



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**CUANTIFICACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS
DENTRO Y FUERA DEL PARQUE NACIONALNONGUÉN**

Proyecto de Título presentado a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para optar al título profesional de
Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales

POR: Camila Álvarez Ladrón de Guevara

Profesor Guía: Dr. Cristian Echeverría

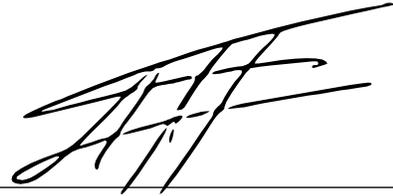
Concepción, Chile 2023

© 2023

Camila Álvarez Ladrón de Guevara

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

CUANTIFICACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO ALMACENAMIENTO DE
CARBONO EN ECOSISTEMAS BOSCOSOS DENTRO Y FUERA DEL PARQUE
NACIONAL NONGUÉN



Profesor Guía

Cristian Echeverría
Profesor titular
Ingeniero Forestal, Ph.D



Profesor Guía

Simón Sandoval
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, Dr.



Profesor Guía

Felipe Aburto
Profesor colaborador
Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Calificación Proyecto de Título:

Cristian Echeverría:

Simón Sandoval:

Felipe Aburto:

DEDICATORIA

A mi hija Luna por ser mi mayor fuente de inspiración y energía para luchar por un mundo mejor y su conservación.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por ser mis pilares fundamentales de vida, quienes me sostienen y apoyan en cada paso que doy, en cada decisión y en cada locura.

A mis amigas y amigos por el apañe, la contención y el amor.

A mi profesor guía Cristian Echeverría por su apoyo y buena disposición tanto académica como personal. A profesor Simón Sandoval por su paciencia infinita en el área estadística y redacción, buscando siempre que saque la mejor versión, a profesor Rodrigo Fuentes por su buena disposición a enseñar y ayudar siempre y a profesor Felipe Aburto por su colaboración en este proyecto.

Al programa de Restauración Ecológica en Parque Nacional Nonguén. Financiado por Transelec S.A.

A mí misma por la resiliencia de estos años en los múltiples roles que tengo.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. METODOLOGÍA.....	7
2.1 Descripción del área de estudio.....	7
2.2 Diseño de muestreo	9
2.3 Composición y estructura.....	10
2.4 Estimación de la densidad de carbono	10
2.4.1 Estimación de biomasa y densidad de carbono de biomasa leñosa aérea.....	10
2.4.2 Determinación de la densidad de carbono en el suelo (DCS)	11
2.4.3 Comparación entre ecosistemas.....	12
III. RESULTADOS.....	14
3.1 Caracterización composicional y estructural de los ecosistemas	14
3.2 Biomasa aérea	19
3.3 Densidad de carbono en biomasa aérea.....	20
3.4 Densidad de carbono almacenado en suelo.....	21
3.5 Densidad de carbono total en biomasa aérea y en el suelo (DCT).....	25
IV. DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIÓN.....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de parcelas de muestreo por ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.....	9
Tabla 2. Especies arbóreas dominantes con mayor IVI% de los ecosistemas estudiados dentro y fuera del área protegida.....	16
Tabla 3. Especies arbóreas dominantes con mayor IVI% dentro y fuera del área protegida.....	17
Tabla 4. Densidad aparente del suelo por tipo de ecosistema y su respectiva desviación estándar.	22
Tabla 5. Fragmentos rocosos por ecosistema y su respectiva desviación estándar.....	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Localización de área de estudio, tipos de ecosistemas evaluados y distribución espacial de las parcelas de muestreo.	8
Figura 2. Caracterización dasométrica dentro del P. N. Nonguén.	15
Figura 3. Caracterización dasométrica fuera del P. N. Nonguén.	15
Figura 4. Distribución de la densidad de individuos y área basal según rangos de clase diamétrica a la altura del pecho.	18
Figura 5. Biomasa aérea para cada ecosistema, dentro y fuera del P.N. Nonguén.	20
Figura 6. Densidad de carbono de biomasa leñosa aérea almacenado en cada ecosistema, dentro y fuera del P.N. Nonguén.	21
Figura 7. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en los 0-20 y 20-40 cm de profundidad en cada ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.	24
Figura 8. Densidad de carbono almacenado en el suelo en los 0-20 y 20-40 cm de profundidad en cada ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.	25
Figura 9. Carbono total aéreo y en el suelo dentro y fuera del P.N. Nonguén. Ambas condiciones con igual superficie de 3.054 ha.	26
Figura 10. Densidad de carbono total (aéreo y en suelo), tanto dentro como fuera del P.N. Nonguén. Mapa de la derecha ilustra los usos y coberturas del suelo.	26

RESUMEN

El cambio climático es una amenaza global para la conservación de la biodiversidad y se han creado distintas instancias mundiales para revertirlo. El acuerdo de París en la COP21 estableció como meta limitar el calentamiento global a menos de 1,5°C respecto a los niveles preindustriales mediante la reducción de emisiones de GEI, principalmente de CO₂. Sin embargo, aún se necesita comprender mejor las diferencias o similitudes de los diferentes ecosistemas para almacenar carbono y el rol que cumplen las áreas protegidas en este ámbito.

El presente estudio se enfocó en comparar el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono aéreo y en el suelo en diferentes ecosistemas boscosos dentro y fuera del Parque Nacional Nonguén. La estimación de densidad de carbono sobre y en el suelo (hasta 40 cm de profundidad) se hizo mediante el uso de funciones alométricas y el método dumas respectivamente. Los resultados revelaron que el área protegida almacena un 15% más de carbono total (aéreo y suelo). En cuanto a la densidad de carbono aéreo, la mayor diferencia se evidenció entre los ecosistemas bosque adulto dentro del Parque y plantación adulta fuera de este, llegando casi al doble el ecosistema nativo sobre el monocultivo con 299 ± 111.57 Mg/ha y $166,9 \pm 56.0$ Mg/ha respectivamente. Por su parte, el almacenamiento en suelo fue un 10% mayor dentro que fuera del Parque. Dos de los ecosistemas con mayor densidad de carbono en suelo, tanto dentro como fuera del Parque fueron bosque de exóticas asilvestradas y la plantación adulta, oscilando entre 119 ± 68 y 154 ± 6.4 Mg/ha. Estos resultados son útiles para el diseño y planificación de estrategias de mitigación climática a escala de paisaje y priorización de sitios para la conservación de ecosistemas ricos en carbono.

ABSTRACT

Climate change is a global threat to biodiversity conservation and various global bodies have been created to reverse it. The Paris agreement at COP21 established the goal of limiting global warming to less than 1.5°C above pre-industrial levels by reducing GHG emissions, mainly CO₂. However, there is still a need to better understand the differences or similarities of different ecosystems to store carbon and the role of protected areas in this area.

The present study focused on comparing the ecosystem service of above and below ground carbon storage in different forest ecosystems inside and outside Nonguén National Park. The estimation of above and below ground carbon density (up to 40 cm depth) was done using allometric functions and the dumas method, respectively. The results revealed that the protected area stores 15% more total carbon (above and below ground). In terms of aerial carbon density, the greatest difference was found between the adult forest ecosystems inside the park and the adult plantation outside the park, with the native ecosystem almost doubling the monoculture ecosystem with 299 ± 111.57 Mg/ha and 166.9 ± 56.0 Mg/ha, respectively. Soil storage was 10% higher inside than outside the park. Two of the ecosystems with the highest soil carbon density, both inside and outside the Park were feral exotic forest and the adult plantation, ranging between 119 ± 68 and 154 ± 6.4 Mg/ha. These results are useful for the design and planning of climate mitigation strategies at the landscape scale and prioritization of sites for the conservation of carbon-rich ecosystems.

I. INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), se reúne anualmente en la denominada Conferencia de Partes (COP). Un hito que marcó dichas conferencias es el Acuerdo de París firmado en la COP21, el año 2015, el cual se planteó combatir, a través de medida de adaptación propuestas por cada integrante de la convención, los efectos del cambio climático. Principalmente su meta es limitar el calentamiento mundial a menos de 1,5 grados centígrados en comparación a los valores preindustriales, mediante el control de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), para lograr carbono neutralidad al 2050 (UNFCCC 2015). Para esto, cada cinco años los países presentan sus planes de acción climática conocida como contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC), donde cada uno, especifica las medidas que adoptará para disminuir la emisión de GEI y alcanzar los objetivos del acuerdo (UNFCCC 2015). En la COP25 se entregaron los nuevos compromisos enmarcados en la actualización de los NDC, en el que Chile estableció sus metas en base a cuatro pilares fundamentales: mitigación, adaptación, integración y un pilar social, que incluye a las comunidades, los territorios y los servicios ecosistémicos (Gobierno de Chile 2020).

En cuanto a mitigación, los NDC de Chile se centran en la emisión de GEI, la cual no superará las 1.100 MtCO₂eq, entre el 2020 y el 2030. También se espera reducir en al menos un 25% de las emisiones totales de carbono negro al 2030 (Gobierno de Chile 2020), con respecto al 2016. Entiéndase por carbono negro, el carbono que se resiste a la degradación microbiana y por tanto persiste en suelos durante largos periodos de tiempo (Lehmann *et al.* 2015, FAO 2017).

Los compromisos mencionados anteriormente se pueden expresar mediante servicios ecosistémicos (SSEE) o contribuciones de la naturaleza para el ser humano, los cuales se dividen en tres grandes categorías: provisión, regulación y culturales (EEA 2019). Dentro de la categoría de provisión, están provisión de alimento, materia prima,

generación de energía entre otros (Haines-Young *et al.* 2018). En la categoría de regulación, están las regulaciones de procesos naturales, tales como, ciclo hídrico, control de erosión y donde pondremos énfasis en este estudio, la captura de carbono (Costanza 2008). Finalmente, en la categoría cultural, se incluyen actividades espirituales, recreación, valor escénico, entre otros (De la Barrera *et al.* 2015).

Desde la época preindustrial, ha existido un aumento significativo y sin precedente de los GEI, el cual se ha visto en mayor medida en el incremento de las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en la atmosfera (IPCC 2015). Es por esto que la captura de carbono es un servicio ecosistémico que toma gran relevancia hoy en día, puesto que el CO₂ es el principal GEI emitido (Andreae *et al.* 1996). El aumento de la concentración de GEI en la atmosfera es uno de los principales factores causantes del calentamiento global, y es donde se han puesto los esfuerzos a nivel mundial para disminuir las emisiones de CO₂ (IPCC 2014). En esta materia, los bosques en áreas protegidas juegan un rol importante como sumidero natural de carbono (C), además mantienen en equilibrio y en funcionamiento los procesos ecosistémicos de regulación. A nivel global, las áreas protegidas almacenan al menos 15% de las reservas terrestres de carbono (UICN 2016).

Sin duda la restauración ecológica de ecosistemas boscosos es una medida que ayuda a combatir el cambio climático y disminuir la emisión de GEI (Rufo *et al.* 2018). Se estima que la restauración de 350 millones de hectáreas al 2030, podría eliminar entre 13 y 26 Gt de carbono atmosférico (ONU, FAO 2017). A pesar de esto, es imprescindible saber la magnitud a la cual los diferentes ecosistemas almacenan carbono con el fin de priorizar ecosistemas ricos en carbono y que, por ende, contribuyan con mayor eficiencia a mitigar los impactos del cambio climático. Existe un llamado internacional a no destruir ecosistemas, que representan sumideros de carbono irrecuperable, al menos, en el período de tiempo suficiente para lograr el carbono neutralidad, tanto a nivel nacional, como mundial (Goldstein *et al.* 2020).

Ante los desafíos actuales, surgen algunas interrogantes, tales como: ¿Los diversos ecosistemas boscosos poseen capacidades similares para almacenar carbono? ¿Cuál es la relación entre el carbono almacenado en el suelo y el carbono almacenado en la biomasa aérea de diferentes de ecosistemas boscosos en áreas periurbanas?

El territorio nacional cuenta con 18.6 millones de hectáreas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, que representa el 21.3% del territorio y que es administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Dichas áreas protegidas, están distribuidas en 41 Parque Nacionales (P.N.), 46 Reservas Nacionales (R.N.) y 18 Monumentos Naturales (M.N.) (CONAF 2019). En la región del Biobío existen 5 áreas protegidas bajo la administración de CONAF: R.N. Ralco, R.N. Isla Mocha, R.N. Altos de Pemehue, P.N. Laguna del Laja y P.N. Nonguén (CONAF 2019).

El Parque Nacional Nonguén declarado como tal el año 2021, es el remanente de bosque nativo más grande de Concepción metropolitana, que cuenta con una alta biodiversidad perteneciente a la Cordillera de la Costa de la zona central, reconocida mundialmente como hotspot (Myers *et al.* 2000, CONAF 2019). Esta área provee importantes servicios ecosistémicos como por ejemplo suministrar de agua potable a la ciudad de Penco y oportunidades de recreación. Si bien cuenta con una figura de protección legal, también los ecosistemas nativos del Parque Nacional Nonguén están fuertemente amenazados, ya que se ubican en una zona periurbana y dentro de una matriz forestal. Debido a esta configuración del paisaje la ocurrencia de incendios forestales, debido a la alta densidad humana, la abundante presencia de diversas especies exóticas y el bajo número de personal para patrullaje eficiente (CONAF 2019) y la presión por urbanización representan las principales amenazas directas del Parque. En el período de 1992 - 2002 la población en la región de Biobío tuvo un aumento de 68.376 habitantes y 51.149 viviendas, lo que significó un aumento de ocupación urbana en un 14,2% en dicho período en el área metropolitana de Concepción; área similar a la ocupada por la comuna

de Coronel o San Pedro de la Paz (Salinas y Pérez 2011, INE 2002). Dicha expansión urbana reduce cada vez más los espacios naturales alrededor del P.N. Nonguén, intensificando la vulnerabilidad a su principal amenaza. Por esta razón se vuelve fundamental trabajar y proteger las zonas colindantes a las áreas protegidas, para disminuir el riesgo a las amenazas y poder mantener los procesos ecológicos como el almacenamiento de carbono y así contribuir con la mitigación al cambio climático (UICN 2016).

La mayoría de los estudios sobre almacenamiento de carbono son tipo aéreo en comparación con estudios desarrollados en suelo (Goldstein *et al.* 2020). En el ciclo global gran parte del carbono es almacenado en el suelo, ya que se estima que el carbono orgánico del suelo (COS) almacena 1.500 GtC en el primer metro de suelo, siendo mayor que lo almacenado por la atmósfera y vegetación juntos, que tienen una estimación de 800 GtC y 500 GtC respectivamente (FAO 2017).

Como el carbono es un elemento altamente dinámico y su almacenamiento varía ampliamente, se hace imprescindible entender a grandes rasgos su ciclo, el cual es un proceso biogeoquímico, ya que durante su ciclo pasa por la atmósfera, hidrósfera y litósfera. Los seres vivos realizan captación y fijación del carbono atmosférico (CO₂) en el suelo, donde a través de la descomposición microbiana de materia orgánica, se asocia a minerales o se ocluye en agregados, permitiendo la persistencia de COS (carbono orgánico del suelo) durante décadas, siglos o incluso milenios (Schmidt *et al.* 2011, FAO 2017). El rol del suelo como sumideros de carbono, entendido como sumidero el proceso, actividad o mecanismo que retenga más carbono del que emite (principalmente como CO₂) (UNFCCC 2006), va a depender de la salud de los suelos, ya que influyen factores físicos como químicos en la descomposición de la materia orgánica y fijación de COS, la presencia de edafofauna, la erosión, la temperatura, salinidad, entre otros (FAO 2014).

Si bien como se mencionó anteriormente el suelo es importante para el almacenamiento de carbono, los bosques también lo son, ya que un ecosistema sano será sumidero tanto en la parte aérea (biomasa) como en el suelo. El estudio reciente de Hua *et al.* 2022, indica que el bosque nativo tiene un desempeño consistentemente mejor que las plantaciones forestales (comerciales) en el almacenamiento de carbono, siendo un 32,8% menor en el segundo caso, por lo que recomienda la restauración de ecosistemas nativos, por sobre las plantaciones comerciales de especies exóticas. Sin embargo, en otros estudios se ha reportado que no existe diferencia significativa en el almacenamiento de carbono entre los ecosistemas nativos y plantaciones forestales. El estudio de Crovo *et al.* 2021, arrojó que la diferencia en el almacenamiento de carbono estaba dada en gran medida por el tipo de suelo (significativamente mayor en los suelos Andisoles), más que por el tipo de bosque, no obstante, la media más alta de almacenamiento de carbono fue en bosques nativos. Así también Olmedo *et al.* 2021, da cuenta de las grandes cantidades de carbono que pueden almacenar las plantaciones forestales en Chile, que oscilan entre las 250 y 350 Mg/ha, comparando entre las especies exóticas utilizadas, sus manejos y condiciones climáticas.

El objetivo general de este estudio fue cuantificar la densidad de carbono orgánico almacenado en el suelo y en la biomasa leñosa aérea por parte de ecosistemas boscosos nativos y de origen antrópico dentro y fuera de un área protegida por el Estado. Esta información permitirá comprender en mayor profundidad el rol que tienen las áreas protegidas del Estado en proveer el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono como una medida de mitigación de los impactos del cambio climático y cumplimiento de los compromisos nacionales en torno a esta materia.

II. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

La zona de estudio se ubica en la Cordillera de la Costa de la región de Biobío y pertenece a un *hotspot* de biodiversidad, debido a su alto nivel de endemismo y riqueza de especies, que a su vez está fuertemente amenazada directa o indirectamente por el ser humano (Myers *et al.* 2020). La mayor amenaza para este *hotspot* ha sido la fragmentación y pérdida del bosque nativo, producto del cambio de uso de suelo (Echeverría *et al.* 2021). La precipitación y temperatura media anual corresponden a 1.294 mm y a 13,1°C (Luebert y Pliscoff 2006, CONAF 2019). Los suelos pertenecen principalmente a la serie San Esteban de la Familia franca fina, mixta, térmica de los Dystric Xerochrepts (Inceptisol) formados principalmente a partir de la meteorización de rocas intrusivas de origen granítico, estos suelos han sido afectados por procesos erosivos importantes debido a su alta erodabilidad y efectos derivados del cambio de uso a sistemas agrícolas o de plantaciones forestales (Aburto *et al.* 2019)

El área de estudio corresponde al Parque Nacional Nonguén, inserto entre las comunas de Hualqui, Chiguayante y Concepción de la provincia de Concepción, Región del Biobío. El Parque cuenta con 3.054 ha y se caracteriza por un ecosistema boscoso secundario de bosque nativo que cubre un 79,5%, cuya superficie cuenta con un alto nivel de invasión de especies exóticas, principalmente por *Pinus radiata*, *Acacia melanoxylon* y *Genista monspessulana*.

El estudio fue realizado a nivel de paisaje, incluyendo una matriz de plantaciones forestales con parches de bosques nativos en diferentes estados de desarrollo y parches de vegetación mixta (nativo/exótico). Todas las coberturas presentes en el Parque Nacional Nonguén fueron clasificadas en ocho ecosistemas, a partir de fotointerpretación e información recolectada en terreno: (i) bosque adulto, dominado por *Nothofagus dombeyi*, (ii) suelo descubierto, (iii) matorral-pradera, (iv) plantación adulta,

dominada por *P. radiata*, (v) plantación joven, dominada por *E. globulus*, (vi) exóticas asilvestradas, dominada por *Acacia melanoxylon* y en segundo lugar por *E. globulus*, (vii) bosque mixto, corresponde a bosques nativos invadidos por especies exóticas, principalmente *A. melanoxylon*, *E. globulus*, *P. radiata* y *Genista monspessulana*, y (viii) bosque nativo secundario dominado por *N. obliqua* (Figura 1). Anexo a la superficie del parque se definió una segunda condición de área de estudio (desde ahora denominada como área fuera del Parque) que comprende 3.054 ha alrededor del Parque Nacional Nonguén considerando los mismos ecosistemas mencionados anteriormente, a excepción de bosque adulto y suelo descubierto, y se integró ecosistema agrícola de pequeña escala campesina y con suelo recién arado. Lo anterior con el fin de permitir la comparación de la capacidad de almacenamiento de carbono de los ecosistemas dentro y fuera del parque.

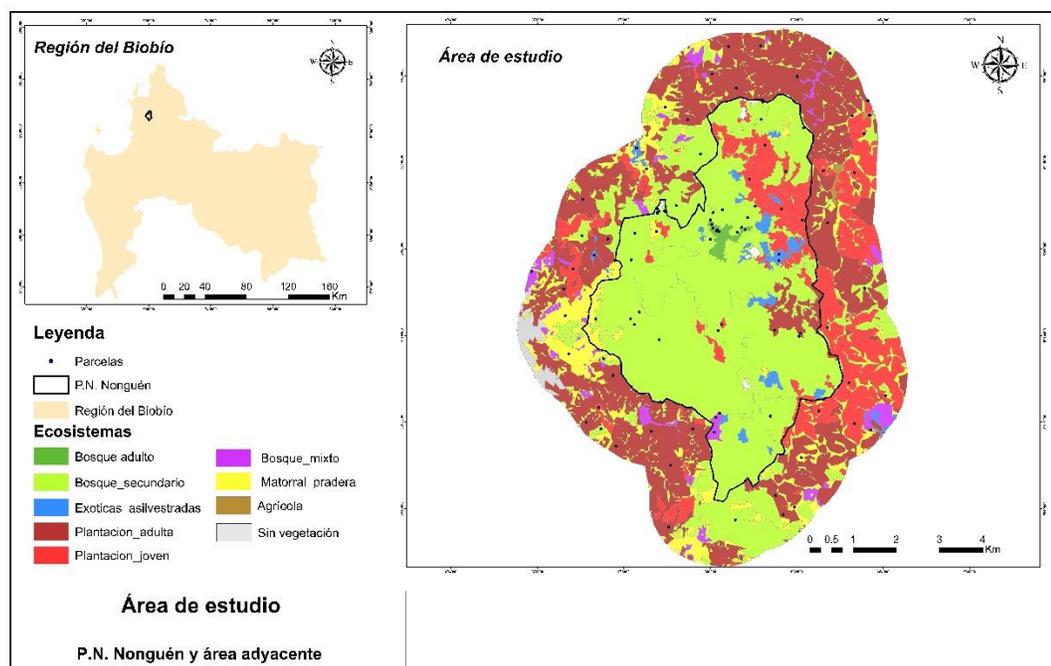


Figura 1. Localización de área de estudio, tipos de ecosistemas evaluados y distribución espacial de las parcelas de muestreo.

2.2 Diseño de muestreo

El área de estudio se estratificó considerando las coberturas de vegetación presente. El número de parcelas se estableció según la superficie de cada estrato, con un mínimo de tres parcelas en sectores de menor superficie. Se establecieron 49 parcelas dentro del Parque Nacional Nonguén y 52 parcelas fuera del parque (Tabla 1). Las parcelas fueron circulares de 400 m² de superficie y su posición consideró una restricción de proximidad mínima de 200 m entre ellas, y para evitar el efecto borde de 200 m alejadas de caminos. En cada una de las parcelas se midieron todos los árboles con DAP > 5 cm y sus respectivas alturas. Adicionalmente se obtuvieron muestras compuestas de suelo obtenidas en cinco puntos de barreno (centro de parcela y una por cuadrante), a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm). Adicionalmente se obtuvieron tres muestras por ecosistema para evaluar densidad aparente del suelo obtenidas en cilindro de 5 cm desde la superficie del suelo mineral. Dichas muestras fueron almacenadas en bolsas herméticas y trasladadas a laboratorio.

Tabla 1. Distribución de parcelas de muestreo por ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.

Parque Nacional Nonguén				
Ecosistema	Código	Superficie (ha)	Cobertura (%)	Nº parcelas
Bosque adulto	BA	33,0	1,1	8
Bosque mixto	BM	14,4	0,5	5
Bosque secundario	BS	2426,6	79,5	18
Exótico asilvestrado	EA	106,0	3,5	3
Matorral pradera	MP	55,9	1,8	3
Plantación adulta	PA	85,4	2,8	5
Plantación joven	PJ	332	10,9	4
Sin vegetación	SV	0,7	0,02	3
	TOTAL	3.054	100	49

Área adyacente al P.N. Nonguén				
Ecosistema	Código	Superficie (ha)	Cobertura (%)	Nº parcelas
Bosque mixto	BM	81,0	2,7	3
Bosque secundario	BS	584,1	19,1	8
Exótico asilvestrada	EA	7,6	0,2	3
Matorral/Pradera	MP	429,9	14,1	8
Plantación adulta	PA	1402,2	45,9	21
Plantación joven	PJ	537,0	17,6	8
Agrícola	A	12,2	0,4	1
	TOTAL	3.054	100	52

2.3 Composición y estructura

Se utilizó el índice de valor de importancia (IVI) para evaluar la composición y estructura de los ecosistemas estudiados. El IVI se calculó utilizando las variables de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie para determinar su importancia ecológica en el ecosistema, mediante la fórmula 1.

$$IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Abundancia relativa} + \text{Dominancia relativa}$$

Fórmula 1

2.4 Estimación de la densidad de carbono

2.4.1 Estimación de biomasa y densidad de carbono de biomasa leñosa aérea

Para la determinación de biomasa aérea en cada ecosistema boscoso se utilizaron funciones alométricas descritas en literatura (Anexo 5). Las funciones utilizadas fueron considerando zonas de crecimiento y diferenciando para cada una de las especies. En especies donde no existen funciones de biomasa reportadas, se utilizaron funciones para el género de las especies y crecimiento similar. En general, todas las funciones de

biomasa utilizaron como variables predictoras el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura de tocón (DAT) y altura total (HT). La biomasa de cada árbol determinada por las funciones correspondió a todo el material leñoso y foliar en su forma conjunta.

La biomasa de cada una de las parcelas se obtuvo por la suma de todos los árboles de DAP mayor a 5 cm. Esto se realizó para todos los ecosistemas identificados y se determinaron sus estimadores poblacionales.

Una vez obtenida la biomasa, se determinó la densidad de carbono aéreo (DCA de ahora en adelante) almacenado en la biomasa leñosa seca total, utilizando la razón 2:1 (Arreaga 2002, IPCC).

2.4.2 Determinación de la densidad de carbono en el suelo (DCS)

Las muestras de suelo obtenidas en terreno fueron secadas en horno a 100°C hasta obtener peso constante de suelo seco y posteriormente tamizadas a 2 mm. Luego se debió homogenizar las muestras tamizadas en un molino de bolas. Las muestras molidas, fueron analizadas mediante el método de combustión Dumas con un Espectrómetro de masas de relación isotópica (IR-MS) para estimar el contenido de carbono total (CT). Este método está validado por diversas organizaciones internacionales, siendo las más relevantes: *International Organization for Standardization (ISO)* y *Deutsches Institut für Normung (DIN)* (Bertsch 2019). Para determinar la densidad aparente (DA) se procesaron muestras de 75,6 cm³ en tres parcelas al azar por ecosistema y luego se promediaron los resultados para cada ecosistema. En los ecosistemas nativos y plantaciones se utilizó DA de Crovo *et al.* 2021, para la misma área de estudio y en profundidad 20-40 cm. Con estos resultados se realizó un cálculo del inventario de carbono mediante la fórmula 2.

$$Inventario\ de\ carbono = \sum \left(Espesor\ (m) \times DA\ \left(\frac{Mg}{m^3} \right) \times \%C \times 10000\ \left(\frac{m^2}{ha} \right) \times \left(1 - \left(\frac{\%rocas}{100} \right) \right) \right) \quad \text{Fórmula 2.}$$

Los resultados del inventario obtenidos a nivel de parcela (Anexo 6), fueron expandidos a la hectárea y por cada tipo de ecosistema analizado.

2.4.3 Comparación entre ecosistemas

Con los datos medidos en las parcelas se obtuvo la altura media, DAP, área basal total y densidad arbórea para caracterizar la composición y estructura para dentro y fuera del P.N. Nonguén. Para el análisis estadístico se procesó la información disponible de las parcelas según tipo de ecosistema y por condición denominadas: “Dentro del P.N. Nonguén” y “Fuera del P.N. Nonguén”. Luego se determinó a nivel de superficie la media y desviación estándar de variables dasométricas de caracterización, tales como: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura (H), número de árboles por hectárea (NHA), área basal (AB), biomasa (B) y carbono (C). Esto permitió determinar el error de muestreo en cada condición.

En cuanto al análisis de suelo, se procesaron los datos obtenidos con el inventario de carbono por ecosistema, considerando la acumulación de carbono en los primeros 40 cm de profundidad.

Posteriormente, tanto para DCA como DCS, se realizó una comparación de medias, para determinar si había diferencia significativa entre los ecosistemas estudiados, utilizando la prueba de separación de medias de Tukey, con un nivel de significancia del 95%, a través del software R-Studio.

Para poder comparar los resultados obtenidos, en cada ecosistema se asignó el valor de almacenamiento de carbono medio, tanto en biomasa aérea como en suelo, representando así el servicio ecosistémico en el área de estudio mediante un sistema de información geográfica (SIG) en ArcGis 10.4.

Finalmente se extrapolo la densidad de carbono aéreo y del suelo a la superficie de cada ecosistema, comparando la densidad de carbono total dentro y fuera del área protegida, estandarizando la superficie de ambas condiciones a 3.054 ha.

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización composicional y estructural de los ecosistemas

El análisis estadístico del área basal, densidad del rodal, altura y DAP, tanto dentro como fuera del parque arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los ecosistemas estudiados. Dentro del parque la riqueza del bosque fue mayor que fuera del límite, en donde se concentran plantaciones comerciales de las especies *P. radiata* y *E. globulus*. Se encontraron 22 especies arbóreas dentro del parque y 18 especies arbóreas fuera de éste. Dentro del Parque Nacional Nonguén y en el área establecida fuera de éste el ecosistema exótico asilvestrado fue el de mayor densidad de árboles por unidad de superficie como parámetro de abundancia. En dicho ecosistema se estimó una densidad de rodal de 6.150 árb/ha dentro del Parque y 3.267 árb/ha fuera de éste (Anexo 1). Por otra parte, al comparar los ecosistemas de plantaciones, tanto joven como adulta existieron grandes diferencias en la densidad de rodal entre condiciones. La plantación joven de *E. globulus* registró una densidad arbórea que dobla la densidad dentro del Parque que fuera (2.564 ± 929 y 1.278 ± 289 , respectivamente), mientras que la plantación adulta de *P. radiata* fue casi tres veces mayor dentro que fuera (1.965 ± 2.426 y 707 ± 226 , respectivamente) (Figura 2). Dentro del Parque, el bosque adulto dominado por *N. dombeyi* registró el mayor diámetro, con un DAP = $46,8 \pm 5,2$ cm, H = $25,9 \pm 3,1$ m y AB = $49,7 \pm 33,9$ m²/ha. Por su parte, fuera del parque en el ecosistema de plantación adulta dominada por *P. radiata* se registró un mayor DAP, H y AB con $33,9 \pm 8,2$ cm, $23,3 \pm 4,3$ m y $62,2 \pm 19,6$ m²/ha, respectivamente (Figura 3).

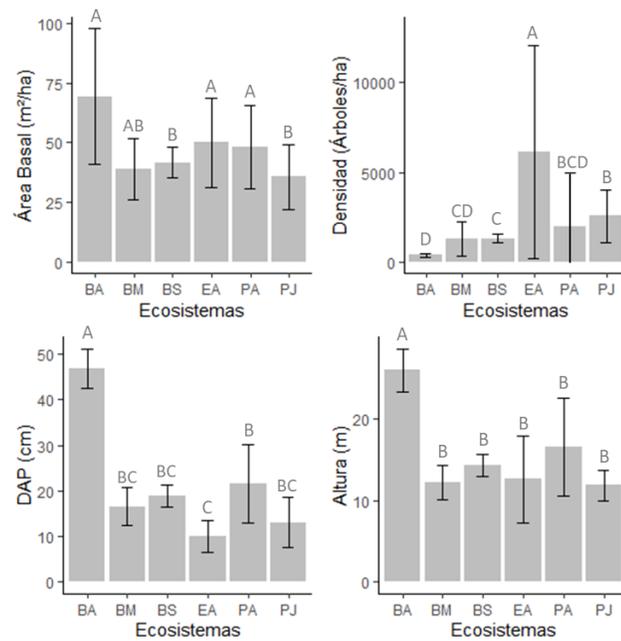


Figura 2. **Caracterización dasométrica dentro del P. N. Nonguén.**

BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven.

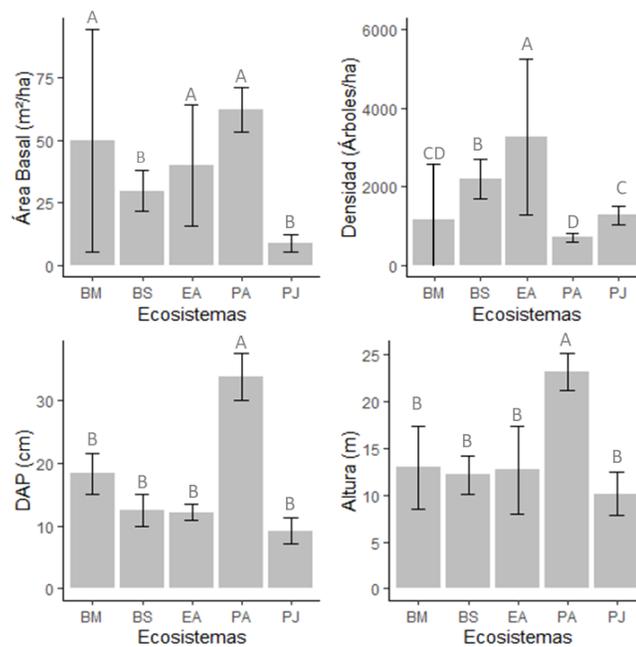


Figura 3. **Caracterización dasométrica fuera del P. N. Nonguén.**

BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven.

La distribución de las especies arbóreas dominantes en los distintos ecosistemas del Parque fue de 12 especies, incluyendo ocho especies nativas y cuatro exóticas. Sin embargo, en cuatro de los seis ecosistemas dentro del Parque, se encontró que *A. melanoxylon* era una de las especies dominantes. Por otro lado, fuera del área protegida, la composición de especies dominantes consistió en nueve especies, de las cuales seis eran nativas y tres exóticas, con *P. radiata* presente en tres de los cinco ecosistemas muestreados (Tabla 2).

Tabla 2. Especies arbóreas dominantes con mayor IVI% de los ecosistemas estudiados dentro y fuera del área protegida.

Ecosistema	Densidad (NHA)	Densidad %	AB (m ² /ha)	AB %	Fr Abs	Fr %	IVI	IVI %
Dentro del Parque								
BA (7 sp total)	372	100	76.42	100	22	100	300	100
<i>Nothofagus dombeyi</i>	284 ± 31	76.47	0.06	0.07	8	36.36	112.91	37.64
<i>Podocarpus salignus</i>	9 ± 6	2.52	67.14	87.86	2	9.09	99.47	33.16
<i>Nothofagus obliqua</i>	41 ± 2	10.92	0.69	0.90	5	22.73	34.55	11.52
BM (9 sp total)	955	100	29.73	100	23	100	300	100
<i>Eucaliptus nitens</i>	80 ± 1	8.38	10.23	34.41	1	4.35	47.14	15.71
<i>Acacia melanoxylon</i>	295 ± 49	30.89	0.59	1.98	3	13.04	45.92	15.31
<i>Persea lingue</i>	225 ± 34	23.56	0.06	0.19	3	13.04	36.80	12.27
BS (13 sp total)	1313	100	47.37	100	143	100	300	100
<i>Peumus boldus</i>	39 ± 2	2.96	26.18	55.26	6	4.20	62.42	20.81
<i>Nothofagus obliqua</i>	283 ± 12	21.59	0.68	1.43	18	12.59	35.60	11.87
<i>Cryptocarya alba</i>	231 ± 9	17.57	0.01	0.02	15	10.49	28.07	9.36
EA (7 sp total)	6150	100	57.92	100	10	100	300	100
<i>Acacia melanoxylon</i>	5917 ± 2056	96.21	48.64	83.96	3	30.00	210.17	70.06
<i>Pinus radiata</i>	108 ± 314	1.76	0.16	0.28	2	20.00	22.04	7.35
<i>Aextoxicon punctatum</i>	50 ± 338	0.81	4.52	7.81	1	10.00	18.62	6.21
PA (8 sp total)	1595	100	31.04	100	13	100	300	100
<i>Acacia melanoxylon</i>	1055 ± 191	66.14	9.16	29.51	3	23.08	118.74	39.58
<i>Persea lingue</i>	5 ± 43	0.31	17.03	54.87	1	7.69	62.88	20.96
<i>Eucalyptus globulus</i>	235 ± 8	14.73	3.08	9.93	2	15.38	40.05	13.35
PJ (9 sp total)	2563	100	43.91	100	13	100	300	100
<i>Acacia melanoxylon</i>	1500 ± 327	58.54	0.01	0.03	3	23.08	81.64	27.21
<i>Pinus radiata</i>	500 ± 39	19.51	15.44	35.16	3	23.08	77.75	25.92
<i>Aristotelia chilensis</i>	6 ± 104	0.24	22.74	51.78	1	7.69	59.72	19.91

Fuera del Parque								
BM (17 sp total)	1167	100	55.80	100	27	100	300	100
<i>Lithraea caustica</i>	8 ± 25	0.71	38.20	68.45	1	3.70	72.87	24.29
<i>Pinus radiata</i>	267 ± 81	22.86	1.40	2.50	3	11.11	36.47	12.16
<i>Luma apiculata</i>	233 ± 67	20.00	0.38	0.68	2	7.41	28.09	9.36
BS (16 sp total)	2209	100	34.48	100	62	100	300	100
<i>Peumus boldus</i>	9 ± 17	0.42	16.66	48.32	2	3.23	51.97	17.32
<i>Nothofagus obliqua</i>	650 ± 68	29.42	0.12	0.34	7	11.29	41.05	13.68
<i>Laurelia sempervirens</i>	563 ± 57	25.46	0.57	1.65	6	9.68	36.79	12.26
EA (9 sp total)	3267	100	47.40	100	12	100	300	100
<i>Acacia melanoxylon</i>	2617 ± 918	80.10	34.68	73.16	3	25.00	178.26	59.42
<i>Eucalyptus globulus</i>	467 ± 42	14.29	0.02	0.05	2	16.67	31.00	10.33
<i>Cryptocarya alba</i>	17 ± 141	0.51	6.69	14.11	1	8.33	22.96	7.65
PA (8 sp total)	707	100	66.10	100	33	100	300	100
<i>Pinus radiata</i>	619 ± 26	87.54	0.09	0.13	20	60.61	148.28	49.43
<i>Luma apiculata</i>	1 ± 4	0.17	65.47	99.05	1	3.03	102.25	34.08
<i>Acacia melanoxylon</i>	13 ± 4	1.85	0.47	0.72	5	15.15	17.72	5.91
PJ (2 sp total)	1278	100	9.46	100	9	100	300	100
<i>Eucalyptus globulus</i>	1266 ± 84	99.02	9.14	96.62	8	88.89	284.53	94.84
<i>Pinus radiata</i>	13 ± 84	0.98	0.32	3.38	1	11.11	15.47	5.16

*BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven

En el Parque, sin considerar la variación de ecosistemas, se encontró que la composición de especies estuvo dominada por tres especies nativas y sólo una especie exótica. En contraste, fuera de los límites del área protegida, se encontró una dominancia inversa, donde tres especies exóticas y sólo una especie nativa fueron las más abundantes.

Tabla 3. Especies arbóreas dominantes con mayor IVI% dentro y fuera del área protegida.

Ecosistema	Densidad (NHA)	Densidad %	AB (m²/ha)	AB %	Fr Abs	Fr %	IVI	IVI %
Dentro del Parque	1389	100	21.9	100	186	100	300	100
<i>Acacia melanoxylon</i>	626 ± 5.4	45.1	0.2	1.1	8	4.30	50.45	16.82
<i>Nothofagus dombeyi</i>	46 ± 1.7	3.3	5.9	27.0	8	4.30	34.62	11.54

<i>Nothofagus obliqua</i>	120 ± 9	8.7	2.4	11.0	21	11.29	30.94	10.31
<i>Cryptocarya alba</i>	92 ± 4.9	6.6	0.7	3.1	16	8.60	18.33	6.11
Fuera del Parque	1078	100	12.8	100	114	100	300	100
<i>Pinus radiata</i>	267 ± 30.2	24.8	2.7	21.0	20	17.54	63.35	21.12
<i>Cryptocarya alba</i>	0.48 ± 5	0.0	4.2	33.2	1	0.88	34.15	11.38
<i>Eucalyptus globulus</i>	255 ± 29	23.7	0.2	1.7	9	7.89	33.30	11.10
<i>Acacia melanoxylon</i>	158 ± 15	14.7	0.3	2.6	8	7.02	24.33	8.11

Se observó una tendencia de forma "jota invertida" en la distribución de la abundancia en las clases diamétricas, tanto dentro como fuera del Parque, con una concentración mayoritaria en el rango de 0-20 cm. Las diferencias más notables entre las clases diamétricas se observaron en los ecosistemas exóticos asilvestrados, plantaciones adultas y jóvenes, y estas diferencias fueron mayores dentro del Parque que fuera de él en los tres tipos de ecosistemas (Figura 4). En cuanto a la distribución del área basal en relación con la abundancia, se encontró una concentración en los árboles más delgados, con variaciones dentro y fuera del Parque. De manera similar, se observaron las diferencias más significativas en los ecosistemas exóticos asilvestrados, plantaciones adultas y jóvenes.

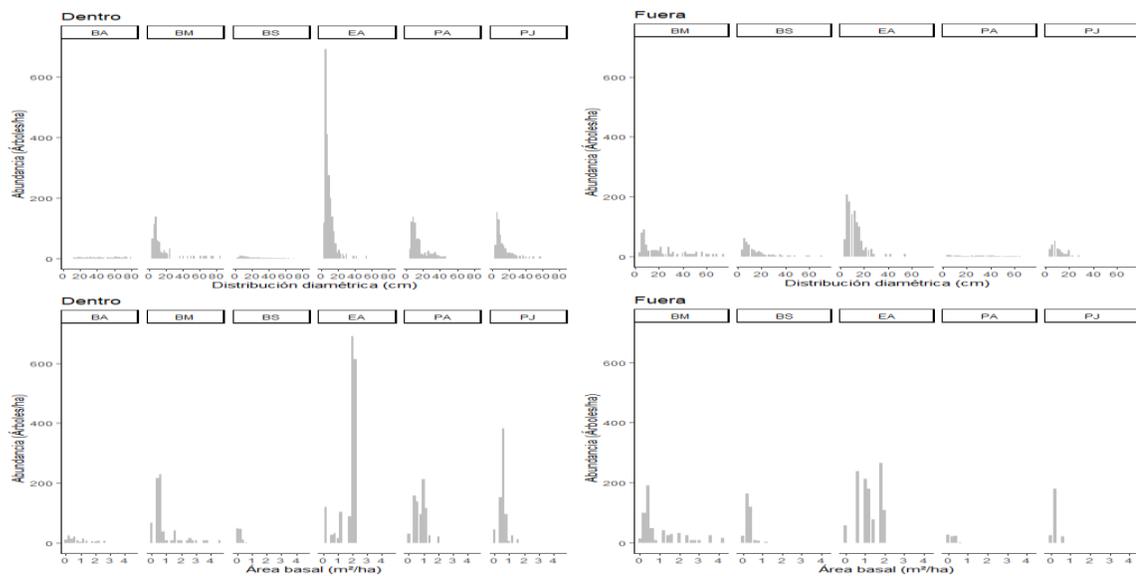


Figura 4. Distribución de la densidad de individuos y área basal según rangos de clase diamétrica a la altura del pecho.

BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven.

3.2 Biomasa aérea

El bosque adulto (BA) dominado por *N. dombeyi* fue el ecosistema que presentó la mayor biomasa expresada como Mg/ha promedio dentro del Parque (Figura 5). A pesar de tener una densidad de árboles por hectárea entre 94 y 77% menor que los otros ecosistemas analizados, en este estimaron 597.9 ± 223.2 Mg/ha de biomasa seca (Anexo 1). En términos de biomasa seca le siguen el bosque secundario (BS) y exótico asilvestrado (EA), con $276,4 \pm 79,7$ Mg/ha y $277,8 \pm 74,4$ Mg/ha respectivamente. Por otro lado, plantación joven (PJ) fue el ecosistema con menor biomasa, reportando sólo $175,8 \pm 46,6$ Mg/ha (Figura 4).

Por su parte, fuera del Parque el ecosistema de plantación adulta (PA) dominada principalmente por *P. radiata* evidenció mayor biomasa promedio. En dicho ecosistema se reportó $333,8 \pm 111,9$ Mg/ha, con una menor densidad de árboles por hectárea, y donde DAP y H promedio de los árboles fue mayor con relación a los ecosistemas presentes en esta área fuera del Parque. En términos de acumulación de biomasa le sigue el bosque mixto (BM), es decir bosque nativo con presencia de especies exóticas asilvestradas con $278,7 \pm 113,7$ Mg/ha (Anexo 1). Por su parte, la plantación joven (PJ), dominada por *E. globulus* fue la que obtuvo menor biomasa promedio, correspondiente a $87,9 \pm 23,31$ Mg/ha (Figura 5).

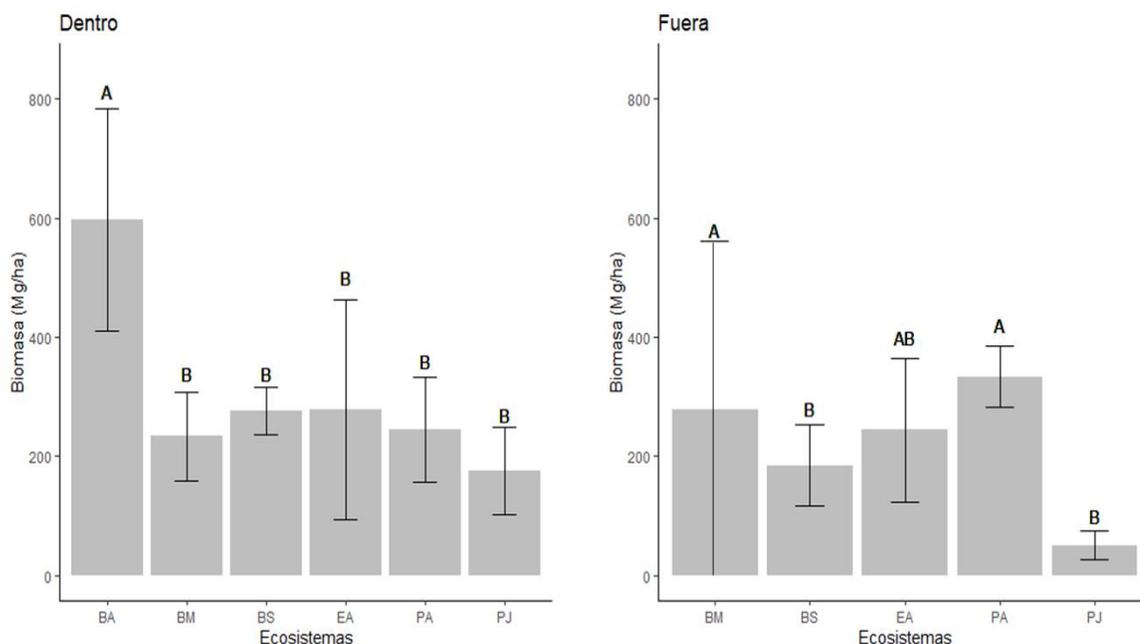


Figura 5. **Biomasa aérea para cada ecosistema, dentro y fuera del P.N. Nonguén.** BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven.

3.3 Densidad de carbono en biomasa aérea

El ecosistema bosque adulto (BA) dentro del Parque presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en la DCA respecto a todos los otros tipos de ecosistemas. Este ecosistema reportó una DCA de $299 \pm 111,6$ Mg/ha (Figura 6), siendo dos veces mayor que bosque secundario y bosque mixto y tres veces mayor que plantación joven. Sin embargo, el bosque secundario y el exótico asilvestrado igualaron su almacenamiento en 138 ± 38 Mg/ha (Anexo 1). Por su parte, dentro del área protegida la densidad del carbono en biomasa aérea fue un 21.9% más que fuera de ésta. Por su parte, el análisis estadístico arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los ecosistemas estudiados, siendo el bosque adulto (BA) diferente al resto de ecosistemas (Figura 6).

El ecosistema de plantación adulta (PA) evidenció mayores tasas de almacenamiento en DCA. En dicho ecosistema se reportó $166,9 \pm 56,0$ Mg/ha. El ecosistema de plantación

joven evidenció la menor DCA, reportando $25,2 \pm 14,2$ Mg/ha (Anexo 1), al igual que en biomasa aérea seca, ya que el carbono fue resultado de una relación directa con la biomasa. En términos de DCA, el bosque secundario, reportó un valor intermedio entre los ecosistemas presentes, con $92,1 \pm 40,67$ Mg/ha. Por su parte, el análisis estadístico arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los ecosistemas estudiados. El bosque mixto y plantación adulta fueron diferentes a bosque secundario y plantación joven (Figura 7).

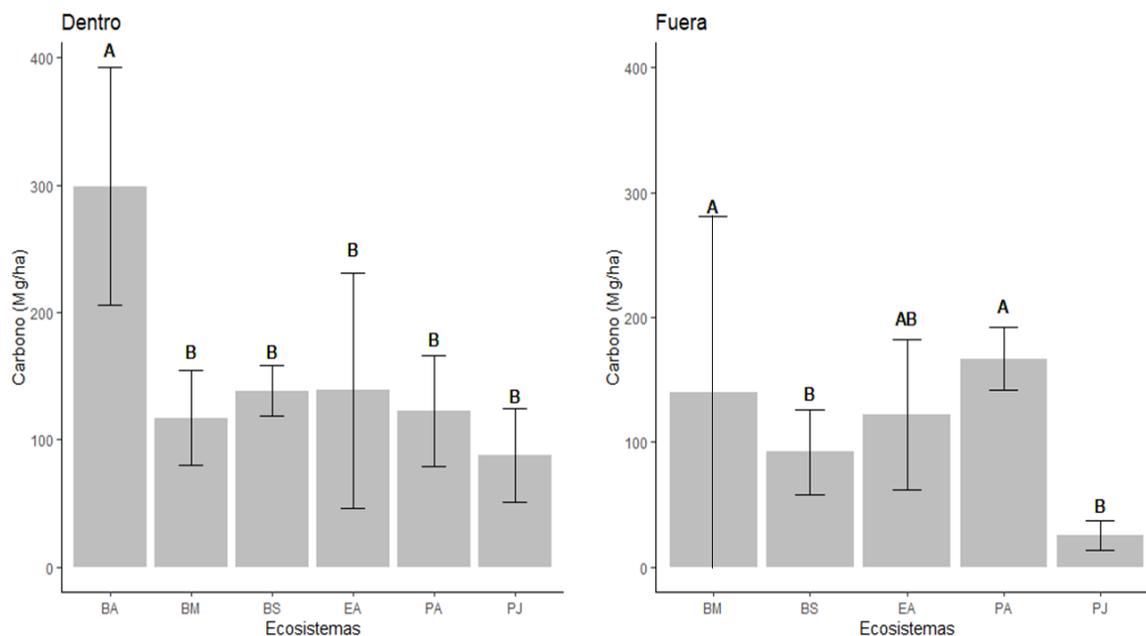


Figura 6. Densidad de carbono de biomasa leñosa aérea almacenado en cada ecosistema, dentro y fuera del P.N. Nonguén.

BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven, SV=Sin vegetación, MP=Matorral/Pradera, A=Agrícola.

3.4 Densidad de carbono almacenado en suelo

Los resultados obtenidos en densidad aparente (Tabla 4) y porcentajes de fragmentos rocosos (Tabla 5) fueron considerados a nivel de ecosistema.

Tabla 4. Densidad aparente del suelo por tipo de ecosistema y su respectiva desviación estándar.

Ecosistema	DA (Mg/m³)
EA	1,35 ± 1
MP	1,37 ± 1
BS (0-20)	0,94 ± 1
BS (20-40)	1,21
BM	0,80 ± 0
PA (0-20)	1,20 ± 1
PA (20-40)	1,57
PJ (0-20)	1,05 ± 1
PJ (20-40)	1,57
BA (0-20)	0,97 ± 1
BA (20-40)	1,21
SV	1,21 ± 1
A	0,58 ± 0

Tabla 5. Fragmento rocoso por ecosistema y su respectiva desviación estándar.

Ecosistema	Profundidad	%FR
Bosque mixto	0-20	18,2 ± 6
	20-40	11,1 ± 4
Bosque Secundario	0-20	13,0 ± 4
	20-40	12,8 ± 4
Exótico asilvestrado	0-20	15,6 ± 9
	20-40	14,7 ± 8
Plantación adulta	0-20	12,9 ± 3
	20-40	10,6 ± 3
Plantación joven	0-20	10,3 ± 6
	20-40	13,7 ± 8
Matorral/Pradera	0-20	13,5 ± 4

	20-40	11,0 ± 3
Bosque adulto	0-20	7,6 ± 4
	20-40	8,3 ± 5
Sin vegetación	0-20	1,0 ± 6
	20-40	7,5 ± 4
Agrícola	0-20	21,1 ± 12
	20-40	17,9 ± 10

El análisis estadístico de la DCS dentro del Parque arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$), para ambas profundidades entre los ecosistemas estudiados. Sin embargo, fuera del Parque no existió diferencia significativa en la profundidad 0-20 cm ($p = 0,48$), ni en la profundidad 20-40 cm ($p = 0,432$). La dominancia de porcentaje de densidad de carbono orgánico en las muestras de suelo fue similar tanto dentro como fuera del Parque. En los primeros 40 cm de suelo, en ambas condiciones el bosque secundario y el bosque mixto, obtuvieron los valores más altos en porcentaje de carbono orgánico, fluctuando entre $3,54 \pm 0,73$ % y $5,39 \pm 1,32$ % (Figura 7). De igual forma que en el caso anterior, la DCS fue mayor en los primeros 20 cm de profundidad que en los 40 cm.

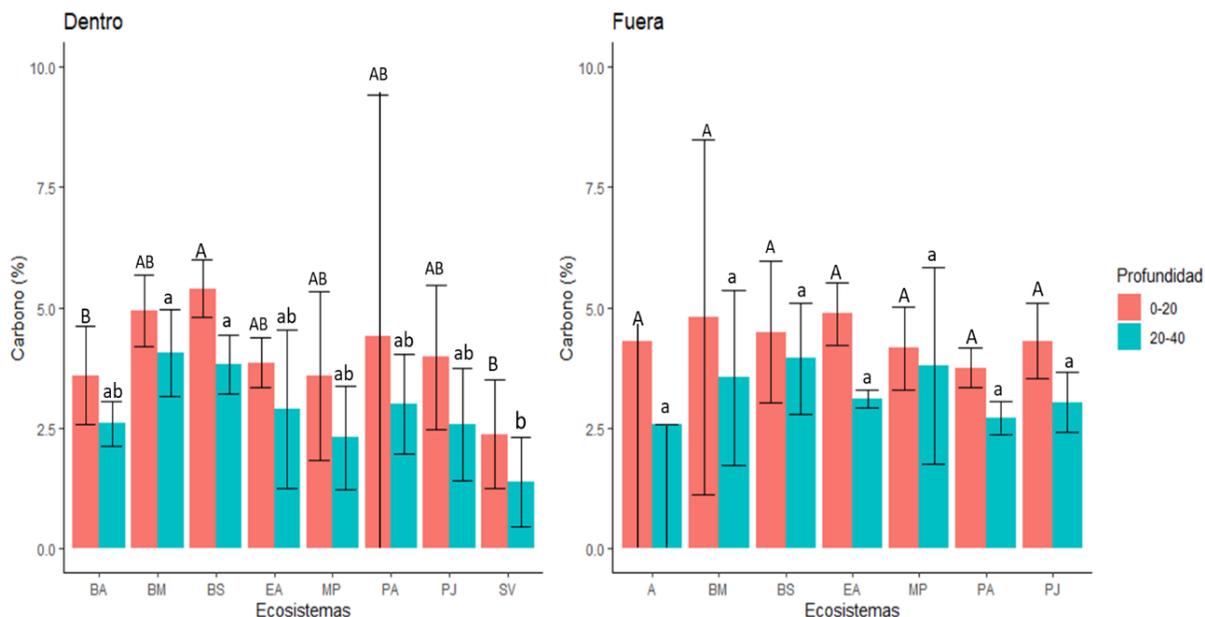


Figura 7. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en los 0-20 y 20-40 cm de profundidad en cada ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.

A=Agrícola, BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, MP=Matorral/Pradera, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven, SV=Sin vegetación.

El análisis estadístico de la DCS tanto dentro como fuera del Parque en la profundidad 20-40 cm arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los ecosistemas estudiados. Sin embargo, dentro del Parque en la profundidad 0-20 cm, no se obtuvo diferencia significativa ($p = 0,0855$) entre los ecosistemas estudiados. Dentro del Parque las coberturas con mayor almacenamiento de carbono en suelo considerando ambas profundidades fueron plantación adulta, exótico asilvestrado y bosque secundario, con 136.8, 130.3 y 129.8 Mg/ha respectivamente, mientras que fuera del Parque los ecosistemas con mayor DCS fueron exótico asilvestrado, plantación joven y plantación adulta con 154.1, 122.4 y 119.3 Mg/ha respectivamente. Dentro del Parque existe una cierta homogeneidad en la DCS entre ecosistemas, principalmente en el estrato superior de 0 a 20 cm, donde se obtuvieron los mayores valores fluctuando desde $51,1 \pm 15,3$ a $80,6 \pm 36,8$ Mg/ha (Anexo 3). No así fuera del Parque, donde los datos mostraron una

mayor variabilidad con valores que fluctúan entre $39,2 \pm 7,1$ a $93,6 \pm 5$ Mg/ha (Figura 8). Por otro lado, los mayores valores obtenidos de DCS en la profundidad 20-40 cm, fueron muy similares tanto dentro como fuera del Parque, rondando las 56 Mg/ha.

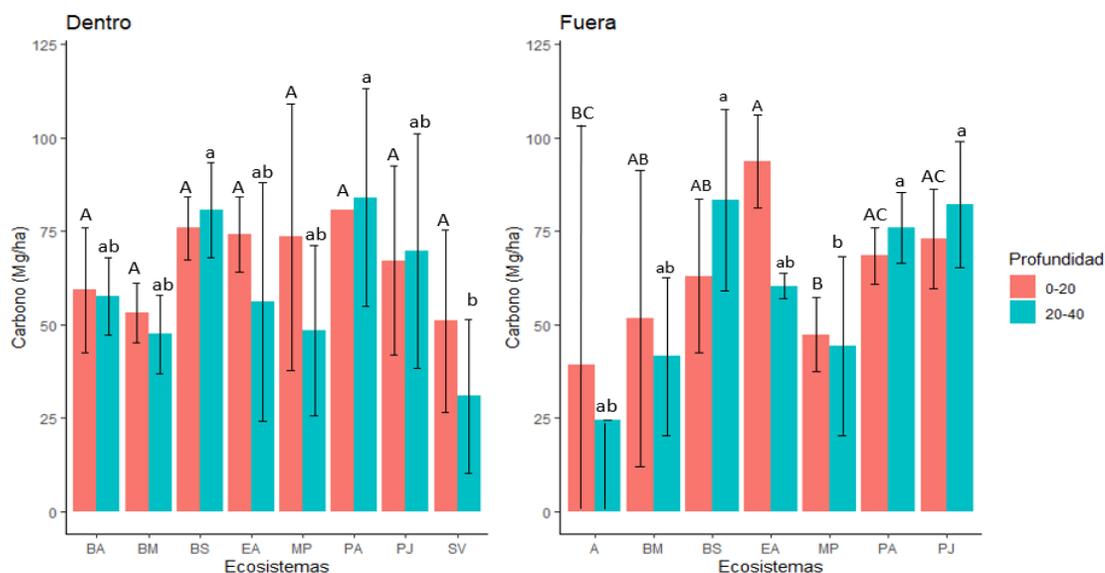


Figura 8. Densidad de carbono almacenado en el suelo en los 0-20 y 20-40 cm de profundidad en cada ecosistema dentro y fuera del P.N. Nonguén.

BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven, SV=Sin vegetación, MP=Matorral/Pradera, A=Agrícola.

3.5 Densidad de carbono total en biomasa aérea y en el suelo (DCT)

La DCT dentro del área protegida llegó a 866.901 Mg, siendo 132.823 Mg (15,3%) más que la DCT almacenada fuera de ésta (734.077 Mg). Dentro del Parque la DCT se concentró principalmente en el bosque secundario, el cual obtuvo un 83% del carbono total del Parque, versus los demás ecosistemas presentes que no superan el 9% (Figura 9). Por otra parte, fuera del área protegida la distribución de DCT por ecosistemas fue más variable, ya que la cobertura dominante, plantación adulta presentó un 60% del total, seguida por bosque secundario y plantación joven con 19 y 13% respectivamente (Figura 10, Anexo 4).

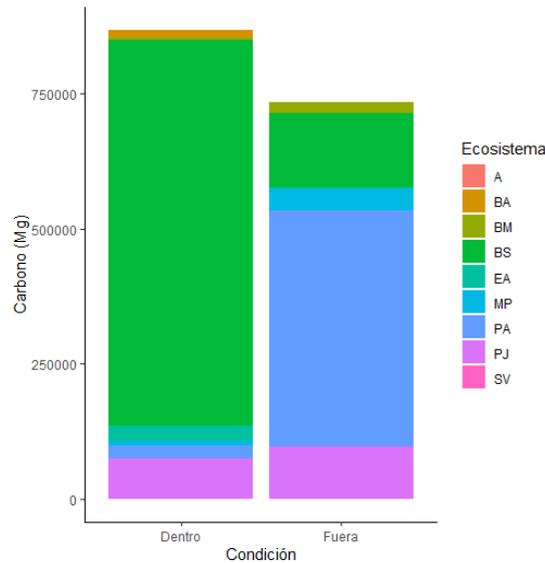


Figura 9. Carbono total aéreo y en el suelo dentro y fuera del P.N. Nonguén. Ambas condiciones con igual superficie de 3.054 ha.

BA=Bosque adulto, BM=Bosque mixto, BS=Bosque secundario, EA=Bosque de exóticas asilvestradas, PA=Plantación adulta, PJ=Plantación joven, SV=Sin vegetación, MP=Matorral/Pradera, A=Agrícola.

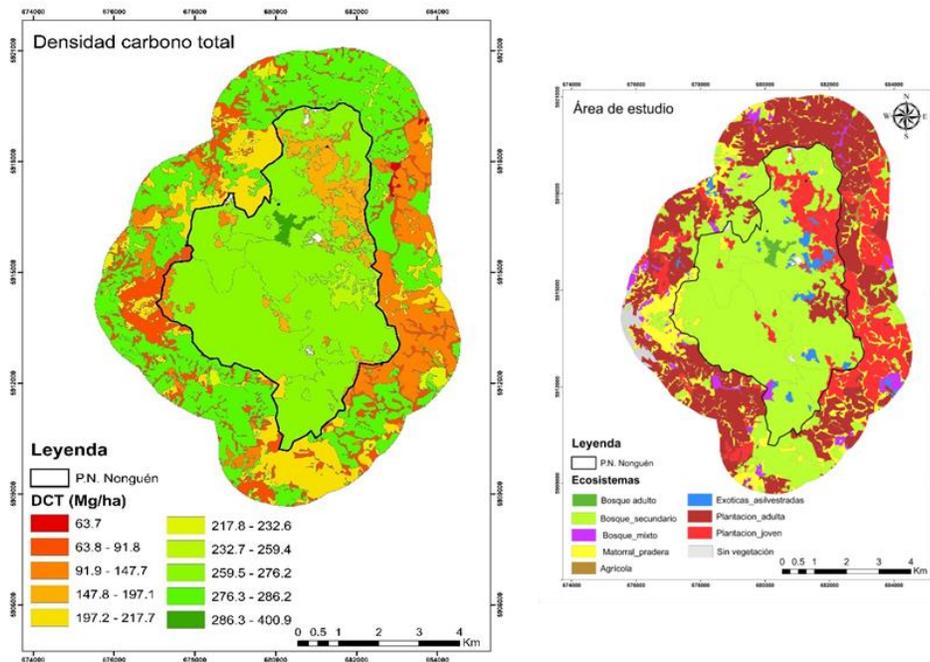


Figura 10. Densidad de carbono total (aéreo y en suelo), dentro y fuera del P.N. Nonguén. Mapa de la derecha ilustra los usos y coberturas del suelo.

IV. DISCUSIÓN

La composición y estructura del paisaje resultó ser más diversa dentro del área protegida que fuera de ésta. Los resultados revelaron que la diversidad de especies y densidad arbórea de los ecosistemas muestreados tienden a ser mayor dentro del Parque que fuera de éste. En el área protegida la riqueza de especies arbóreas llegó a 24, mientras que en el área sin protección este indicador llegó a 21. El 80% del Parque corresponde a bosque nativo secundario. Sin embargo, está sometido a un alto nivel de invasión ya que, de seis ecosistemas estudiados, cuatro tuvieron *A. melanoxylon* como una de las especies dominantes. Por su parte, un 64% del área adyacente corresponde a plantaciones con fines comerciales, dominadas por *P. radiata*. En cuanto a la estructura, la densidad arbórea fue un 22.4% mayor dentro del Parque, que fuera de éste, con alta presencia de árboles delgados entre 0-20 cm y poca presencia de árboles gruesos. Esto se condice con un estudio anterior, que muestra mayor diversidad de especies y densidad de individuos dentro de un área silvestre protegida en comparación con áreas que tienen manejo productivo (Cárcamo *et al.* 2019). Esto se debe a los diferentes regímenes de manejo que se encuentran en el área de estudio, ya que el rol de las áreas protegidas es conservar y por ende evitan la deforestación (Arriagada *et al.* 2016; Cuenca *et al.* 2016). No así las áreas productivas que tienen un régimen de manejo diferente, con rotaciones de tala rasa, para producción de madera y sus distintos usos (CONAF 2021).

El ecosistema de bosque adulto fue el que presentó los valores medios más altos de DAP, H y AB, con 46.8 ± 5.2 (cm), 25.9 ± 3.1 (m) y 69.3 ± 33.9 (m²/ha) respectivamente, considerando toda el área de estudio, tanto dentro como fuera del Parque. Dicho ecosistema es el remanente de bosque nativo más antiguo dentro del área, con una densidad promedio de 372 árb/ha, dominado por *N. dombeyi* de grandes dimensiones, con algunos individuos que alcanzaron 80 cm de DAP y 40 m de altura, razón por la cual concentra los mayores valores dasométricos. Dichos valores coinciden con otro estudio que consideró siete unidades de muestreo de bosques adultos

pertenecientes al tipo forestal roble-raulí-coigüe (Salas *et al.* 2016) y que mostró una densidad de 410 árb/ha, 91 m²/ha de AB y 51 cm de DAP (Salas-Eljatib *et al.* 2018). Este ecosistema queda en una zona de muy difícil acceso y con alta pendiente, por lo cual existen menos probabilidades de presiones antrópicas (Arriagada *et al.* 2016).

La DCA presentó diferencias entre los diferentes ecosistemas evaluados. El área protegida presentó un 22% más de DCA que el área sin protección. La mayor diferencia se evidenció entre los ecosistemas bosque adulto dentro del Parque dominado por *N. dombeyi*, y plantación adulta fuera del Parque dominada por *P. radiata*, llegando casi al doble el ecosistema nativo sobre el ecosistema antrópico con 299 ± 111.57 Mg/ha y $166,9 \pm 56.0$ Mg/ha respectivamente. Por su parte, el ecosistema de plantación joven fue considerablemente menor tanto dentro como fuera del Parque, alcanzando un 87.9 ± 23.31 Mg/ha y 25.2 ± 14.23 Mg/ha respectivamente. Los rangos de DCA para los diferentes ecosistemas estudiados son consistentes con otro estudio realizado en tipos de bosques siempreverde costero en Chile, en los cuales los rangos de carbono varían entre 160 y 282 Mg/ha (Schlegel 2001).

En el área de estudio sin protección la plantación de *P. radiata* fuera del Parque fue la que presentó la mayor DCA. Por otra parte, el ecosistema de bosque adulto a pesar de representar aproximadamente solo el 10% de cobertura del Parque, es el del mayor almacenamiento en el presente estudio. Los demás ecosistemas estudiados no mostraron diferencias sustanciales entre sí, ni por condición (dentro y fuera), ni por tipo de ecosistemas (nativos, mixtos y exóticos). Ambos ecosistemas dominantes en DCA estarían en un nivel de desarrollo alto, por lo que es importante considerar la limitación del techo biológico de los ecosistemas, que es el punto máximo en el que el ecosistema puede almacenar carbono sin afectar su estructura y funcionamiento. Por ejemplo, un estudio sugiere que el techo biológico de los bosques tropicales es de aproximadamente 50 MgC/ha, mientras que el techo biológico de los bosques boreales es de aproximadamente 200 MgC/ha (Schimel *et al.*, 2015). Esto puede dar algunas luces de

proyección de los valores que podrían llegar a almacenar otros ecosistemas estudiados, por ejemplo, cuando bosque secundario pase a un estado de desarrollo adulto o plantación joven se convierta en plantación adulta.

Al comparar los dos ecosistemas con mayor almacenamiento de carbono del presente estudio, se evidenció que el bosque nativo adulto almacena 38% más de carbono que plantación adulta. Datos que coinciden con un reciente estudio de meta-análisis global que comparó los diferentes servicios ecosistémicos entre varios tipos de ecosistemas. Dicho estudio determina que las plantaciones de monocultivos proporcionaban 32,8% menos de almacenamiento de carbono (relación directa con biomasa) que los bosques nativos (Yuan Hua *et al.* 2022). Además, el mismo estudio obtuvo un 29,3% menos de soporte de biodiversidad y 60,6% menos en control de erosión (Yuan Hua *et al.* 2022). Sin embargo, otros estudios recientes muestran que al comparar ecosistemas jóvenes (< 20 años), las tasas de acumulación de carbono más bajas son similares, pero en el extremo superior de las tasas de acumulación, las plantaciones jóvenes de especies comerciales son aproximadamente 1,4 a 2,3 veces mayor que las de los bosques de regeneración natural (Cook-Patton *et al.*, 2020). Evidentemente, estos valores están influenciado por la tasa de crecimiento de las especies comerciales. Sin embargo, en términos comparativos, el presente estudio evidenció que el bosque secundario (proveniente de regeneración natural) fue 1.6 veces mayor en almacenamiento de carbono que la plantación joven, compuesta principalmente por *E. globulus*.

La DCS total fue un 10% mayor dentro que fuera del Parque, considerando ambas profundidades (0-40 cm). Entre los tres ecosistemas dominantes coinciden exótico asilvestrado y plantación adulta, en ambas condiciones de manejo del paisaje, oscilando entre 119 ± 68 y 154 ± 6.4 Mg/ha. Por su parte, los ecosistemas con menor DCS fueron agrícola (fuera del Parque) y suelo descubierto (dentro del Parque), obteniendo entre 30 y 40 Mg/ha menos que el promedio. Se presume que dichos resultados estén fuertemente influenciados por la densidad aparente, ya que en el presente estudio se obtuvieron solo

las medidas superficiales y no en profundidad, lo que puede provocar un sesgo, debido a que la densidad aparente tiende a ser mayor a mayor profundidad (Alvarado *et al.* 2005). Así mismo la mayor erosión histórica en sitios perturbados bajo exóticas asilvestradas o plantaciones podría exponer horizontes subsuperficiales de suelos que generalmente están menos desarrollados y poseen mayor densidad aparente (Aburto *et al.* 2019). Sin embargo, esto no es sinónimo de mayor cantidad de nutrientes, ya que la existencia de carbono puede ser un 15% a un 32% menor en suelos de plantaciones con fines productivos cuando se ha hecho sustitución de bosque nativo secundario (Liao *et al.* 2010, Guo y Gifford 2002). Las medias más altas de DCS superficial para ecosistemas nativo y ecosistemas exóticos evaluados fue similar, siendo $83.3 \pm 29,05$ Mg/ha y $84,1 \pm 31,53$ Mg/ha respectivamente. Resultado que coincide con el estudio de Crovo *et al.* (2021), que evidenció una DCS similar para bosque nativo con $202,2 \pm 82,8$ Mg/ha y para ecosistema exótico con $175,6 \pm 87,7$ Mg/ha. Esta amplia diferencia de DCS tiene relación con la diferencia de profundidades de ambos estudios, ya que el presente trabajo consideró reservorios superficiales de carbono en suelo, mientras que el estudio previo consideró una profundidad mayor (2.4 m) e incluyó mantillo y horizontes orgánicos. El mismo estudio reveló que la mayor diferencia en la DCS no estaba dada por la composición vegetacional, sino que, por los tipos de suelo evaluados, siendo el suelo granítico el segundo tipo de suelo con mayor almacenamiento de carbono con 260 Mg/ha (Crovo *et al.* 2021).

Los ecosistemas de bosque mixto y exótico asilvestrado fueron muy similares dentro y fuera del área protegida. Presumiblemente por ser parches que quedaron sin intervención o manejo. Lo anterior hace reflexionar sobre la importancia de considerar también otros factores que afectan en la acumulación de carbono más allá de la composición vegetacional, tales como el género de las especies, edad, fenología, el manejo y el uso anterior de la tierra en el caso de ecosistemas alterados (Bukoski *et al.*, 2022). En sitios donde el uso anterior de suelo fue destinado a cultivos agrícolas y pastizales, la acumulación total de carbono en el suelo es menor en comparación con suelos en donde

anteriormente existió bosque nativo (Bukoski *et al.* 2022). Los autores del citado estudio atribuyen este efecto a la influencia que tuvo el uso anterior, por el manejo de cultivos rotativos, tiempo en desuso de las áreas estudiadas y la presencia de fuego. Esto puede relacionarse con nivel de erosión del suelo, disponibilidad de nutrientes, estructura del suelo, entre otras, que van a influenciar el crecimiento de nuevos individuos y a su vez el almacenamiento de carbono (Bowd *et al.* 2019).

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la diferencia de almacenamiento de carbono tanto aéreo como en suelo, estuvo más relacionado con el tipo de manejo de los ecosistemas, que con la composición vegetacional misma. Por esta razón, las áreas protegidas con ecosistemas ricos en carbono, sería una buena herramienta para aumentar el almacenamiento de carbono y también cumplir con otros desafíos mundiales incluyendo la protección y mantención de la biodiversidad (IPBES 2019) así como también cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Limitaciones

Algunas dificultades de este estudio para la estimación del almacenamiento de carbono en la parte aérea, fue la falta de información disponible en fórmulas alométricas para calcular biomasa en especies nativas. También la alta variabilidad de los ecosistemas implica mayores esfuerzos de muestreo para una correcta estimación de almacenamiento de carbono, ya que el error muestral en este estudio es grande. Así mismo, el reducido número de muestras de suelo y la imposibilidad de obtener valores de densidad aparente en la profundidad 20-40 cm limitaron la capacidad de caracterizar adecuadamente los reservorios más profundos de carbono, donde según otros estudios debería haber mayor almacenamiento de carbono a mayor profundidad (Beare *et al.* 2014, Crovo *et al.* 2021). A pesar de estas limitaciones, este estudio es un precedente que facilitará el desarrollo futuro de esta línea investigativa, permitiendo reconocer en qué coberturas existe mayor

variabilidad en los datos y, por ende, donde se deberían aumentar los esfuerzos de muestreo.

Implicancias para la conservación

En cuanto a los compromisos que Chile adquirió en sus NDC (Gobierno de Chile 2020) para contribuir a la disminución de emisión de GEI y lograr ser un país con carbono neutralidad, es fundamental mirar más allá de los números y entender las dinámicas de los ecosistemas. Los ecosistemas sanos, con una buena planificación territorial, tienen la capacidad de almacenar carbono por largos periodos de tiempo (Thomas y Schulp 2019). La conservación debe ser prioritaria en ecosistemas con mayor densidad de carbono, que sean parte de la infraestructura ecológica y a su vez, que se establezcan nuevos bosques nativos para que capturen y almacenen carbono de forma prolongada. Si bien los ecosistemas de plantaciones comerciales mostraron altos niveles de almacenamiento de carbono, son también los más propensos a volver a liberarlo a la atmósfera en el corto plazo, debido al tipo de manejo productivo que se le da (Cuenca *et al.* 2016). Además, la alta tasa de incendios forestales ocurridos anualmente que se propagan rápidamente por plantaciones forestales, libera grandes cantidades de carbono y contaminantes orgánicos a la atmósfera (Díaz *et al.* 2018). Más aún este tipo de disturbios también aumentan los riesgos de pérdida de suelo y el carbono y nutrientes asociados a este tipo de erosión.

V. CONCLUSIÓN

En este estudio se evidenció una composición y estructura del paisaje más compleja dentro del área protegida que fuera de ésta, reflejado en una mayor abundancia y diversidad de especies. El almacenamiento de carbono total es 15% mayor dentro del parque que fuera de éste. Tanto dentro como fuera del parque el suelo aportó un mayor porcentaje en el almacenamiento de carbono total, versus biomasa aérea, siendo 6% y 22% mayor, respectivamente. Si bien no es una diferencia sustancial, ni tampoco estadísticamente significativa, sí lo es en los tipos de ecosistemas que dominan dicho almacenamiento, siendo bosque secundario dentro y plantación adulta fuera, lo que conlleva a cuestionar las implicancias que esto tiene. La principal diferencia es que el carbono dentro del área protegida se puede considerar permanente en el tiempo y por el contrario fuera es temporal ya que, al pertenecer a dicho ecosistema, éste está condicionado al manejo y cosecha forestal, y a mayor incidencia de incendios, liberando así nuevamente gran parte de su carbono a la atmósfera.

Por otra parte, no existieron diferencias significativas entre ecosistemas nativos y exóticos en DCT, pero sí sobre el tipo de manejo de cada uno. El bosque adulto y plantación adulta fueron los ecosistemas que alcanzaron los valores más altos de DCT, siendo casi el doble el primero, lo que da una idea de lo que podrían almacenar a futuro los demás ecosistemas. Sin embargo, como la naturaleza es altamente dinámica, si bien este estudio se enfoca en un servicio ecosistémico particular, no se puede considerar de manera aislada como criterio para planificación o gestión de los territorios. Es indispensable en estos tiempos de crisis climática, tener una mirada holística, que contemple la mayor cantidad de procesos y dinámicas que ocurren en los ecosistemas para lograr las metas que tiene Chile y el mundo en temáticas medioambientales.

REFERENCIAS

1. Aburto, F., Cartes, E., Mardones, O., Rubilar, R. 2019. Hillslope soil erosion and mobility in pine plantations and native deciduous forest in the coastal range of south-Central Chile. *Land Degrad. and Dev.* 2020: 1-14. DOI: 10.1002/ldr.3700
2. Alvarado A., W. Forsythe. 2005. Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas* 29(1): 85-94.
3. Andreae, M. O., Atlas, E., Harris, G. W., Helas, G., de Kock, A., Koppmann, R., Welling, M. (1996). Methyl halide emissions from savanna fires in southern Africa. *Journal of Geophysical Research*, 101(D19), 23603. doi: 10.1029/95JD01733
4. Beare, M. H., McNeill, S. J., Curtin, D., Parfitt, R. L., Jones, H. S., Dodd, M. B. & Sharp, J. 2014. Estimating the organic carbon stabilisation capacity and saturation deficit of soils: a New Zealand case study. *Biochemistry*, 120: 71-87.
5. Bertsch F., M. Ostinell. 2019. Procedimiento operativo estándar para la determinación de carbono total del suelo. Método de combustión seca Dumas.
6. Bowd E.J., S.C. Banks, C.L. Strong, D.B. Lindenmayer. 2019. Long-term impacts of wildfire and logging on forest soils. *Nature Geoscience* 12(2): 113-118.
7. C.A. Gonzalez-Benecke, M.P. Fernández, T.J. Albaugh, R. Ahumada, H.E. Bown, J. Gayoso, V. Gerding, O.B. Mardones, A.R. Rodríguez, R. Rubilar 2021. General above-stump volume and biomass functions for *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*
8. Bukoski, JJ, Cook-Patton, SC, Melikov, C. et al. 2022. Tasas e impulsores de la acumulación de carbono sobre el suelo en los bosques de plantaciones de monocultivos globales. *Nat Commun* 13 , 4206. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31380-7>
9. Cárcamo, J., González, ME, & Moya, J. (2019). Efecto de la protección ambiental sobre la biodiversidad en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 92(1), 1-8.
10. CONAMA, 2008. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos, Ocho Libros Editores (Santiago de Chile), 640 pp
11. Corporación Nacional Forestal. 2019. Plan de Manejo, Reserva Nacional Nonguén. 182.
12. Corporación Nacional Forestal. Listado oficial de áreas silvestres protegidas del estado (snaspe) corporación nacional forestal gerencia áreas silvestres protegidas agosto 2019.
13. Costanza R. 2008. Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation* 141 (2): 350-352.
14. Crovo, O., Aburto, ., Albornoz, M.F., Southard, R. 2021. Soil type modulates the response of C, N, P stocks and stoichiometry after native forest substitution by exotic plantations. *Catena* 197. 13 p.

15. Cuenca P., C. Echeverría, R. Arriagada. 2016. How much deforestation do protected areas avoid in tropical Andean landscapes?, *Environmental Science & Policy* (56): 56-66.
16. De la Barrera F., P. Bachmann-Vargas, A. Tironii. 2015. La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas* 50: 3-18.
17. Echeverría, C., Gatica, P., Román, S., Bordeu, A. y C. Espinoza. 2021. Más allá de la deforestación: restauración ecológica de bosques nativos en el Parque Nacional Nonguén, Chile. Primera Edición. Universidad de Concepción. 123 p.
18. EEA. 2019. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Citado 2021. Disponible en <https://cices.eu>.
19. FAO. 2017. Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Roma, Italia.
20. FAO. 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome.
21. Gobierno de Chile. 2020. Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile (NDC). Gobierno de Chile, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad. Santiago, Chile. 51 p.
22. Goldstein A., W.R. Turner, S.A. Spawn, K.J. Anderson-Teixeira, S. Cook-Patton, J. Fargione, et al. 2020. Protecting irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. *Nature Climate Change* 10(4): 287-295.
23. Guo, L. B., Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 8(4), 345-360. doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
24. Haines-Young R., M. Potschin. 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.
25. Fangyuan Hua, L. Adrian Bruijnzeel, Paula Meli, Philip A. Martin, Jun Zhang, Shinichi Nakagawa, Xinran Miao¹, Weiyi Wang¹, Christopher McEvoy, Jorge Luis Peña-Arancibia, Pedro H. S. Brancalion, Pete Smith, David P. Edwards, Andrew Balmford. 2022. The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science* 376, 839–844
26. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). Censo Nacional de población y vivienda. Santiago: INE, 2002.
27. IPBES (2019): Informe de evaluación global sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos de la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. ES Brondizio, J. Settele, S. Díaz y HT Ngo (editores). Secretaría de IPBES, Bonn, Alemania. 1148 páginas. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
28. IPCC. 2014. Cambio Climático 2014. Informe de síntesis. Resumen para responsables de política.
29. Karatayev V.A., V.V. Vasconcelos, A.S. Lafuite, S.A. Levin, C.T. Bauch, M. Anand. 2021. A well-timed shift from local to global agreements accelerates climate change mitigation. *Nat Commun* 12(1): 2908.

30. Liao, C., Luo, Y., Fang, C., Chen, J., Li, B. (2012). The effects of plantation practice on soil properties based on the comparison between natural and planted forests: a meta-analysis. *Global ecology and biogeography*, 21(3), 318-327.
31. Milla F.A., P.A. Emanuelli, A.R. Sartori, J.A. Emanuelli. 2013. Compendio de funciones alométricas para la estimación de la biomasa de especies forestales presentes en Chile: Elementos claves para el desarrollo de la Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático (ENBCC). 559.
32. MINAGRI, CONAF. 2021. Protocolo de Plantaciones Forestales 2015-2035. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal.
33. Myers N., R. Mittermeier, C. Mittermeier, G. Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
34. Salas-Eljatib C., A. Fuentes-Ramírez, P.J. Donoso, C. Matus, D.P. Soto. 2018. Crecimiento de bosques secundarios y adultos de *Nothofagus* en el centro-sur de Chile. *Silvicultura en Bosques Nativos Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de los Estados Unidos* Editorial College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, OR, EE UU(USA): 73-82.
35. Schlegel B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono de bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral, Chile, 13 p. Consultado el 11 de abril de 2023.
36. Smith, M. S., Horrocks, L., Harvey, A. & Hamilton, C. 2011. Rethinking adaptation for a 4°C world. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934): 196-216.
37. Thomas A., C. Schulp. 2019. Greenhouse Gas Storage and Sequestration Function. *Landscape Planning with Ecosystem Services: Theories and Methods for Application in Europe*: 205-219.
38. UICN Francia, 2016. Nature-based solutions to address climate change. Paris, Francia. 16 p.
39. UNFCCC. 2015. Acuerdo de París. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). París, Francia. 29 p.
40. Van Soest H.L., M.G.J. den Elzen, D.P. Van Vuuren. 2021. Net-zero emission targets for major emitting countries consistent with the Paris Agreement. *Nat Commun* 12(1): 2140.

ANEXOS

Anexo 1. Caracterización dasométrica de los ecosistemas estudiados

FUERA						
COND	NHA	DAP (cm)	H (m)	AB (m ² /ha)	B (Mg/ha)	C (Mg/ha)
BM	11667 ± 564.76	18.3 ± 1.33	13 ± 1.79	49.7 ± 17.85	278.7 ± 113.74	139.4 ± 56.87
BS	2209 ± 596.26	12.5 ± 3.02	12.2 ± 2.43	29.8 ± 9.90	184.1 ± 81.34	92.1 ± 40.67
EA	3267 ± 794.64	12.2 ± 0.54	12.7 ± 1.9	40.1 ± 9.7	244.2 ± 48.50	122.1 ± 24.25
PA	707 ± 226.68	33.9 ± 8.17	23.2 ± 4.33	62.2 ± 19.64	333.8 ± 111.89	166.9 ± 55.95
PJ	1278 ± 288.91	9.3 ± 2.55	10.2 ± 2.80	8.7 ± 4.08	50.5 ± 28.45	25.2 ± 14.23

DENTRO						
COND	NHA	DAP (cm)	H (m)	AB (m ² /ha)	B (Mg/ha)	C (Mg/ha)
BA	372 ± 123.52	46.8 ± 5.18	25.9 ± 3.13	69.3 ± 33.92	597.9 ± 223.15	299 ± 111.57
BM	1265 ± 769.25	16.6 ± 3.41	12.1 ± 1.69	39.1 ± 10.36	234 ± 59.86	117 ± 29.93
BS	1313 ± 506.37	19.0 ± 4.89	14.3 ± 2.78	41.6 ± 12.63	276.4 ± 79.70	138.2 ± 39.85
EA	6150 ± 2385.24	10.1 ± 1.42	12.6 ± 2.16	50.1 ± 7.53	277.8 ± 74.41	138.9 ± 37.21
PA	1965 ± 2426.07	21.5 ± 6.97	16.5 ± 4.82	48.2 ± 13.96	245.3 ± 70.68	122.6 ± 35.34
PJ	2564 ± 928.60	13 ± 3.47	11.9 ± 1.17	35.7 ± 8.42	175.8 ± 46.61	87.9 ± 23.31

Anexo 2. Distribución diamétrica de cada ecosistema estudiado, expresado en n° de árboles por hectárea y área basal

FUERA					DENTRO				
Ecosistema	mc	nParc	NHA	AB (m ² /ha)	Ecosistema	mc	nParc	NHA	AB (m ² /ha)
BM	4	3	42	0.0524	BA	12	8	3	0.0353
BM	6	3	242	0.6833	BA	14	8	22	0.3367
BM	8	3	183	0.9215	BA	16	8	3	0.0628
BM	10	3	117	0.9163	BA	18	8	13	0.3181
BM	12	3	58	0.6597	BA	20	8	13	0.3927
BM	14	3	67	1.0263	BA	22	8	3	0.1188
BM	16	3	67	1.3404	BA	24	8	6	0.2827
BM	18	3	42	1.0603	BA	26	8	3	0.1659
BM	20	3	58	1.8326	BA	28	8	9	0.5773
BM	22	3	33	1.2671	BA	30	8	9	0.6627
BM	24	3	8	0.3770	BA	32	8	13	1.0053
BM	26	3	8	0.4424	BA	34	8	16	1.4186
BM	28	3	33	2.0525	BA	36	8	13	1.2723
BM	30	3	8	0.5890	BA	38	8	16	1.7721

BM	32	3	17	1.3404	BA	40	8	6	0.7854
BM	36	3	8	0.8482	BA	42	8	9	1.2989
BM	40	3	25	3.1416	BA	44	8	13	1.9007
BM	42	3	17	2.3091	BA	46	8	9	1.5580
BM	44	3	8	1.2671	BA	48	8	3	0.5655
BM	46	3	8	1.3849	BA	52	8	22	4.6456
BM	48	3	8	1.5080	BA	54	8	9	2.1471
BM	50	3	8	1.6362	BA	56	8	16	3.8485
BM	52	3	33	7.0791	BA	58	8	22	5.7795
BM	56	3	17	4.1050	BA	60	8	6	1.7671
BM	60	3	8	2.3562	BA	62	8	44	13.2084
BM	62	3	17	5.0318	BA	64	8	22	7.0372
BM	66	3	8	2.8510	BA	66	8	13	4.2765
BM	68	3	8	3.0264	BA	68	8	3	1.1349
BM	74	3	8	3.5840	BA	70	8	3	1.2026
BS	4	8	166	0.2081	BA	72	8	6	2.5447
BS	6	8	494	1.3960	BA	74	8	6	2.6880
BS	8	8	388	1.9478	BA	76	8	9	4.2529
BS	10	8	313	2.4544	BA	80	8	13	6.2832
BS	12	8	194	2.1913	BM	4	5	30	0.0377
BS	14	8	147	2.2610	BM	6	5	60	0.1696
BS	16	8	109	2.1991	BM	8	5	40	0.2011
BS	18	8	122	3.1013	BM	10	5	55	0.4320
BS	20	8	88	2.7489	BM	12	5	25	0.2827
BS	22	8	47	1.7819	BM	14	5	20	0.3079
BS	24	8	16	0.7069	BM	16	5	5	0.1005
BS	26	8	25	1.3273	BM	18	5	20	0.5089
BS	28	8	28	1.7318	BM	20	5	25	0.7854
BS	30	8	38	2.6507	BM	22	5	10	0.3801
BS	32	8	6	0.5027	BM	24	5	10	0.4524
BS	36	8	6	0.6362	BM	40	5	10	1.2566
BS	38	8	3	0.3544	BS	2	18	1	0.0004
BS	42	8	6	0.8659	BS	4	18	46	0.0576
BS	44	8	3	0.4752	BS	6	18	176	0.4987
BS	48	8	3	0.5655	BS	8	18	142	0.7121
BS	58	8	3	0.8256	BS	10	18	143	1.1236
BS	60	8	3	0.8836	BS	12	18	118	1.3352
BS	70	8	3	1.2026	BS	14	18	110	1.6890
EA	4	3	117	0.1466	BS	16	18	78	1.5638
EA	6	3	625	1.7671	BS	18	18	58	1.4844
EA	8	3	550	2.7646	BS	20	18	57	1.7890
EA	10	3	425	3.3379	BS	22	18	64	2.4286

EA	12	3	458	5.1836	BS	24	18	44	2.0106
EA	14	3	342	5.2595	BS	26	18	36	1.9172
EA	16	3	300	6.0319	BS	28	18	44	2.7367
EA	18	3	158	4.0291	BS	30	18	19	1.3744
EA	20	3	67	2.0944	BS	32	18	18	1.4521
EA	22	3	92	3.4845	BS	34	18	26	2.3959
EA	24	3	67	3.0159	BS	36	18	14	1.4137
EA	26	3	25	1.3273	BS	38	18	21	2.3627
EA	28	3	8	0.5131	BS	40	18	11	1.3963
EA	38	3	8	0.9451	BS	42	18	22	3.0788
EA	42	3	8	1.1545	BS	44	18	10	1.4783
EA	54	3	17	3.8170	BS	46	18	15	2.5390
PA	4	21	13	0.0165	BS	48	18	3	0.5027
PA	6	21	38	0.1077	BS	50	18	3	0.5454
PA	8	21	18	0.0898	BS	52	18	8	1.7698
PA	10	21	14	0.1122	BS	54	18	10	2.2266
PA	12	21	17	0.1885	BS	56	18	4	1.0263
PA	14	21	12	0.1833	BS	58	18	1	0.3670
PA	16	21	8	0.1676	BS	60	18	3	0.7854
PA	18	21	11	0.2726	BS	64	18	3	0.8936
PA	20	21	10	0.2992	BS	70	18	3	1.0690
PA	22	21	20	0.7693	EA	4	3	558	0.7016
PA	24	21	25	1.1310	EA	6	3	2850	8.0582
PA	26	21	25	1.3273	EA	8	3	1783	8.9640
PA	28	21	39	2.4190	EA	10	3	1408	11.0610
PA	30	21	49	3.4501	EA	12	3	1117	12.6292
PA	32	21	46	3.7340	EA	14	3	692	10.6474
PA	34	21	44	3.9992	EA	16	3	392	7.8749
PA	36	21	44	4.4835	EA	18	3	217	5.5135
PA	38	21	44	4.9955	EA	20	3	75	2.3562
PA	40	21	56	7.0312	EA	22	3	67	2.5342
PA	42	21	46	6.4324	EA	24	3	17	0.7540
PA	44	21	31	4.7064	EA	26	3	25	1.3273
PA	46	21	33	5.5397	EA	38	3	8	0.9451
PA	48	21	18	3.2314	EA	42	3	8	1.1545
PA	50	21	18	3.5062	EA	54	3	8	1.9085
PA	52	21	8	1.7698	PA	4	5	180	0.2262
PA	54	21	5	1.0906	PA	6	5	700	1.9792
PA	56	21	6	1.4661	PA	8	5	610	3.0662
PA	58	21	2	0.6291	PA	10	5	330	2.5918
PA	60	21	4	1.0098	PA	12	5	255	2.8840
PA	62	21	1	0.3594	PA	14	5	185	2.8479

PA	64	21	1	0.3830
PJ	4	8	175	0.2199
PJ	6	8	284	0.8041
PJ	8	8	372	1.8692
PJ	10	8	159	1.2517
PJ	12	8	134	1.5197
PJ	14	8	75	1.1545
PJ	16	8	34	0.6912
PJ	18	8	16	0.3976
PJ	20	8	22	0.6872
PJ	22	8	3	0.1188
PJ	28	8	3	0.1924

PA	16	5	80	1.6085
PA	18	5	30	0.7634
PA	20	5	35	1.0996
PA	22	5	55	2.0907
PA	24	5	25	1.1310
PA	26	5	25	1.3273
PA	28	5	25	1.5394
PA	30	5	25	1.7671
PA	32	5	25	2.0106
PA	34	5	35	3.1777
PA	36	5	10	1.0179
PA	38	5	30	3.4023
PA	40	5	5	0.6283
PA	42	5	5	0.6927
PA	44	5	5	0.7603
PA	46	5	10	1.6619
PJ	4	4	406	0.5105
PJ	6	4	1550	4.3825
PJ	8	4	1144	5.7491
PJ	10	4	719	5.6450
PJ	12	4	400	4.5239
PJ	14	4	369	5.6765
PJ	16	4	225	4.5239
PJ	18	4	169	4.2942
PJ	20	4	106	3.3379
PJ	22	4	94	3.5637
PJ	24	4	119	5.3721
PJ	26	4	75	3.9820
PJ	28	4	25	1.5394
PJ	30	4	38	2.6507
PJ	32	4	31	2.5133
PJ	34	4	19	1.7024
PJ	36	4	13	1.2723
PJ	38	4	25	2.8353
PJ	40	4	6	0.7854
PJ	44	4	6	0.9503
PJ	48	4	6	1.1310
PJ	50	4	6	1.2272
PJ	56	4	6	1.5394
PJ	58	4	6	1.6513

Anexo 3. Carbono almacenado en suelo, expresado en porcentaje de carbono orgánico e inventario de carbono

FUERA					
Ecosistema	Profundidad	C (Mg/ha)	C (%)	E.M. (Inv. C)	E.M. (C)
A	0-20	39.2 ± 7.11	4.29 ± 0.7	63.97	6.99
A	20-40	24.4 ± 0	2.56 ± 0	0.00	0.00
BM	0-20	51.7 ± 16.01	4.8 ± 1.4	39.78	3.69
BM	20-40	41.5 ± 8.55	3.54 ± 0.7	21.24	1.82
BS	0-20	63 ± 24.71	4.48 ± 1.7	20.66	1.47
BS	20-40	83.3 ± 29.05	3.94 ± 1.3	16.22	1.15
EA	0-20	93.6 ± 5	4.87 ± 0.2	12.43	0.65
EA	20-40	60.4 ± 1.39	3.11 ± 0	3.47	0.18
MP	0-20	47.4 ± 14.69	4.15 ± 1.2	9.87	0.86
MP	20-40	44.4 ± 35.67	3.79 ± 3	23.97	2.04
PA	0-20	68.4 ± 16.92	3.74 ± 0.9	7.50	0.41
PA	20-40	76 ± 21.42	2.71 ± 0.7	6.34	0.34
PJ	0-20	72.9 ± 15.88	4.3 ± 0.9	13.28	0.78
PJ	20-40	82.2 ± 18.11	3.03 ± 0.6	10.08	0.62

DENTRO					
Ecosistema	Profundidad	Inv. C (Mg/ha)	C (%)	E.M. (Inv. C)	E.M. (C)
BA	0-20	59.3 ± 21.78	3.59 ± 1.3	16.75	1.01
BA	20-40	57.5 ± 12.37	2.59 ± 0.5	7.65	0.47
BM	0-20	53.1 ± 4.98	4.93 ± 0.4	7.93	0.74
BM	20-40	47.4 ± 6.64	4.05 ± 0.5	10.58	0.90
BS	0-20	75.8 ± 18.61	5.39 ± 1.3	8.47	0.60
BS	20-40	80.7 ± 28.2	3.82 ± 1.3	8.57	0.61
EA	0-20	74 ± 8.09	3.86 ± 0.4	10.05	0.52
EA	20-40	56.1 ± 12.91	2.89 ± 0.6	32.08	1.65
MP	0-20	73.4 ± 14.4	3.58 ± 0.7	35.78	1.74
MP	20-40	48.5 ± 9.15	2.29 ± 0.4	22.73	1.08
PA	0-20	80.6 ± 36.79	4.41 ± 2	91.41	5.00
PA	20-40	84.1 ± 31.53	2.99 ± 1.1	19.46	1.04
PJ	0-20	67.2 ± 15.86	3.96 ± 0.9	25.25	1.49
PJ	20-40	69.7 ± 19.74	2.57 ± 0.7	18.90	1.16
SV	0-20	51 ± 15.32	2.37 ± 0.7	24.38	1.13

SV	20-40	30.8 ± 12.96	1.37 ± 0.5	20.64	0.92
----	-------	--------------	------------	-------	------

Anexo 4. Carbono total aéreo y en suelo tanto dentro como fuera del P.N. Nonguén

Condición	Tipo	Ecosistema	CT (Mg/ha)	Sup (ha)	CT
Fuera	suelo	A	39.28	12.15	477.3
Fuera	suelo	A	24.44	12.15	296.9
Fuera	suelo	BM	51.74	80.96	4189.0
Fuera	suelo	BM	41.51	80.96	3360.6
Fuera	suelo	BS	63.06	584.07	36833.0
Fuera	suelo	BS	83.32	584.07	48663.2
Fuera	suelo	EA	93.65	7.6	711.7
Fuera	suelo	EA	60.40	7.6	459.1
Fuera	suelo	MP	47.42	429.94	20388.8
Fuera	suelo	MP	44.40	429.94	19089.5
Fuera	suelo	PA	68.49	1402.21	96034.6
Fuera	suelo	PA	76.09	1402.21	106696.1
Fuera	suelo	PJ	72.95	536.95	39172.9
Fuera	suelo	PJ	82.23	536.95	44153.8
Fuera	aéreo	BM	139.4	80.96	11283.2
Fuera	aéreo	BS	92.06	584.07	53771.0
Fuera	aéreo	EA	122.1	7.6	928.1
Fuera	aéreo	PA	166.9	1402.21	234018.8
Fuera	aéreo	PJ	25.2	536.95	13550.2
Dentro	suelo	BA	59.38	33.03	1961.2
Dentro	suelo	BA	57.54	33.03	1900.4
Dentro	suelo	BM	53.18	14.39	765.2
Dentro	suelo	BM	47.48	14.39	683.3
Dentro	suelo	BS	75.87	2426.56	184109.5
Dentro	suelo	BS	80.74	2426.56	195926.3
Dentro	suelo	EA	74.09	106.01	7854.6
Dentro	suelo	EA	56.16	106.01	5953.8
Dentro	suelo	MP	73.50	55.87	4106.2
Dentro	suelo	MP	48.55	55.87	2712.5
Dentro	suelo	PA	80.63	85.44	6889.0
Dentro	suelo	PA	84.11	85.44	7186.6
Dentro	suelo	PJ	67.23	332	22318.8
Dentro	suelo	PJ	69.74	332	23152.8
Dentro	suelo	SV	51.08	0.7	35.8
Dentro	suelo	SV	30.86	0.7	21.6

Dentro	aéreo	BA	299.0	33.03	9875.1
Dentro	aéreo	BM	117.0	14.39	1683.7
Dentro	aéreo	BS	138.2	2426.56	335385.3
Dentro	aéreo	EA	138.9	106.01	14723.3
Dentro	aéreo	PA	122.6	85.44	10478.7
Dentro	aéreo	PJ	87.9	332	29177.8

Anexos 5. Funciones alométricas utilizadas para medir biomasa

Especie	Componente	Función de biomasa (kg)	Fuente
<i>Peumus boldus</i>	Fuste	$EXP(4,071-0,0937*LN(HT)+0,861*LN(DAP^2*HT)) / 1000$	Milla, 2013
	Corteza	$EXP(2,2784+0,5681*LN(DAP)+0,5215*LN(DAP^2*HT)) / 1000$	
	Ramas	$EXP(2,21-0,33*LN(DAP)+1,15*LN(DAP^2*HT)) / 1000$	
	Hojas	$EXP(3,61+0,75*LN(DAP)+0,375*LN(DAP^2*HT)) / 1000$	
<i>Eucalyptus globulus</i>	Fuste	$0.34*(DAP^{1,7}) *(EXP(0,05*DAP))$	C.A. Gonzalez-Benecke et al., 2021
	Corteza	$0,130607*(DAP^{1,131006}) *(EXP(0,075832*DAP))$	
	Ramas	$0,009039*(DAP^{2,994792}) *(EXP(-0,06962*DAP))$	

	Hojas	$1,314606*(DAP^{-0,05468})*(EXP(0,113085*DAP))$	
<i>Pinus radiata</i>	Fuste	$0,02389*(DAP^2*HT)^{0,93216}$	Sandoval S. et al, 2021
	Corteza	$0,00127*(DAP^2*HT)^{0,99646}$	
	Ramas	$0,00431*(DAP^2*HT)^{0,92709}$	
	Hojas	$0,19428*(DAP^2*HT)^{0,48666}$	
<i>Cryptocarya alba</i>	Fuste	$0,1329*(DAP+2)^{1,996}$	Salinas R.G. et al, 2019
	Ramas	$0,0009*(DAP+2)^{3,4667}$	
	Hojas	$0,0413*(DAP+2)^{1,8641}$	
<i>Lithraea caustica</i>	Fuste	$0,211*(DAP+2)^{1,7682}$	Salinas R.G. et al, 2019
	Ramas	$0,2609*(DAP+2)^{1,697}$	
	Hojas	$0,0134*(DAP+2)^{2,2862}$	
<i>Acacia melanoxylon</i>	Fuste	$(EXP(-5,6454+0,9224*LN(((DAP+2)*10)^2*(HT*100))))/1000$	Sandoval S., 2011
	Ramas	$(EXP(-9,3176+1,124*LN(((DAP+2)*10)^2*(HT*100))))/1000$	

	Hojas	$(EXP(-5,7604+0,8816*LN(((DAP+2) *10) ^2*(HT*100)))) /1000$	
<i>Rhaphithamnus spinosus, Aristotelia chilensis, Azara integrifolia, Escallonia pulverulenta</i>	Fuste	$0,1446*(DAP+2) ^1,7699$	Salinas R.G. et al, 2019
	Ramas	$0,0453*(DAP+2) ^2,1825$	
	Hojas	$0,0353*(DAP+2) ^1,6502$	
<i>Podocarpus salignus</i>	Biomasa aérea	$EXP (-0,2277+1,77378*LN(DAP))$	Milla, 2013
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Biomasa aérea	$0,2977*DAP^2.1521$	Milla, 2013
<i>Laurelia sempervirens</i>	Biomasa aérea	$EXP (-2,9149 + 1,971*LN DAP + 0,7442 \cdot LN HT)$	Milla, 2013
<i>Persea lingue</i>	Biomasa aérea	$EXP (-2,9149 + 1,9711 * LN DAP + 0,7442 \cdot LN HT)$	
<i>Gevuina avellana, Lomathia sp.</i>	Biomasa aérea	$4,52542+0,03998*DAP^2,1831*H^0,55509$	
<i>Luma apiculata</i>	Biomasa aérea	$EXP (2,15765 + 0,16039 * DAP)$	
<i>Nothofagus obliqua</i>	Biomasa aérea	$-26,9289+0,3448*DAP^1,97286*HT^0,19796$	Milla, 2013
		$=-27,8703+0,59063*DAP^2$	
		$=-202,182+EXP(4,7384+0,0344919*DAP+0,0314178*HT)$	

		$EXP(-1,835+2,291*LN(DAP))$	
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Biomasa aérea	$-577,329 + EXP(6,11716 + 0,02752 \cdot DAP)$	Milla, 2013
		$EXP(-1,9056 + 2,3147 \cdot Ln DAP)$	
<i>Caldcluvia paniculata</i>	Biomasa aérea	$EXP(-2,9149 + 1,9711 \cdot LN DAP + 0,7442 \cdot LN HT)$	Milla, 2013
<i>Citronella mucronata</i>	Biomasa aérea	$-26,9289+0,3448*DAP^1,97286*HT^0,19796$	Milla, 2013

Anexo 6. Resumen parcelas

Estudio	COND	PARC	Especie	NHA	DAP (cm)	H (m)	Biomasa (Mg/ha)	Carbono (Mg/ha)
Buffer	BM	1	Acacia melanoxylon	50	14.25	11.50	3.69	1.85
Buffer	BM	1	Aextoxicon punctatum	50	10.25	9.50	2.31	1.15
Buffer	BM	1	Azara integrifolia	75	12.50	10.67	2.79	1.40
Buffer	BM	1	Lithraea caustica	25	7.00	6.00	0.58	0.29
Buffer	BM	1	Lomatia dentata	100	10.88	9.25	4.34	2.17
Buffer	BM	1	Luma apiculata	650	10.31	9.08	33.11	16.56
Buffer	BM	1	Persea lingue	25	8.00	10.00	0.45	0.23
Buffer	BM	1	Peumus boldus	25	53.00	20.00	33.20	16.60
Buffer	BM	1	Pinus radiata	150	57.42	22.00	192.71	96.35
Buffer	BM	1	Rhaphithamnus spinosus	75	7.17	8.67	1.12	0.56
Buffer	BM	2	Azara integrifolia	25	8.00	8.00	0.43	0.21
Buffer	BM	2	Eucalyptus globulus	550	15.91	15.05	97.21	48.60
Buffer	BM	2	Laurelia sempervirens	225	7.61	8.22	4.64	2.32
Buffer	BM	2	Lomatia dentata	75	7.17	6.67	0.99	0.50
Buffer	BM	2	Luma apiculata	50	5.75	5.00	1.09	0.54
Buffer	BM	2	Nothofagus obliqua	100	19.75	13.00	21.49	10.74
Buffer	BM	2	Persea lingue	75	6.33	7.00	0.66	0.33
Buffer	BM	2	Pinus radiata	600	32.44	19.75	268.11	134.05
Buffer	BM	3	Acacia melanoxylon	25	41.00	20.00	19.47	9.74
Buffer	BM	3	Cryptocarya alba	150	8.67	9.00	4.00	2.00
Buffer	BM	3	Cryptocarya alba	25	46.50	20.00	24.84	12.42
Buffer	BM	3	Gevuina avellana	75	5.33	11.00	0.78	0.39
Buffer	BM	3	Laurelia sempervirens	100	8.25	10.25	2.70	1.35
Buffer	BM	3	Nothofagus obliqua	25	60.00	25.00	51.84	25.92
Buffer	BM	3	Persea lingue	100	14.25	15.75	9.01	4.50
Buffer	BM	3	Persea lingue	25	5.00	6.00	0.12	0.06
Buffer	BM	3	Pinus radiata	50	56.25	22.50	54.50	27.25

Buffer	BS	1	Aextoxicon punctatum	100	12.75	13.00	7.95	3.97
Buffer	BS	1	Gevuina avellana	200	7.88	8.63	3.72	1.86
Buffer	BS	1	Laurelia sempervirens	2150	10.55	11.26	105.95	52.97
Buffer	BS	1	Lomatia dentata	75	8.67	6.00	1.85	0.93
Buffer	BS	1	Luma apiculata	75	8.33	8.67	2.50	1.25
Buffer	BS	1	Nothofagus obliqua	100	35.13	22.50	71.23	35.61
Buffer	BS	1	Persea lingue	250	19.20	15.20	41.88	20.94
Buffer	BS	2	Azara integrifolia	100	6.00	6.00	1.12	0.56
Buffer	BS	2	Gevuina avellana	25	6.00	6.00	0.25	0.12
Buffer	BS	2	Laurelia sempervirens	225	10.83	12.22	8.85	4.42
Buffer	BS	2	Lomatia dentata	75	6.17	6.67	0.86	0.43
Buffer	BS	2	Luma apiculata	25	5.00	6.00	0.48	0.24
Buffer	BS	2	Nothofagus obliqua	850	12.79	13.79	66.43	33.22
Buffer	BS	2	Persea lingue	1025	7.62	8.44	17.68	8.84
Buffer	BS	2	Peumus boldus	25	5.00	6.00	0.16	0.08
Buffer	BS	3	Acacia melanoxylon	25	22.00	18.00	5.40	2.70
Buffer	BS	3	Aextoxicon punctatum	150	10.42	11.00	8.56	4.28
Buffer	BS	3	Escallonia pulverulenta	25	15.00	12.00	1.19	0.59
Buffer	BS	3	Laurelia sempervirens	425	18.97	16.29	71.55	35.78
Buffer	BS	3	Lomatia dentata	425	11.12	10.71	18.58	9.29
Buffer	BS	3	Luma apiculata	50	10.00	9.00	2.40	1.20
Buffer	BS	3	Nothofagus obliqua	125	41.60	22.20	132.55	66.28
Buffer	BS	3	Persea lingue	275	13.50	12.82	18.49	9.24
Buffer	BS	4	Aextoxicon punctatum	75	10.33	13.33	3.41	1.70
Buffer	BS	4	Azara integrifolia	525	14.26	12.86	25.05	12.53
Buffer	BS	4	Cryptocarya alba	250	15.55	13.40	40.63	20.32
Buffer	BS	4	Escallonia pulverulenta	100	14.63	14.50	4.80	2.40
Buffer	BS	4	Gevuina avellana	150	8.25	8.83	4.65	2.32
Buffer	BS	4	Laurelia sempervirens	1050	9.27	11.88	35.62	17.81
Buffer	BS	4	Lithraea caustica	50	12.50	14.00	2.76	1.38
Buffer	BS	4	Lomatia dentata	50	12.75	12.00	2.91	1.46
Buffer	BS	4	Lomatia hirsuta	50	12.00	11.50	2.09	1.05
Buffer	BS	4	Luma apiculata	200	9.56	13.50	9.42	4.71
Buffer	BS	4	Persea lingue	75	14.83	14.00	7.26	3.63
Buffer	BS	5	Cryptocarya alba	350	12.05	13.71	20.89	10.44
Buffer	BS	5	Gevuina avellana	125	8.40	8.80	2.33	1.17
Buffer	BS	5	Laurelia sempervirens	600	12.52	14.46	45.43	22.71
Buffer	BS	5	Nothofagus obliqua	700	19.68	18.25	149.15	74.57
Buffer	BS	6	Aextoxicon punctatum	50	7.25	6.50	1.18	0.59
Buffer	BS	6	Azara integrifolia	125	6.90	6.80	1.76	0.88

Buffer	BS	6	Gevuina avellana	75	5.83	7.00	0.76	0.38
Buffer	BS	6	Laurelia sempervirens	50	6.00	6.00	0.35	0.18
Buffer	BS	6	Luma apiculata	25	6.00	4.00	0.57	0.28
Buffer	BS	6	Nothofagus obliqua	2150	7.82	8.47	34.26	17.13
Buffer	BS	6	Persea lingue	500	7.00	6.75	5.57	2.78
Buffer	BS	6	Rhaphithamnus spinosus	25	5.00	6.00	0.21	0.11
Buffer	BS	7	Aristotelia chilensis	100	5.50	7.50	0.98	0.49
Buffer	BS	7	Cryptocarya alba	25	8.50	7.00	0.52	0.26
Buffer	BS	7	Gevuina avellana	275	9.50	8.82	8.42	4.21
Buffer	BS	7	Luma apiculata	25	13.00	7.00	1.74	0.87
Buffer	BS	7	Nothofagus obliqua	250	28.70	16.60	162.81	81.40
Buffer	BS	7	Persea lingue	850	11.40	11.18	41.73	20.86
Buffer	BS	7	Rhaphithamnus spinosus	50	5.50	5.00	0.49	0.25
Buffer	BS	8	Aextoxicon punctatum	25	20.00	12.00	4.70	2.35
Buffer	BS	8	Azara integrifolia	25	10.00	5.00	0.60	0.30
Buffer	BS	8	Gevuina avellana	200	7.13	9.38	3.08	1.54
Buffer	BS	8	Lithraea caustica	100	10.88	9.25	4.50	2.25
Buffer	BS	8	Luma apiculata	25	5.00	8.00	0.48	0.24
Buffer	BS	8	Nothofagus obliqua	1025	19.40	18.29	223.77	111.89
Buffer	BS	8	Persea lingue	475	11.05	11.95	24.57	12.29
Buffer	BS	8	Peumus boldus	50	13.25	10.50	3.25	1.62
Buffer	BS	8	Rhaphithamnus spinosus	25	10.50	7.00	0.65	0.33
Buffer	EA	1	Acacia melanoxylon	1525	12.32	14.74	126.45	63.23
Buffer	EA	1	Aristotelia chilensis	25	6.00	9.00	0.28	0.14
Buffer	EA	1	Eucalyptus globulus	1225	11.84	14.43	99.92	49.96
Buffer	EA	1	Eucalyptus globulus	150	15.67	17.67	17.43	8.72
Buffer	EA	2	Acacia melanoxylon	2525	12.53	12.33	174.64	87.32
Buffer	EA	2	Eucalyptus globulus	175	15.14	14.43	21.19	10.59
Buffer	EA	3	Acacia melanoxylon	3800	11.14	11.03	196.15	98.07
Buffer	EA	3	Aextoxicon punctatum	150	7.75	7.83	4.02	2.01
Buffer	EA	3	Cryptocarya alba	50	10.75	11.50	1.73	0.87
Buffer	EA	3	Luma apiculata	25	6.50	6.00	0.61	0.31
Buffer	EA	3	Nothofagus obliqua	100	40.38	15.25	89.90	44.95
Buffer	EA	3	Persea lingue	50	6.00	7.00	0.40	0.20
Buffer	PA	1	Pinus radiata	475	41.11	24.53	325.09	162.54
Buffer	PA	2	Pinus radiata	675	36.83	28.04	427.58	213.79
Buffer	PA	3	Persea lingue	25	6.00	7.50	0.21	0.10
Buffer	PA	3	Pinus radiata	600	42.90	27.75	492.20	246.10
Buffer	PA	4	Acacia melanoxylon	25	9.50	12.00	0.84	0.42
Buffer	PA	4	Pinus radiata	750	25.85	22.73	217.08	108.54

Buffer	PA	5	Pinus radiata	725	33.57	27.00	364.25	182.13
Buffer	PA	6	Pinus radiata	650	33.12	25.00	295.26	147.63
Buffer	PA	7	Pinus radiata	475	44.74	27.79	412.43	206.21
Buffer	PA	8	Pinus radiata	450	42.83	27.56	355.27	177.64
Buffer	PA	9	Acacia melanoxylon	25	8.50	12.00	0.70	0.35
Buffer	PA	9	Pinus radiata	350	35.39	28.36	206.05	103.02
Buffer	PA	10	Pinus radiata	500	37.98	26.85	314.23	157.12
Buffer	PA	11	Pinus radiata	475	43.45	19.47	298.87	149.44
Buffer	PA	12	Eucalyptus globulus	1200	9.40	10.44	55.26	27.63
Buffer	PA	13	Acacia melanoxylon	150	5.92	8.33	1.74	0.87
Buffer	PA	13	Luma apiculata	25	5.00	6.00	0.48	0.24
Buffer	PA	13	Persea lingue	75	5.50	7.33	0.52	0.26
Buffer	PA	13	Persea lingue	75	7.33	9.33	1.08	0.54
Buffer	PA	13	Peumus boldus	100	6.88	8.00	1.50	0.75
Buffer	PA	13	Pinus radiata	650	35.54	21.12	305.85	152.93
Buffer	PA	14	Pinus radiata	875	29.50	21.77	304.61	152.30
Buffer	PA	15	Pinus radiata	750	39.50	23.70	468.37	234.19
Buffer	PA	16	Acacia melanoxylon	25	20.00	22.00	5.55	2.77
Buffer	PA	16	Pinus radiata	1050	27.69	20.67	381.88	190.94
Buffer	PA	17	Peumus boldus	25	5.00	8.00	0.21	0.10
Buffer	PA	17	Pinus radiata	875	30.80	22.20	341.85	170.93
Buffer	PA	18	Acacia melanoxylon	50	8.75	9.50	1.11	0.55
Buffer	PA	18	Pinus radiata	725	41.36	26.07	582.17	291.08
Buffer	PA	19	Eucalyptus globulus	50	9.00	12.00	1.84	0.92
Buffer	PA	19	Pinus radiata	775	33.65	22.48	334.68	167.34
Buffer	PA	20	Pinus radiata	550	32.59	22.68	227.18	113.59
Buffer	PA	21	Pinus radiata	625	33.76	21.40	283.56	141.78
Buffer	PJ	1	Eucalyptus globulus	1450	9.22	10.50	52.84	26.42
Buffer	PJ	2	Eucalyptus globulus	1450	9.69	11.22	59.02	29.51
Buffer	PJ	3	Eucalyptus globulus	1300	8.23	11.60	37.43	18.72
Buffer	PJ	4	Eucalyptus globulus	1350	11.29	12.37	100.34	50.17
Buffer	PJ	4	Pinus radiata	100	17.38	12.00	8.00	4.00
Buffer	PJ	5	Eucalyptus globulus	800	13.75	14.28	66.74	33.37
Buffer	PJ	6	Eucalyptus globulus	1675	5.65	6.62	22.88	11.44
Buffer	PJ	7	Eucalyptus globulus	1100	7.10	6.32	22.97	11.49
Buffer	PJ	8	Eucalyptus globulus	1000	8.71	8.53	33.53	16.76
Nonguen	BA	1	Nothofagus obliqua	50.0	42.3	21.0	45.7	22.87
Nonguen	BA	1	Nothofagus dombeyi	200.0	52.8	25.3	344.7	172.34
Nonguen	BA	2	Acacia melanoxylon	25.0	15.0	17.0	2.6	1.28
Nonguen	BA	2	Luma apiculata	25.0	12.0	14.0	1.5	0.74

Nonguen	BA	2	Nothofagus obliqua	50.0	41.0	30.0	47.3	23.65
Nonguen	BA	2	Nothofagus dombeyi	425.0	56.3	34.3	796.5	398.23
Nonguen	BA	3	Nothofagus dombeyi	550.0	53.5	29.0	935.8	467.89
Nonguen	BA	5	Nothofagus obliqua	100.0	53.0	27.5	174.5	87.24
Nonguen	BA	5	Nothofagus dombeyi	175.0	50.4	28.6	443.0	221.52
Nonguen	BA	5	Dasyphyllum diacanthoides	75.0	30.2	17.0	0.0	0.00
Nonguen	BA	7	Persea lingue	100.0	30.0	16.0	39.8	19.88
Nonguen	BA	7	Nothofagus dombeyi	325.0	52.8	25.7	669.1	334.57
Nonguen	BA	7	Podocarpus salignus	25.0	24.0	17.0	5.6	2.78
Nonguen	BA	8	Luma apiculata	25.0	15.0	8.0	2.4	1.20
Nonguen	BA	8	Nothofagus obliqua	25.0	37.0	28.0	20.0	10.01
Nonguen	BA	8	Persea lingue	25.0	19.0	14.0	3.2	1.60
Nonguen	BA	8	Nothofagus dombeyi	225.0	52.7	26.8	467.1	233.54
Nonguen	BA	8	Podocarpus salignus	50.0	29.5	16.0	16.0	8.02
Nonguen	BA	9	Persea lingue	25.0	40.0	19.0	17.4	8.72
Nonguen	BA	9	Nothofagus dombeyi	225.0	47.2	25.7	456.1	228.03
Nonguen	BA	6	Nothofagus obliqua	100.0	38.5	26.0	87.0	43.51
Nonguen	BA	6	Nothofagus dombeyi	150.0	35.8	23.7	208.4	104.19
Nonguen	BS	1	Acacia melanoxylon	50.0	15.0	11.5	4.9	2.46
Nonguen	BS	1	Aextoxicon punctatum	225.0	8.7	9.0	11.2	5.61
Nonguen	BS	1	Aristolelia chilensis	25.0	7.0	12.0	0.3	0.17
Nonguen	BS	1	Cryptocarya alba	675.0	10.5	10.6	26.7	13.33
Nonguen	BS	1	Gevuina avellana	75.0	8.2	10.3	1.6	0.78
Nonguen	BS	1	Laurelia sempervirens	50.0	17.0	15.0	5.4	2.71
Nonguen	BS	1	Luma apiculata	150.0	8.3	9.8	6.5	3.24
Nonguen	BS	1	Nothofagus obliqua	475.0	17.7	12.4	97.6	48.78
Nonguen	BS	1	Peumus boldus	150.0	8.2	7.7	3.2	1.59
Nonguen	BS	1	Podocarpus salignus	75.0	15.5	11.0	8.8	4.42
Nonguen	BS	2	Aextoxicon punctatum	50.0	12.8	12.0	3.6	1.82
Nonguen	BS	2	Azara integrifolia	75.0	17.0	12.3	5.0	2.52
Nonguen	BS	2	Cryptocarya alba	175.0	28.4	23.6	52.4	26.21
Nonguen	BS	2	Laurelia sempervirens	25.0	25.0	27.0	9.0	4.48
Nonguen	BS	2	Lithraea caustica	350.0	14.9	13.9	27.2	13.61
Nonguen	BS	2	Luma apiculata	75.0	10.2	7.3	3.9	1.96
Nonguen	BS	2	Nothofagus obliqua	425.0	34.5	27.7	289.0	144.52
Nonguen	BS	2	Podocarpus salignus	25.0	12.5	6.0	1.8	0.88
Nonguen	BS	5	Aextoxicon punctatum	25.0	6.0	7.0	0.4	0.18
Nonguen	BS	5	Azara integrifolia	75.0	13.7	10.0	3.6	1.80
Nonguen	BS	5	Cryptocarya alba	25.0	24.0	12.0	4.5	2.24

Nonguen	BS	5	<i>Gevuina avellana</i>	25.0	5.0	5.0	0.2	0.10
Nonguen	BS	5	<i>Lomatia dentata</i>	75.0	6.0	3.2	0.6	0.31
Nonguen	BS	5	<i>Nothofagus obliqua</i>	275.0	29.0	14.4	118.6	59.31
Nonguen	BS	5	<i>Persea lingue</i>	25.0	34.0	14.0	10.1	5.04
Nonguen	BS	8	<i>Cryptocarya alba</i>	775.0	21.8	15.9	207.2	103.58
Nonguen	BS	8	<i>Laurelia sempervirens</i>	250.0	24.5	19.1	72.5	36.26
Nonguen	BS	8	<i>Lithraea caustica</i>	150.0	19.1	16.3	16.9	8.43
Nonguen	BS	8	<i>Lomatia dentata</i>	175.0	11.9	10.1	8.4	4.22
Nonguen	BS	8	<i>Nothofagus obliqua</i>	100.0	44.8	25.5	109.0	54.49
Nonguen	BS	8	<i>Persea lingue</i>	125.0	21.0	14.6	24.5	12.26
Nonguen	BS	9	<i>Cryptocarya alba</i>	50.0	26.5	17.5	11.8	5.89
Nonguen	BS	9	<i>Nothofagus obliqua</i>	375.0	36.6	17.8	264.2	132.11
Nonguen	BS	9	<i>Persea lingue</i>	75.0	23.7	14.0	15.5	7.77
Nonguen	BS	10	<i>Aextoxicon punctatum</i>	150.0	10.7	9.2	10.5	5.25
Nonguen	BS	10	<i>Aristotelia chilensis</i>	25.0	5.0	7.0	0.2	0.11
Nonguen	BS	10	<i>Azara integrifolia</i>	50.0	10.3	10.0	1.3	0.63
Nonguen	BS	10	<i>Lithraea caustica</i>	150.0	17.8	12.3	15.1	7.54
Nonguen	BS	10	<i>Lomatia dentata</i>	200.0	11.6	11.3	7.8	3.89
Nonguen	BS	10	<i>Nothofagus obliqua</i>	200.0	44.4	17.3	209.9	104.96
Nonguen	BS	10	<i>Persea lingue</i>	100.0	13.5	9.5	5.4	2.70
Nonguen	BS	10	<i>Peumus boldus</i>	225.0	13.6	10.9	16.4	8.19
Nonguen	BS	10	<i>Gevuina avellana</i>	25.0	7.0	5.0	0.3	0.14
Nonguen	BS	14	<i>Aextoxicon punctatum</i>	750.0	9.5	9.4	35.0	17.52
Nonguen	BS	14	<i>Azara integrifolia</i>	50.0	15.3	9.0	2.5	1.25
Nonguen	BS	14	<i>Cryptocarya alba</i>	375.0	11.0	9.6	19.2	9.59
Nonguen	BS	14	<i>Gevuina avellana</i>	275.0	13.1	10.5	20.9	10.43
Nonguen	BS	14	<i>Luma apiculata</i>	25.0	6.0	4.0	0.6	0.28
Nonguen	BS	14	<i>Nothofagus obliqua</i>	175.0	42.1	22.9	189.7	94.87
Nonguen	BS	14	<i>Persea lingue</i>	75.0	13.3	5.7	2.9	1.45
Nonguen	BS	14	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	75.0	6.8	5.0	1.0	0.52
Nonguen	BS	14	<i>Podocarpus salignus</i>	25.0	7.0	4.0	0.6	0.31
Nonguen	BS	15	<i>Aextoxicon punctatum</i>	50.0	8.0	6.3	1.4	0.70
Nonguen	BS	15	<i>Azara integrifolia</i>	75.0	10.7	9.7	2.0	1.01
Nonguen	BS	15	<i>Cryptocarya alba</i>	25.0	20.0	14.0	2.9	1.47
Nonguen	BS	15	<i>Laurelia sempervirens</i>	150.0	23.5	16.3	60.9	30.43
Nonguen	BS	15	<i>Luma apiculata</i>	75.0	9.5	3.2	3.1	1.55
Nonguen	BS	15	<i>Nothofagus obliqua</i>	200.0	41.4	23.8	205.8	102.92
Nonguen	BS	15	<i>Peumus boldus</i>	25.0	14.0	12.0	1.8	0.92
Nonguen	BS	16	<i>Aextoxicon punctatum</i>	225.0	19.3	18.8	46.2	23.08
Nonguen	BS	16	<i>Azara integrifolia</i>	75.0	13.0	10.3	2.8	1.42

Nonguen	BS	16	<i>Cryptocarya alba</i>	375.0	21.4	18.7	71.1	35.56
Nonguen	BS	16	<i>Gevuina avellana</i>	125.0	11.4	13.4	6.8	3.40
Nonguen	BS	16	<i>Laurelia sempervirens</i>	300.0	18.6	18.0	51.9	25.95
Nonguen	BS	16	<i>Lithraea caustica</i>	25.0	22.0	16.0	3.4	1.68
Nonguen	BS	16	<i>Lomatia dentata</i>	175.0	10.0	12.7	5.7	2.84
Nonguen	BS	16	<i>Luma apiculata</i>	50.0	10.8	12.0	2.5	1.24
Nonguen	BS	16	<i>Nothofagus obliqua</i>	75.0	45.3	30.7	92.6	46.28
Nonguen	BS	16	<i>Persea lingue</i>	25.0	19.0	24.0	4.8	2.39
Nonguen	BS	19	<i>Acacia melanoxylon</i>	25.0	26.0	20.0	8.2	4.09
Nonguen	BS	19	<i>Aextoxicon punctatum</i>	50.0	16.0	16.0	6.5	3.26
Nonguen	BS	19	<i>Azara integrifolia</i>	125.0	9.0	10.8	2.7	1.34
Nonguen	BS	19	<i>Cryptocarya alba</i>	50.0	26.8	21.5	15.2	7.61
Nonguen	BS	19	<i>Lithraea caustica</i>	25.0	9.0	5.0	0.8	0.41
Nonguen	BS	19	<i>Luma apiculata</i>	25.0	10.0	3.0	1.1	0.54
Nonguen	BS	19	<i>Nothofagus obliqua</i>	200.0	25.8	18.8	93.2	46.61
Nonguen	BS	19	<i>Peumus boldus</i>	150.0	10.7	13.3	12.0	6.02
Nonguen	BS	19	<i>Pinus radiata</i>	50.0	44.5	32.0	71.6	35.82
Nonguen	BS	25	<i>Aextoxicon punctatum</i>	175.0	9.9	12.7	9.7	4.87
Nonguen	BS	25	<i>Cryptocarya alba</i>	500.0	11.8	15.5	28.3	14.17
Nonguen	BS	25	<i>Laurelia sempervirens</i>	375.0	17.7	14.5	66.8	33.40
Nonguen	BS	25	<i>Lithraea caustica</i>	300.0	23.1	24.6	45.5	22.73
Nonguen	BS	25	<i>Lomatia dentata</i>	475.0	12.2	14.4	29.5	14.76
Nonguen	BS	25	<i>Nothofagus obliqua</i>	125.0	37.8	26.8	141.6	70.80
Nonguen	BS	25	<i>Persea lingue</i>	200.0	11.0	14.0	10.1	5.06
Nonguen	BS	32	<i>Acacia melanoxylon</i>	25.0	60.0	30.0	62.3	31.14
Nonguen	BS	32	<i>Aextoxicon punctatum</i>	50.0	6.8	6.5	0.9	0.46
Nonguen	BS	32	<i>Azara integrifolia</i>	50.0	9.3	7.5	1.1	0.56
Nonguen	BS	32	<i>Cryptocarya alba</i>	550.0	11.5	10.6	28.7	14.35
Nonguen	BS	32	<i>Lithraea caustica</i>	25.0	11.5	8.0	1.2	0.60
Nonguen	BS	32	<i>Luma apiculata</i>	75.0	6.8	7.0	2.0	1.00
Nonguen	BS	32	<i>Nothofagus obliqua</i>	375.0	28.8	17.9	163.2	81.62
Nonguen	BS	32	<i>Peumus boldus</i>	125.0	6.6	5.8	1.6	0.78
Nonguen	BS	32	<i>Podocarpus salignus</i>	375.0	13.7	12.1	33.5	16.76
Nonguen	BS	23	<i>Aextoxicon punctatum</i>	300.0	11.6	12.3	20.0	10.02
Nonguen	BS	23	<i>Azara integrifolia</i>	75.0	14.0	12.3	3.5	1.77
Nonguen	BS	23	<i>Cryptocarya alba</i>	200.0	14.7	13.5	16.0	8.00
Nonguen	BS	23	<i>Gevuina avellana</i>	75.0	10.2	11.7	2.6	1.28
Nonguen	BS	23	<i>Laurelia sempervirens</i>	125.0	26.6	24.0	54.9	27.46
Nonguen	BS	23	<i>Lomatia dentata</i>	25.0	12.5	12.0	1.1	0.55
Nonguen	BS	23	<i>Nothofagus obliqua</i>	125.0	44.3	26.8	152.3	76.15

Nonguen	BS	23	<i>Persea lingue</i>	325.0	15.9	13.9	46.0	22.98
Nonguen	BS	23	<i>Caldcluvia paniculata</i>	25.0	13.5	12.0	1.5	0.73
Nonguen	BS	24	<i>Aextoxicon punctatum</i>	725.0	12.1	12.7	64.8	32.40
Nonguen	BS	24	<i>Azara integrifolia</i>	100.0	10.0	10.5	2.6	1.28
Nonguen	BS	24	<i>Cryptocarya alba</i>	25.0	23.0	16.0	4.0	2.02
Nonguen	BS	24	<i>Laurelia sempervirens</i>	150.0	15.6	14.0	16.3	8.17
Nonguen	BS	24	<i>Luma apiculata</i>	100.0	12.1	12.3	7.1	3.57
Nonguen	BS	24	<i>Nothofagus obliqua</i>	225.0	39.1	20.2	181.2	90.59
Nonguen	BS	24	<i>Persea lingue</i>	25.0	18.0	6.0	1.5	0.77
Nonguen	BS	24	<i>Peumus boldus</i>	25.0	7.0	7.0	0.3	0.17
Nonguen	BS	24	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	50.0	6.0	6.0	0.6	0.28
Nonguen	BS	24	<i>Citronella mucronata</i>	25.0	9.0	11.0	0.4	0.19
Nonguen	BS	24	<i>Podocarpus salignus</i>	75.0	18.2	14.7	11.1	5.53
Nonguen	BS	33	<i>Aextoxicon punctatum</i>	100.0	11.8	9.5	8.4	4.21
Nonguen	BS	33	<i>Cryptocarya alba</i>	75.0	9.5	11.7	2.0	1.01
Nonguen	BS	33	<i>Gevuina avellana</i>	350.0	10.2	8.8	12.9	6.47
Nonguen	BS	33	<i>Lomatia dentata</i>	100.0	7.6	8.0	1.6	0.81
Nonguen	BS	33	<i>Nothofagus obliqua</i>	450.0	33.3	15.8	277.1	138.53
Nonguen	BS	33	<i>Persea lingue</i>	175.0	13.3	10.9	11.0	5.51
Nonguen	BS	33	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	25.0	7.0	6.0	0.3	0.17
Nonguen	BS	33	<i>Citronella mucronata</i>	75.0	22.8	14.0	19.3	9.63
Nonguen	BS	33	<i>Podocarpus salignus</i>	450.0	12.6	10.2	36.7	18.33
Nonguen	BS	29	<i>Aextoxicon punctatum</i>	50.0	9.0	11.0	1.7	0.85
Nonguen	BS	29	<i>Azara integrifolia</i>	175.0	9.5	10.3	4.0	2.02
Nonguen	BS	29	<i>Gevuina avellana</i>	50.0	8.8	9.5	1.0	0.51
Nonguen	BS	29	<i>Lithraea caustica</i>	200.0	12.7	8.9	13.5	6.77
Nonguen	BS	29	<i>Lomatia dentata</i>	75.0	10.0	11.7	2.3	1.15
Nonguen	BS	29	<i>Luma apiculata</i>	100.0	8.6	9.0	2.1	1.03
Nonguen	BS	29	<i>Nothofagus obliqua</i>	400.0	26.7	13.6	156.6	78.29
Nonguen	BS	29	<i>Persea lingue</i>	125.0	10.6	9.8	4.4	2.18
Nonguen	BS	29	<i>Citronella mucronata</i>	125.0	18.4	13.0	20.0	9.99
Nonguen	BS	29	<i>Podocarpus salignus</i>	200.0	13.0	11.8	16.6	8.28
Nonguen	BS	39	<i>Acacia melanoxylon</i>	50.0	25.5	21.0	16.9	8.43
Nonguen	BS	39	<i>Aextoxicon punctatum</i>	225.0	8.3	11.6	6.8	3.38
Nonguen	BS	39	<i>Gevuina avellana</i>	25.0	15.5	14.0	1.8	0.91
Nonguen	BS	39	<i>Laurelia sempervirens</i>	150.0	15.1	14.2	15.8	7.89
Nonguen	BS	39	<i>Lomatia dentata</i>	225.0	13.2	14.8	13.4	6.71
Nonguen	BS	39	<i>Nothofagus obliqua</i>	150.0	31.8	23.7	92.4	46.21
Nonguen	BS	44	<i>Aextoxicon punctatum</i>	25.0	10.5	10.0	1.2	0.59
Nonguen	BS	44	<i>Cryptocarya alba</i>	275.0	12.5	11.5	14.1	7.04

Nonguen	BS	44	<i>Nothofagus obliqua</i>	750.0	24.5	17.0	230.3	115.16
Nonguen	BS	44	<i>Podocarpus salignus</i>	400.0	13.5	13.3	35.2	17.60
Nonguen	BM	1	<i>Acacia melanoxylon</i>	25.0	41.0	20.0	19.5	9.74
Nonguen	BM	1	<i>Cryptocarya alba</i>	175.0	14.1	10.6	28.8	14.42
Nonguen	BM	1	<i>Gevuina avellana</i>	75.0	5.3	11.0	0.8	0.39
Nonguen	BM	1	<i>Laurelia sempervirens</i>	100.0	8.3	10.3	2.7	1.35
Nonguen	BM	1	<i>Nothofagus obliqua</i>	25.0	60.0	25.0	49.0	24.52
Nonguen	BM	1	<i>Persea lingue</i>	100.0	14.3	15.8	9.0	4.50
Nonguen	BM	1	<i>Persea lingue</i>	25.0	5.0	6.0	0.1	0.06
Nonguen	BM	1	<i>Pinus radiata</i>	50.0	56.3	22.5	54.5	27.25
Nonguen	BM	2	<i>Acacia melanoxylon</i>	1000.0	10.6	11.2	55.8	27.92
Nonguen	BM	2	<i>Aextoxicon punctatum</i>	50.0	24.3	18.0	19.1	9.54
Nonguen	BM	2	<i>Azara integrifolia</i>	25.0	5.0	8.0	0.2	0.11
Nonguen	BM	2	<i>Cryptocarya alba</i>	25.0	54.0	24.0	38.0	18.99
Nonguen	BM	2	<i>Persea lingue</i>	275.0	9.5	11.0	10.1	5.03
Nonguen	BM	2	<i>Peumus boldus</i>	50.0	5.5	6.5	0.4	0.21
Nonguen	BM	2	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	25.0	12.0	7.0	0.8	0.41
Nonguen	BM	2	<i>Eucaliptus nitens</i>	400.0	29.4	16.8	176.5	88.27
Nonguen	BM	2	<i>Laurelia sempervirens</i>	200.0	14.9	13.8	21.2	10.60
Nonguen	BM	3	<i>Acacia melanoxylon</i>	450.0	12.9	10.4	34.8	17.42
Nonguen	BM	3	<i>Azara integrifolia</i>	50.0	7.8	7.5	0.8	0.41
Nonguen	BM	3	<i>Gevuina avellana</i>	275.0	9.0	7.5	6.6	3.31
Nonguen	BM	3	<i>Laurelia sempervirens</i>	525.0	11.7	9.7	45.8	22.90
Nonguen	BM	3	<i>Nothofagus obliqua</i>	50.0	66.0	30.0	127.6	63.78
Nonguen	BM	3	<i>Persea lingue</i>	725.0	7.9	8.1	13.3	6.66
Nonguen	BM	3	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	75.0	6.7	5.0	1.0	0.49
Nonguen	EA	1	<i>Acacia melanoxylon</i>	8500.0	8.4	15.0	316.2	158.08
Nonguen	EA	1	<i>Pinus radiata</i>	300.0	20.3	15.0	41.5	20.77
Nonguen	EA	3	<i>Acacia melanoxylon</i>	3800.0	11.1	11.0	175.4	87.69
Nonguen	EA	3	<i>Aextoxicon punctatum</i>	150.0	7.8	7.8	4.0	2.01
Nonguen	EA	3	<i>Cryptocarya alba</i>	50.0	10.8	11.5	1.7	0.87
Nonguen	EA	3	<i>Luma apiculata</i>	25.0	6.5	6.0	0.6	0.31
Nonguen	EA	3	<i>Nothofagus obliqua</i>	100.0	40.4	15.3	83.0	41.48
Nonguen	EA	3	<i>Persea lingue</i>	50.0	6.0	7.0	0.4	0.20
Nonguen	EA	4	<i>Acacia melanoxylon</i>	5450.0	9.8	11.7	208.0	104.00
Nonguen	EA	4	<i>Pinus radiata</i>	25.0	18.0	16.0	2.5	1.25
Nonguen	PA	1	<i>Acacia melanoxylon</i>	125.0	8.6	12.2	3.5	1.73
Nonguen	PA	1	<i>Eucalyptus globulus</i>	50.0	10.0	12.5	2.2	1.12
Nonguen	PA	1	<i>Pinus radiata</i>	650.0	32.8	22.5	272.3	136.13
Nonguen	PA	2	<i>Aextoxicon punctatum</i>	75.0	9.3	13.0	2.7	1.37

Nonguen	PA	2	Cryptocarya alba	25.0	10.0	12.0	0.7	0.35
Nonguen	PA	2	Lithraea caustica	125.0	18.4	9.1	13.3	6.63
Nonguen	PA	2	Nothofagus obliqua	75.0	24.7	14.3	24.0	11.98
Nonguen	PA	2	Persea lingue	25.0	10.0	6.0	0.5	0.24
Nonguen	PA	2	Pinus radiata	525.0	23.2	13.0	93.4	46.70
Nonguen	PA	4	Acacia melanoxylon	5150.0	9.6	11.4	193.3	96.63
Nonguen	PA	4	Eucalyptus globulus	1125.0	11.8	11.4	91.3	45.65
Nonguen	PA	4	Nothofagus obliqua	25.0	8.0	10.0	0.2	0.12
Nonguen	PJ	2	Cryptocarya alba	75.0	5.3	5.7	0.7	0.36
Nonguen	PJ	2	Nothofagus obliqua	200.0	11.8	11.5	10.3	5.13
Nonguen	PJ	2	Persea lingue	75.0	6.3	7.0	0.7	0.35
Nonguen	PJ	2	Pinus radiata	1575.0	17.7	14.3	186.1	93.05
Nonguen	PJ	3	Acacia melanoxylon	1075.0	11.2	9.8	46.4	23.20
Nonguen	PJ	3	Aristotelia chilensis	25.0	5.0	8.0	0.2	0.11
Nonguen	PJ	3	Eucalyptus globulus	200.0	11.4	10.5	16.7	8.35
Nonguen	PJ	3	Pinus radiata	325.0	33.1	13.7	101.0	50.51
Nonguen	PJ	4	Acacia melanoxylon	2075.0	8.1	11.0	57.2	28.61
Nonguen	PJ	4	Eucalyptus globulus	1000.0	8.1	11.5	30.0	14.99
Nonguen	PJ	4	Pinus radiata	100.0	31.0	16.0	29.2	14.60
Nonguen	PJ	7	Acacia melanoxylon	2850.0	11.1	11.9	147.1	73.56
Nonguen	PJ	7	Eucalyptus globulus	675.0	13.3	13.0	77.4	38.71