



APUNTE

Manejo forestal sustentable y biodiversidad.

Roberto Ipinza^{1*}, Santiago Barros², Carmen Luz de la Maza Asquet³, Julio Torres Cuadros⁴ & Paola Jofré Filgueira⁵

¹Instituto Forestal, sede Los Ríos. robertoipinza@infor.cl

²Instituto Forestal, sede Metropolitana. Gerencia de Investigación y Desarrollo

³Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza

⁴Colegio de Ingenieros Forestales, Santiago

⁵Consultora, Canadá.

*Autor de correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.586>

Recibido: 10.01.2023; Aceptado 01.03.2023

RESUMEN

Se presenta un documentado análisis respecto de las plantaciones forestales y los bosques nativos, el manejo forestal sostenible y las relaciones de estos recursos forestales con la biodiversidad, y se hace una revisión de la posible adecuación de diversas técnicas silvícolas para su manejo orientadas a favorecer la biodiversidad.

El análisis indica que las plantaciones nunca deben sustituir bosques nativos, sin embargo, si se compara plantaciones bajo manejo sostenible establecidas en suelos forestales desarbolados y degradados por incendios y malas prácticas del pasado con la situación previa de esos terrenos, las plantaciones favorecen la biodiversidad y la silvicultura dispone de herramientas para asegurar este efecto.

En cuanto a los bosques nativos, gran parte de la superficie de estos es considerada comercial y se puede aplicar manejo forestal sostenible en esta sin comprometer la biodiversidad y generando recursos madereros y no madereros de gran importancia para las comunidades rurales, dado que parte muy importante de estos recursos está en manos de pequeños y medianos propietarios

Palabras clave: Plantaciones forestales. Bosques nativos. Biodiversidad, Manejo forestal sostenible.

SUMMARY

A documented analysis is presented regarding to planted forest and native forests, sustainable forest management and the relationships of these forest resources with biodiversity, and a review is made of the possible adequacy of silvicultural techniques for their management aimed at favoring the biodiversity.

The analysis indicates that plantations should never replace native forests, however, if plantations under sustainable management established on deforested and degraded forest lands due to fires and bad practices of the past are compared with the previous situation of those lands, the plantations favor biodiversity and forestry has tools to ensure this effect.

Regarding to native forests, a large part of their surface is considered commercial and sustainable forest management can be applied in it without compromising biodiversity and generating timber and non-timber resources of great importance for rural communities, given that a very important part of these resources is in the hands of small and medium landowners

Keywords: Forest Plantations. Native Forests. Biodiversity. Sustainable forest management.

PLANTACIONES FORESTALES Y BIODIVERSIDAD

Las plantaciones forestales o bosques plantados se definen como aquellos bosques establecidos por siembra o plantación para lograr mayoritariamente objetivos económicos, tales como la producción de madera, pulpa textil, papel y otros bienes derivados. Sin embargo, las plantaciones también son establecidas para otros fines como la protección del suelo para evitar la erosión, la regulación del ciclo hidrológico y el secuestro de carbono (Carnus *et al.*, 2006).

De acuerdo con la evaluación de los recursos forestales de FAO (2020) las plantaciones abarcan 294 millones de hectáreas y representan el 7% de la cubierta forestal mundial que asciende a 4.060 millones de hectáreas.

FAO distingue entre plantaciones forestales y otros bosques plantados. Las primeras corresponden a cultivos bajo manejo intensivo, compuestos por una o dos especies coetáneas, establecidas a un distanciamiento regular y principalmente con fines productivos. Estas plantaciones ascienden a 132 millones de hectáreas, lo que corresponde al 3% de la cobertura forestal mundial, el 55% de toda la cobertura de plantaciones corresponde a especies nativas y solo el 45% son plantaciones exóticas.

En esta última categoría se encontrarían los 2,3 millones de hectáreas de plantaciones existentes en Chile en la actualidad, de las cuales solo 1,5 millones de hectáreas son responsable de US\$ 6.000 millones de dólares anuales por concepto de exportación de madera y derivados.

Otros bosques plantados en tanto, corresponden según FAO (2020) a 162 millones de hectáreas, que ascienden al 55% de la cubierta forestal establecida mediante forestación. Se trata de bosques que no están bajo manejo intensivo y en la madurez se asemejan a bosques naturales. El propósito de estos bosques productivos puede ser la restauración y la protección de suelo y agua, o bien servir de reservorio de biodiversidad y de carbono.

A nivel mundial, la superficie de plantaciones forestales se ha incrementado en las últimas décadas, mientras que la superficie de los bosques naturales ha disminuido, aunque la tasa global de pérdida de bosques ha decrecido de 7,8 millones hectáreas anuales en la década de los 90 a 4,7 millones hectáreas anuales entre 2010 y 2020.

La principal causa de pérdidas de bosques naturales es la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas, al igual que en otros países, en Chile estas actividades cambiaron la cobertura de las especies forestales nativas, impactaron la biodiversidad y simplificaron el paisaje, con la consiguiente pérdida de provisión de algunos servicios ecosistémicos (Messier *et al.*, 2015).

El aumento de la frontera agrícola y ganadera en Aysén de acuerdo a Martinic (2005) se realizó a través de incendio intencionales, se quemaron 2,8 millones de hectáreas, fundamentalmente de lenga (*Nothofagus pumilio*).

En la actualidad los incendios que afectan las plantaciones y el bosque nativo siguen ocurriendo, y el patrón de causalidad humana es el que prevalece, siendo los incendios de la Reserva Nacional de Malleco, China Muerta, la tormenta de fuego del 2017 y los recientes del verano del 2023 entre otros los que continúan exponiendo a los suelos al cáncer de la erosión y a la pérdida de la diversidad biológica.

En Chile, en las últimas décadas la sustitución de plantación ha sido marginal, ya que las certificaciones de manejo forestal sustentable (FCS (*Forest Stewardship Council*) y PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) a las que están adscritas el 100% de las grandes empresas forestales y un porcentaje no despreciable de medianos y pequeños productores, tienen prohibiciones al respecto.

Sin embargo, la sociedad no recuerda que las plantaciones se realizaron mayoritariamente en terrenos antes habilitados para agricultura o ganadería y posteriormente abandonados por estos usos de la tierra. Este fenómeno ha sido caracterizado por Diamond (2016) que lo ha definido como "Amnesia del paisaje".

No obstante, las sustituciones de bosques naturales en el mundo han generado un creciente cuestionamiento sobre la sostenibilidad de una estrategia de desarrollo forestal global basada en plantaciones. Se plantean sus impactos sobre la biodiversidad (Stephens y Wagner, 2007), pero también se cuestionan aquellas estrategias que buscan incrementar la captura de carbono a través de una la forestación con fines comerciales (Lewis *et al.*, 2019).

Aquellos estudios, como el de Lewis *et al.* (2019), afirmando que una estrategia basada en restauración de bosques es la mejor para capturar carbono, sometiendo a estos bosques a una moratoria indefinida de intervenciones, han llevado también a sostener que el manejo forestal es innecesario o incluso negativo, reduciendo la biodiversidad y alterando ecosistemas que han sobrevivido por miles de años sin la necesidad de la intervención humana.

Aseveraciones como esta son sumamente preocupantes, ya que desconocen todos los beneficios del manejo forestal sostenible y la urgencia de manejar bosques que actualmente se encuentran degradados por intervenciones inadecuadas en el pasado.

Duflot *et al.* (2022), sugieren que aumentar la diversidad del manejo forestal representa un enfoque de distribución de riesgos para la adaptación al cambio global y, por lo tanto, es probablemente un objetivo razonable para el avance de la silvicultura sostenible.

Este debate se ha dado en Chile respecto a los bosques naturales, los que son percibidos como ecosistemas que no requieren manejo, que deben cumplir exclusivamente objetivos de conservación y que los retornos económicos para sus dueños deben provenir solo de la generación de servicios ecosistémicos no extractivos. Para los bosques nativos no existe un incentivo adecuado para su manejo forestal, luego son abandonados por sus propietarios y ahí comienza un nuevo ciclo de la destrucción.

Esta percepción general negativa hacia el manejo forestal de bosques naturales también se extiende a la gestión productiva de suelos descubiertos a través de plantaciones forestales, las que en su modalidad de cultivos intensivamente manejados son considerados “desiertos biológicos” o “desiertos verdes” (Horák *et al.*, 2019) por ciertos grupos que desconocen sus aportes.

Pese a esta creciente percepción, Hartley, 2002 (citado por Stephens & Wagner, 2007) señala que escaso trabajo se ha desarrollado para establecer vínculos entre el manejo forestal y supuestos impactos negativos sobre, por ejemplo, la biodiversidad.

Además, no se tiene conciencia que el cambio climático actúa de dos formas sobre las poblaciones naturales y exóticas, en primer lugar, debilita las poblaciones y las predispone al ataque de plagas y enfermedades forestales y, en segundo lugar, el aumento de la temperatura y el déficit hídrico crean las condiciones propicias para los incendios forestales.

La biodiversidad, en sus aspectos conceptuales y de compromisos nacionales e internacionales de la biodiversidad y los bosques, como también de los niveles de cumplimiento de las metas comprometidas o establecidas por Chile, puede verse en detalle en Ipinza *et al.* (2021). El presente trabajo tiene que ver con la funcionalidad entre los bosques plantados y la biodiversidad.

Biodiversidad en Plantaciones Forestales: ¿Qué se Debe Comparar?

Las discrepancias sobre el valor ambiental o ecológico de las plantaciones forestales se deben en parte a las metodologías utilizadas. En efecto, el impacto sobre la biodiversidad de las plantaciones forestales dependerá de la comparación que se haga (Brockhoff *et al.*, 2008).

Distintos estudios han planteado la interrogante respecto a si las comparaciones que actualmente se realizan son las adecuadas. Mayoritariamente las comparaciones para evaluar la biodiversidad en plantaciones se realizan contrastando sus valores con bosques naturales.

Este es el caso, por ejemplo, de la mayoría de las evaluaciones que se realizan en Chile, tanto para biodiversidad, como para otras variables como suelo y agua (Heilmayr *et al.*, 2020; Álvarez-Garretón *et al.*, 2019; Little *et al.*, 2009).

Parecería más adecuado comparar los valores medidos en una plantación forestal con aquellos evaluados en la situación previa al establecimiento de dicha plantación, o bien comparar el desempeño de las plantaciones, por ejemplo, biodiversidad, con un uso alternativo del suelo, como puede ser el aprovechamiento agrícola de este.

Es claro que reemplazar bosques naturales con plantaciones tiene impactos negativos sobre la biodiversidad. Sin embargo, debe ser igualmente claro que las plantaciones establecidas en terrenos descubiertos o degradados tendrán positivos impactos sobre la biodiversidad.

Este también es el caso chileno, respecto a la gran mayoría de la superficie que se forestó desde la década del setenta. Sin embargo, son escasos los estudios que comparan la situación de la biodiversidad en plantaciones forestales de pino o eucalipto contra la situación de los suelos degradados a principios de la misma década. El marco de comparación, en este caso, evidentemente es importante.

En aquellos estudios que comparan plantaciones forestales con bosques naturales, 57% reporta impactos negativos sobre la biodiversidad. Sin embargo, en aquellos estudios en que se comparan las plantaciones con otros usos del suelo, el 50% muestra impactos positivos sobre la misma variable (Stephens & Wagner, 2007).

Los mismos autores concluyen, luego de un meta-análisis de diversos estudios comparativos, que la mayoría de los autores evalúan la capacidad de las plantaciones de albergar mayor o menor biodiversidad comparándolas con bosques naturales y muy pocos estudios comparan plantaciones forestales de especies exóticas con otros ecosistemas naturales como praderas, o incluso con otros usos del suelo como es la agricultura. La comparación más apropiada sería, sin duda, contrastar la biodiversidad en plantaciones con el uso del suelo que dichas plantaciones reemplazan.

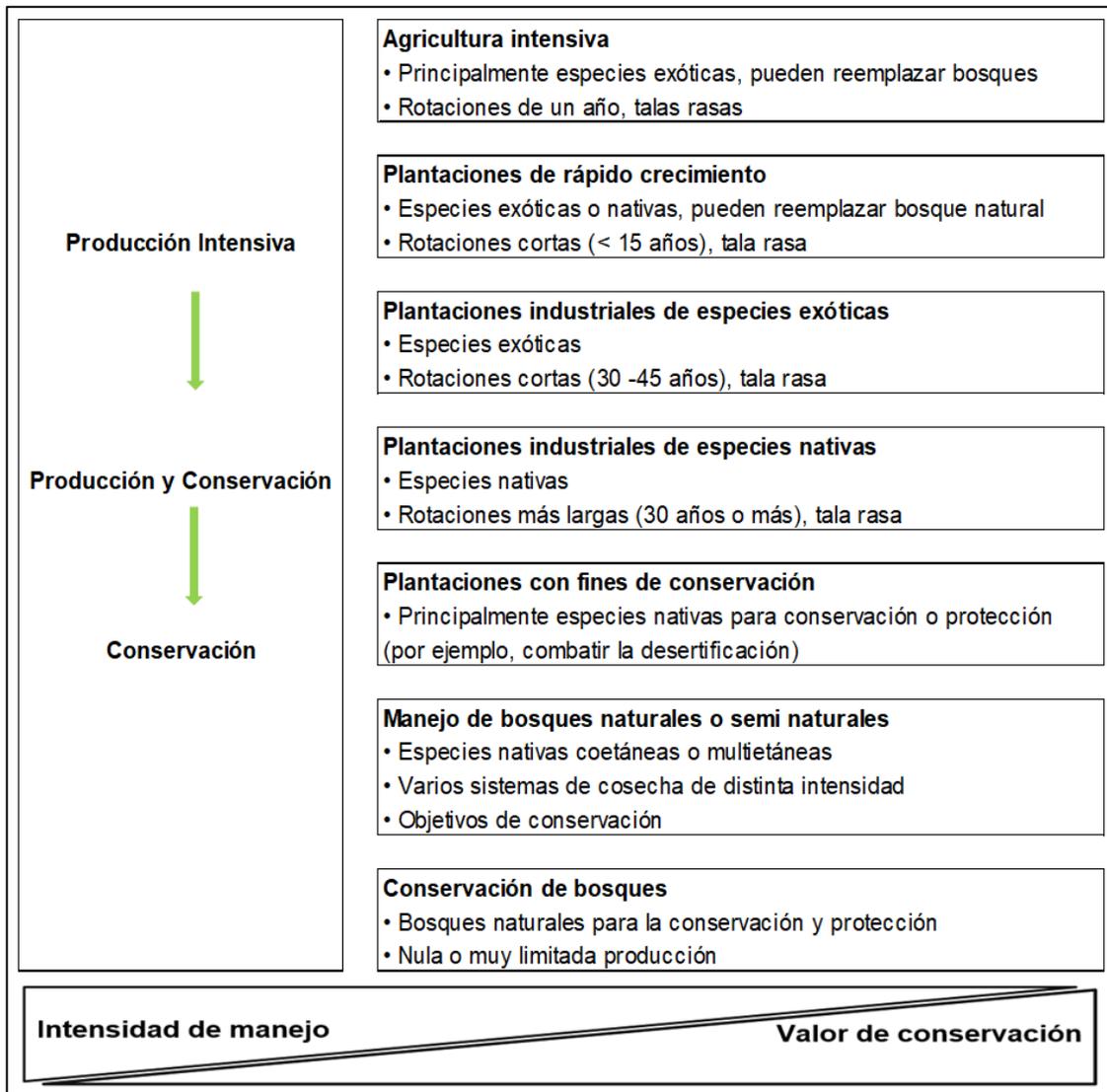
Brocknerhoff *et al.* (2008) señalan que las plantaciones se comparan favorablemente en términos de reservorio de biodiversidad con la mayoría de los otros usos del suelo con fines productivos. A través de todo el gradiente de intensidades de manejo, desde cultivos altamente intensivos hasta objetivos de conservación las plantaciones forestales presentan más altos valores de conservación que usos agrícolas.

El mismo autor señala que la comparación de las plantaciones establecidas sobre terrenos abandonados por la agricultura es un más apropiado parámetro de comparación que hacerlo contra bosques naturales (Figura 1).

En consecuencia, para una adecuada comparación cobra importancia determinar cuál es el uso anterior del suelo en que se han establecido las plantaciones forestales. En el caso chileno, esta información no es del todo clara. La sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales presenta distintas cifras dependiendo del estudio que se revise, aunque todos los estudios presentan cifras que varían entre un 10 a un 20% de la superficie actual de plantaciones. Es decir, entre 250 a 500 mil hectáreas sustituidas en un período de 40 años.

Prado (2015) realiza igual planteamiento respecto a la importancia del conocimiento del uso anterior del suelo para realizar una correcta comparación. Señala que el impacto de las plantaciones forestales sobre la diversidad biológica es absolutamente relativo, dependiendo, entre otros aspectos, de la situación previa a la plantación, de las especies plantadas, del manejo realizado y de la vegetación vecina. Si la plantación se establece sustituyendo un bosque nativo sin duda que la diversidad biológica se verá seriamente afectada. Por el contrario, si las plantaciones se establecen en tierras que fueron degradadas por décadas o siglos de prácticas agrícolas no sustentables, la situación es radicalmente distinta. Prado (2015) indica que, en este último caso, todos los estudios coinciden en que las plantaciones forestales

incrementan la diversidad de especies, especialmente si dichas plantaciones se manejan permitiendo la entrada de luz.



(Fuente: Modificado de Brockerhoff *et al.*, 2008).

Notar que las plantaciones forestales no pueden ser claramente asignadas a ninguna de las categorías. Algunas plantaciones sirven a múltiples propósitos, incluyendo producción, protección y conservación en el mismo suelo. La categorización también es difícil para bosques europeos que han sido establecidos como bosques puros siglos atrás y que han llegado a ser más diversos por procesos naturales

Figura 1. Modelo conceptual del valor relativo de conservación de las plantaciones forestales en relación a bosques de conservación y usos de suelo agrícola

Pérdida de Biodiversidad en Chile Debido a Plantaciones Forestales

Prado (2015) indica que existe una gran cantidad de estudios sobre la sustitución de bosque nativo por plantaciones en Chile, con resultados muy diversos. Según el autor, una fuente de información muy reciente sobre la sustitución de bosque nativo por plantaciones la constituye el Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Sector Silvoagropecuario, que presenta la superficie de sustitución por regiones en el período 1990-2010 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie de bosque y matorral nativo convertida a plantaciones forestales por región (1990-2010)

| Región | Superficie (ha) |
|---------------|-----------------|
| Valparaíso | 2.650 |
| Metropolitana | 56 |
| O'Higgins | 4.978 |
| Maule | 6.586 |
| Biobío | 26.948 |
| La Araucanía | 49.420 |
| Los Ríos | 53.498 |
| Los Lagos | 9.624 |
| Aysén | 3.600 |
| Magallanes | 0 |
| Total | 157.360 |

(Fuente: Prado, 2015)

Utilizando otros estudios realizados para distintos períodos, Prado (2015) llega a un cuadro general de sustitución de bosque nativo por plantaciones para el período 1974-2010 que asciende a 262.967 hectáreas (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Sustitución de bosque y matorral nativo por plantaciones forestales (1975-2010)

| Período (Años) | Superficie (ha) | Fuente / Período Cubierto | |
|----------------|-----------------|---------------------------|-------------|
| 1975 - 1984 | 39.024 | CONAF (1998) | 1974 - 1994 |
| 1985 - 1989 | 66.583 | BCCh – CONAF (2001) | 1985 - 1994 |
| 1990 - 2010 | 157.360 | LECB Chile (2014) | 1990 - 2010 |
| Total | 262.967 | | |

(Fuente: Prado; 2015)

Esta cifra corresponde aproximadamente al 10% de toda la superficie plantada en el período, lo que es consistente con otros estudios realizados.

Se debe tener presente también lo mencionado anteriormente respecto de que gran parte de esta superficie corresponde a terrenos con bosques naturales anteriormente despejados para actividades agrícolas y ganaderas, años después abandonados por estas y luego plantados.

La pérdida y el deterioro de la biodiversidad es un proceso global, impulsado por factores directos, como el crecimiento demográfico, la eficiencia en el uso de recursos y el consumo, e indirectos, como la urbanización, el crecimiento de sectores productivos, la demanda hídrica y energética, entre otros. Esto habría significado una merma del orden del 58% en la biodiversidad planetaria (WWF, 2016) entre los años 1970 y 2012.

Chile no está ajeno a esta realidad, pues ha experimentado procesos de pérdida y deterioro importantes a nivel de especies y ecosistemas, en el ámbito terrestre la mitad de los ecosistemas presentan algún grado de amenaza (BIOFIN Chile, 2017).

Miranda *et al.* (2017) plantean que la mayor pérdida neta de bosques se observó en el período 1970-1990. Esta disminuyó en el período 1990-2000 y volvió a aumentar en el período 2000-2010. Este resultado revelaría una pérdida continua de bosques en los últimos 40 años. La conversión de bosque

nativo en matorrales sería la contribuyente más importante a la pérdida neta de bosque nativo y representa el 45% de la pérdida. Sin embargo, no hay que olvidar que las mayores pérdidas ocurren entre los años 1850 y 1950 con la quema de bosques para realizar agricultura y ganadería.

Contrariamente a lo aseverado por Miranda *et al.* (2017), Barros *et al.* (2022), revisando las cifras dadas por los Anuarios Forestales de INFOR sobre la superficie de bosque nativo, que están basadas en la información que entrega anualmente el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile con las periódicas actualizaciones que realiza CONAF, indican que en el período 2000-2010 la superficie de bosques nativos en el país se ha incrementado en 196.000 ha, entre 2010 y 2020 en 1.066.000 ha, y de acuerdo a la última cifra entregada por CONAF, para el 2021 en comparación con 2020 hay otro aumento de 72.000 ha (<https://www.conaf.cl>). En consecuencia, en los últimos 21 años la superficie de este recurso a aumentado en 1.334.000 ha.

Barros *et al.* (2022) mediante un análisis de cifras similar, esta vez respecto del consumo de madera para fines industriales en igual período, indican que en el año 2000 los bosques nativos entregaron 1,5 millones de metros cúbicos, cifra que en los años siguientes se redujo drásticamente y en 2020 alcanzó a solo 130 mil metros cúbicos, cifra que representa el 0,3% del consumo de madera del año. Esto indica que prácticamente la totalidad de la madera consumida con fines industriales es provista por las plantaciones forestales de pino, eucaliptos y otras especies.

Santibañez y Royo (2002) indican que desde la zona centro norte hasta la zona sur, las principales causas atribuidas históricamente a la pérdida de ecosistemas han sido la agricultura intensiva, el uso de vegetación para leña, el sobrepastoreo, los incendios forestales y las plantaciones con especies exóticas. Muchas de estas causas han disminuido, pero otras persisten.

Los mismos autores comentan que desde 1997 en adelante la frontera agrícola no ha crecido significativamente en Chile y la masa ganadera bovina ha disminuido en un 40%, según los Censos Agropecuarios 1997 y 2007¹ y posteriores encuestas ganaderas de INE (Instituto Nacional de Estadística), por lo que, en términos generales, la presión de este sector sobre la biodiversidad se debería haber estabilizado. Sin embargo, en materia de incendios forestales se ha presentado un aumento importante en cuanto a superficie afectada por año.

Pese a todas estas amenazas sobre los bosques, Chile es uno de los pocos países en el mundo que ha incrementado su cubierta forestal en las últimas décadas. Uribe y Estades (2010) sugieren que en Chile las plantaciones de pino (*Pinus radiata*) distribuidas principalmente entre las regiones del Maule y Biobío, zonas que forman parte de lo que ha sido catalogado como *hotspot* mundial de biodiversidad, muestran evidencias crecientes de que albergan a un número significativo de especies animales, incluyendo vertebrados e invertebrados, luego el papel de estos bosques plantados en la conservación de la biodiversidad no ha sido analizado adecuadamente.

CERTIFICACIÓN FORESTAL Y BIODIVERSIDAD

En relación con el cultivo y manejo de los bosques, tanto nativos como plantados, las empresas chilenas se han acogido a sellos de certificación forestal, ya sea bajo el *Forest Stewardship Council* (FSC) o el *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC), ambos orientados al Manejo Sustentable de los bosques y la protección de sus funciones, hábitats y biodiversidad. Estas acciones voluntarias de privados, donde existe una serie de acuerdos, códigos de buenas prácticas y certificaciones, han tenido un impacto positivo sobre el uso de los recursos naturales, generando efectos significativos sobre las especies y sus hábitats.

Varios de los criterios que se consideran para la certificación de las plantaciones forestales involucran temas referidos a la biodiversidad. Tanto FSC como PEFC incorporan principios, criterios e indicadores en esta materia.

¹ <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26503>

FSC ha recibido diversas críticas por certificar monocultivos forestales con manejo intensivo. Es el caso de FSC Chile y la certificación del patrimonio de las dos principales empresas forestales, CMPC y Arauco.

FSC y la Biodiversidad en Plantaciones Forestales

El estándar para la certificación FSC de plantaciones forestales en Chile reúne los aspectos relativos a la biodiversidad en el Principio N°6: Impacto Ambiental (FSC, 2011).

PRINCIPIO 6: IMPACTO AMBIENTAL

Todo manejo forestal deberá conservar la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, los suelos, y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes. Al realizar estos objetivos, las funciones ecológicas y la integridad del bosque podrán ser mantenidas.

Este principio se complementa con cuatro criterios y dieciséis indicadores que abordan medidas para proteger las especies raras, amenazadas y en peligro de conservación; el establecimiento de zonas de protección y la mantención de las funciones biológicas de los ecosistemas, con énfasis en la sucesión de los bosques, la diversidad genética y la mantención de los ciclos naturales.

PEFC y la Biodiversidad en Plantaciones Forestales

En el caso del estándar de manejo forestal sustentable para plantaciones PEFC, actualizado el año 2016, los aspectos relativos a la biodiversidad están reunidos en el Principio N°4 (PEFC, 2016).

PRINCIPIO 4

El uso de los recursos forestales de la Unidad de Manejo Forestal (UMF) debe ser planificado y manejado de modo de favorecer la conservación de la biodiversidad, mantener la productividad del suelo y minimizar los impactos adversos en la calidad y cantidad de las aguas, considerando en particular las necesidades de las comunidades aguas abajo.

El principio se complementa con tres criterios y quince indicadores, en los que se aborda la protección de especies amenazadas (Criterio 4.1), el impacto de las operaciones sobre la biodiversidad y el paisaje (Criterio 4.2) y el impacto del manejo forestal sobre los ecosistemas (Criterio 4.3).

Ambos sellos de certificación abordan los aspectos relativos a la biodiversidad de manera comprehensiva y han permitido no solo un manejo silvícola que ha tendido a la reducción de impactos sobre la biodiversidad, sino también, de manera complementaria, a un levantamiento de información y monitoreo que apoya el desarrollo de investigaciones en el tema.

MODIFICACIONES SILVÍCOLAS PARA FOMENTAR LA BIODIVERSIDAD EN PLANTACIONES FORESTALES

Chaudhary *et al.* (2016), después de un meta análisis, donde se revisaron 287 estudios publicados que contenían 1008 comparaciones de riqueza de especies en bosques manejados y no manejados, concluyen que sería un error descartar o priorizar los regímenes de producción de madera, basándose únicamente en su clasificación de los impactos de la diversidad alfa (riqueza de especies locales).

La mayoría de las veces se piensa que la ordenación¹ forestal es incompatible con el mantenimiento de la biodiversidad, ya que los objetivos de la ordenación suelen estar dirigidos a un número limitado de especies de árboles. Por lo tanto, puede parecer razonable a primera vista plantear la hipótesis de que el manejo forestal invariablemente disminuye la diversidad del bosque.

¹ La ordenación forestal sostenible es "el proceso de manejar los bosques para lograr uno o más objetivos de ordenación claramente definidos con respecto a la producción de un flujo continuo de productos y servicios forestales deseados, sin reducir indebidamente sus valores inherentes ni su productividad futura y sin causar ningún efecto indeseable en el entorno físico y social".

Sin embargo, la biodiversidad vegetal de los ecosistemas forestales está determinada por algo más que las especies dominantes del dosel superior, otros estratos forestales también contribuyen a la diversidad. Además, los efectos del manejo forestal en los patrones y mecanismos de diversidad pueden variar considerablemente entre los tipos de ecosistemas y las técnicas de manejo (Gilliam & Roberts, 1995).

En este sentido, para que los bosques plantados contribuyan significativamente a la conservación de la biodiversidad en sus ecosistemas y sus funciones es preciso sugerir algunas estrategias específicas de manejo forestal (Zaninovich, 2017).

Atendiendo a las tendencias que existen en otros países sobre cómo mantener y mejorar aún más la biodiversidad en bosques plantados, Horák *et al.* (2019) establecen dos enfoques posibles:

-Aumentar la heterogeneidad de las especies arbóreas dentro de los rodales, es decir a una escala espacial de unas pocas hectáreas, lo cual es importante para el manejo forestal individual apropiado.

-Mantener la vegetación nativa dentro de la matriz de los bosques de plantación, es decir la escala espacial del paisaje, que es importante para el manejo forestal global.

Torras & Saura, (2008) consideran que se debe tener presente el tipo de bioindicador de biodiversidad a utilizar, como, por ejemplo, árboles de gran diámetro, abundancia de arbustos, riqueza de especies de arbustos, riqueza de especies de árboles y diversidad de especies de árboles. También hay que tener presente que las perturbaciones intermedias¹ producto de la acción del manejo forestal tienden a aumentar la diversidad de los bosques en ambientes mediterráneos. Los resultados de Torras & Saura (2008) muestran que los tratamientos de mejora del rodal, especialmente los raleos y podas, también tienen efectos positivos sobre los indicadores de biodiversidad. Es importante considerar que el manejo forestal también requiere una perspectiva del paisaje para mantener la biodiversidad (Franklin, 1993).

Si solo las perturbaciones intermedias ocurrieran en todo el paisaje, sin variabilidad en el tamaño, frecuencia o intensidad, entonces la diversidad a nivel del paisaje probablemente se reduciría porque las especies que dependen de las perturbaciones extremas serían eliminadas (Gilliam & Roberts, 1995).

Composición y Estructura. Hacia una Diversificación de las Plantaciones

Los cambios en la heterogeneidad espacial y temporal, como por ejemplo abrir copas junto con perturbaciones naturales en las plantaciones forestales o dejar madera muerta dentro de los rodales, a escala del paisaje pueden ayudar a restaurar la biodiversidad forestal (Horák *et al.*, 2014). Dejar parches naturales o seminaturales dentro de las plantaciones para que funcionen como islas de biodiversidad también puede ser una estrategia útil y los árboles más añosos y dispersos pueden ser de enorme importancia para retener la biodiversidad (Horák, 2017). A esta estrategia de conservación de la biodiversidad de organismos saproxílicos² conectada en corredores en la matriz productiva se la denomina “La Arteria de Biodiversidad Forestal” (Mason & Zapponi, 2015).

La diversificación en el número y tipo de especies es una de las aproximaciones más obvias para favorecer la biodiversidad en las plantaciones forestales. El establecimiento de una mayor diversidad de especies incrementará el rango de hábitats disponibles para la fauna (Brockerhoff *et al.*, 2008).

Medidas tendientes a una diversificación de la composición de las plantaciones, sin embargo, contrastan con la tendencia de las empresas forestales, especialmente las del hemisferio sur, a aplicar un modelo casi agrícola de producción de madera y pulpa, intensivo en manejo y simplificado en composición,

¹ Esta hipótesis sostiene que en ecosistemas maduros la presencia de perturbaciones intermedias permite mantener niveles de riqueza de especies y de biodiversidad mayores a los que habría en ausencia de dichas perturbaciones. En ausencia de perturbaciones solo sería posible encontrar especies especialistas, en tanto que perturbaciones pequeñas no tendrían efecto alguno sobre la biodiversidad y perturbaciones grandes una disminución de la misma debido a la drástica destrucción del hábitat.

² Los organismos saproxílicos son aquellos que dependen, durante parte de su ciclo vital, de la madera muerta o senescente de árboles moribundos o muertos (en pie o caídos), o de hongos de la madera o de la presencia de otros saproxílicos

generalmente con un avanzado desarrollo genético y cortas rotaciones. Este modelo, denominado “*tree farms* o *fibre farms*”, es el mayoritario en países como Chile y seguramente no será fácil transitar a un modelo que modifique la densidad o la composición actual de especies. Un argumento interesante de analizar es el planteado por [Charnley et al. \(2017\)](#), donde el manejo forestal del Servicio Forestal de EEUU parece tener una mayor resiliencia socio ecológica que otros actores del paisaje, en zonas de alta incidencia de incendios forestales.

Sin perjuicio de lo anterior, existen medidas que, sin modificar la composición monoespecífica de sus cultivos, permitirían mejorar los aportes que las plantaciones hacen a la biodiversidad. [Simonetti et al. \(2016\)](#) han estudiado el impacto de las plantaciones sobre la fauna y cómo lograr que contribuyan a conservar la biodiversidad y convertirse en hábitat alternativo para esta.

Los autores mencionados señalan que, en general, al reemplazar un bosque por una plantación forestal, tanto la riqueza de especies de vertebrados como su abundancia disminuyen, sin embargo, indican que existen casos en los cuales estas variables se mantienen o incluso aumentan en las plantaciones. Esta situación se presenta en aquellas plantaciones que poseen un sotobosque desarrollado, concluyendo que el sotobosque mejora las condiciones de las plantaciones como hábitat para la fauna.



(Fuente: [Carnus et al., 2006](#))

Figura 2. Contraste entre distintas prácticas de manejo del sotobosque en eucaliptos

En la **Figura 2** se observa distintas prácticas de manejo de sotobosque de dos plantaciones jóvenes de eucalipto (menos de diez años), que producen efectos diferenciales sobre la biodiversidad en plantaciones. En la izquierda se retiran hojas y ramas para utilizarlos como combustible, mientras que a la derecha, la recolección es excluida, permitiendo una abundante regeneración de flora nativa en el sotobosque ([Carnus et al., 2006](#)).

Raleo y Poda. [Pawson et al. \(2013\)](#) señalan que la reducción del raleo genera una disminución de la diversidad y composición de especies que conforman el sotobosque de una plantación. Respecto a la poda, señalan que en ciertas circunstancias puede afectar la biodiversidad, citando el ejemplo de Chile, señalando que rodales podados reducen la presencia de ramas muertas que favorecen la presencia de aves, como churrin del sur (*Scytalopus magellanicus* Fuscus) y el churrin grande (*Eugralla paradoxa*).

Rotación. Un incremento en la rotación ha sido recomendado como medida para mejorar la biodiversidad en plantaciones. Plantaciones adultas son colonizadas por una variedad de especies de sotobosque, las que a su vez entregan hábitats para la fauna.

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LAS ÁREAS PROTEGIDAS PÚBLICAS Y PRIVADAS DE CHILE

El concepto de área protegida data de cientos de años, no obstante, aunque originalmente fueron concebidas para conservar paisajes de belleza relevante y fauna emblemática, en la actualidad se espera que su conservación logre un conjunto grande y diverso de objetivos ambientales, sociales y económicos (CDB, 2011). Esta es considerada como la mejor y única estrategia para conservar la biodiversidad *in situ*, sin embargo, su financiamiento a nivel mundial y nacional es cada vez menor.

El movimiento moderno de conservación de parques nacionales y otras áreas protegidas tuvo sus inicios en el siglo XIX en Norte América, Australia, Europa y Sudáfrica, estableciéndose en lugares de rasgos naturales espectaculares para proteger fauna icónica, principalmente en terrenos con poco potencial para uso económico (Hendee & Dawson, 2009). A estas iniciativas de conservación no escapan los países sudamericanos y Chile también se une a esta corriente al establecer sus primeras reservas y parques nacionales a principios del siglo XX.

Áreas Protegidas Públicas

El establecimiento de las áreas protegidas en Chile está estrechamente vinculado al sector forestal, a las ciencias forestales y, principalmente, a la conservación de los bosques. La creación de reservas fiscales y de parques nacionales en su origen legal e institucional así lo indica. Aunque hubo alguna legislación para conservar territorios que protegiesen bosques y aguas a fines del siglo XVIII (Weber y Gutiérrez, 1985) y una activa labor de pioneros como Federico Albert, no fue hasta septiembre de 1907 que se dio un paso importante en la conservación ambiental, cuando mediante el decreto supremo N° 1.540 del Ministerio del Interior se estableció legalmente la Reserva Forestal Malleco, que es la primera unidad territorial con límites claros y definidos, y administrada por personal residente encargado de dicha función.

Durante los años siguientes y hasta 1913 fueron creadas las reservas forestales de Tirúa, Villarrica, Alto del Biobío, Llanquihue, Petrohué, Puyehue y Chiloé, con un total de 600.000 ha distribuidas entre Concepción y Puerto Montt (Pauchard & Villarroel, 2002). Cuando en 1925 se crea el Parque Nacional Benjamín Vicuña Mackenna, en la provincia de Cautín, Chile se convierte en uno de los primeros países de América Latina en establecer oficialmente un Parque Nacional. Aunque tuvo corta duración (cuatro años) sentó las bases para una toma de consciencia de conservar el patrimonio natural con fines de uso y bienestar público. Esto no fue obstáculo para que en 1926 se estableciera el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales, con una superficie de 135 mil hectáreas en la provincia de Llanquihue, unidad que se mantiene hasta hoy.

El Decreto Ley 4.363 de 1931, conocido como Ley de Bosques, otorgó al presidente de la República la facultad de establecer parques nacionales de turismo y reservas forestales. Hasta el año 1965 se habían establecido 26 parques nacionales con una superficie aproximada de 11,5 millones de hectáreas, entre ellos Archipiélago Juan Fernández y Rapa Nui (CIPMA, 2003). En el año 1966 se establecen cinco parques nacionales más, adicionando 111.000 ha, entre ellos Laguna de los Cisnes en Magallanes y Punta del Viento en Coquimbo. Además, ese mismo año se crearon cinco reservas forestales con 487.000 ha. Por lo que a esa época Chile ya contaba con 12,2 millones de hectáreas de superficie afecta al régimen de conservación oficialmente protegido por el Estado.

Un hito clave de apoyo gubernamental fue que en 1967 el gobierno de Chile ratificó la Convención de Washington de 1940, acuerdo internacional para la "Protección de la Flora, Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América". Posteriormente entre 1970 y 1974 se establecieron otros doce parques nacionales y tres reservas forestales, lo que constituyó el inicio de un activo proceso de adición de áreas silvestres protegidas, que culminaría con la creación del Sistema Nacional de Áreas protegidas del Estado (SNASPE) en 1984.

Cabe señalar que hasta la década de 1970 eran varios los organismos del Estado que podían crear y manejar áreas silvestres protegidas, siendo el más importante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En

esa misma década le fue asignada a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) la administración de casi todas las áreas protegidas del país. Sin embargo, no hubo una legislación que integrara todas las áreas en un sistema nacional hasta 1984, año en que se promulgó la Ley N° 18.362 que crea el SNASPE (Diario Oficial de Chile, 1984), aunque nunca entró formalmente en vigencia. Su objetivo fue organizar todas las áreas silvestres protegidas del país en un Sistema Nacional que tuviera el propósito común de proteger el patrimonio natural.

En la creación de este sistema se establece que estará integrado por cuatro categorías de manejo: Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas de Región Virgen. CONAF ha sido una institución muy relevante en la historia de la administración de las áreas silvestres protegidas del Estado en el ámbito de los ecosistemas terrestres. Fue creada como un órgano de derecho privado, sin fines de lucro y subordinado al Ministerio de Agricultura. Sus principales funciones son el fomento forestal, el combate y control de incendios forestales y la administración de áreas silvestres protegidas del Estado en el ámbito terrestre.

En etapas posteriores se fusionaron varios grupos de áreas protegidas entre sí y se desafectaron otras o parte de ellas sin afectar significativamente la superficie total del sistema. La activa adición de nuevos terrenos al sistema durante ese periodo se caracterizó porque estos se concentraron preferentemente en el extremo sur del país y se protegieron, en parte, suelos frágiles del sector de los canales, muy susceptibles de sufrir degradación por acción humana (CIPMA, 2003).

En el año 1983, CONAF llevó a cabo un proceso de reclasificación de categorías de manejo de sus unidades, ampliación de deslindes y desafectación de territorios de la condición de Parque Nacional, Reserva Nacional y Monumento Natural, ello con el propósito de mejorar no solo la representatividad ecológica, sino que también adecuar los conceptos de las categorías de manejo con las características naturales de las unidades.

En la actualidad, uno de los criterios que ha establecido CONAF para la creación de áreas silvestres protegidas es incorporar muestras representativas de la biodiversidad de Chile o mejorar su representación en el SNASPE, mediante diferentes orientaciones que entregan estudios científicos (CONAF, 2017). El sistema, eminentemente terrestre, hasta hoy es administrado por la Corporación, cuenta con 105 áreas protegidas distribuidas a lo largo y ancho de Chile con representatividad de gran parte de la biodiversidad del país, como son las zonas desérticas, las áreas naturales asociadas al patrimonio cultural, zonas de canales con glaciares y fiordos, bosques lluviosos del sur, cadenas de volcanes, la Patagonia chilena y otras muestras únicas de la variedad de paisajes y ecosistemas que evidencian la potencialidad para la conservación de la naturaleza, cubriendo más del 19% del territorio nacional continental (De la Maza & Rodríguez, 2010).

A mediados de la década de 1990, el auge del desarrollo sostenible y los temas relacionados con el medio ambiente en la agenda internacional culminó a nivel nacional con la aprobación de la Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente (Ley N° 19.300, 1994) y la creación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) como ente coordinador de las distintas instituciones del Estado con competencias relacionadas con el medio ambiente. Asimismo, en el marco de la adhesión al CDB (1992), en Chile se diseñó y aprobó en 2003 una Estrategia Nacional de Biodiversidad y un Plan de Acción Nacional con el fin de conservar y dar uso sostenible a los ecosistemas terrestres y marinos.

Iniciativas Privadas de Conservación

Las áreas protegidas privadas están contempladas en la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley 19.300 de 1994) y en su modificación, la Ley 20.417, que crea el Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medioambiente. En ambas leyes en el artículo 35 se indica que “el Estado fomentará e incentivará la creación de áreas silvestres protegidas de propiedad privada, las que estarán afectas a igual tratamiento tributario, derechos, obligaciones y cargas que las pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado”. La afectación de ellas es de carácter voluntario, debieran tener un rol complementario al SNASPE y tienen los mismos propósitos que las áreas silvestres de protección estatal, es decir deben asegurar la diversidad biológica,

tutelar la preservación de la naturaleza y conservar el patrimonio ambiental. La supervisión de estas áreas protegidas privadas corresponde al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (Ley 20.417, artículo 35, inciso 2).

En forma creciente, a partir de la última década del siglo XX, se han creado en Chile numerosas áreas silvestres protegidas de propiedad privada. Se estima que en la actualidad su superficie total bordea el millón de hectáreas, ubicadas en su mayoría en el sur del país, entre las regiones de Los Lagos y Magallanes. Las áreas protegidas privadas tienen tamaños muy diversos, van desde algunas hectáreas hasta centenares de miles de hectáreas.

Las áreas privadas de gran tamaño en algunos casos pueden contribuir a mejorar la cobertura de las formaciones vegetales ausentes o subrepresentadas en el SNASPE en la actualidad, mientras que las áreas de menor tamaño pueden constituirse en corredores biológicos que aumenten la conectividad entre las áreas de gran tamaño.

Sin tener el carácter de áreas protegidas, existen los denominados “Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad”. Estos sitios surgen a comienzos de la década del 2000 de un trabajo realizado en cada una de las regiones de Chile, al amparo de los Comités Regionales de Biodiversidad, coordinados por la entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), sumando un total de 338 sitios con una superficie aproximada de aproximadamente 13,8 millones de hectáreas a nivel nacional.

Un sitio prioritario es un área terrestre, marina o costero-marina de alto valor para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, identificada por su aporte a la representatividad ecosistémica, su singularidad ecológica o por constituir hábitat de especies amenazadas (MMA-GEF-PNUD, 2016).

Estos sitios son considerados como de alta prioridad para la protección o restauración y pueden ser de propiedad pública o privada. En una porción muy significativa de estos sitios la propiedad de la tierra es fundamentalmente privada o comunitaria. Las presiones por uso del espacio son fuertes, marcadas por el crecimiento poblacional del país y por su expansión productiva.

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Desde hace años existe el consenso respecto de que el cambio climático será una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en todo el mundo (Sala *et al.*, 2000), además existe evidencia convincente de que el cambio climático produciría la extinción de especies de muchos taxones (Thomas *et al.*, 2004). En relación a las pérdidas de especies habría que hacer énfasis en la afectación o desplazamientos o la extinción local de poblaciones de especies polinizadoras y de controladores biológicos de plagas y enfermedades (FAO, 2008).

La longevidad que poseen los árboles y los ecosistemas forestales de los que forman parte les confiere una capacidad de adaptación limitada para responder a cambios ambientales rápidos (Lindner *et al.*, 2010) y, por lo tanto, son particularmente sensibles al cambio climático. Además, la longevidad de los árboles, la extensión de los bosques y la falta de especialistas en terreno hacen pasar desapercibido los sutiles y pequeños cambios iniciales hasta que se han producido cambios importantes y muchas veces irreversibles.

Pawson *et al.* (2013) recopilan las alteraciones que provoca el cambio climático en el bosque, los que se pueden resumir en impactos sobre la abundancia relativa de especies de árboles dentro de los bosques; alteraciones en la fenología del árbol, tal como la estacionalidad de la floración, brotación y fructificación; alteración de la dinámica productor-herbívoro; frecuencia e intensidad de los mecanismos clave de perturbación forestal, incluidos los eventos de daño por viento e incendios; y la dinámica poblacional de plagas y patógenos forestales. Si bien muchos de estos mecanismos se han estudiado en bosques naturales y seminaturales, los conceptos generales también son relevantes para los bosques plantados.

Al comparar los efectos de estas alteraciones sobre las plantaciones y los bosques naturales aparentemente deberían diferir, ya que las plantaciones están dominadas normalmente por una o pocas especies de árboles con una diversidad genética limitada, lo que puede convertirlos en más susceptibles a las consecuencias del cambio climático, como la dinámica cambiante de las plagas y enfermedades forestales. No obstante, la intensidad del cambio climático y la degradación genética producto de la selección disgénica (“floreo”) en bosques naturales puede hacer que estas diferencias no sean tan distintas en algunas áreas.

Pawson *et al.* (2013) mencionan que el potencial de los bosques naturales no manejados para adaptarse a los impactos del cambio climático es algo limitado, particularmente cuando la dispersión de las especies que lo componen tiene restricciones biológicas y/o modificaciones antropogénicas de paisajes (degradación y fragmentación entre otros).

Sucede algo similar en relación con el rápido cambio en los parámetros climáticos, tales como la temperatura más cálida del mes de enero, la temperatura mínima del mes de julio y el estrés hídrico (Santibañez & Santibañez, 2018), dado que los árboles no pueden adaptarse a estos rápidos cambios y quedan totalmente desacoplados de su ambiente. Por el contrario, el potencial de adaptación de las plantaciones forestales es mucho mayor, ya que los silvicultores pueden alterar los regímenes silvícolas y la composición de las especies de árboles para mantener la capacidad productiva y por lo tanto económica de estos bosques para adaptarse o mitigar los efectos del cambio climático.

Como resultado, el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad en los bosques plantados será el producto de una interacción entre los impactos directos del cambio climático y los efectos indirectos de los nuevos enfoques de gestión adoptados para abordar estos impactos previstos. Esto justifica un análisis en profundidad de los impactos del cambio climático con un enfoque actual y futuro sobre los bosques plantados (Paquette & Messier, 2010).

La provisión de madera y otros productos derivados de la madera de las plantaciones forestales proporciona un beneficio indirecto significativo a la biodiversidad al reducir la necesidad de extraer recursos de los bosques naturales (Brockhoff *et al.*, 2008). Pawson *et al.* (2013) también identifican los impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad de las plantaciones actuales. Para el caso Chile, solo se mencionan las más importantes, ya que se ha escrito muchos informes y publicaciones al respecto:

Impactos climáticos: Lo más relevante quizás sean los factores de predisposición sobre la vitalidad de la *Araucaria araucana* y sobre el bosque esclerófilo.

Impacto de plagas y enfermedades: Vale mencionar el daño foliar del pino ocasionado por *Phytophthora pinifolia*.

Impacto de los incendios forestales: Las sequías extremas y locales facilitan la acción de los causantes de estos grandes destructores de la biodiversidad, que en Chile son causados por la acción del hombre.

Para adaptarse al cambio climático y minimizar sus potenciales impacto sobre la biodiversidad se ha sugerido que los bosques naturales deben manejarse con estrategias de baja intensidad de manejo, para que a través de la regeneración natural o asistida puedan originar una progenie que pueda sobrevivir y de esta forma expresar de mejor forma la variación genética adaptativa.

En la silvicultura europea se ha perfeccionado y promovido esta técnica de manejo sustentable de los bosques a través del concepto de PROSILVA¹ (Wolynski, 2002) o Gestión Forestal Próxima o Cercana a la Naturaleza. Las aplicaciones prácticas en Chile han sido implementadas por APROBOSQUE A.G.² y una muestra operacional es el establecimiento de la regeneración natural en el tipo forestal Roble-Raulí-

¹ PROSILVA es una unión de forestales que conciben y aplican una silvicultura próxima a naturaleza. Esta unión fue fundada en Eslovenia en 1989.

² APROBOSQUE AG, es la asociación gremial de propietarios de bosque nativo de Chile.

Coigüe por Müller-Using *et al.* (2014). Los árboles que compiten y sobreviven se convertirán a lo largo del tiempo en los futuros progenitores de los bosques naturales del futuro. Este proceso no es de corto plazo, requiere de adecuados recursos financieros y técnicos, e incentivos económicos por parte del Estado, y una nueva generación de silvicultores que manejen los bosques con una perspectiva de largo plazo.

En el caso de las plantaciones, normalmente se las somete a una alta intensidad de manejo. Para prepararse para el cambio climático se ha sugerido una variedad de estrategias de mitigación y adaptación (FAO, 2012) como, por ejemplo:

- **A nivel del rodal:** Se puede establecer una mayor diversidad de especies de cultivo lo que puede mantener la capacidad de adaptación manteniendo tanto la producción de madera como la biodiversidad. Existe resistencia de muchos forestales a considerar plantaciones de especies mixtas, ya que se tiene la percepción de que reduce el rendimiento (Knoke *et al.*, 2008) y complica las operaciones de manejo forestal. Sin embargo, existen cada vez más pruebas en los bosques naturales (Paquette & Messier, 2011) y en las plantaciones (Plath *et al.*, 2011) de que la diversidad de árboles puede mejorar o no tener un efecto perjudicial sobre la productividad.

Las plantaciones mixtas tienen el beneficio adicional de que es probable que sean más resistentes a los futuros desafíos sociales (culturales y económicos) y ambientales (estabilidad frente al cambio global, conservación de la biodiversidad), y al cambio climático. Las plantaciones mixtas también pueden tener algunas ventajas financieras que las hacen más atractivas, especialmente para los pequeños propietarios (Paquette & Messier, 2010; Pawson, *et al.*, 2013).

- **A nivel del paisaje:** Se puede lograr una mayor diversidad utilizando mosaicos de parches o corredores de bosques naturales remanente o restaurados, por ejemplo, en quebradas o plantaciones de diferentes especies o incluso simplemente variando la edad del rodal y la longitud de rotación (Lamb, 1998; Paquette & Messier, 2010).

Los resultados de la conservación de la biodiversidad al cambiar la composición del dosel de solo una especie (monocultivo) a otras dependerán del contexto. Si bien algunas especies de árboles proporcionan hábitat para especies particulares (de aves, mamíferos, insectos y plantas del sotobosque), un cambio en las especies de árboles plantados puede ser perjudicial para estas especies, pero potencialmente beneficioso para una variedad de otras especies a nivel del paisaje.

- **Otras técnicas o acciones utilizadas para conservar o mejorar la biodiversidad ante la presión del cambio climático:** Cultivar el sotobosque (berries nativos, setas, entre otros), aumentar la longitud de la rotación, control de malezas, raleo, podas, promover el hábitat de invertebrados saproxílicos, cortafuegos, franjas ribereñas, amortiguadores de carreteras, instalación de colmenas en plantaciones de especies entomófilas, entre otras.

El manejo Forestal Sustentable es la gran oportunidad que tienen las plantaciones y los bosques naturales, ya que a través de su aplicación se puede mantener, conservar, restaurar y mejorar la diversidad biológica de los bosques, incluidos sus recursos genéticos, que es lo que constituye la declaración de Varsovia¹. Por otro lado, Euforgen (2021) indica que los países europeos y la Unión Europea (UE) están comprometidos con el Manejo Forestal Sustentable y para abordar los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad se dispone del Pacto Verde Europeo, la nueva Estrategia Forestal de la UE 2030 y la estrategia de biodiversidad de la UE. La conservación eficaz y el uso sostenible de los recursos genéticos forestales reforzarán la sostenibilidad y la resiliencia de los bosques y las especies de árboles forestales ante las amenazas que plantea la emergencia climática. Por esto son de especial connotación los indicadores para el Manejo Forestal Sustentable del Pan Europeo que reconocen la necesidad de conservación dinámica y utilización de recursos genéticos de árboles

¹https://www.pfcyl.es/sites/default/files/observatorio_ficheros/declaracion_quinta_conferencia_esp.pdf

forestales y manejo de poblaciones de especies de árboles forestales para la producción de material reproductivo forestal, que se establece en el criterio 4 sobre la diversidad biológica¹.

CONCLUSIONES

Es ya ampliamente aceptada la importancia de la biodiversidad y su estrecha relación con el manejo sostenible de los recursos naturales en todos los ámbitos de estos. La biodiversidad en un sentido amplio es la suma de la diversidad genética dentro de las poblaciones de cada especie, la diversidad de especies y la diversidad de ecosistemas, con todas sus interacciones. Esta gran diversidad es la que favorece la adaptabilidad y la resiliencia de especies y ecosistemas ante los cambios ambientales, y su permanencia en el tiempo.

Existen evidencias concretas a través muchos autores que, basándose en diversas experiencias, comentan cómo el Manejo Forestal Sostenible puede aumentar la biodiversidad, destacando en esto Blanco & Lal (2018), FAO (2012a), García-Valdéz *et al.* (2018), Lindenmayer *et al.* (2019) y Noss (2012).

Existen numerosos tratados internacionales relacionados con la conservación del patrimonio natural, a los cuales han adherido muchos países, a través de los cuales se han establecido objetivos y metas globales para detener la pérdida de biodiversidad. Los principales de estos son la Convención para la Protección de la Flora y Fauna Washington (1940), el Convenio sobre zonas húmedas-RAMSAR (1971), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre-CITES (1973) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica-CDB (1992), entre otros.

Los bosques cubren casi la tercera parte de la superficie terrestre y albergan a más del 80% de la biodiversidad de esta, en el caso de Chile estos cubren algo más de un quinto de su superficie territorial continental. La cubierta forestal mundial está sometida a múltiples amenazas, dadas principalmente por el avance de las fronteras agrícolas y ganaderas, la sobreutilización y los incendios forestales. De acuerdo con FRA 2020 de FAO (2020) las pérdidas netas de bosques en el mundo se han reducido a la mitad en las últimas décadas, no obstante, en el período 2010 – 2020 aún se pierden anualmente 4,7 millones de hectáreas especialmente en las zonas tropicales.

Contrariamente, Chile es uno de los pocos países en el mundo cuya cubierta forestal se ha incrementado en las últimas décadas debido a la recuperación de bosques nativos en algunas zonas y a la expansión de las plantaciones forestales. Las grandes presiones sobre los bosque nativos cesaron a mitad del siglo pasado, hoy la deforestación es escasa, la sustitución es menor o es marginal afectando a matorrales nativos, se invierten anualmente cuantiosos recursos públicos y privados para la prevención y combate de incendios forestales, la reforestación es obligatoria, una gran parte de las plantaciones forestales se encuentra certificada bajo sellos nacionales e internacionales de manejo sostenible, y el manejo de los recursos forestales nativos está regulado y su fomento aunque escaso forma parte de la legislación forestal del país.

Chile posee una fuerte y desarrollada industria forestal que está basada casi exclusivamente en las plantaciones forestales, no obstante, alrededor de la mitad de la superficie de bosques nativos (unos siete millones de hectáreas) es considerada comercial y debe ser puesta en producción bajo un nuevo modelo de fomento y regulaciones del Estado, dados los beneficios económicos, sociales y ambientales que su manejo sostenible proporcionaría. Los bosques nativos de Chile, de acuerdo al Inventario Forestal Continuo que anualmente actualiza INFOR, contienen actualmente existencias volumétricas fustales brutas de 4.266 millones de metros cúbicos de madera y crecen anualmente a razón de 84 millones de metros cúbicos (Sagardía *et al.*, 2022).

Las plantaciones forestales no tienen un gran efecto sobre la biodiversidad, han sido establecidas en suelos forestales desarbolados, praderas abandonadas por la ganadería y áreas de matorrales sin mayor

¹https://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/BackgroundDocs/sc14/WG_Revisedindicator4.6_Maich19_6.0.pdf

valor, protegiendo los suelos y aguas, generando oxígeno, capturando y reteniendo grandes cantidades de carbono y morigerando localmente condiciones climáticas adversas. No obstante, la silvicultura de estas plantaciones en muchos sectores deberá adecuarse en función del riesgo de incendios forestales, lo que se conoce como una silvicultura preventiva; las limitaciones hídricas, el respeto a los cursos de agua y otras limitantes, y existen para esto múltiples variables que pueden ser readecuadas, como la densidad de plantación, la localización de las plantaciones dentro de las cuencas, las especies utilizadas, las combinaciones de especies, la alternancia de especies en grandes superficies, los tratamientos complementarios al suelo para favorecer infiltración, la mantención de corredores biológicos, la implementación de sistemas silvopastorales y silvoagrícolas, y muchas otras.

Respecto de la percepción de la sociedad sobre la biodiversidad en el país, encuestas realizadas por MMA (2018) reflejan que la protección de esta no parece ser un tema suficientemente comprendido por la sociedad y del cual se sienta parte la mayoría de la población, por lo que hay un gran desafío en este tema, no obstante, existen actualmente importantes esfuerzos para abordarlo en materia comunicacional y de difusión.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado abarca en la actualidad una superficie de 18,6 millones de hectáreas, administradas por CONAF, que representan casi el 25% de la superficie nacional y tienen bajo régimen de protección y conservación 3,8 millones de hectáreas de bosques nativos. A esto se suman más recientemente áreas protegidas privadas y grandes reservas marinas.

El cambio climático global, con sus efectos sobre las precipitaciones y las temperaturas, y el incremento de eventos climáticos extremos, para muchos autores (Sala *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2004; FAO, 2008) puede constituirse en una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo. Dada la longevidad que poseen los árboles y los ecosistemas forestales de los que forman parte, su capacidad de adaptación es limitada para responder a cambios ambientales rápidos, por tanto, son particularmente sensibles al cambio climático.

Las alteraciones que provoca el cambio climático en el bosque se refieren a variados efectos, como la abundancia relativa de especies de árboles dentro de los bosques; la fenología de estos en cuanto a estacionalidad de floración, de brotación y de fructificación; la frecuencia e intensidad de los mecanismos clave de perturbación forestal, incluidos los eventos de vientos e incendios; y la dinámica poblacional de plagas y enfermedades forestales.

La plantación forestal en sus distintas modalidades es la estrategia clave para mitigar el cambio climático, por lo que es fundamental mantener en los bosques, suficiente variabilidad genética para adaptarse a los efectos de este cambio y su capacidad de proporcionar hábitat para la biodiversidad. Nuevamente destaca la creciente importancia del Manejo Forestal Sustentable que, a través de una silvicultura climáticamente inteligente y preventiva, puede mitigar y permitir la adaptación de los ecosistemas al cambio climático.

En lo que se refiere al cumplimiento de metas relacionadas con los objetivos de desarrollo sostenible nacionales e internacionales, aunque hay algunos avances, Chile y los países en general se encuentran con un nulo o bajo cumplimiento de estas obligaciones.

REFERENCIAS

Álvarez-Garretón, C., Lara, A., Boisier, JP. & Galleguillos, M. (2019). The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests*, 10, no. 6: 473. <https://doi.org/10.3390/f10060473>

Barros Asenjo, S., Molina Brand, M. & Ipinza Carmona, R. (2022). El sector forestal y su evolución, la situación actual de los bosques nativos y costos de rehabilitación de bosques nativos degradados. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(3): 89-110. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.578>

- BIOFIN CHILE. (2017).** Policy Brief. Biodiversidad en Chile propuestas para financiar su conservación y uso sostenible. resumen ejecutivo. Hacia el desarrollo sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Iniciativa Finanzas para la Biodiversidad. 8 p.
- Blanco, J.A. & Lal, R. (2018).** Sustainable forest management and biodiversity conservation: A review. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(7): 654-671. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1447276>
- Brockerhoff, EG., Jactel, H., Parrotta, J., Quine, J. & Sayer, J. (2008).** Plantation Forests and Biodiversity: Oxyoron or opportunity? *Biodivers Conserv.*, N° 17. Pp: 925-951. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x>
- Carnus, JM., Parrotta, J., Brockerhoff, E., Arbez, M., Herve, J., Kremer, A., Lamb, D. et al. (2006).** Planted Forests and Biodiversity. *Journal Forestry*, 104(2): 65-77.
- Charnley, S., Spies, T.A., Barros, A., White, E.M. & Olsen, K.A. (2017).** Diversity in forest management to reduce wildfire losses: implications for resilience. *Ecology and Society*, 22(1):22. <https://doi.org/10.5751/ES-08753-220122>
- Chaudhary, A., Burivalova, Z., Pin Koh, L. & Hellweg, S. (2016).** Impact of Forest Management on Species Richness: Global MetaAnalysis and Economic Trade-Offs. *Sci. Rep.*, 6, 23954. <https://doi.org/10.1038/srep23954>
- CIPMA (2003).** Manual para Guardaparques. Parte I. Las Áreas Silvestres Protegidas y la Conservación de Espacios Naturales. Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente CIPMA, Santiago.
- CONAF (2017).** Manual para la Planificación del Manejo de las Áreas Protegidas del SNASPE. Santiago. 230 p.
- CDB (2011).** COP 10 Decision X/2: Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020. Convention on Biological Diversity <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268> (CBD, 2011).
- De la Maza, C. L. & Rodríguez, M. (2010).** Desarrollo de un modelo de gestión sustentable en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) para el fortalecimiento de la oferta de turismo de intereses especiales. Informe de Proyecto. CORFO, Santiago.
- Diamond, J. (2006).** Colapso. Random House. Mondadori. 747 p.
- Diario Oficial de Chile (1984).** Ley 18.362. Crea Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Ministerio de Agricultura. Promulgada: 8 de noviembre de 1984. Publicada: 27 de diciembre de 1984.
- Duflot, R., Farhig, L. & Mönkkönen, M. (2022).** Management diversity begets biodiversity in production forest landscapes. *Biological Conservation*, 268: 109514. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109514>
- EUFORGEN. (2021).** Forest Genetic Resources Strategy for Europe. European Forest Institute. 66 p.
- FAO (2008).** Biodiversidad agrícola en la FAO. 46 p. <http://www.fao.org/3/i0112s/i0112s.pdf>
- FAO (2012).** Forest management and climate change: A literature review. Forests and climate change working paper 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/015/md012e/md012e00.pdf>. Consulta: 28 July, 2012.
- FAO. (2012a).** The state of the world's forests: Managing forests for socioeconomic benefits and biodiversity. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/i3010e/i3010e.pdf>
- FAO (2020).** Global Forest Resources Assessment FRA 2020 – Main Report. FAO Forestry. Rome, Italy. http://www.fao.org/3/ca8642es/online/ca8642es.html#chapter-2_2
- Franklin, J. F. (1993).** Preserving Biodiversity: Species, Ecosystems or Landscapes? *Ecological Applications*, 3(2): 202-205. <https://doi.org/10.2307/1941820>
- FSC (2011).** Estándar para la certificación FSC de plantaciones forestales. Operaciones a gran escala. STDPL-201205 / 311209 - ES CHILE

- García-Valdés, R., Benayas, J.M.R. & Schmitz, M.F. (2018).** Sustainable forest management and biodiversity conservation in Europe: Evidence from different spatial scales. *Forest Ecology and Management*, 430: 377-386. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.028>
- Gilliam, F.S. & Roberts, M.R. (1995).** Impacts of Forest Management on Plant Diversity. *Ecological Applications*, 5(4): 911-912. <https://doi.org/10.2307/2269342>
- Heilmayr, R., Echeverría, C. & Lambin, E.F. (2020).** Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. *Nature Sustainability* 2020. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0547-0>.
- Hendee, J.C. & Dawson, C.P. (2009).** Wilderness Management. Stewardship and Protection of Resources and Values. The Wild Foundation and Fulcrum Publishing, Boulder, Colorado, USA. Chapter 1.
- Horák, J. (2017).** Insect ecology and veteran trees. *Jornal Insect Conserv.*, N° 21. Pp: 1-5. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9953-7>
- Horak, J., Vodka, S., Kout, J., Halda, J.P., Bogusch, P. & Pech, P. (2014).** Biodiversity of most dead wood-dependent organisms in thermophilic temperate Oak woodlands thrives on diversity of open landscape structures. *Forest Ecol. Management*, N° 315. Pp: 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.018>
- Horák, J., Brestovanská, T., Mladenović, S., Kout, J., Bogusch, P., Halda, J. P. & Zasadil, P. (2019).** Green desert? Biodiversity patterns in forest plantations. *Forest Ecology and Management*, N° 433. Pp: 343–348. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.019>
- Ipinza, R., Barros, S., De la Maza, C., Jofré, P. & González, J. (2021).** Bosques y Biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal* 27(1): 101-132. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.475>
- Knoke T., Ammer, C., Stimm, B. & Mosandl, R. (2008).** Admixing broadleaved to coniferous tree species: A review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forestry Research*, 127(2): 89-101. <https://doi.org/10.1007/s10342-007-0186-2>
- Lamb, D. (1998).** Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restor Ecol.*, N° 6. Pp: 271-279. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1998.00632.x>
- Lewis, S.L., Wheeler, C.E., Mitchard, E.T.A. & Koch, A. (2019).** Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature*, N° 568. Pp: 25-28. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01026-8>
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J, et al. (2010).** Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 698-709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
- Lindenmayer, D.B., Franklin, J. F. & Löhmus, A. (2019).** Achieving sustainable forest management: A review of conventional, new and future approaches. *Forest Ecology and Management*, N° 444. Pp: 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.016>
- Little, C., Lara, A., McPhee, J. & Urrutia, R. (2009).** Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large-scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology*, N° 374. Pp: 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.011>
- Martinic, M. (2005).** De la Trapananda al Aysén. Pehuen Editores. 539 p.
- Mason, F. & Zapponi, L. (2015).** The Forest Biodiversity Artery: Towards forest management for saproxylic conservation. *iForest*, N° 9. Pp: 205-216. <https://doi.org/10.3832/ifor1657-008>
- Messier, C.K., Puettmann, R., Chazdon, K., Andersson, V., Angers, L., Brotons, E., Filotas, R. et al. (2015).** From management to stewardship: Viewing forests as complex adaptive systems in an uncertain world. *Conserv Let.*, N° 8. Pp: 368-377. <https://doi.org/10.1111/conl.12156>
- Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A. and Gonzalez, M. (2017).** Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: Revealing the evidence. *Regional Environment Change*, N° 17. Pp: 285–297. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1010-7>

- MMA (2018).** Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030. Ministerio del Medio Ambiente de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). 104 p.
- MMA-GEF-PNUD (2016).** Ministerio de Medio Ambiente-Global Environmental - Facility-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Diagnóstico y Caracterización de las Iniciativas de Conservación Privadas en Chile. MMA, Documento de Trabajo. Santiago, Chile. 174 pp.
- Müller-Using, S., Martin, M., Bahamondez, C. & Uribe, J. (2014).** Regeneración natural bajo el concepto de la silvicultura cercana a la naturaleza: Antecedentes técnicos del Tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. Proyecto 028/2012. Fondo de Investigación del Bosque Nativo - INFOR. 108 p.
- Noss, R.F. (2012).** Forgotten Grasslands of the South: Natural History and Conservation. Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-225-9>
- Paquette, A. & Messier C. (2010).** The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Front Ecol. Environ.*, 8(1): 27-34. <https://doi.org/10.1890/080116>
- Paquette, A. & Messier, C. (2011).** The effect of biodiversity on tree productivity: From temperate to boreal forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 20(1): 170-180. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00592.x>
- Pauchard, A. & Villarroel, P. (2002).** Protected Areas in Chile: History, Current Status, and Challenges. *Natural Areas Journal*, N° 22. Pp: 318-330.
- Pawson, S.M., Brin, A., Brockerhoff, E.G., Lamb, D., Payn, T.W., Paquette, A. & Parrotta, J.A. (2013).** Plantation forests, climate change and biodiversity. *Biodivers Conserv.*, N° 22. Pp: 1203–1227 <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0458-8>
- PEFC (2016).** Estándar CERTFOR de manejo forestal sustentable para plantaciones. DN-02-05, Agosto 2016. Corporación Certfor Chile de Certificación Forestal.
- Plath, M., Mody, K., Potvin, C. & Dorn, S. (2011).** Establishment of native tropical timber trees in monoculture and mixed-species plantations: Small-scale effects on tree performance and insect herbivory. *Forest Ecology and Management*, 261(3): 741-750. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.004>
- Prado, J.A. (2015).** Plantaciones Forestales. Más allá de los árboles. Colegio de Ingenieros Forestales. 172 p.
- Sagardía, R., Bahamondez, C., Ávila, A, Reyes, R. & Vergara, G. (2022).** Los Recursos Forestales en Chile 2022. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 258. 193 p.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R. et al. (2000).** Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. N° 287. Pp: 1770-1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Santibañez, F. & Royo, A. (2002).** Capítulo 5: Suelos. En: Instituto de Asuntos Públicos. Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile. 2002. Universidad de Chile. Lom Ediciones. Santiago.
- Santibañez, F. & Santibañez, P. (2018).** Evaluación de las forzantes bioclimáticas en la sustentabilidad de las comunidades de Araucarias en Chile. Hacia una estrategia de conservación del patrimonio natural frente a la amenaza del cambio climático. INFODEP. Santiago. Agosto de 2018.
- Simonetti, J., Grez, A. & Vergara, P. (2016).** Fauna nativa en plantaciones de *Pinus radiata*: Del desierto verde a la sustentabilidad forestal. 109-114. En: Ramírez-Bautista, A. & Pineda-López, R. (Eds.). Fauna Nativa en Ambientes Antropizados. CONACYT- UAQ. Querétaro. México.
- Stephens, S.S. & Wagner, M.R. (2007).** Forest Plantations and Biodiversity: A Fresh Perspective. *Journal of Forestry*, 105(6): 307-313.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C. et al. (2004).** Extinction risk from climate change. *Nature*, N° 427(6970). Pp:145-148. <https://doi.org/10.1038/nature02121>

- Torras, O. & Saura, S. (2008).** Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators. En: the Mediterranean. Forest Ecology and Management, N° 255. Pp: 3322-3330.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.013>
- Uribe, A. y Estades, C. (2010).** Manejo de Plantaciones de *Pinus radiata* y Conservación de Fauna Silvestre. Ambiente Forestal. Revista de Extensión, 5(9): 12-19.
- Weber, C. & Gutiérrez, A. (1985).** Áreas Silvestres Protegidas. Capítulo 4: 139163. Medio Ambiente en Chile. Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA). Santiago, Chile.
- Wolynski, A. (2002).** Notas breves sobre la evolución histórica de la silvicultura naturalística. El Boletín de Prosilva, N° 1, mayo. Pp: 28-35.
- WWF (2016).** Planeta Vivo. Informe 2016. Riesgo y resiliencia en una nueva era. WWF International Avenue du Mont-Blanc 1196 Gland, Suiza. www.panda.org. 148 p.
- Zaninovich, S.C. (2017).** Dinámica y almacenamiento del carbono en la necromasa y el suelo de ecosistemas forestales: Efecto de la degradación del bosque nativo y su reemplazo por plantaciones de *Pinus taeda* L. en el NE de Argentina. Tesis Doctoral. Doctor de la UNNE en Biología Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. 178 p.