31	16	73	1.2	38.5	1.47	10.9
TOTAL	139	141	110	390	1.7	28.2	1.58	7.3

Las ecuaciones ajustadas para cada uno de los componentes de los árboles (fustes, ramas, follaje), por cada situación (densa, semidensa y abierta) se presentan en la Tabla 5. La variable dependiente corresponde a la biomasa de cada componente (kg) mientras que la variable independiente corresponde al diámetro a la altura del tocón (DAT, cm).

Tabla 5: Ecuaciones de biomasa ajustadas para cada una de las especies estudiadas para las situaciones densa, semidensa y abierta. El modelo utilizado fue $y=ax^b$, donde y corresponde a la biomasa por componente (kg) y x al diámetro a la altura el tocón (DAT, cm).

Componente	Especie	a1	a2	a3	b1	b2	b3	r^2	P
		Abierto	Semi	Denso	Abierto	Semi	Denso		
Peso Total (kg)	Boldo	0.1128	0.1307	0.1614	2.0979	2.2197	2.0639	0.93	<0.001
	Quillay	0.1800	0.2494	0.0700	1.9556	1.8978	2.3355	0.96	<0.001
	Espino	0.0709	0.0684	0.1174	2.3846	2.3292	2.1390	0.96	<0.001
	Litre	0.0972	0.1592	0.0670	2.3514	2.1788	2.5303	0.96	<0.001
	Peumo	0.0830	0.1066	0.0970	2.4462	2.3344	2.3283	0.97	<0.001
Peso Fuste Total (kg) Fuste + Tocón	Boldo	0.0615	0.0578	0.0583	2.0491	2.2551	2.1353	0.90	<0.001
	Quillay	0.0607	0.0995	0.0280	2.0931	1.9985	2.3799	0.96	<0.001
	Espino	0.0304	0.0402	0.0492	2.4604	2.2477	2.1595	0.95	<0.001
	Litre	0.0441	0.0681	0.0244	2.3415	2.2262	2.6588	0.95	<0.001
	Peumo	0.0249	0.0364	0.0419	2.7126	2.5322	2.4273	0.97	<0.001
Peso Hojas (kg)	Boldo	0.0393	0.0910	0.0622	1.8664	1.6330	1.8299	0.87	<0.001
	Quillay	0.0265	0.0626	0.0234	2.0404	1.7118	2.0667	0.87	<0.001
	Espino	0.0293	0.0235	0.0242	1.8211	1.6822	1.9179	0.79	<0.001
	Litre	0.0307	0.0451	0.0370	1.8411	1.9773	1.9231	0.90	<0.001
	Peumo	0.0420	0.0500	0.0286	2.2094	1.8637	2.0530	0.90	<0.001
Peso Ramas (kg)	Boldo	0.0230	0.0137	0.0291	2.3016	2.7067	2.3644	0.91	<0.001
	Quillay	0.0980	0.0806	0.0222	1.7922	1.9071	2.4256	0.94	<0.001
	Espino	0.0204	0.0181	0.0500	2.5279	2.5263	2.1711	0.93	<0.001
	Litre	0.0362	0.0419	0.0169	2.4730	2.2867	2.7057	0.93	<0.001
	Peumo	0.0218	0.0354	0.0301	2.3679	2.3002	2.3313	0.92	<0.001

Las figuras 10, 11, 12, 13 y 14 representan las gráficas de las ecuaciones ajustadas para boldo, quillay, espino, litre y peumo, que fueron presentadas en la Tabla 5.

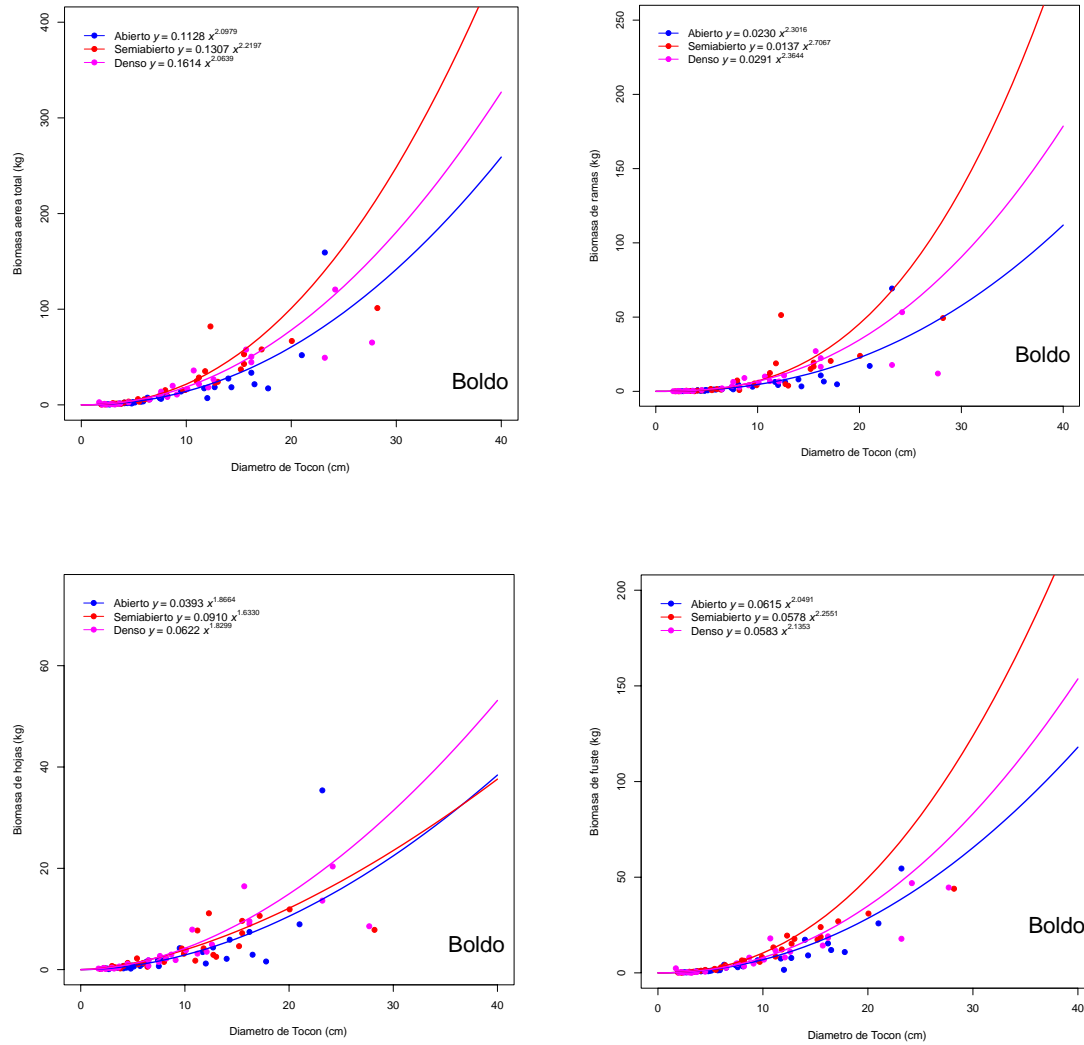


Figura 10: Biomasa por componentes (hojas, ramas y fuste) y total, para boldo, en función del diámetro de tocón, para las situaciones densa, semidensa y abierta.

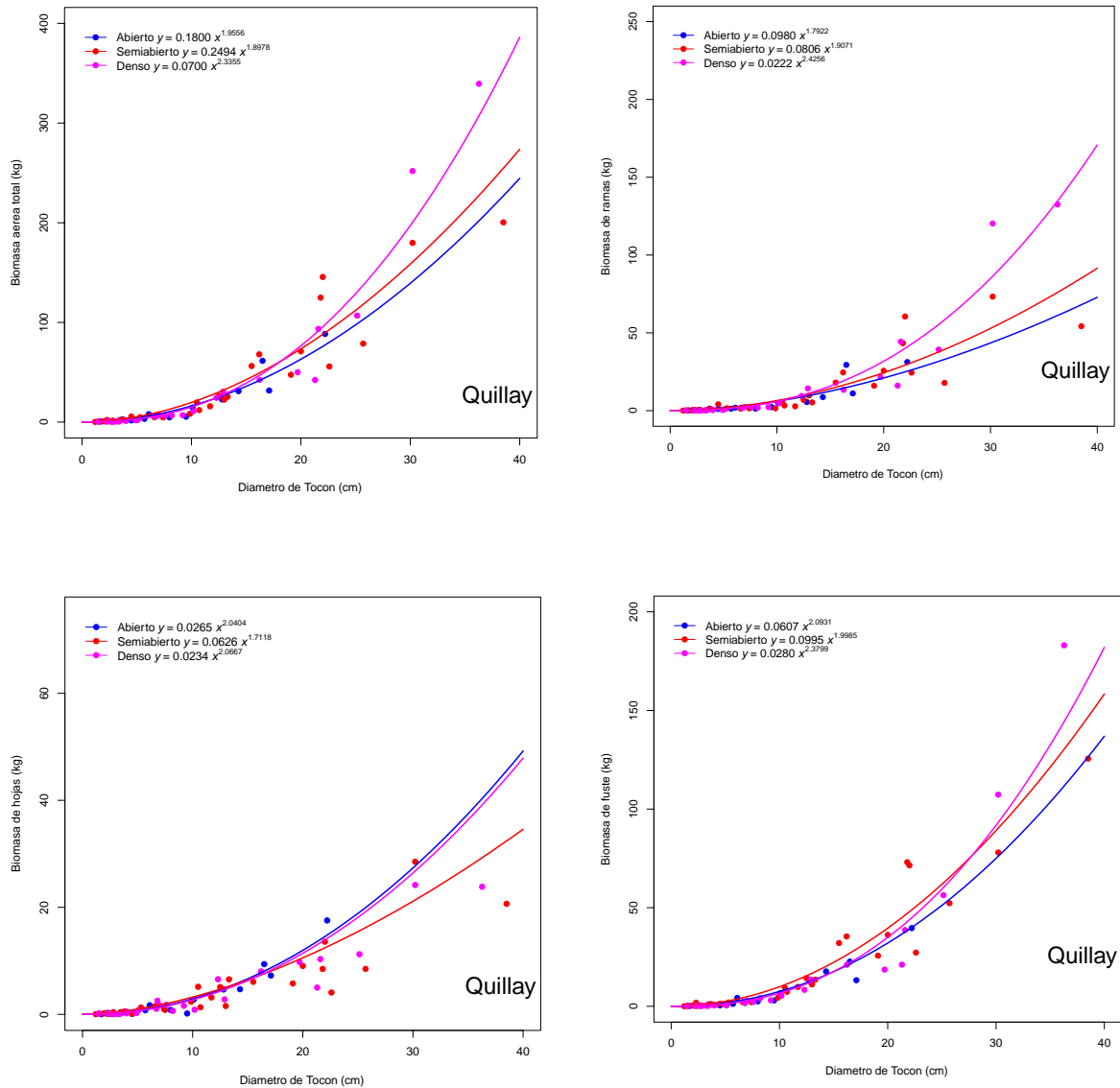


Figura 11: Biomasa por componentes (hojas, ramas y fuste) y total, para quillay, en función del diámetro de tocón, para las situaciones densa, semidensa y abierta.

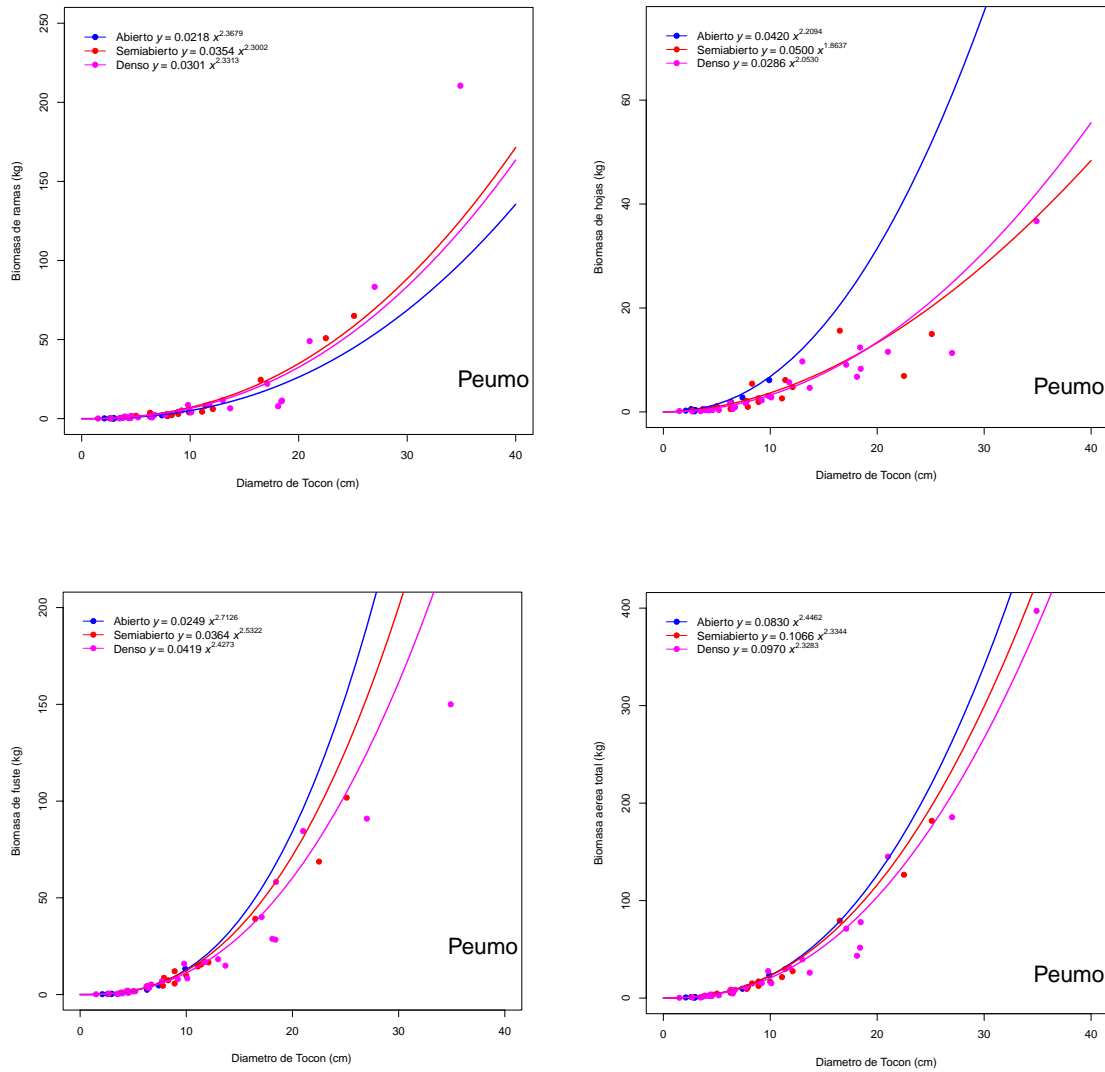


Figura 12: Biomasa por componentes (hojas, ramas y fuste) y total, para peumo, en función del diámetro de tocón, para las situaciones densa, semidensa y abierta.

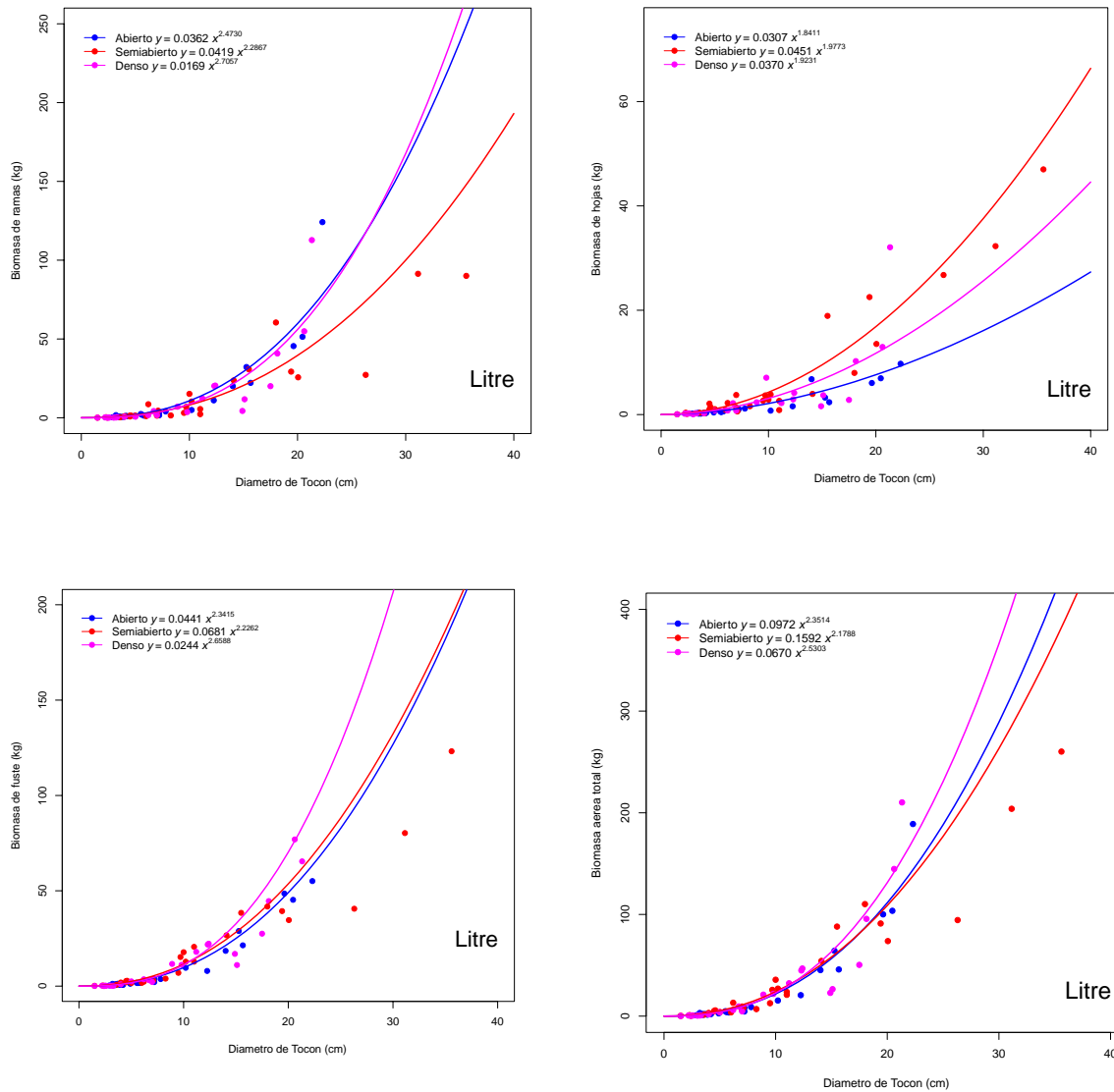


Figura 13: Biomasa por componentes (hojas, ramas y fuste) y total, para litro, en función del diámetro de tocón, para las situaciones densa, semidensa y abierta.

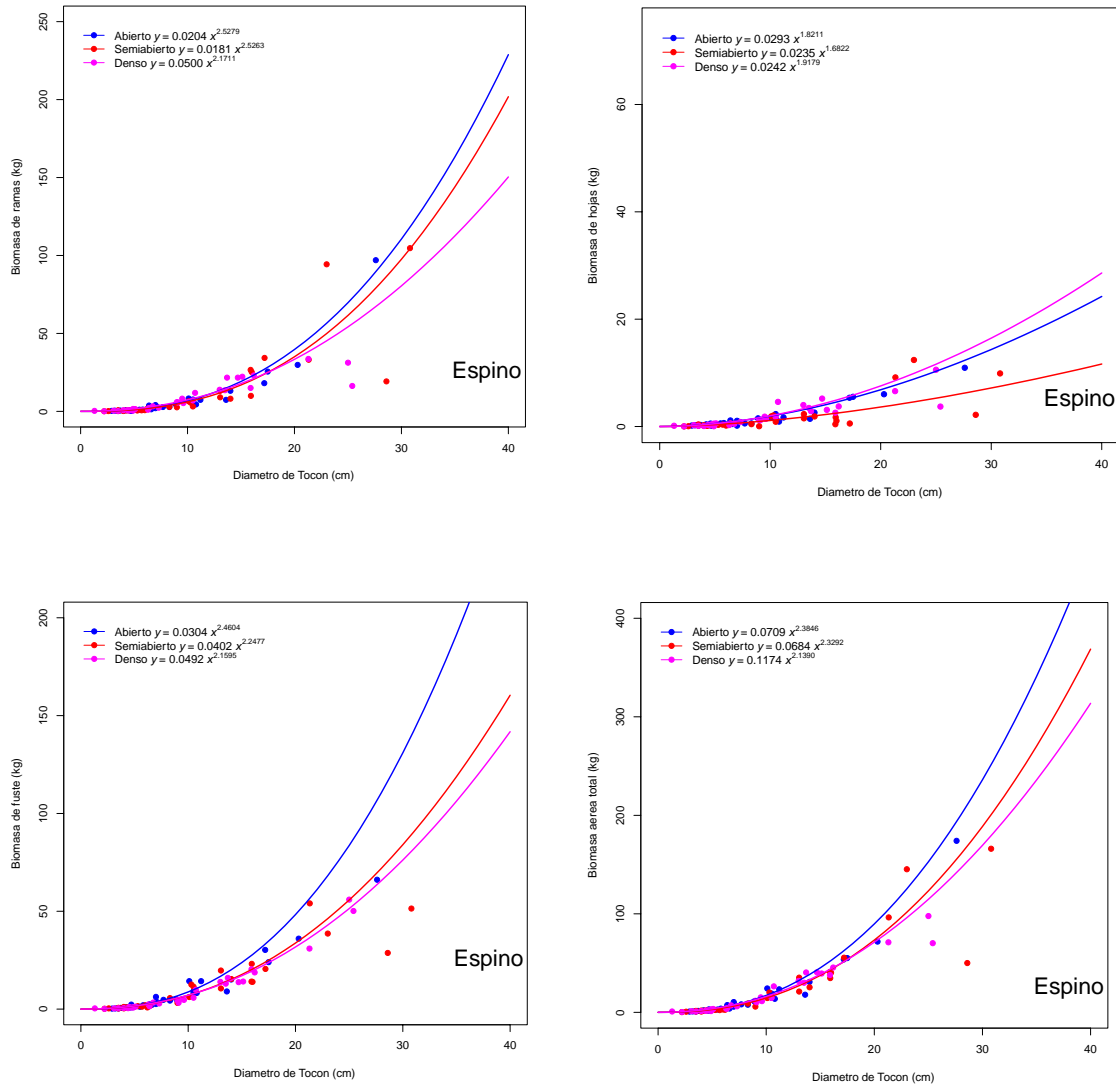


Figura 14: Biomasa por componentes (hojas, ramas y fuste) y total, para Espino, en función del diámetro de tocón, para las situaciones densa, semidensa y abierta.

El análisis de covarianza mostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre las ecuaciones para cada situación. En este sentido resulta conveniente usar las ecuaciones específicas desarrolladas para la situación de bosque densa, semidensa y abierta. Sin embargo, por razones prácticas, podría ser conveniente contar con ecuaciones generales que sean independientes de la situación de bosque. La Tabla 6 presenta dichas ecuaciones, agregando los árboles de la situación densa, semidensa y abierta. La variable dependiente corresponde a la biomasa de cada componente (kg) mientras que la variable independiente corresponde al diámetro a la altura del tocón (DAT, cm). Por otro lado, la Tabla 6, también presenta las ecuaciones de biomasa para raíces, que fueron desarrolladas para la situación semidensa solamente.

Tabla 6: Ecuaciones de biomasa ajustadas para cada una de las especies estudiadas considerando en forma agregada la situación densa, semidensa y abierta. El modelo utilizado fue $y = a \times x^b$, donde y corresponde a la biomasa por componente (kg) y x al diámetro a la altura del tocón (DAT, cm).

Componente	Especie	a	b	r²	P
<i>Peso Total (kg)</i>	Boldo	0.357	1.7146	0.92	<0.001
	Quillay	0.1224	2.1311	0.94	<0.001
	Espino	0.1965	1.9396	0.95	<0.001
	Litre	0.4525	1.793	0.95	<0.001
	Peumo	0.054	2.5027	0.97	<0.001
<i>Peso Fuste Total (kg) Fuste + Tocón</i>	Boldo	0.1312	1.7727	0.89	<0.001
	Quillay	0.0344	2.3127	0.94	<0.001
	Espino	0.1446	1.7699	0.94	<0.001
	Litre	0.211	1.7682	0.94	<0.001
	Peumo	0.1329	1.996	0.97	<0.001
<i>Peso Hojas (kg)</i>	Boldo	0.1155	1.5031	0.85	<0.001
	Quillay	0.0631	1.6567	0.86	<0.001
	Espino	0.0354	1.6502	0.75	<0.001
	Litre	0.0134	2.2862	0.87	<0.001
	Peumo	0.0413	1.8641	0.88	<0.001
<i>Peso Ramas (kg)</i>	Boldo	0.1216	1.7603	0.89	<0.001
	Quillay	0.059	2.0567	0.92	<0.001
	Espino	0.0453	2.1825	0.92	<0.001
	Litre	0.2609	1.697	0.92	<0.001
	Peumo	0.0009	3.4667	0.92	<0.001
<i>Corteza (kg)</i>	Boldo	0.01292	1.43745	0.94	<0.001
	Quillay	0.002338	2.305581	0.96	<0.001
<i>Tocón Subterráneo (kg)</i>	Boldo	2.6986	0.6438	0.55	0.15
	Quillay	0.1138	1.5789	0.97	<0.001
	Espino	0.0353	1.8225	0.95	<0.001
	Litre	0.5614	1.2013	0.79	0.003
<i>Raíces (kg)</i>	Boldo	no significativa			
	Quillay	0.3645	1.1571	0.34	0.22
	Espino	0.0699	1.7155	0.9	<0.001
	Litre	2.1756	0.6398	0.47	0.06
<i>Tocón Subterráneo + Raíces (kg)</i>	Boldo	13.2427	0.2915	0.55	0.15
	Quillay	0.4195	1.3627	0.8	0.016
	Espino	0.1038	1.7599	0.97	<0.001
	Litre	1.9163	0.9733	0.76	0.005

Las figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22 representan las gráficas de las ecuaciones ajustadas que fueran presentadas en la Tabla 6.

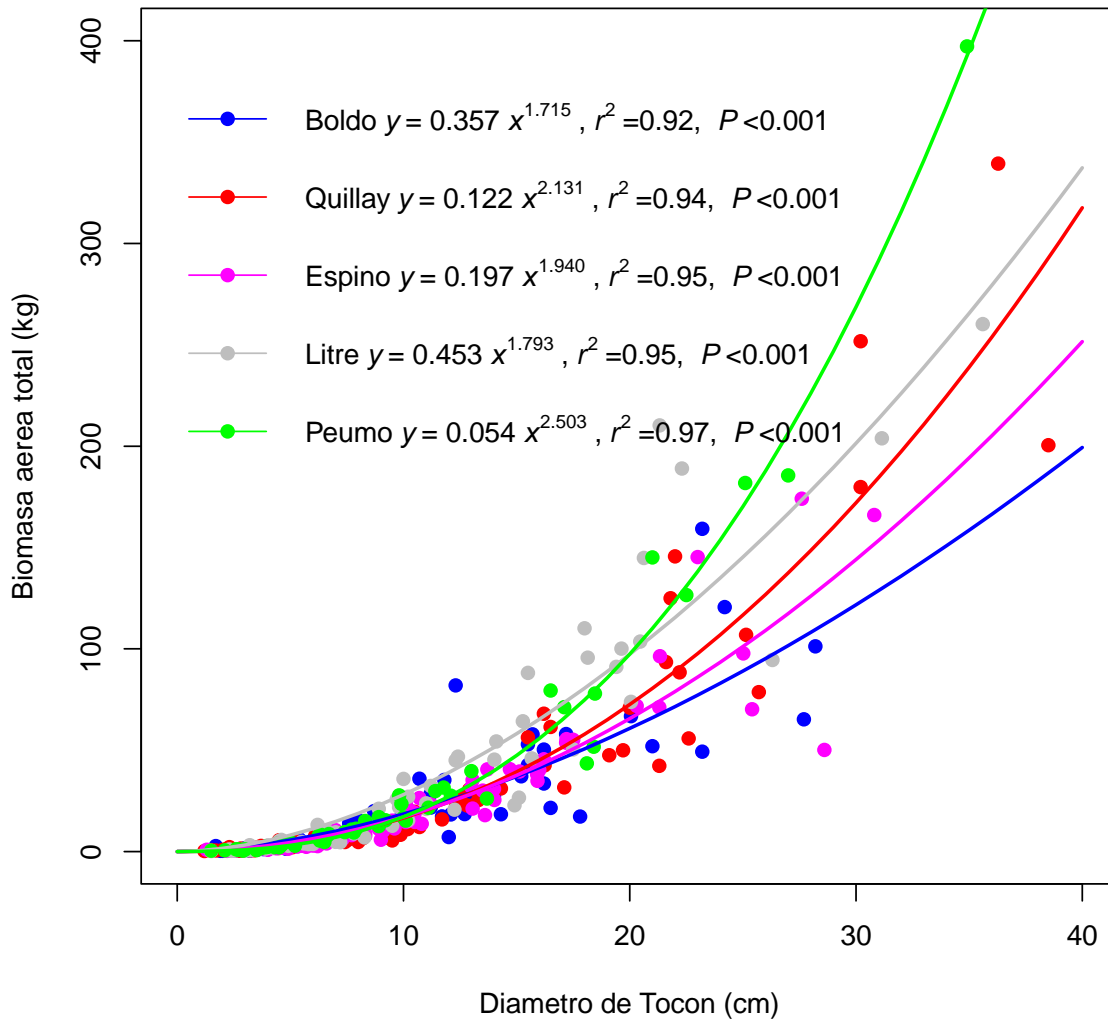


Figura 15: Biomasa aérea total en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

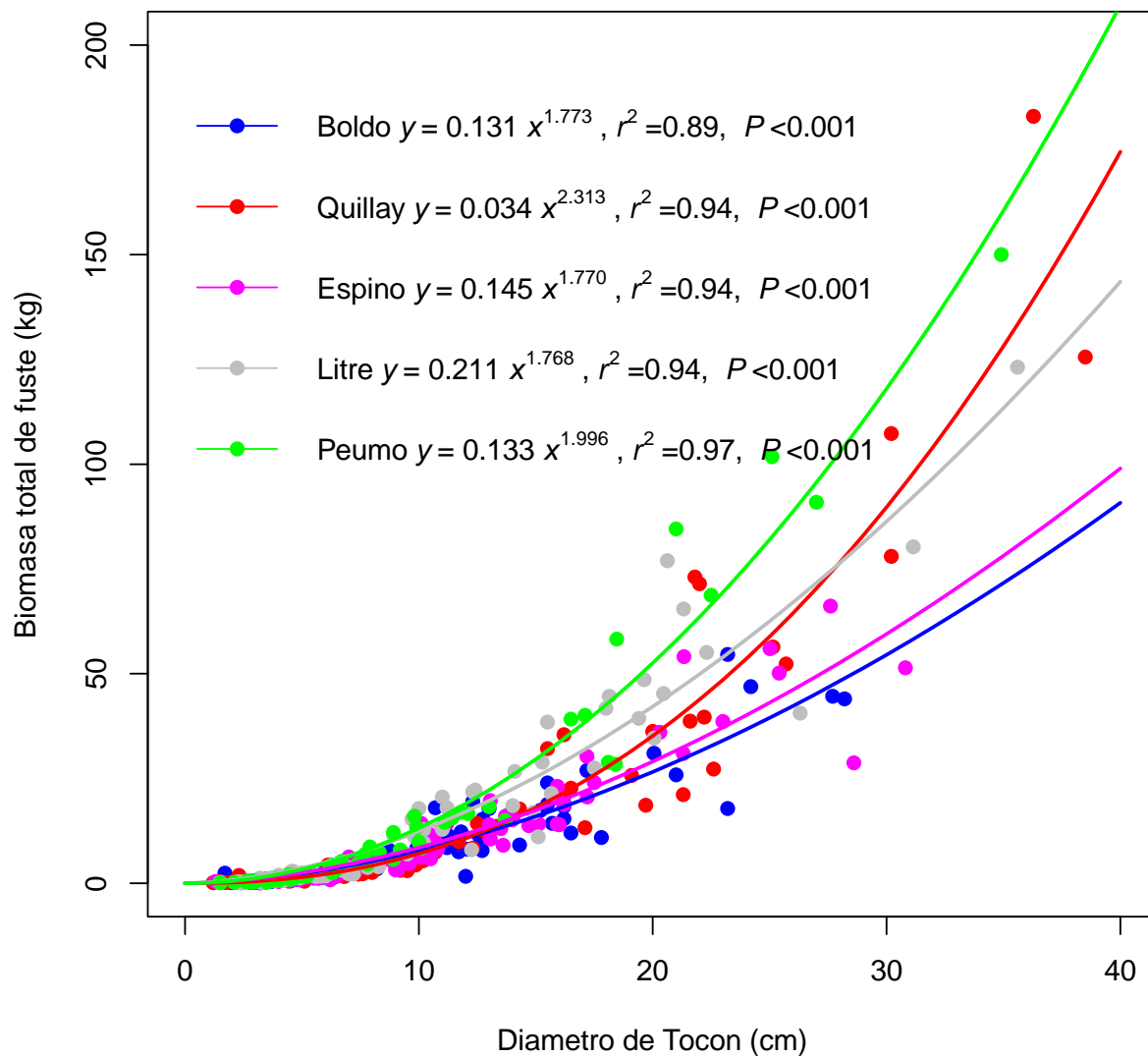


Figura 16: Biomasa de fuste en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

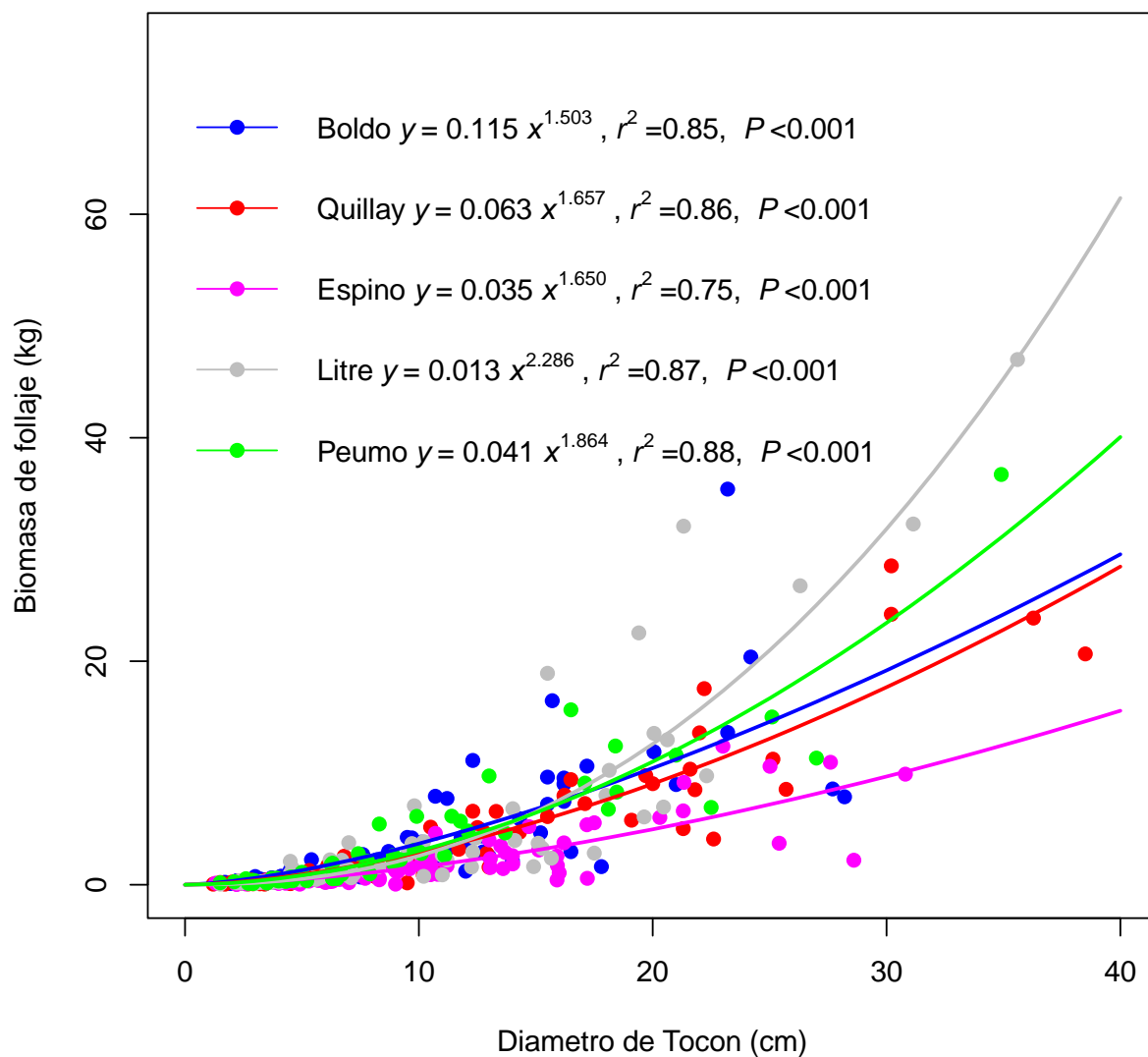


Figura 17: Biomasa de follaje en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

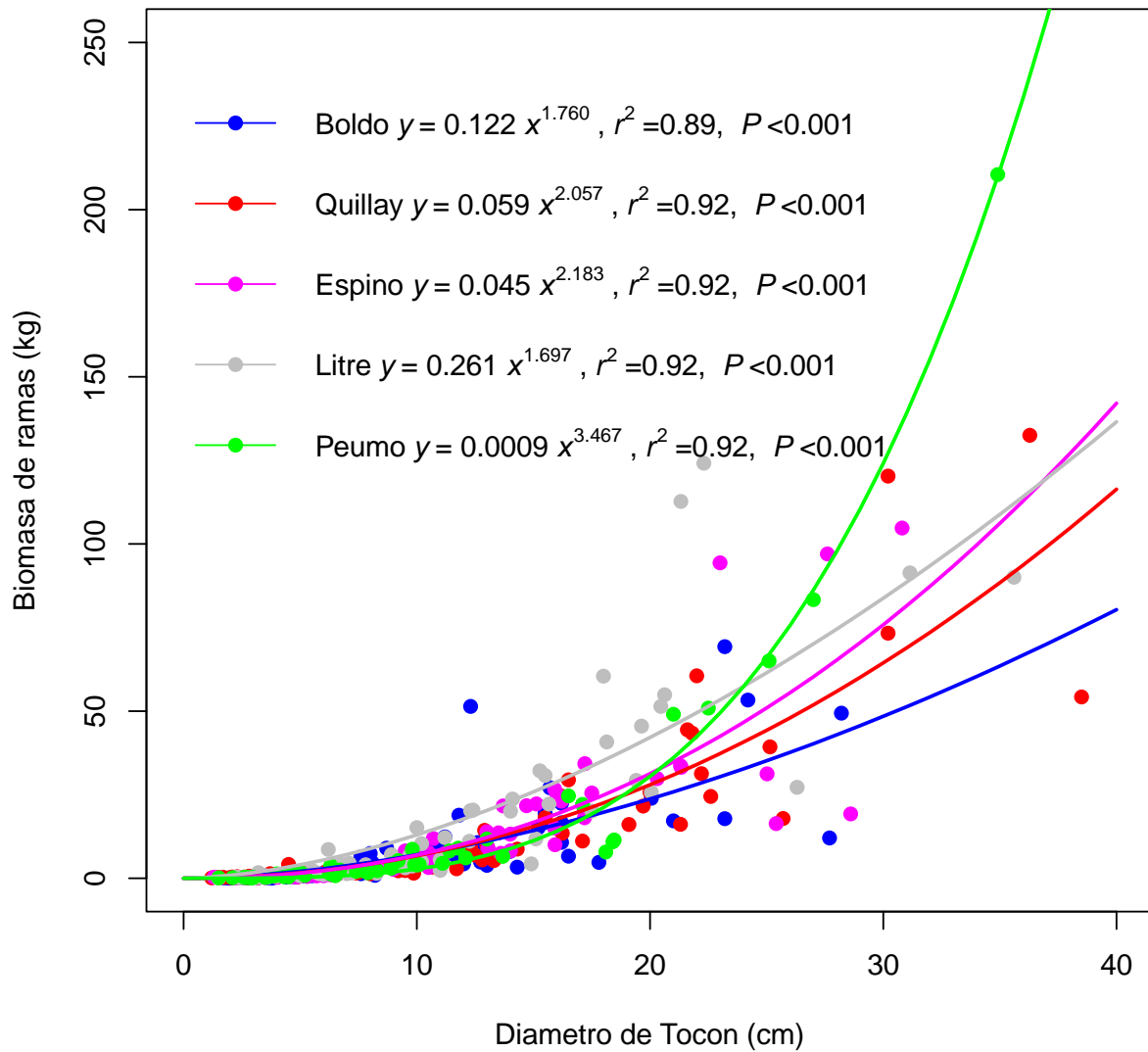


Figura 18: Biomasa de ramas en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

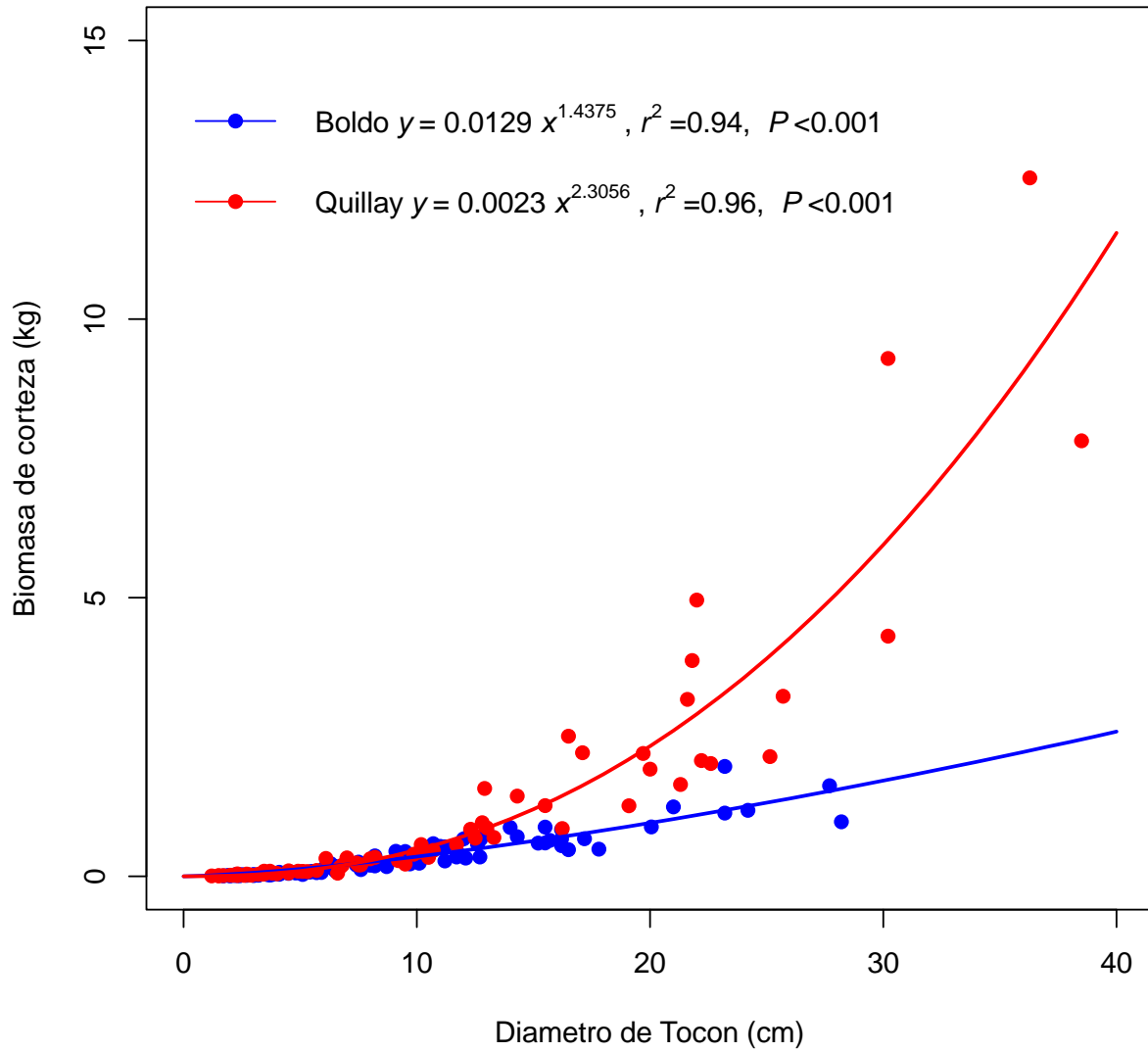


Figura 19: Biomasa de corteza en función del diámetro de tocón para boldo y quillay.

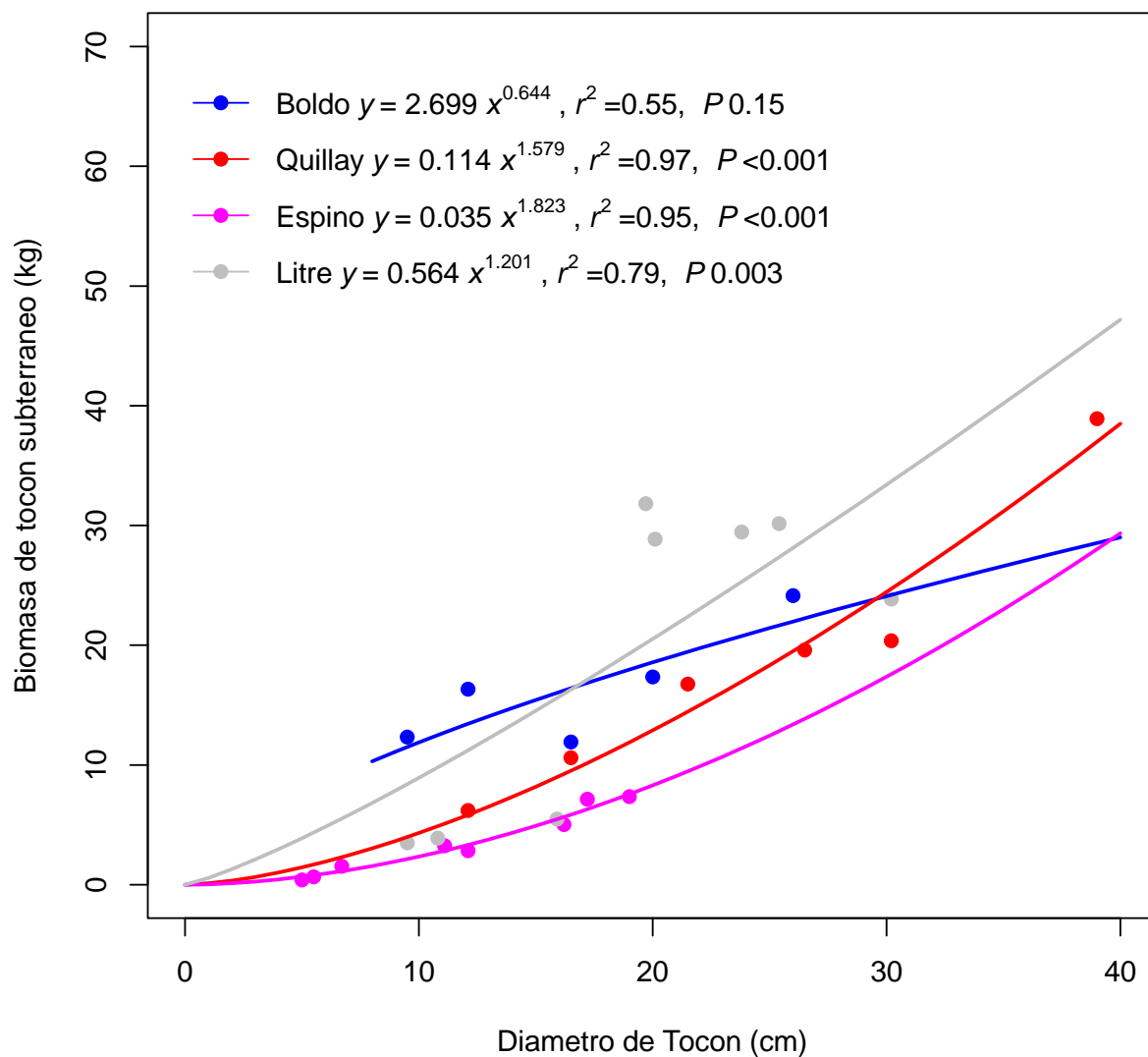


Figura 20: Biomasa del tocón subterráneo en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

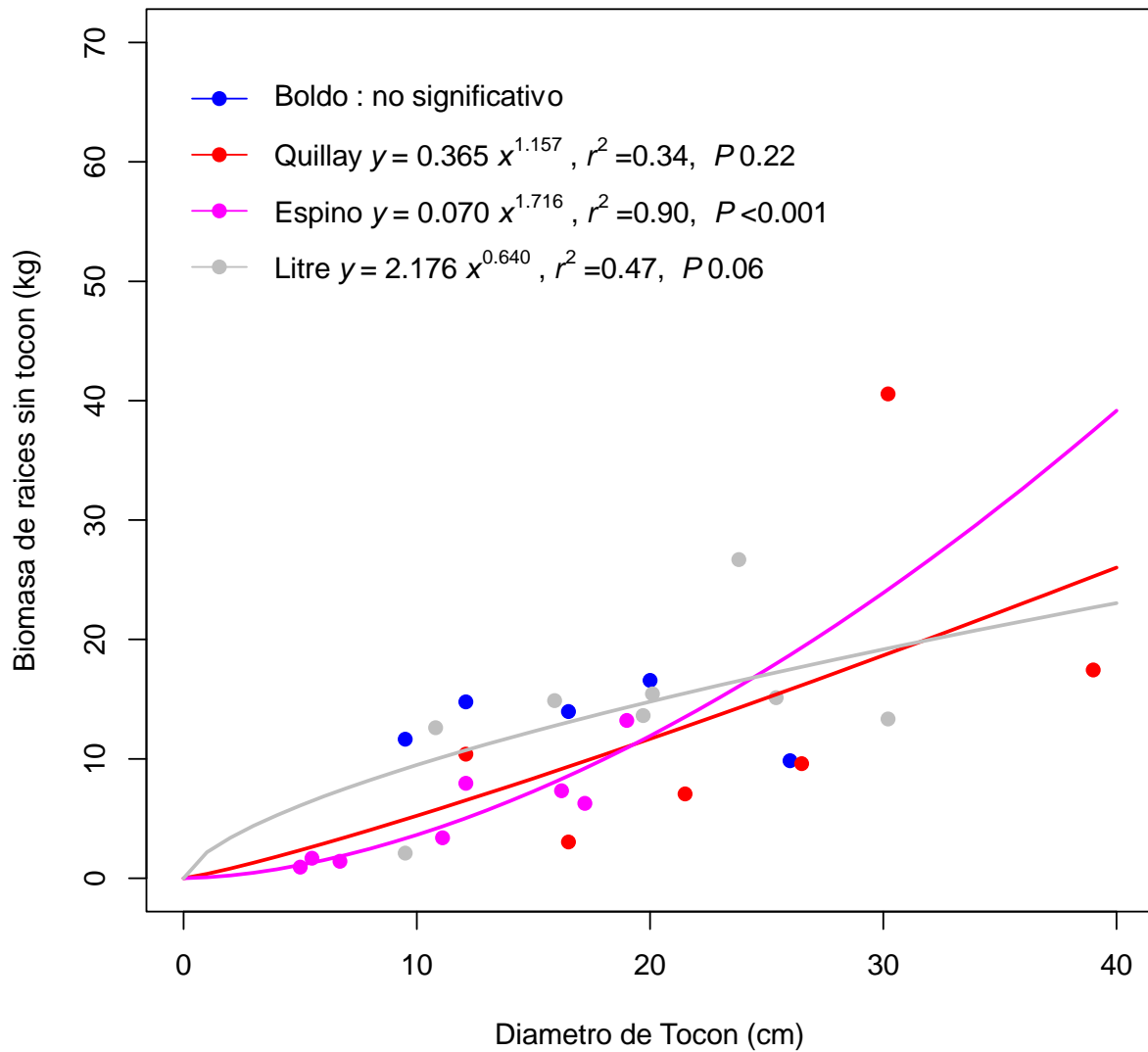


Figura 21: Biomasa de raíces sin tocón en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

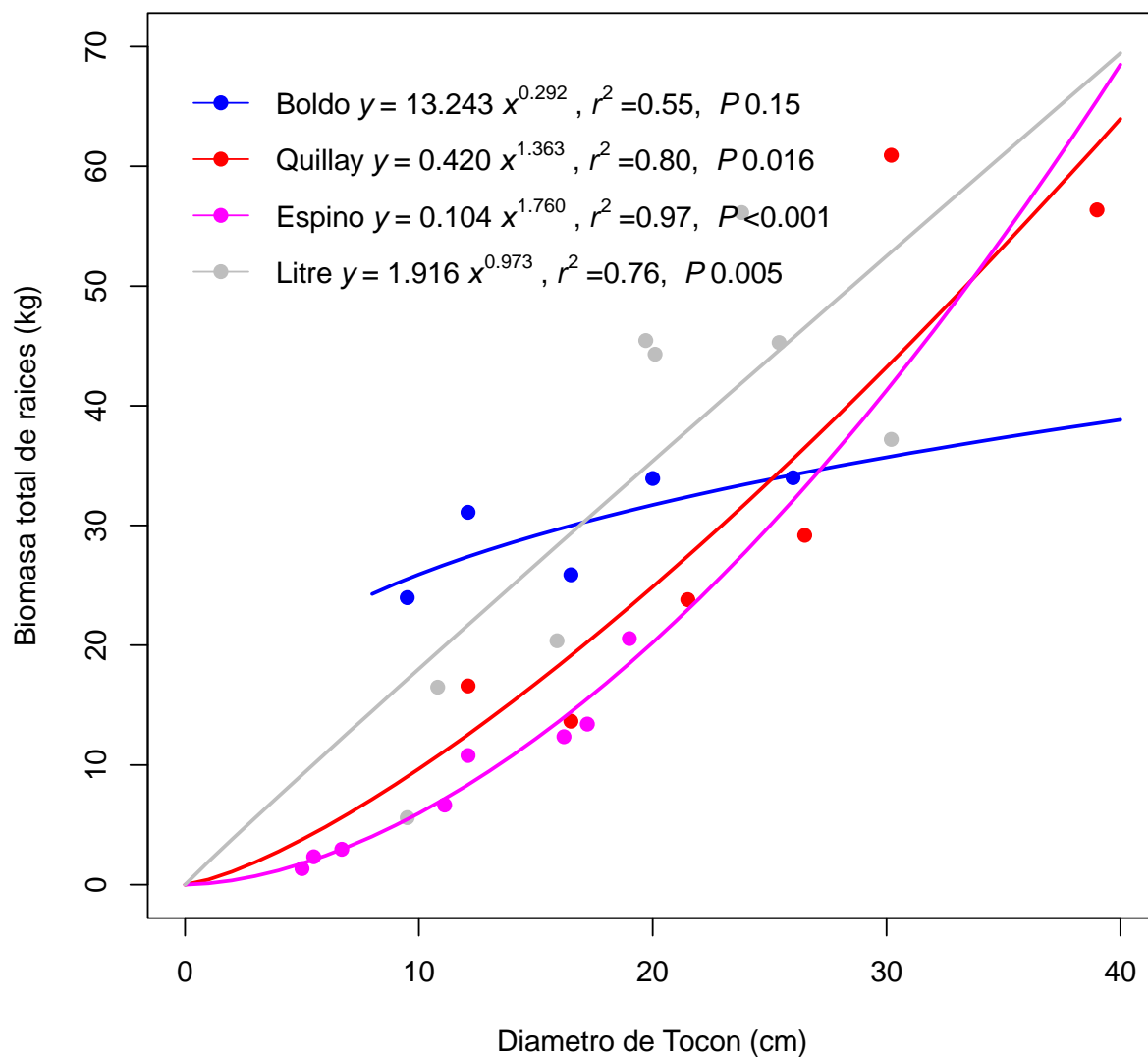


Figura 22: Biomasa total de raíces en función del diámetro de tocón para todas las especies estudiadas.

4 ESTIMACIÓN DE CARBONO

A nivel de rodal, las especies principales Boldo, Espino, Litre, Quillay y Peumo acumulan más del 96% de las existencias de biomasa aérea y subterránea en todas las situaciones de bosque (tabla 7)

Tabla 7: Existencias e incrementos de biomasa, carbono biogénico (C) y dióxido de carbono (CO₂) para especies principales según situación de bosque esclerófilo.

Parámetros de rodal	Unidad	Situación de bosque		
		Abierta	Semidensa	Densa
Densidad arbórea	varetas/ha	3.070	3.088	3.873
Área basal	m ² /ha	6,8	13,6	17,5
Existencias aéreo y subterráneo				
Biomasa	t/ha	19,3	46,5	61,7
Carbono biogénico	tC/ha	9,7	23,3	30,8
Dióxido de carbono	tCO ₂ /ha	35,4	85,3	113,0
Participación de existencias de biomasa bajo o sobre el suelo				
Aérea	%	66%	73%	71%
Subterránea	%	34%	27%	29%
Participación de existencia de biomasa según especie				
Boldo	%	47%	37%	26%
Espino	%	25%	29%	15%
Litre	%	14%	17%	21%
Quillay	%	9%	11%	14%
Peumo	%	1%	4%	21%
Otros	%	4%	2%	3%
Captura anual de CO ₂ a nivel de Rodal, bajo y sobre el suelo (1)				
Aéreo + subterránea	tCO ₂ /ha	3,1	6,1	7,3
Aérea	tCO ₂ /ha	2,0	4,3	5,1
Subterránea	tCO ₂ /ha	1,1	1,8	2,2
Captura anual de CO ₂ , aéreo y subterráneo, a nivel de Rodal según especie				
Boldo	tCO ₂ /ha	1,76	2,69	3,24
Espino	tCO ₂ /ha	0,44	0,90	0,68
Litre	tCO ₂ /ha	0,31	1,80	1,83
Quillay	tCO ₂ /ha	0,18	0,45	0,57
Peumo	tCO ₂ /ha	0,01	0,03	0,84
Otros	tCO ₂ /ha	0,39	0,23	0,14

Las situaciones de bosque denso y semidenso acumulan 3,2 y 2,4 veces las existencias de biomasa aérea y subterránea de situación de bosque abierto respectivamente. En cuanto a las capturas de CO₂ aéreo y subterráneo (promedio ponderado) en situaciones de bosque denso y semidenso son 2,4 y 2,0 veces la captura de CO₂ en situación de bosque abierto respectivamente.

En tablas 8, 9 y 10 se pueden revisar detalladamente las existencias e incrementos de biomasa, carbono biogénico (C) y dióxido de carbono (CO₂) para las especies principales, según componentes y situación de bosque esclerófilo.

Tabla 8: Existencias (t/ha) e incremento medio anual de biomasa, aérea y subterránea, según situación de bosque y especie (t/ha/año).

Situación/Especie	Parámetros de Rodal		Existencia biomasa									IMA Biomasa		
			Biomasa aérea					Biomasa subterránea						
	Nha	Gha	Fuste	Hojas	Ramas	Corteza en fuste	Total aéreo	Tocón subt.	Raíces	Total Subt.	Aéreo	Subte.	Total	
	Var/ha	m ² /ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha/año	t/ha/año	t/ha/año	
Abierto	3.070	6,8	6,07	2,16	4,48	0,39	12,72	3,07	3,53	6,60	19,31	1,10	0,58	1,68
Boldo	1.843	3,3	2,76	1,23	1,74	0,18	5,73	1,54	1,73	3,26	8,99	0,61	0,35	0,96
Litre	467	0,6	0,68	0,18	0,73	0,04	1,60	0,58	0,61	1,19	2,79	0,09	0,07	0,17
Quillay	50	0,9	0,56	0,21	0,37	0,04	1,14	0,29	0,22	0,51	1,65	0,07	0,03	0,10
Espino	557	1,7	1,79	0,42	1,41	0,11	3,61	0,51	0,79	1,30	4,91	0,18	0,06	0,24
Peumo	5	0,1	0,07	0,04	0,03	<0,01	0,14	0,04	0,05	0,08	0,22	<0,01	<0,01	<0,01
Otros	149	0,2	0,21	0,08	0,20	0,01	0,49	0,12	0,13	0,26	0,75	0,14	0,07	0,22
Semidenso	3.088	13,6	16,61	4,87	12,33	0,77	33,81	5,94	6,75	12,69	46,50	2,35	0,98	3,32
Boldo	1.703	4,8	6,14	2,51	4,19	0,24	12,84	2,11	2,33	4,44	17,28	1,09	0,38	1,47
Litre	465	1,7	2,55	0,90	1,84	0,12	5,30	1,39	1,32	2,71	8,01	0,60	0,38	0,98
Quillay	116	1,6	2,04	0,56	1,26	0,12	3,86	0,70	0,66	1,36	5,22	0,19	0,06	0,24
Espino	656	4,8	4,72	0,65	4,44	0,23	9,81	1,39	2,10	3,49	13,30	0,37	0,12	0,49
Peumo	14	0,5	0,86	0,14	0,40	0,04	1,41	0,23	0,20	0,43	1,84	0,01	<0,01	0,02
Otros	134	0,2	0,29	0,11	0,20	0,01	0,59	0,12	0,14	0,26	0,85	0,09	0,04	0,12
Denso	3.873	17,5	20,36	6,89	16,33	1,35	43,58	8,73	9,35	18,08	61,66	2,78	1,20	3,98
Boldo	1.717	5,0	4,76	2,58	4,04	0,24	11,39	2,26	2,45	4,71	16,10	1,24	0,53	1,77
Litre	863	2,8	3,95	1,07	3,06	0,29	8,08	2,40	2,36	4,77	12,84	0,63	0,36	1,00
Quillay	189	2,7	2,94	0,95	2,69	0,20	6,59	1,10	1,02	2,12	8,71	0,24	0,07	0,31
Espino	565	3,4	3,02	0,82	3,16	0,22	7,00	0,96	1,47	2,43	9,44	0,28	0,09	0,37
Peumo	466	3,1	5,05	1,26	2,79	0,37	9,10	1,77	1,84	3,61	12,71	0,33	0,13	0,46
Otros	73	0,6	0,63	0,21	0,58	0,04	1,42	0,23	0,21	0,44	1,86	0,06	0,02	0,08

Tabla 9: Existencias (tC/ha) e incremento medio anual de carbono biogénico, aéreo y subterráneo, según situación de bosque y especie (tC/ha/año).

Situación/Especie	Parámetros de Rodal		Existencia carbono biogénico (C)									IMA carbono biogénico		
			Carbono biogénico aéreo					Carbono biogénico subt.				Carbono biogénico total	Aéreo	Subte.
	Nha	Gha	Fuste	Hojas	Ramas	Corteza en fuste	Total aéreo	Tocón subt.	Raíces	Total Subt.	tC/ha			
Var/ha	m ² /ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha	tC/ha/año	tC/ha/año	tC/ha/año
Abierto	3.070	6,8	3,04	1,08	2,24	0,19	6,36	1,53	1,76	3,30	9,66	0,55	0,29	0,84
Boldo	1.843	3,3	1,38	0,62	0,87	0,09	2,86	0,77	0,86	1,63	4,50	0,31	0,17	0,48
Litre	467	0,6	0,34	0,09	0,37	0,02	0,80	0,29	0,30	0,59	1,39	0,05	0,04	0,08
Quillay	50	0,9	0,28	0,10	0,19	0,02	0,57	0,14	0,11	0,26	0,82	0,03	0,02	0,05
Espino	557	1,7	0,89	0,21	0,70	0,05	1,81	0,25	0,40	0,65	2,45	0,09	0,03	0,12
Peumo	5	0,1	0,04	0,02	0,01	<0,01	0,07	0,02	0,02	0,04	0,11	<0,01	<0,01	<0,01
Otros	149	0,2	0,10	0,04	0,10	0,01	0,24	0,06	0,07	0,13	0,37	0,07	0,04	0,11
Semidenso	3.088	13,6	8,30	2,43	6,17	0,38	16,91	2,97	3,38	6,35	23,25	1,17	0,49	1,66
Boldo	1.703	4,8	3,07	1,26	2,09	0,12	6,42	1,06	1,16	2,22	8,64	0,54	0,19	0,73
Litre	465	1,7	1,28	0,45	0,92	0,06	2,65	0,69	0,66	1,36	4,00	0,30	0,19	0,49
Quillay	116	1,6	1,02	0,28	0,63	0,06	1,93	0,35	0,33	0,68	2,61	0,09	0,03	0,12
Espino	656	4,8	2,36	0,33	2,22	0,11	4,91	0,69	1,05	1,75	6,65	0,19	0,06	0,24
Peumo	14	0,5	0,43	0,07	0,20	0,02	0,70	0,12	0,10	0,22	0,92	0,01	<0,01	0,01
Otros	134	0,2	0,14	0,05	0,10	0,01	0,30	0,06	0,07	0,13	0,43	0,04	0,02	0,06
Denso	3.873	17,5	10,18	3,45	8,17	0,68	21,79	4,37	4,68	9,04	30,83	1,39	0,60	1,99
Boldo	1.717	5,0	2,38	1,29	2,02	0,12	5,69	1,13	1,23	2,36	8,05	0,62	0,26	0,88
Litre	863	2,8	1,97	0,53	1,53	0,14	4,04	1,20	1,18	2,38	6,42	0,32	0,18	0,50
Quillay	189	2,7	1,47	0,48	1,34	0,10	3,29	0,55	0,51	1,06	4,35	0,12	0,03	0,16
Espino	565	3,4	1,51	0,41	1,58	0,11	3,50	0,48	0,74	1,22	4,72	0,14	0,05	0,18
Peumo	466	3,1	2,53	0,63	1,39	0,18	4,55	0,89	0,92	1,80	6,36	0,16	0,06	0,23
Otros	73	0,6	0,32	0,10	0,29	0,02	0,71	0,12	0,11	0,22	0,93	0,03	0,01	0,04

Tabla 10: Existencias (tCO₂/ha) e incremento medio anual de dióxido de carbono, aéreo y subterráneo, según situación de bosque y especie (tCO₂/ha/año).

Situación/ Especie	Parámetros de Rodal		Existencia CO ₂ e									IMA CO ₂ e		
			CO ₂ e aéreo					CO ₂ e subt.				CO ₂ e total	Aéreo	Subte.
	Nha	Gha	Fuste	Hojas	Ramas	Corteza en fuste	Total aéreo	Tocón subt.	Raíces	Total Subt.	tCO ₂ e/ha			
Var/ha	m ² /ha	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/h a	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/h a	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/h a	tCO ₂ e/ha	tCO ₂ e/h a	tCO ₂ e/h a/año	tCO ₂ e/h a/año	tCO ₂ e/h a/año	
Abierto	3.070	6,8	11,14	3,97	8,21	0,71	23,31	5,63	6,47	12,09	35,41	2,02	1,07	3,09
Boldo	1.843	3,3	5,06	2,26	3,19	0,34	10,50	2,82	3,17	5,98	16,49	1,12	0,64	1,76
Litre	467	0,6	1,25	0,34	1,34	0,07	2,94	1,07	1,11	2,18	5,11	0,17	0,13	0,31
Quillay	50	0,9	1,02	0,38	0,68	0,07	2,09	0,52	0,41	0,94	3,02	0,12	0,06	0,18
Espino	557	1,7	3,28	0,77	2,58	0,19	6,63	0,93	1,45	2,37	9,00	0,34	0,10	0,44
Peumo	5	0,1	0,13	0,07	0,05	0,01	0,26	0,07	0,08	0,15	0,41	<0,01	<0,01	0,01
Otros	149	0,2	0,38	0,15	0,36	0,02	0,90	0,22	0,25	0,47	1,37	0,26	0,14	0,39
Semidenso	3.088	13,6	30,45	8,93	22,61	1,40	61,99	10,89	12,38	23,27	85,25	4,30	1,79	6,09
Boldo	1.703	4,8	11,27	4,60	7,68	0,44	23,55	3,87	4,27	8,14	31,69	2,00	0,70	2,69
Litre	465	1,7	4,68	1,65	3,38	0,23	9,71	2,55	2,42	4,97	14,68	1,10	0,69	1,80
Quillay	116	1,6	3,74	1,02	2,32	0,22	7,08	1,28	1,21	2,49	9,56	0,34	0,11	0,45
Espino	656	4,8	8,65	1,19	8,14	0,42	17,99	2,54	3,85	6,40	24,39	0,68	0,22	0,90
Peumo	14	0,5	1,58	0,27	0,74	0,08	2,58	0,43	0,37	0,80	3,38	0,03	0,01	0,03
Otros	134	0,2	0,53	0,19	0,36	0,02	1,09	0,23	0,25	0,47	1,56	0,16	0,07	0,23
Denso	3.873	17,5	37,32	12,63	29,94	2,48	79,89	16,01	17,15	33,16	113,05	5,10	2,20	7,30
Boldo	1.717	5,0	8,72	4,74	7,41	0,44	20,87	4,15	4,49	8,64	29,52	2,27	0,97	3,24
Litre	863	2,8	7,24	1,95	5,62	0,52	14,81	4,41	4,34	8,74	23,55	1,16	0,67	1,83
Quillay	189	2,7	5,40	1,75	4,93	0,36	12,08	2,01	1,87	3,88	15,96	0,44	0,13	0,57
Espino	565	3,4	5,54	1,50	5,80	0,40	12,84	1,77	2,70	4,46	17,30	0,51	0,17	0,68
Peumo	466	3,1	9,26	2,31	5,11	0,67	16,69	3,25	3,37	6,62	23,30	0,60	0,24	0,84
Otros	73	0,6	1,16	0,38	1,06	0,08	2,60	0,42	0,39	0,81	3,42	0,11	0,03	0,14

5 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA AUMENTAR LA CAPTURA DE CARBONO

Los bosques tienen la capacidad de capturar el carbono atmosférico y almacenarlo en su biomasa, a través del proceso fundamental de la fotosíntesis (Álvarez, 2008; FAO, 2018). De este modo, es importante considerar las formaciones arbóreas y su manejo para mitigar los gases de efecto invernadero, debido a que estos últimos contribuyen de manera directa al calentamiento global, siendo uno de los principales agentes el dióxido de carbono. Dentro de este contexto, los bosques mediterráneos se distinguen por presentar asociaciones vegetales de las regiones de clima mediterráneo, en las que dominan los árboles que generalmente son de especies siempreverdes y esclerófilas, aunque también puede haber presencia de coníferas en el hemisferio norte y especies espinosas en el caso de Chile (Vita, 1993).

Este tipo de ecosistemas reúne un gran porcentaje de biodiversidad de especies cuya vegetación está formada por bosques y matorrales, más o menos densos y altos, en los que los árboles y arbustos predominantes son de tipo perennifolio esclerófilo. Se distribuye en forma de mosaico de comunidades, siendo muy sensibles a las variaciones topográficas, edáficas, de exposición y posición fisiográfica (Vita, 1993).

Debido a que la zona central de Chile es la que contiene la mayor población dentro del país, gran parte del paisaje original ha sido modificado, siendo difícil encontrar muestras de vegetación inalteradas (Gajardo, 1994).

El deterioro actual que presenta el bosque nativo del país, se debe en general, a factores tanto naturales como antrópicos, entre los que destacan la habilitación de suelos para la agricultura, incendios forestales, ganadería extensiva, el uso maderero, urbanización y la sustitución del bosque nativo por plantaciones comerciales (Cruz y Schmidt, 2007). En el caso de los bosques esclerófilos, en la actualidad un factor que ha adquirido gran relevancia en el deterioro de dichos bosques lo constituye la expansión urbana

A lo anterior se suma el pastoreo por parte del ganado doméstico, el que se concentra en el consumo de la regeneración de las especies palatables y los brotes no lignificados de los árboles jóvenes, lo que provoca la deformación o eliminación de estos por el reiterado ramoneo, lo que finalmente provoca que el bosque crezca con individuos de muy mala calidad (Cruz y Schmidt, 2007).

Cuando los bosques naturales no han sido sometidos a manejo, la vegetación se presenta de forma desordenada como consecuencia de la dinámica natural, las variaciones ambientales y el grado de intervención humana. Por lo tanto, el comienzo de la aplicación de intervenciones silviculturales en bosques no manejados anteriormente, implica la consideración de una fase de transición que permita pasar lo más rápidamente de una condición desordenada a una situación compatible con un manejo (Vita, 1997).

Para efectos del mejoramiento y/o creación de sumideros de carbono en la biósfera, la recuperación de los bosques nativos y el desarrollo de nuevas plantaciones constituyen efectivas medidas de mitigación del efecto invernadero. Es así como la aplicación de diferentes opciones de ordenación forestal permite aumentar efectivamente la captura de emisiones de gases. Para tales fines se debe disponer de

bosques naturales cuyas estructuras y composiciones sean más eficientes desde este punto de vista. La conversión de estructuras ineficientes como es el caso de rodales o bosquetes envejecidos o sobremaduros en fases de desarrollo más productivas, como ocurre con las etapas de crecimiento óptimo, permite mejorar en forma importante la captura de carbono. Del mismo modo, las plantaciones con especies nativas de rápido crecimiento mediante la aplicación de técnicas silviculturales intensivas de establecimiento y tratamiento posterior constituyen un efectivo complemento del manejo silvicultural sustentable de las formaciones nativas.

La recuperación de los bosques nativos se puede lograr mediante la aplicación de medidas de regeneración natural y plantaciones de enriquecimiento para el aumento futuro de la cobertura y mejor aprovechamiento del sitio. En el caso de los ejemplares actualmente disponibles, el empleo de cortas intermedias tales como clareos, raleos, podas o cortas de liberación permiten mejorar las condiciones de crecimiento de la vegetación seleccionada (Vita, 2007).

En sectores con formaciones vegetacionales altamente degradadas o sin la presencia de especies leñosas se propondrán opciones de conversión, transformación o forestación con especies nativas, técnicas de establecimiento y manejo silvicultural que permitan el desarrollo de las plantaciones en términos de alto dinamismo.

Una de las características de la silvicultura en zonas mediterráneas es la presencia generalizada de ganado en los terrenos forestales, situación que influye en la toma de decisiones, especialmente en la aplicación de los tratamientos silviculturales. Sin embargo, el rasgo más distintivo de la silvicultura mediterránea radica en el modo de obtener regeneración. La dificultad para producir brinzales provenientes de semillas determina la necesidad de recurrir en forma generalizada a la regeneración vegetativa (Vita, 1993).

Respecto a la metodología para aplicar un tratamiento silvicultural, existen tres etapas. En primer lugar, se debe definir el tipo de bosque que se desea tener para cumplir los objetivos de manejo. Para esto, en el caso de la zona de estudio existen diferentes opciones en relación a la estructura de manejo que se pretende considerar: Monte Alto Regular, Monte Alto Irregular Individual, Monte Alto Irregular en Bosquetes, Monte Bajo Regular, Monte Bajo Irregular, Monte Bajo Adehesado, Monte Medio, Formación Arbustiva con Árboles Aislados y Estructura Indefinida Cercana a la Natural. Lo anterior es independiente de la composición del bosque meta (Vita, 1997).

Una vez definido el tipo de bosque, se plantea la estrategia para la obtención de dicho bosque, la que considera las siguientes opciones: mantención de la actual estructura, efectuar una conversión o una sustitución, complementado, en algunos casos, por actividades de enriquecimiento.

En cuanto a la tercera etapa, se debe hacer una elección de los tratamientos silviculturales a aplicar para lograr los objetivos de manejo, que dependerán de las condiciones en las que se encuentra la formación y de la meta estructural y de composición. Los tratamientos pueden ser aquellos que procuran obtener regeneración y/o cortas intermedias, cuyo propósito es mejorar las condiciones de ejemplares inmaduros (Vita, 2007).

Dentro de este contexto, el objetivo general del presente capítulo es proponer intervenciones silviculturales para las principales situaciones de bosque esclerófilo

abierto, semi denso y denso, presentes en las Regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y del Maule, con el propósito de aumentar la captura de emisiones de carbono.

De acuerdo a la síntesis de la caracterización de las principales condiciones de bosque esclerófilo existentes se dispondrá de situaciones tipo en cuanto a composición, estructura y estado de conservación a las cuales se asociarán opciones de manejo silvicultural.

5.1 Definición de la estructura potencial del bosque con el propósito de aumentar la captura de emisiones de carbono

Debido a que el objetivo principal de este capítulo, es proponer medidas de mitigación para aumentar la captura de emisiones a través de la recuperación de los bosques nativos existentes en la zona de estudio, con el propósito de mitigar los gases de efecto invernadero, la futura organización seleccionada de los componentes leñosos de los ecosistemas a intervenir corresponde a una estructura indefinida que asemeje a la condición natural de la vegetación, la que según Vita (2007) se caracteriza por tener una fisionomía parecida a las que presentan las formaciones naturales, pero a diferencia de éstas últimas, en ellas se realizan intervenciones silviculturales que tienden a mejorar su condición. De este modo, una formación manejada mediante esta estructura tendría mayor predominancia de especies valiosas para los propósitos del manejo como: Espino (*Acacia caven*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Boldo (*Peumus boldus*), Litre (*Lithraea caustica*) y Quillay (*Quillaja saponaria*); una densidad de los distintos estratos acorde con un buen desarrollo de dichas especies, con énfasis en las fases de desarrollo constituidas por ejemplares jóvenes que son más productivas para efectos de captura de carbono y una cantidad de arbustos limitada para la adecuada prevención de incendios forestales.

Las intervenciones silviculturales propuestas para obtener dicha estructura no buscan generar un equilibrio en las clases de edad de los individuos presentes en las diferentes situaciones, sino que se conviertan en acciones que permitan mejorar las condiciones generales de la vegetación y que podrían contribuir a generar una etapa de transición para un futuro aprovechamiento sostenido de los recursos. De este modo, además de constituir una fuente de ingreso para los propietarios se obliga a disponer de medidas de regeneración luego de la cosecha con el consecuente rápido crecimiento inicial posterior y su positivo efecto sobre la captura de carbono.

5.2 Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales

Debido a la gran heterogeneidad que presentan las parcelas de muestreo realizadas en el contexto del presente proyecto en cuanto a su estructura y composición de especies y para facilitar la aplicación de las intervenciones silviculturales a las diferentes situaciones de bosque, las parcelas de muestreo se reagruparon en diferentes unidades de prescripción silvícola.

Es necesario señalar que estas unidades no constituyen arreglos desde la perspectiva de superficie, como es el caso de rodales, parcelas de gestión silvícola o cantones (según la denominación que se establezca), sino que lo son solamente desde el punto de vista de disposiciones de tipo silvicultural susceptibles de ser aplicadas simultáneamente en diversos sectores del bosque independiente de la rodalización o

parcelación que se haya efectuado dentro del contexto de un plan de ordenación. Ello, como consecuencia de la extrema heterogeneidad estructural que presentan estos bosques.

De este modo, las unidades de prescripción silvícola para los efectos del presente proyecto quedaron determinadas bajo cuatro criterios: cobertura del bosque, estructura vertical, composición de especies y condiciones de sitio (exposición y pendiente). El criterio de cobertura quedó definido utilizando los mismos tres grandes grupos que representan las tres situaciones de bosque esclerófilo de la zona de estudio, es decir: bosques abiertos, semi densos y densos. Dentro de estos grupos, se separaron unidades que presentaron estructuras verticales y especies de interés en común. La clasificación de estos subgrupos dentro de cada situación de bosque se determinó en base a la presencia de estas especies y del o los estratos en donde estas se encontraron presentes. A esto se sumó, además, la observación de la situación ambiental (pendiente y exposición) en donde se encontraron dispuestas las parcelas, de tal manera de potenciar las especies que mejor se desarrollen bajo dichas condiciones.

Por otra parte, las propuestas de intervenciones silviculturales a realizar para cada una de las situaciones de bosque corresponden en general a intervenciones relacionadas con cortas intermedias, ya que estas se utilizan para el tratamiento de rodales inmaduros y tienen como propósito mejorar las condiciones de crecimiento de los ejemplares destinados a la cosecha o al cumplimiento de aquellos objetivos de manejo que no implican la obtención de fitomasa (Vita, 1997).

Las intervenciones intermedias potenciales se pueden clasificar en Limpias, Clareos, Cortas de liberación, Cortas de mejoramiento, Cortas sanitarias y de salvamento, Raleos y Podas (Vita, 1996). Para cada una de las situaciones descritas, las intervenciones propuestas son diversas y se detallan a continuación.

5.2.1 Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque abierto

En el caso de la situación de bosque abierto quedaron definidos dos grandes unidades de gestión que representan cinco parcelas de muestreo cada una: Unidad 1 BA (conformado por las Parcelas 3, 6, 14, 20 y 26) y Unidad 2 BA (conformado por las Parcelas 2, 11, 12, 21 y 30), las que se detallan en la Figura 22 y en la Figura 23, respectivamente.

UNIDAD 1 BA

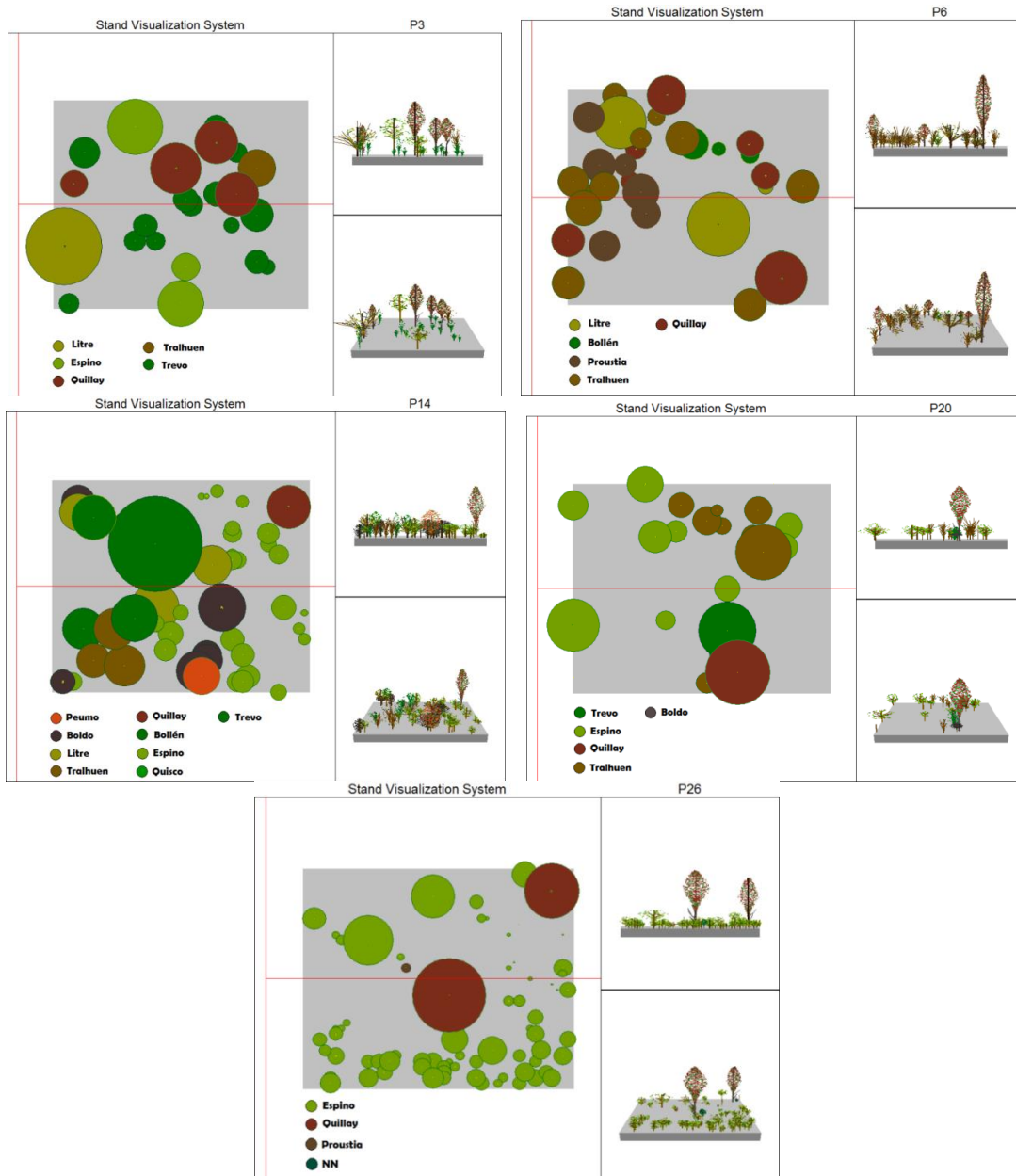


Figura 22: Unidad de Prescripción Silvícola 1 de la situación de Bosque Abierto.

En la unidad 1BA se puede observar que la única especie que sobresale por sobre el dosel arbóreo es Quillay. En general, se diferencian dos estratos bien marcados en las parcelas. Litre también aparece presente con individuos de gran tamaño, por debajo de Quillay, mientras que los ejemplares de Espino aparecen distribuidos de manera desordenada y con individuos variados tanto en altura como diámetro de copas, pero de menor tamaño que las dos especies mencionadas anteriormente. Se observa sólo un individuo de Peumo aislado. La cobertura promedio de esta unidad alcanza un 36,2%.

Para la Unidad 1 BA, en el caso de Espino se propone realizar clareos en las cepas cuando los individuos estén en sus primeras etapas de desarrollo y se presenten con múltiples vástagos, con el propósito de favorecer el crecimiento en diámetro de los vástagos seleccionados (Vita, 1997). Cuando los individuos se presenten con hábito monofustal, se sugiere la aplicación de podas de formación sólo en casos en que las ramas estén creciendo de manera muy lateral y de forma curva, ya que generalmente las copas de esta especie se desarrollan de forma muy rala por lo que eliminar la cobertura no es conveniente (Montenegro, 2018). Estas acciones tienen como propósito futuro liberar espacio para el tránsito del ganado y para mejorar las condiciones de individuos para la obtención de carbón, como objetivo secundario (Piña y Olivares, 2016).

Se sugiere además aplicar clareos para los sectores en donde los individuos se encuentran aglomerados y en un mismo nivel horizontal, con el objetivo de eliminar la competencia horizontal (desde los lados) directa entre las copas (Vita, 1996). Esto se aplica en esta unidad en particular a las especies: Espino y Tralhuén, las que serán manejadas con propósitos de abrir espacios para facilitar el tránsito del ganado. Para estas intervenciones se sugiere, en base a la experiencia aplicada para esta zona, sean realizadas con una intensidad del 30% del área basal o del 60% del número de árboles por hectárea (Sepúlveda, 2018²).

Para el caso de Quillay, a los individuos que se encuentran emergentes se sugiere aplicar podas en ramas que se encuentren en la parte inferior de los fustes y que estén muy por debajo de las copas, con el propósito de reducir el peligro de incendios, facilitar el control de posibles plagas y enfermedades y mejorar la forma de las copas. Además, podría facilitar el posible paso del ganado. Esta poda se aplicará de tal forma de reducir la longitud de las copas, pero sin alterar la cobertura de estas.

Para todos los casos de aplicación de poda, se sugiere que esta no elimine más del 30% de la copa viva de una vez ya que la reducción de la copa viva pone en desventaja competitiva al árbol debido a que reduce el crecimiento temporalmente (Vita, 1996; Quiroz y Steenbuck, 2001).

Además, se propone aplicar cortas de liberación que favorezcan en este caso a los individuos de Quillay, Litre y Boldo (correspondientes a especies de interés seleccionadas) generando una mayor velocidad de crecimiento al eliminar la competencia vertical (desde arriba) (Vita, 2007), que se encuentran por debajo de

² SEPÚLVEDA, O. Extensionista, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Provincia de Linares, comunicación Personal.

individuos de Trevo, Bollén y Proustia. Cabe destacar que esta acción sugiere ser realizada bajo la condición que el ejemplar al que se le desea quitar la competencia se encuentre en buenas condiciones sanitarias y de crecimiento. La corta de liberación se puede efectuar mediante la eliminación completa del ejemplar competidor o bien, mediante una poda drástica que elimine la porción del ejemplar que produce la competencia.

En los sectores donde existen claros, se recomienda establecer ensayos de enriquecimiento con Peumo y Litre, que permitan mejorar la composición florística general de la unidad aumentando la presencia de dichas especies, estableciendo ambas especies como plantaciones de individuos bajo protección artificial. Se recomienda plantar las especies más tolerantes en sectores más cercanos a los bordes de vegetación y las menos tolerantes hacia el centro de los claros o donde estos constituyan zonas más extensas. Esta medida se propone como ensayo debido a la nula experiencia que existe en la zona en cuanto a enriquecimiento con las especies mencionadas y esperando resultados futuros que sirvan como antecedentes para la incorporación de nuevas especies a las acciones de enriquecimiento, ya que hasta la fecha sólo se conocen experiencias con Quillay (Sepúlveda, 2018). Estas especies pueden ser vistas a futuro como fuente de aprovechamiento productivo a baja escala de pequeños propietarios para la obtención de carbón (carbón de monte, que incluye estas especies y posee un alto valor de comercialización) (Pareja, 2018³)

En cuanto a la estructura meta de los sectores intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos y podas no altera significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados, en tanto que las cortas de liberación lo hacen en mayor medida. Distinto es el caso de las actividades de enriquecimiento donde se producirá un significativo cambio en la distribución espacial a través de un aumento de la cobertura.

³ PAREJA, V. Encargada de Fiscalización, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Provincia de Curicó, comunicación personal.

UNIDAD 2 BA

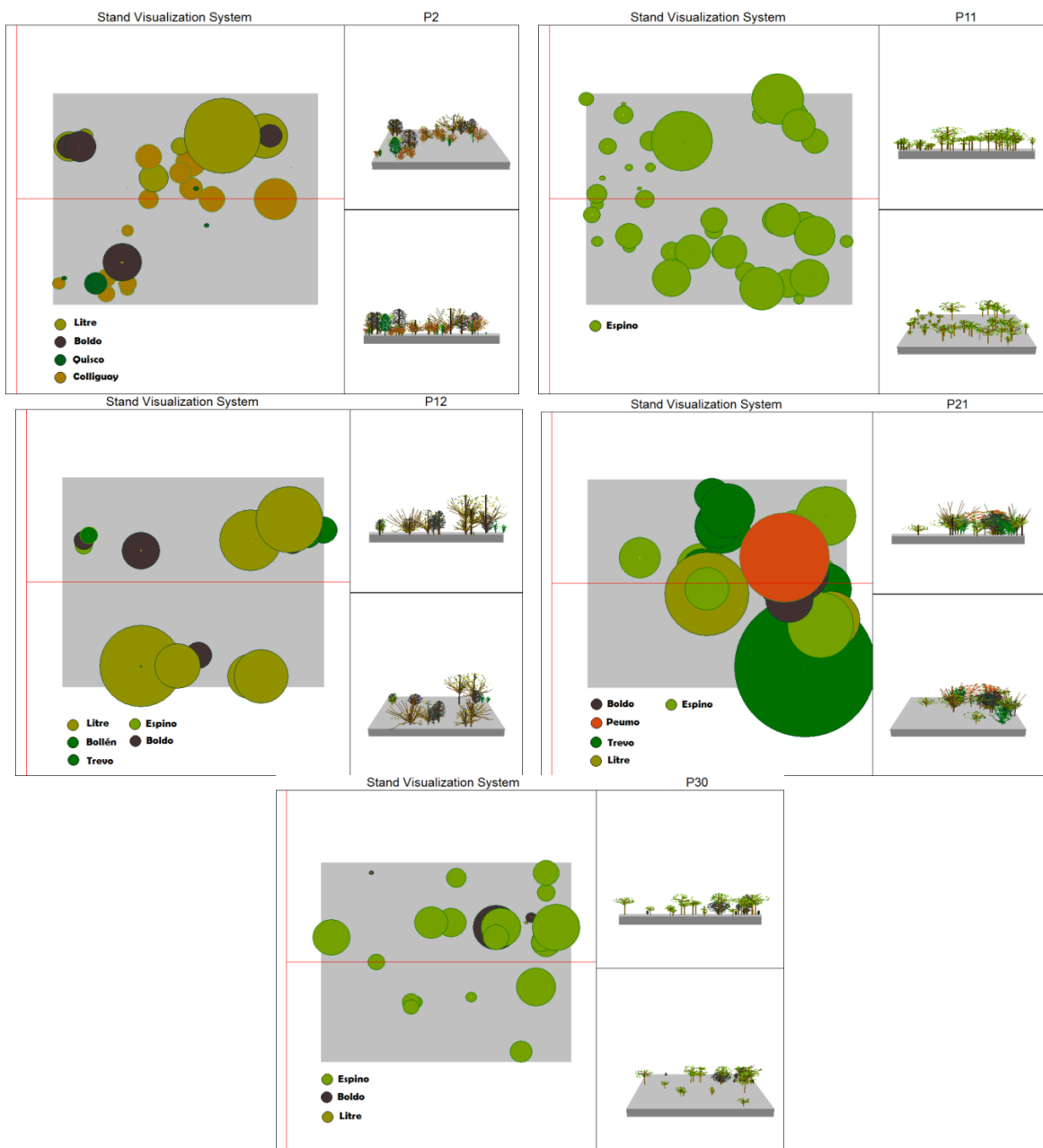


Figura 23: Unidad de Prescripción Silvícola 2 de la situación de Bosque Abierto.

En la unidad 2BA se observa que la vegetación se presenta de forma más agrupada en relación a las parcelas de la unidad anterior, teniendo zonas de claros más extensas. En esta unidad la composición es menos variada y la estructura del bosque en cuanto a diferenciación de estratos es menos definida. La especie que sobresale es Litre, aunque no representa una gran diferencia de altura por sobre el dosel arbóreo. Esta unidad tiene una cobertura promedio de 35,6%.

Para la Unidad 2 BA, y al igual que en la unidad anterior, se propone realizar clareos de vástagos en individuos de Espino cuando los individuos estén en sus primeras etapas de desarrollo y se presenten con múltiples vástagos, para que permitan favorecer el crecimiento en diámetro de los vástagos seleccionados (Vita, 1997). En estos casos, y para evitar el rebrote excesivo de nuevos vástagos, se sugiere una intensidad de clareo cercana al 30% del total de vástagos a extraer (Sepúlveda, 2018*). Además, se sugiere realizar cortas de liberación en individuos de Espino que se estén desarrollando por sobre Boldo para eliminar la competencia vertical entre estos (Vita, 1997).

En el caso de los individuos de Trevo se propone aplicar podas de formación que permitan reducir el diámetro de copas que estén afectando al desarrollo de ejemplares de Litre y Espino.

En cuanto a Boldo, se propone realizar raleo de vástagos con el objetivo de aumentar el diámetro y altura media de la retoñación, lo que permitiría según Pinilla y Parra (2011) mejorar a futuro la estructura del rodal y favorecer el crecimiento y productividad de las formaciones naturales. La intensidad de este raleo debe ser alta (entre 60 y 70% de vástagos) y se debe realizar una vez que ellos tengan entre dos y tres metros de altura (Sepúlveda, 2018).

Para los individuos de Litre se propone realizar podas de formación para dar mejor forma al árbol o de recuperación a individuos maduros con el objetivo de rejuvenecerlos en el caso que corresponda. Para esto, se recomienda eliminar vástagos y/o ramas que estén creciendo de manera curva y cercana al suelo, que aparezcan en los sectores diametrales exteriores de la cepa, y ralear vástagos del centro de la cepa para generar más espacio de crecimiento a los vástagos seleccionados (Sáez, 2018⁴).

Finalmente, se sugiere realizar un enriquecimiento de Quillay en sectores donde exista presencia de Trevo y Espino, utilizando a dichas especies como plantas nodriza. En sectores donde existan claros, se podrían establecer ensayos de enriquecimiento con Peumo mediante siembra directa, agregando protección vertical de manera artificial, por cuanto a pesar de no existir experiencia de manejo con enriquecimiento de esta especie, se ha observado en terreno que esta podría presentar buena respuesta a la siembra. Sin embargo, se debe tener en cuenta el factor hídrico como una de las principales limitantes en las primeras etapas, ya que es este un factor clave para el éxito de la sobrevivencia (Pareja, 2018). En relación a este aspecto, debe tenerse en consideración que una siembra directa es más sensible a las

⁴ SÁEZ, J. Extensionista, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Provincia de Talca, comunicación personal.

necesidades hídricas, además del efecto de plagas y enfermedades, en comparación con una plantación. De este modo, habrá que procurar que, durante el período de germinación y desarrollo inicial de las plántulas, el suelo permanezca constantemente húmedo.

Para estos casos, se sugiere excluir el área en donde sean instaladas las plantas del enriquecimiento, al menos en las primeras etapas de desarrollo, ya sea de manera total mediante cercos o de forma individual para cada planta utilizando ramas bajo la forma de anillos como barrera para el ganado y/o los pequeños animales que puedan comerse las mismas. Esto dependerá de los recursos que se tengan. En caso de la presencia de ganado como fuente de ingresos para la subsistencia familiar, se recomienda la segunda opción.

En cuanto a la estructura meta de los sectores intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos, raleos y podas no alterará significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados, en tanto que las cortas de liberación lo hacen en mayor medida. En cambio, en el caso de las actividades de enriquecimiento se producirá un significativo aumento de la cobertura.

5.2.2 Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque semidenso

Para el caso de la situación de bosque semidenso, las unidades de prescripción fueron tres, y se detallan en las Figuras 24, 25 y 26 respectivamente. Esta unidad presenta una cobertura promedio de 49,1%.

UNIDAD 1 BSD

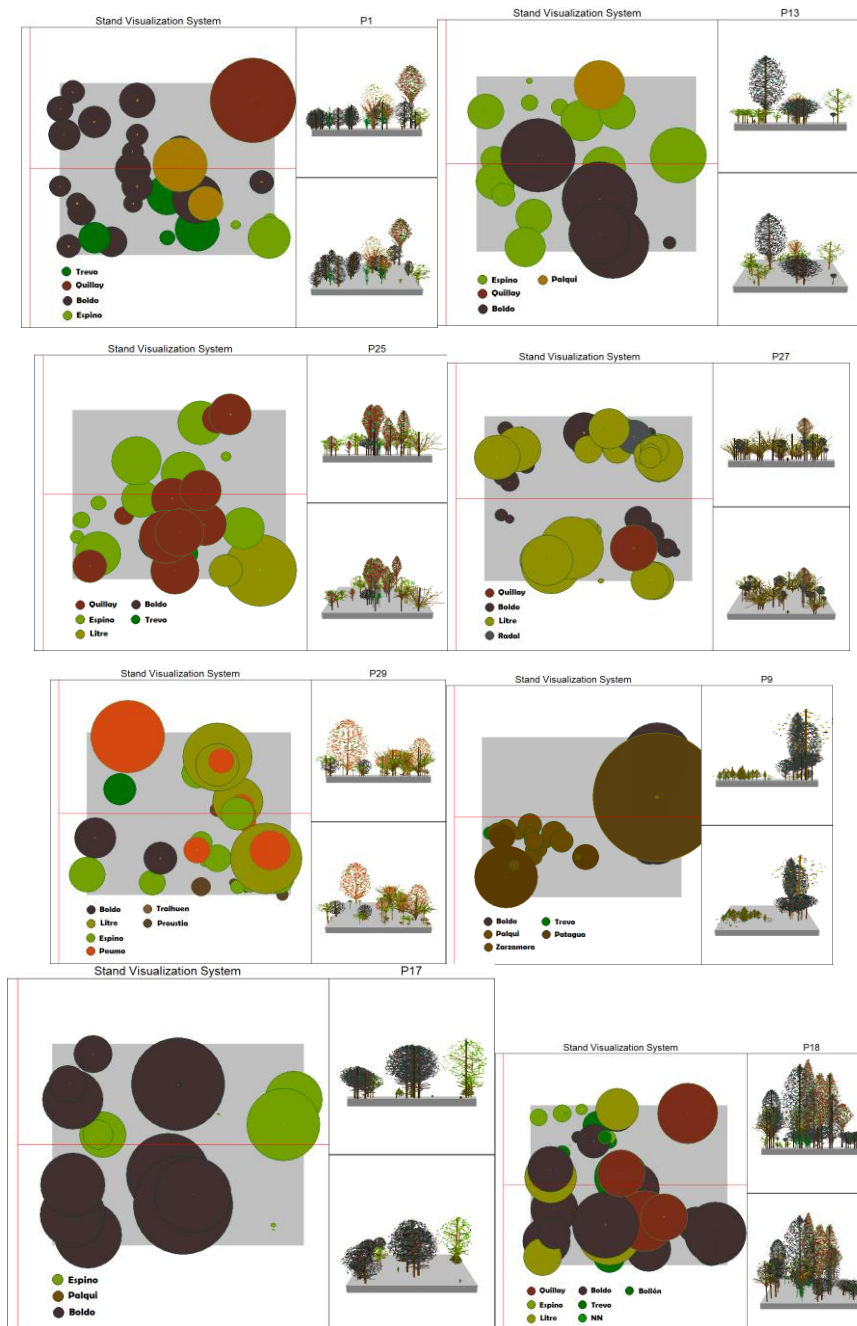


Figura 24: Unidad de prescripción 1 de la situación de Bosque Semidenso.

Se aprecia que en todas las parcelas de esta unidad de prescripción está presente Boldo, seguido de Espino y Quillay y, en términos generales, el dosel arbóreo está bastante estratificado.

La segunda unidad de prescripción de esta situación está conformada únicamente por la parcela 4. En esta se observa que la estructura difiere del resto de las parcelas de esta situación de bosque, por lo que fue considerada una unidad por sí sola. Se puede observar que el dosel es más bien continuo, y las especies principales son boldo y bollén. Esta presenta una cobertura del 52,5%.

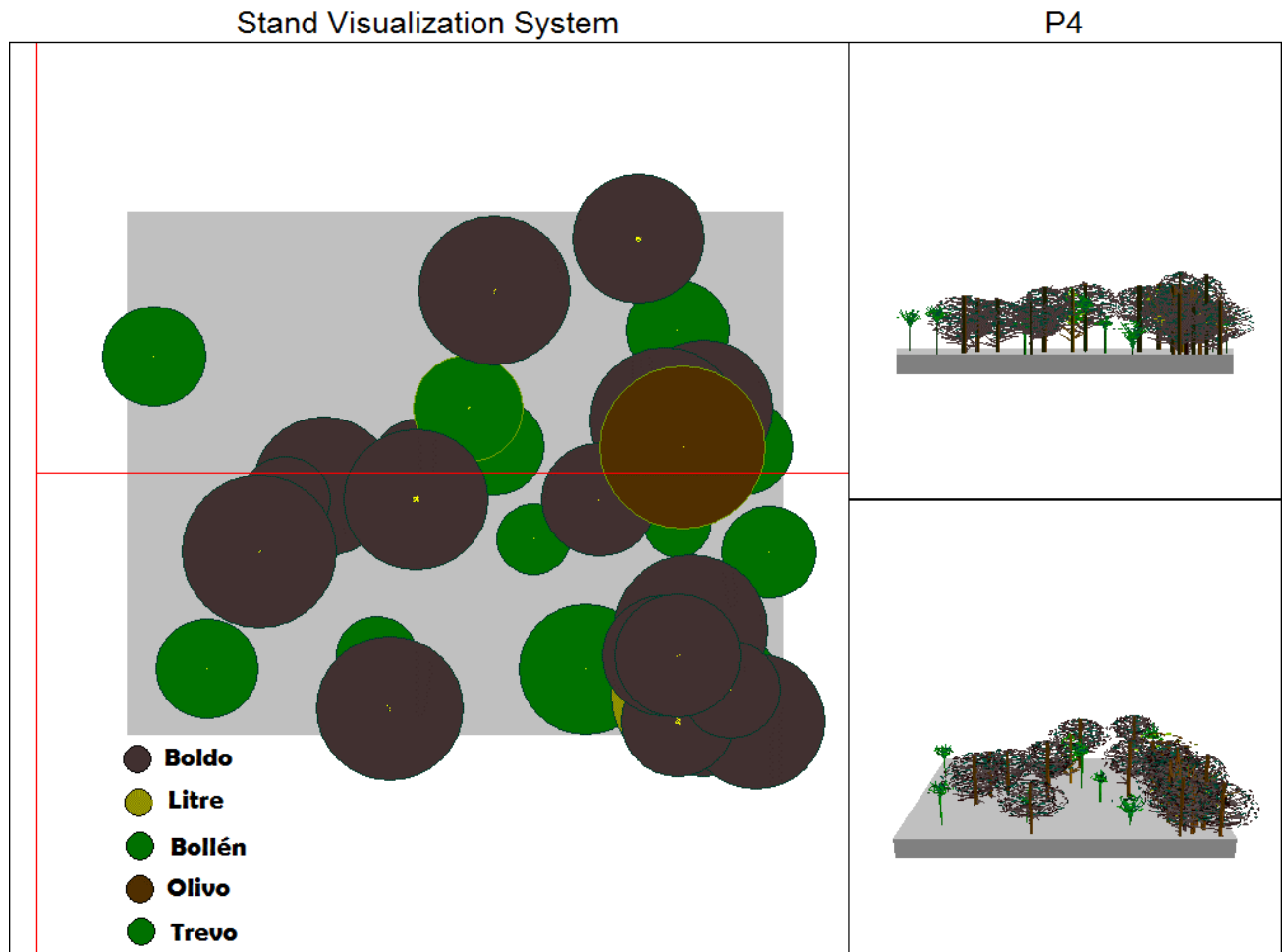


Figura 25: Unidad de prescripción 2 de la situación de Bosque Semidenso.

La tercera unidad de prescripción de esta situación también está formada únicamente por una parcela, debido a su homogeneidad estructural y en composición. A diferencia de la unidad anterior, que está constituida por fundamentalmente especies esclerófilas, esta tercera unidad está conformada exclusivamente por una especie espinosa.

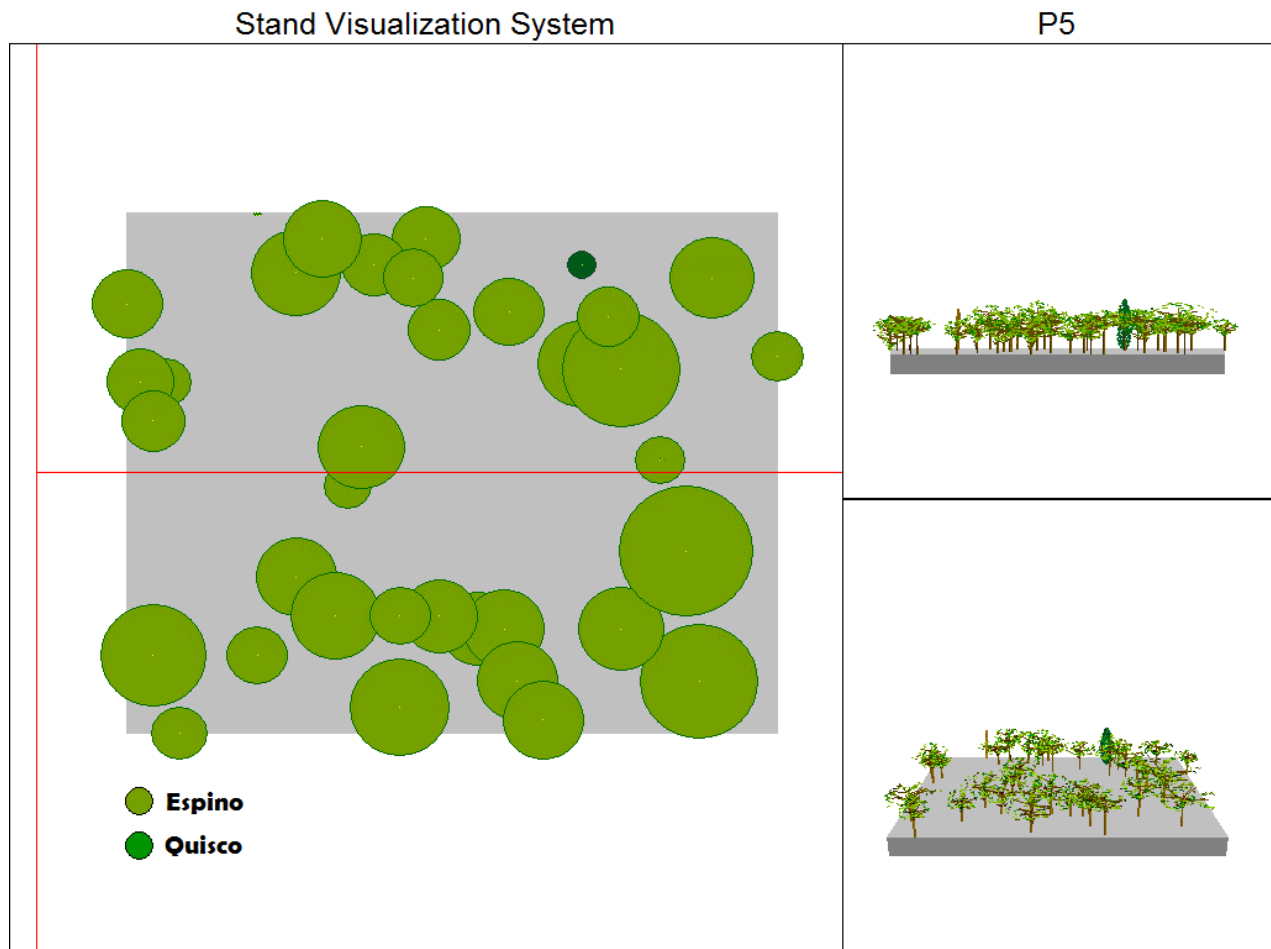


Figura 26: Unidad de prescripción 3 de la situación de Bosque Semidenso.

Para las unidades del bosque semi denso, se propone realizar clareos de cepa en individuos de Espino, dejando los vástagos de mejor calidad. En individuos monofustales, se plantea la realización de podas de formación que permitan elevar el nivel de inicio de las copas y raleo en caso de ejemplares de mayor desarrollo y que se encuentren sectores con individuos más comprimidos. Se sugiere intensidades de clareo cercanas al 50% del número de vástagos por cepa, o 30% del área basal, cuando corresponda (Sáez, 2018). Se debe tener en cuenta, además, la edad de la cepa, ya que en individuos más jóvenes el rebrote es más rápido y abundante, por lo que, en estos casos, las intervenciones deberían aplicarse de manera más regular en el tiempo (Montenegro, 2018⁵).

En sectores donde la vegetación está compuesta únicamente de Espino, se propone realizar un enriquecimiento de especies, mediante plantación bajo abrigo vertical, con ejemplares de Quillay y Litre. Este enriquecimiento tendría como propósito aumentar la diversidad de especies de estas formaciones vegetales y, además, generar una

⁵ MONTENEGRO, R. Extensionista, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Provincia de Cachapoal, comunicación personal.

futura fuente de obtención de productos para pequeños propietarios, como saponina y carbón (Pareja, 2018). De acuerdo a estudios realizados en la Región Metropolitana la presencia de Quillay o Litre constituye un estado sucesional más avanzado después de espino, a condición de que dejen de operar factores que impidan el avance de la sucesión hacia estas especies esclerófilas. Por tal motivo, estas plantaciones de enriquecimiento seguirían la dinámica natural de la vegetación en el área. Para ambas especies se sugiere excluir la zona en donde se establezcan las plantas.

Para las zonas en donde hay alta presencia de Quillay y/o Litre se propone realizar cortas de liberación que permitan eliminar la competencia vertical entre individuos, seleccionando los que se encuentren en mejores estados de crecimiento y que tengan las mejores condiciones sanitarias, con el objetivo de favorecer la regeneración de la especie (Monrroy, 2018⁶). En caso de que las copas de estos se encuentren en contacto, pero las alturas de los individuos no generen una alta competencia por espacio, se propone realizar podas de formación a las copas para que estas queden diferenciadas y permitan así el desarrollo óptimo para ambos ejemplares, las que eliminen las ramas laterales y curvas de las zonas diametrales de la copa, en las que se sugiere extraer con una intensidad del 30% de la copa viva, aunque esto varía en cada caso particular dependiendo de las condiciones sanitarias y estados de desarrollo del individuo (Pareja, 2018)

Para el total de las especies, se sugiere también realizar podas de recuperación en individuos maduros, eliminando ramas envejecidas y con poco vigor, con el objetivo de rejuvenecer a los individuos en donde se apliquen.

Además, se deben realizar limpiezas que eliminen la presencia de zarzamora en sectores donde esta se encuentra presente de manera que dificulte la realización de alguna de las intervenciones propuestas. Esta acción tendría un carácter transitorio, por cuanto debido a la acción invasiva de esta especie, eliminarla completamente se lograría sólo realizando una plantación suplementaria en los sectores en donde esta haya sido removida, lo que implica un alto costo operativo y de mantención (Montenegro, 2018).

En relación a la estructura meta de los sectores intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos y podas no alterarán significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados, en tanto que las cortas de liberación lo harán en mayor medida. En cuanto a las labores de enriquecimiento, en este caso, no habrá un efecto importante en cuanto a cambios en la cobertura, pero sí ocurrirá un aumento en la diversidad de especies.

⁶ MONRROY, S. Jefe Provincial Corporación Nacional Forestal (CONAF), Cauquenes, comunicación personal

5.2.3 Definición de unidades de prescripción silvícola y propuesta de intervenciones silviculturales. Situación de bosque denso

Finalmente, para el caso del bosque denso, las unidades de prescripción silvícola fueron cuatro: Unidad 1 BD (conformada por las Parcelas 10, 23, 24, 28), Unidad 2 BD (conformada por las Parcelas 7 y 8), Unidad 3 BD (conformada por las Parcelas 16 y 22) y la Unidad 4 BD (conformada por las Parcelas 15 y 19). El detalle de cada una de estas unidades se muestra en las Figuras 27, 28, 29 y 30 respectivamente. Esta situación presenta una cobertura promedio de 58,5 %.

UNIDAD 1 BD

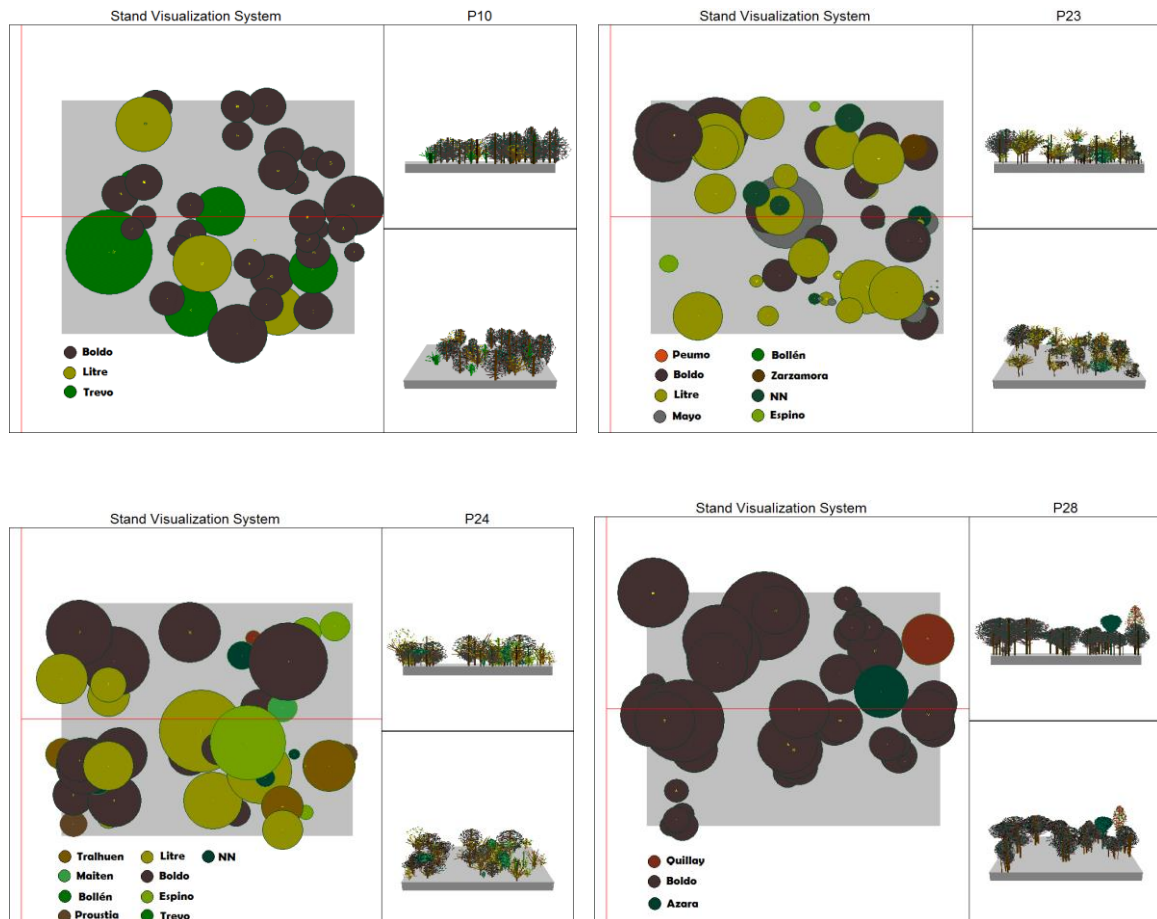


Figura 27: Unidad de Prescripción Silvícola 1 de la situación de Bosque Denso.

En esta Unidad se puede observar que la especie dominante en cobertura corresponde a Boldo. La única especie emergente y con sólo un individuo de representación es Quillay, mientras las demás especies aparecen de manera más o menos equilibrada en el dosel arbóreo en cuanto a altura. Esta unidad presenta una cobertura promedio del 57,3%.

En la unidad 1 BD se propone aplicar cortas de mejoramiento para favorecer el crecimiento en altura de los mejores individuos de Boldo considerando aspectos de vigor de copa y vástagos, y estado sanitario. Estas cortas de mejoramiento son similares a las cortas de liberación, diferenciándose solamente porque, en el caso de aquellas, los ejemplares a favorecer presentan mayor desarrollo (Estado de latizal). Además, para los individuos seleccionados, se propone aplicar raleo de vástagos con el objetivo de eliminar la competencia horizontal y favorecer el crecimiento en diámetro de los vástagos seleccionados.

Para los individuos de Litre, se propone realizar también cortas de mejoramiento cuando este se encuentre compitiendo con individuos de Trevo y Espino, siempre que las condiciones sanitarias y de vigor de los ejemplares de Litre sean buenas.

Debido a que esta unidad presenta sólo un individuo de Quillay, se plantea realizar un enriquecimiento de esta especie, mediante plantación de este bajo el abrigo vertical de individuos de Trevo y Espino.

Para los individuos de Boldo y Litre que se presentan con un alto número de vástagos se propone realizar clareos de cepa que le permitan al individuo aumentar diámetros de vástagos seleccionados. Para Boldo, la intensidad propuesta debe ser cercana al 60% de vástagos para obtener una buena retoñación para la futura obtención de hojas, mientras que para Litre sólo se recomienda con una intensidad de entre 25 y 30%, ya que esta especie no tiene un uso muy común y sólo se podría utilizar en el futuro para la obtención de carbón (carbón de monte) (Pareja, 2018)

Se debe considerar, además, realizar limpiezas en las zonas donde existe presencia de zarzamora, que al igual que en casos anteriores, se considera de manera momentánea debido al alto costo que esto implica y a la fácil reaparición de esta especie (Montenegro, 2018).

En cuanto a la estructura meta de los sectores representados por esta unidad de prescripciones silviculturales intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos y raleos no modificará significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados, en tanto que las cortas de mejoramiento lo hacen en mayor medida. En el caso de las actividades de enriquecimiento tampoco ocurrirá un significativo aumento de la cobertura, por cuanto estas se realizarán bajo la modalidad de protección vertical, produciéndose solamente un cambio en la composición.

UNIDAD 2 BD

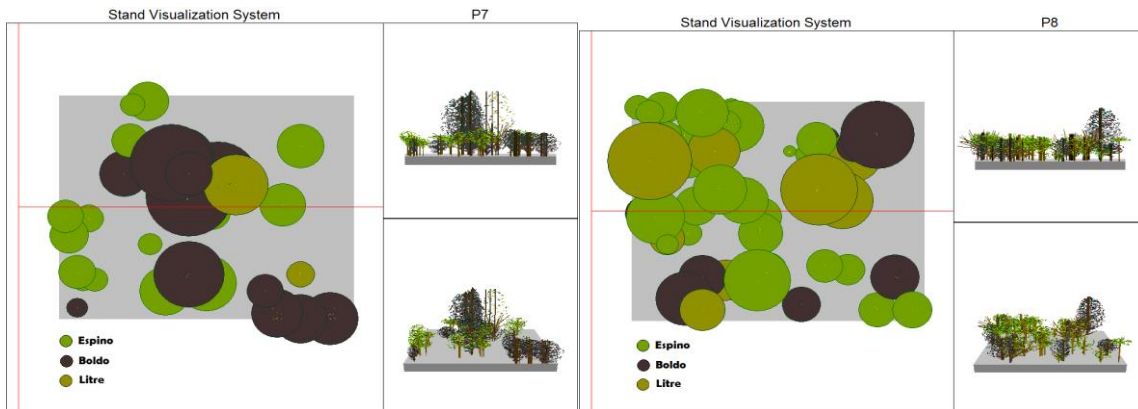


Figura 28: Unidad de Prescripción Silvícola 2 de la situación de Bosque Denso.

La unidad 2 BD se encuentra conformada por bosques que presentan asociaciones de Espino, Litre y Boldo, en donde el Boldo aparece con los individuos emergentes, seguidos por Litre y Espino en orden decreciente de altura. Esta unidad presenta una cobertura promedio de 57%.

Para la unidad 2 BD, y al igual que en las asociaciones de estas tres especies (Espino, Litre y Boldo), se propone realizar clareo de vástagos en espinos juveniles y raleo de vástagos para ejemplares de mayor desarrollo. Para Boldo, se propone realizar clareo de vástagos con una alta intensidad (60%) para fomentar la retoñación y así aumentar el vigor del individuo, y para Espino y Litre esta intensidad baja a sólo el 30% (Monrroy, 2018).

Se propone aplicar podas de formación que eleven la copa, tanto para Espino como Litre que permitan una diferenciación de copas en caso de que exista una superficie importante de traslape entre las copas. Si la superficie de traslape corresponde a más del 50 % de la copa, se aplicará raleo, dejando al individuo de mejor desarrollo.

Además, se plantea realizar clareos en individuos de Espino para disminuir la cobertura en las zonas en donde este se encuentra de manera muy densa, con el objetivo de crear un espaciamiento óptimo para el desarrollo de los individuos seleccionados.

En relación a la estructura meta de los sectores intervenidos de esta unidad mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos y podas no alterarán significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados.

UNIDAD 3 BD

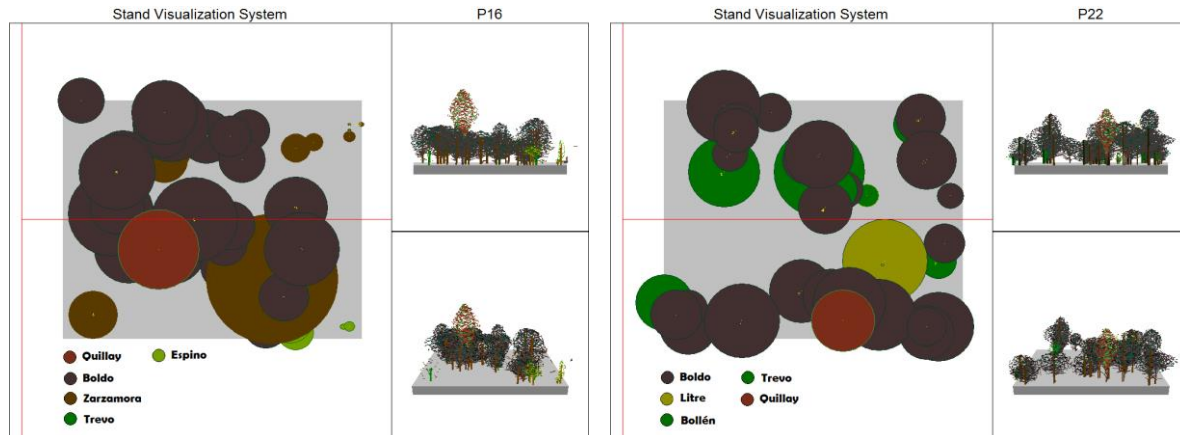


Figura 29: Unidad de Prescripción Silvícola 3 de la situación de Bosque Denso.

En la Unidad 3 BD se observa que la especie con mayor grado de cobertura es Bolfo, cuyos ejemplares se encuentran formando el dosel arbóreo del que emergen en dos oportunidades individuos de Quillay. La cobertura promedio es del 63%.

En la Unidad 3 BD, al igual que en casos anteriores, para Bolfo se propone aplicar clareos para disminuir la competencia horizontal dejando los individuos restantes distribuidos de manera más regular en la superficie, con el objetivo de aumentar el crecimiento de individuos seleccionados para la obtención futura de hojas y corteza (Montenegro, 2018).

Se plantea realizar enriquecimiento de Quillay utilizando el método de árbol semillero y así aumentar la presencia de esta especie. Para tales efectos, se deberá disponer de un suelo no compactado en las inmediaciones de los ejemplares semilleros hasta una distancia equivalente a 2,5 veces la altura de éstos, procurando la presencia de eventuales plantas nodriza. No obstante, además, se requiere eliminar la presencia de zarzamora mediante limpiezas.

En cuanto a la estructura meta de los sectores de esta unidad intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de clareos no modificará significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados. Distinto es el caso de las actividades de enriquecimiento donde se producirá un significativo cambio en la distribución espacial a través de un aumento de la cobertura.

UNIDAD 4 BD

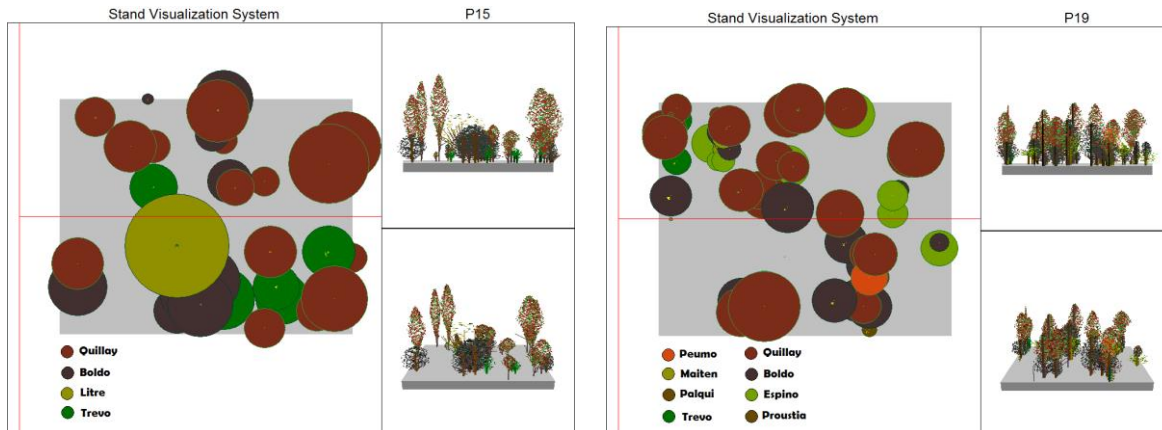


Figura 30: Unidad de Prescripción Silvícola 4 de la situación de Bosque Denso

Finalmente, la Unidad 4 BD está dominada por la especie Quillay la que se encuentra representada con los individuos de mayor altura. Además, conforman el dosel arbóreo ejemplares de Boldo, Espino y Trevo. La cobertura promedio alcanza un 56,8 %.

En la Unidad 4 BD se propone aplicar corta de mejoramiento sobre Quillay, con el objetivo de eliminar la competencia vertical para el único individuo de Peumo presente en la unidad, para favorecer su desarrollo. Esto puede realizarse eliminando completamente a los individuos de quillay o bien, efectuar podas en este para disminuir el tamaño de sus copas.

Para individuos de Litre se sugiere aplicar podas de formación y recuperación a individuos maduros para rejuvenecer a individuos y que se desarrollen con mayor vigor. Estas mismas acciones pueden ser aplicadas a individuos de Trevo que se encuentren por sobre individuos de Quillay con el objetivo de eliminar la competencia vertical.

En el caso de Boldo, si se presenta con individuos plurifustales se sugiere aplicar raleo de vástagos seleccionando los mejores vástagos, para favorecer el crecimiento de estos en diámetro, y además, para favorecer la retoñación con el propósito de obtener hojas para su futura comercialización, lo anterior con una intensidad aproximada del 60% de vástagos (Monrroy, 2018).

En cuanto a la estructura meta de los sectores representados por esta unidad de prescripciones silviculturales intervenidos mediante los tratamientos recién descritos, la aplicación de podas y raleos no alterará significativamente la organización espacial de los ejemplares manejados, en tanto que la corta de mejoramiento prescrita lo hace en mayor medida.

5.3 Análisis General

Dentro de la zona de estudio, la fisionomía en general de los ejemplares de las distintas especies presentes en todas las situaciones de bosque corresponde a individuos regenerados de manera vegetativa, es decir por rebrotes de tocón, lo que evidencia la explotación maderera que han tenido y siguen teniendo los bosques esclerófilos, que en la mayoría de los casos se reduce a la comercialización de leña y carbón.

Por otra parte, en algunas zonas es posible observar que los bosques se encuentran degradados tanto por la acción antrópica directa como por el ganado. Esto puede deberse al escaso manejo que existe en estos bosques por parte de los propietarios ya que en muchos casos estas formaciones no son consideradas como una fuente de alto valor en cuanto a productos forestales por lo que las faenas para extraer bienes se realizan de manera irregular.

Sumado a lo anterior, otro factor importante a considerar es la ocurrencia histórica de incendios forestales en la zona central del país que, en conjunto con la acelerada expansión urbana, han provocado deterioro en el estado actual del bosque.

Varias de las formaciones presentan coberturas que se encuentran cercanas al límite del mínimo establecido por la ley para ser considerados bajo la definición legal de bosque, por lo que, en casos de aplicación de poda, siempre se sugiere que la eliminación de ramas y/o vástagos, independiente de su intensidad, no cambie la cobertura total del rodal para que este no pierda tal condición y las intervenciones aplicadas puedan ser bonificadas. Lo anterior se hace muy recurrente en el caso de los espinales más puros y en formaciones en la situación de bosque abierto.

Otro de los problemas que puede observarse en esta zona es la baja presencia de regeneración la que puede deberse a la presencia generalizada de ganado que compacta el suelo haciendo más difícil el establecimiento de la misma y a la presencia de pequeños animales herbívoros como es el caso del conejo los que se comen las plántulas en las primeras etapas de desarrollo. Sumado a esto, se encuentra la escasez hídrica que es una de las principales limitantes en la zona de estudio.

En cuanto a experiencias en enriquecimiento, la única especie que ha sido utilizada hasta ahora para tal efecto en ambas regiones corresponde a Quillay. Si bien existe interés por parte de los expertos en poder diversificar las especies utilizadas para esta intervención, en general los propietarios no estarían dispuestos a probar otras especies, por una parte, debido al costo que conlleva establecer plantaciones y, por otro lado, al alto grado de incertidumbre que esto implica debido a la nula experiencia que actualmente se maneja, lo que puede traducirse en términos prácticos a la pérdida total de la inversión monetaria.

En general, en esta zona no hay muchas experiencias previas de establecimiento de plantaciones, ya sea productivas o como ensayos, con ninguna de las especies seleccionadas como especies de interés del bosque esclerófilo. Sólo en un sector de toda la zona de estudio se tiene una experiencia del establecimiento de una plantación suplementaria, en la que se establecieron 25 ha de Quillay, que fue llevada a cabo por su propietario con recursos propios. Si bien esta acción fue reciente, expertos de la zona (Linares) aseguran que estas intervenciones son factibles ya que se han visto buenos resultados de la plantación, pero son inviables por la gran mayoría de

propietarios ya que no se cuenta con los recursos necesarios para un buen nivel de inversión, y las bonificaciones por parte de la CONAF no serían suficientes para financiar estas acciones.

En diferentes zonas (como es el caso de la Provincia de Cachapoal) uno de los propósitos más urgentes es la recuperación de sectores de espinales ya que son los que actualmente están siendo más explotados económicamente, lo que provoca que se encuentren muchas veces en estados degradados y se ven además en constante presión por ser reemplazados por cultivos, debido a que estos se desarrollan en los sectores más planos del territorio.

Es por esta última razón que se infiere, de manera preliminar, que los propietarios prefieren bosques menos complejos en cuanto a composición de especies y estructura para su sustento (como es el caso de espinales), ya que es en estas formaciones en donde pueden obtener mayores ingresos económicos, realizando simultáneamente actividades ganaderas y silviculturales. Desde el punto de vista del objetivo principal del presente proyecto en cuanto al aumento de la captura de carbono dicha condición es compatible, incluso deseable, con respecto a este propósito, por cuanto que es sabido que los bosques más eficientes en la captura de carbono corresponden a plantaciones con especies de rápido crecimiento, caracterizadas por una estructura muy homogénea.

Debido a la alta heterogeneidad de las unidades en general, las propuestas silviculturales resultaron ser diversas tanto en forma como en intensidad para las diferentes especies presentes, lo que de alguna forma podría explicar de manera preliminar el por qué estos bosques no son tan frecuentemente manejados, ya que uniformizar los bosques y poder convertirlos en unidades más altamente productivas para un futuro implica un alto nivel de inversión y tiempos de espera prolongados para la obtención de productos, que muchas veces los propietarios no están dispuestos a aceptar.

Si bien la diversificación de intervenciones propuestas está adaptada a bosques de estructuras complejas como el presente y, de este modo, enfocada en mejorar las condiciones particulares para cada situación, expertos sugieren que la aplicación de estas es factible, pero puede verse dificultada tanto por el costo operativo de las faenas como por el efecto práctico en terreno, ya que lo usual es aplicar una misma intervención para toda la unidad de gestión silvícola y que esta sólo varíe en intensidad.

Las propuestas de intervenciones silviculturales descritas anteriormente corresponden a una primera acción a implementar de acuerdo a la situación puntual presente en cada una de las unidades de prescripción silvícola. Dentro del contexto de un plan de ordenación corresponderían a lo que se denomina la organización de las actividades silviculturales en el espacio. Ello se complementa con la organización de las actividades silviculturales en el tiempo de acuerdo a un programa o esquema de manejo dependiente de la composición, estructura y objetivo del manejo.

A continuación, se presentan ejemplos de organización de intervenciones silviculturales en el tiempo para formaciones con predominancia de Espino.

5.4 Ejemplos de esquemas de manejo para Espino

Para los siguientes esquemas de manejo, los principales objetivos son madera de piezas cortas (leña y carbón), frutos para forraje o producción de semillas, efectos sobre estrato herbáceo y ganado (silvopastoral).

5.4.1 Esquema 1, Objetivo: Piezas cortas de madera

Estructura de origen: Arbustiva/Plurifustal/Monofustal

Estructura final : Plurifustal

La estructura de origen se refiere al hábito que presentan los ejemplares al momento de iniciar el manejo. Si al inicio del plan de ordenación el manejo comienza con la cosecha de los individuos en estado de desarrollo maduro o sobremaduro y el posterior rebrote de dichos ejemplares, el esquema de manejo propuesto se muestra en la Tabla 11. Si al comienzo del plan no existen ejemplares maduros o sobremaduros para cosechar, el esquema se inicia en cualquiera de las etapas indicadas en la tabla 11 con clareo y/o poda de vástagos, según el desarrollo en altura de los ejemplares.

Tabla 11: Esquema de manejo para piezas cortas de madera de espino

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Retoños Remanentes
1	-	1		8 a 10
1,5	-	2		6 a 8
2	5	3	Basal	4 a 6
-	10	4	Basal	2 a 4
-	20	Cosecha y repetición del ciclo		-

5.4.2 Esquema 2, Objetivo: Silvopastoral. Producción de flores y frutos. Preservación

Estructura de origen: Arbustiva/Plurifustal/Monofustal

Estructura final : Monofustal de copa amplia

Si al inicio del plan de ordenación el manejo comienza con la cosecha de los individuos en estado de desarrollo maduro o sobremaduro y el posterior rebrote de dichos ejemplares, el esquema de manejo propuesto se muestra en la Tabla 12. Si al comienzo del plan no existen ejemplares maduros o sobremaduros para cosechar, el esquema se inicia con clareo y/o poda de vástagos, según el desarrollo en altura de los ejemplares.

La rotación correspondiente a este esquema es de tipo biológico, por cuanto los ejemplares se mantienen en crecimiento mientras continúe la producción de flores y frutos.

Tabla 12: Esquema de manejo parasistema silvopastoral, producción de flores y frutos de espino o preservación de la especie.

Altura (m)	DAT medio (cm)	Clareo	Poda	Retosños Remanentes
1	-	1		6 a 8
1,5	-	2		4 a 6
2	5	3	Basal	2 a 4
-	10	4	Selectiva	1
-	15	-	Selectiva	1
-	> 20	Aplicación de eventuales podas de mantención o recuperación según necesidad.		-

Este esquema permite la obtención de piezas cortas como producto secundario, a través de los clareos y podas.

Es necesario señalar que, desde el punto de vista de la captura de carbono, se espera que el primer esquema sea más favorable, debido a su mayor dinamismo, aspecto de debiera ser ratificado en futuras investigaciones.

5.5 Conclusiones

Los bosques esclerófilos de la zona de estudio presentan altos niveles de heterogeneidad debido a las diferentes condiciones ambientales en las que estos se distribuyen y a los diferentes grados de presión antrópica a los que se encuentran sometidos, lo que genera dificultades al momento de aplicar la silvicultura.

- Los tratamientos silviculturales propuestos a aplicar en este tipo de vegetación corresponden en general a cortas intermedias: clareo o raleos de vástagos, podas de formación, cortas de liberación, cortas de mejoramiento; además de enriquecimiento mediante plantación de las especies de interés. Estas permitirían mejorar las condiciones actuales de la vegetación de las unidades de manejo propuestas y, de este modo, aumentar la captura de carbono.

- Las intervenciones propuestas son factibles, pero no viables si se cuenta sólo con la bonificación que ofrece la ley para la intervención de los bosques nativos, ya que esta muchas veces no permite financiar de manera óptima las faenas en terreno si no se dispone, además, con recursos propios.

6 BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ✓ ÁLVAREZ, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. 76p.
- ✓ CRUZ, G. y SCHMIDT, H. 2007. Silvicultura en Bosques Nativos. En: Hernández, J., De la Maza, C. y Estades, C. (Eds.). Biodiversidad: Manejo y Conservación de Recursos Forestales. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. Pp 279-307.
- ✓ FAO, 2018. El estado de los bosques del mundo. [En línea] <<http://www.fao.org/3/i9535es/i9535es.pdf>> [Consultada: 01 de Octubre de 2019]
- ✓ FONSECA-GONZÁLEZ, W. 2017. Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. Revista de Ciencias Ambientales. [En línea]<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/9481/11372> [Consultada: 7 de octubre de 2019]
- ✓ GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago. 166 p.
- ✓ GAYOSO, J., GUERRA, J. Y ALARCON, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF D98I1076 Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Ciencias Forestales.
- ✓ MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2008). Ley Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. [En línea] <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=274894>>. [Consulta: Octubre de 2018].
- ✓ PIÑA, L y OLIVARES, A. 2016. Manejo silvopastoril del espinal para producción de forraje y frutos. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 47p.
- ✓ QUIROZ, I y STEENBUCK, D. 2001. Tratamientos intermedios y técnicas de manejo. Instituto Forestal (INFOR). Gobierno Regional (GORE). P. 69
- ✓ VITA, A. 2007. Silvicultura en zonas áridas. In: Hernández, J., De la Maza, C. y Estades, C. (Eds.). Biodiversidad: Manejo y conservación de recursos forestales. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. Pp 362 – 403.
- ✓ VITA, A. 1993. Ecosistemas de Bosques y Matorrales Mediterráneos y sus tratamientos Silviculturales en Chile. Segunda Edición. Proy. CONAF/PNUD /FAO-CH/83/017. Investigación y Desarrollo de áreas silvestres en zonas áridas y semiáridas de Chile. Documento de trabajo N° 21. 243 p.
- ✓ VITA, A. 1996. Los tratamientos silviculturales. 2ª ed. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. 147 p.
- ✓ VITA, A. 1997. Silvicultura de Formaciones Nativas. En: Valdebenito, G. y Benedetti, S. (Eds.). Forestación y Silvicultura en Zonas áridas de Chile. Seminario Internacional de forestación y silvicultura en zonas áridas y semiáridas. INFOR, CORFO. Santiago, Chile. Pp: 257-273
- ✓ ZHAO, Y; FENGA, D; YUA, L; WANG, X; CHENC, Y; BAI, Y; HERNÁNDEZ, J; GALLEGUILLOS, M; ESTADES, C; BIGING, G; RADKE, J; GONGA, P. 2015. Detailed dynamic land cover mapping of Chile: Accuracy improvement by integrating multi-temporal data. Remote Sensing of Environment 183 (2016) 170–185.