

RESUMEN

Los bosques naturales cumplen un rol fundamental para el bienestar de la sociedad, sin embargo, las presiones antrópicas sobre estos ecosistemas pueden comprometer su funcionalidad y capacidad para proveer bienes y servicios. Entre estas presiones, la degradación forestal ha sido identificada como una de las acciones antrópicas más significativas, sin embargo, la falta de claridad y consenso del significado de dicho concepto ha sido una limitante para dimensionar este problema en bosques de todo el mundo.

Considerando la necesidad de buscar formas efectivas que permitan abordar este fenómeno para los bosques nativos en Chile, se presenta una definición operacional del concepto de degradación forestal basada en elementos de dinámica forestal, resiliencia y el marco normativo vigente. Dicha definición distingue aquellos procesos de degradación asociados a los disturbios antrópicos que afectan distintos atributos de los bosques nativos y de condiciones o estados de degradación que requieren de asistencia humana para recuperar su funcionalidad y productividad.

Se argumenta que esta definición permitiría enfrentar el problema en forma práctica, con propuestas de manejo y acciones de restauración, y para lo cual sería necesario incorporar dicho concepto en la norma. Este marco conceptual es necesario para abordar la degradación forestal, uno de los desafíos más importantes para lograr el manejo sustentable de los bosques nativos en el mediano y largo plazo.

Palabras clave: Degradación forestal, Sucesión retenida, Restauración, Resiliencia

SUMMARY

Forest ecosystems play a fundamental role for social welfare. However, multiple forest pressures may undermine their functionality and ability to provide goods and services. Forest degradation has been identified as one of the most significant anthropic forces affecting forests throughout the world, nevertheless, clarity and consensus regarding the meaning of degradation has been a restriction for its quantification, and the development of management proposals and restoration practices.

Here, is presented a conceptual proposal based on elements of forest stand dynamics, resilience and the current regulatory framework in Chile. Such conceptual framework is necessary to address forest degradation, one of the most important challenges to achieve sustainable forest management for native forests.

It is proposed an operational definition of the concept distinguishing between the process of degradation which is associated to disturbances affecting the integrity of native forests, and the state of forest degradation that requires human assistance to recover its functionality and productivity.

Key Words: Forest degradation, Arrested succession, Restoration, Resilience

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales cumplen un rol fundamental para el bienestar social ya que proveen múltiples bienes y servicios, tales como madera, productos forestales no madereros, provisión de agua, belleza escénica, captura de carbono, entre otros (MEA, 2005). Considerando los actuales y emergentes agentes de presión sobre estos ecosistemas, tales como degradación forestal, deforestación, cambio climático, invasión de especies exóticas, entre otros (Coomes *et al.*, 2014), mantener la capacidad de estos ecosistemas para suministrar bienes y servicios es un desafío significativo para las acciones de manejo en las próximas décadas (Rist y Moen, 2013).

La degradación forestal es uno de los procesos de cambio más significativos que afectan la integridad y funcionalidad de más de 2.000 millones de hectáreas de bosques en el mundo (Minnemayer *et al.*, 2011). Dada las implicancias ambientales, económicas y sociales asociadas a esta problemática, las agendas de colaboración internacional han desarrollado una serie de estrategias para enfrentarla, proponiendo acciones en materias relativas a la restauración y al manejo forestal sostenible (Angelsen *et al.*, 2009; FAO, 2018).

Pese a ser un problema prioritario, la falta de acuerdos en cómo definir y medir la degradación forestal y un marco para su seguimiento, se ha transformado en una limitación adicional que obstaculiza o limita el éxito de los esfuerzos para restaurar bosques dañados o alterados (Sasaki y Putz, 2009, Putz y Romero, 2014, Schoene *et al.*, 2007). Lo anterior puede ser ejemplificado en el último informe sobre la evaluación mundial de los recursos forestales (FAO, 2015) el cual no informa cifras respecto a superficies afectadas por degradación.

La falta de consenso sobre el concepto de degradación también coincide con la necesidad de generar una definición que aborde escalas locales y nacionales (Holl y Aide, 2011), así como resolver algunos vacíos de información y aportar al diálogo técnico-político para la toma de decisiones en el sector forestal (Simula, 2009).

En el caso de Chile, un reporte basado en *stocks* de carbono informa una superficie de 461.231 hectáreas de bosques nativos degradados (CONAF, 2016). No obstante, el país aún no cuenta con una cifra que dimensione la degradación forestal en forma ecosistémica, es decir considerando la dinámica de estos ecosistemas (ej. regeneración), así como otros servicios (ej. provisión de agua o recreación).

Esta situación es una limitante para proveer información práctica, por ejemplo, la ubicación espacial y el estado de conservación de los bosques, etc., así como focalizar o priorizar áreas para acciones de restauración. Lo anterior, con serias implicancias para la puesta en valor de ecosistemas forestales con un elevado potencial para producir bienes y servicios ecosistémicos de alta valoración para la sociedad, así como para la ejecución de instrumentos e incentivos orientados al cumplimiento de los objetivos de la Política Forestal chilena⁸, la aplicabilidad de marcos regulatorios existentes (Ley 20.283) y el cumplimiento de compromisos internacionales, tales como el Acuerdo de Copenhague (2010), el Desafío de Bonn (2011) o la Iniciativa 20x20 (2014) (Sartori, 2015).

Considerando la importancia de abordar la degradación forestal en Chile y así facilitar el cumplimiento de las metas nacionales en materia de restauración y manejo forestal sostenible de

⁸ Objetivos de Impacto 2.2: Potenciar la función productiva sustentable del bosque nativo, orientándola hacia la producción de bienes madereros de alto valor, considerando el manejo silvícola y los límites que imponen las funciones del bosque relacionadas con la protección de la naturaleza, conservación de la biodiversidad y las necesidades de las comunidades locales.

Objetivos de Impacto 4.1: Restaurar el patrimonio forestal afectado por diversos tipos de catástrofes naturales e intervenciones antrópicas, especialmente aquellas áreas que han sufrido los efectos de incendios forestales, erupciones volcánicas o aluviones, y que tienen consecuencias negativas sobre el suelo, el agua y la biodiversidad (Política Forestal de Chile 2015 - 2035).

los bosques nativos, el objetivo de esta opinión es proponer, desde la ciencia aplicada, una aproximación conceptual a la degradación, la cual integre enfoques teóricos y prácticos que contribuyan a identificar y enfrentar al fenómeno de manera operativa.

ENFOQUES CONCEPTUALES DE DEGRADACIÓN FORESTAL

El término degradación forestal no solo refleja diferencias biofísicas entre ecosistemas forestales, sino que además revela las distintas percepciones, objetivos y valores que tienen propietarios de bosques, tomadores de decisión u otros interesados en los bienes y servicios de los bosques, las causas que producen la pérdida de estos, así como de las escalas temporales y espaciales consideradas en el análisis (Hobbs, 2016, Thompson *et al.*, 2013).

La diversidad de enfoques para definir degradación forestal conlleva además a que muchas de estos sean demasiado vagos o reduccionistas, condición que hace que sean poco adecuados para informar a procesos de toma de decisiones (Simula, 2009, Thompson *et al.*, 2013).

En el Cuadro N° 1 se resume algunas de las principales definiciones y aproximaciones conceptuales encontradas para la degradación forestal a nivel internacional.

Cuadro N° 1
OBJETIVOS, DEFINICIONES Y APROXIMACIONES CONCEPTUALES DE DEGRADACIÓN FORESTAL

Objetivos	Definiciones y Aproximaciones Conceptuales
Identificar bosques degradados basándose en los conceptos de resiliencia y sucesión forestal.	Estado de sucesión interrumpida, la cual es inducida por causas humanas, y que genera que los procesos que sostienen la dinámica forestal se encuentran disminuidos o severamente restringidos (Ghazoul <i>et al.</i> , 2015).
Identificar degradación a través de criterios e indicadores.	Cambios a los procesos ecosistémicos y un <i>continuum</i> de declinación en servicios desde bosques primarios hasta varias formas de uso antrópico y de manejo de los bosques, que pueden conllevar a deforestación (Thompson <i>et al.</i> , 2013).
Identificar efectos antrópicos sobre componentes de la biodiversidad.	Un bosque degradado ofrece un reducido suministro de bienes y servicios de un determinado sitio y mantiene solo una limitada diversidad biológica. Dicho bosque puede haber perdido su estructura, composición de las especies o la productividad que es normalmente asociada al tipo forestal natural que se espera en ese sitio (CBD, 2005).
Definir indicadores para mecanismos de compensación ambiental asociados al rol de mitigación de cambio climático de los bosques.	Pérdida a largo plazo inducida por el hombre (que persista por X años o más) de al menos Y% de las reservas de carbono forestal [y valores forestales] desde la fecha T y que no se califica como deforestación o una actividad elegida conforme al Artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto (IPCC, 2003).
Identificar estados de bosques para proponer acciones de restauración.	Bosques o tierras forestales que se han alterado más allá de los efectos normales de los procesos naturales mediante el uso insostenible o a través de desastres naturales tales como tormentas, incendios, deslizamientos de tierra o inundaciones (OIMT, 2002).
Proponer acciones de monitoreo del estado de los bosques.	Reducción de la capacidad de un bosque para proveer bienes y servicios (FAO, 2002).

Como se observa, independientemente del objetivo, ya sea abordando aspectos de monitoreo o restauración, la degradación forestal es considerada como una pérdida de atributos, funciones, bienes o servicios que prestan los bosques, sugiriendo que dicha pérdida estaría asociada a cambios en la estructura y la dinámica de los bosques, existiendo además un relativo consenso de que este fenómeno estaría vinculado a alteraciones de origen antrópico (CBD 2005; IPCC, 1993; Hunter, 1996, OIMT, 2002).

Respecto a este último punto, cabe señalar que la influencia del ser humano sobre el medioambiente y los bosques en particular, ha llegado a ser de tal magnitud y extensión que se ha propuesto designar a este periodo de la historia del planeta como el Antropoceno (Steffen *et al.*, 2011). Sin duda, bajo este escenario, surgirán nuevos tipos de amenazas bióticas y abióticas que afectarán el estado y funcionamiento de los bosques, requiriéndose de nuevos y adicionales esfuerzos para asegurar la provisión de bienes y servicios a largo plazo (Connelly *et al.*, 2017).

Actualmente, la degradación forestal puede ser explorada bajo nuevos paradigmas respecto a los desafíos del uso del suelo, la sustentabilidad en el manejo forestal y la silvicultura de bosques, donde enfoques como el de manejo ecosistémico (CBD, 1995; 2005) o el manejo adaptativo (Holling, 1978; Walters, 1986) aparecen como los de mayor connotación.

Adicional a estos enfoques, el concepto de resiliencia ha surgido con fuerza para tratar con los desafíos de la cuantificación del estado y aproximaciones al manejo de ecosistemas (Rist y Moen, 2013), así como constituir un marco integrador para analizar su funcionamiento (Ghazoul y Chazdon, 2017; Gunderson *et al.*, 2010; Standish *et al.*, 2014).

En Chile, el potencial de este enfoque para evaluar los ecosistemas forestales en temas asociados a la degradación se ha abordado a través de indicadores de estado de los bosques (Bahamondez y Thompson, 2016), nicho ecológico (Soto, 2017), e identificación y caracterización de formaciones (Vásquez-Grandón *et al.*, 2018; Vergara-Asenjo y Schlegel, 2017).

ENFOQUE PARA ENFRENTAR LA DEGRADACIÓN EN CHILE

La búsqueda de enfoques que integren y establezcan un balance entre aspectos teóricos y prácticos asociados a la restauración y al manejo de los ecosistemas forestales, aparecen como fundamentales para abordar la degradación forestal en términos operacionales.

Entre las principales consideraciones a tener en cuenta es que las acciones antrópicas asociadas a intervenciones inadecuadas sobre los ecosistemas forestales actúan como iniciadoras de cambios desfavorables en los atributos y/o procesos ecológicos clave, más allá de su capacidad de resiliencia⁹, generando un deterioro de las funciones y servicios que prestan los ecosistemas para el bienestar social (De Groot, *et al.*, 2010). Un listado de acciones directas e indirectas comúnmente descritas se presenta en el Cuadro N° 2.

Dichas acciones estarían asociadas a causas subyacentes que determinan la degradación (Hosonuma *et al.*, 2012; Kissinger *et al.*, 2012; Reyes *et al.*, 2018), las cuales estarían fuera del marco propuesto para suministrar una colección más diversa de bienes y servicios bajo el concepto del manejo forestal sustentable¹⁰ (Wilkie *et al.*, 2003).

⁹ Una medida de la habilidad de sistema socio-ecológico para absorber cambios en variables y parámetros, y aún persistir (Holling, 1973).

¹⁰ La definición más utilizada de MFS corresponde a la Declaración de Helsinki, la cual fue luego adoptada por FAO, indicando que corresponde a: "La administración y el uso de bosques y tierras forestales de una manera, y a un ritmo, que mantiene su biodiversidad, productividad, regeneración capacidad, vitalidad y su potencial para cumplir, ahora y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales pertinentes, a nivel local, nacional, y niveles globales, y que no causa daño a otros ecosistemas" (MCPFE, 2007).

Si bien en Chile, acciones como la sobreexplotación de madera, el incorrecto uso de tratamientos silviculturales y técnicas de cosecha, así como la acción del ramoneo sobre la regeneración han sido comúnmente asociadas a la degradación forestal (Catalán y Ramos, 1999; Rojas *et al.*, 2011; Zamorano-Elgueta *et al.*, 2014; Reyes *et al.*, 2018), los autores sostienen que necesariamente debe existir un marco conceptual que permita precisar aún más sobre esta materia.

Si bien, enfoques operativos para degradación forestal en Chile se han enmarcado en propuestas para identificar cambios en los *stocks* (Bahamondez *et al.*, 2009), enfoques conceptuales que incorporen aspectos holísticos de dinámica forestal no han sido hasta ahora desarrollados.

Cuadro N° 2
ACCIONES ANTRÓPICAS Y SU VÍNCULO CON LOS PROCESOS ECOLÓGICOS
DE LOS COMPONENTES DEL ECOSISTEMA FORESTAL

Acciones Antrópicas		Daño en Atributos Biofísicos y Procesos Ecológicos Clave				
		Regeneración y Reclutamiento de Especies	Productividad Primaria	Diversidad de Especies	Flujo de Genes	Fertilidad de Suelo ¹¹
Directas	Floreo			X	X	
	Sobre-extracción de productos madereros		X	X	X	X
	Sobre-extracción de productos no madereros			X		X
	Extracción de suelo orgánico	X				X
	Uso del bosque para forraje y resguardo de animales de uso doméstico	X		X		X
	Intervenciones silvícolas inapropiadas para el tipo de bosque y fragilidad del sitio	X	X	X	X	X
	Uso del fuego	X		X		X
Indirectas	Fragmentación de hábitat	X			X	
	Invasión de especies exóticas	X		X	X	
	Construcción de obras civiles	X				X

Sobre la base de los conceptos de resiliencia ecológica y dinámica de bosques propuestos por Ghazoul *et al.* (2015) y Ghazoul y Chazdon (2017), y considerando el marco legislativo a nivel nacional (Ley 20.283, Ley 19.300 y otras), los autores proponen definiciones de los conceptos de degradación y de bosque nativo degradado, las cuales, de ser incorporadas en el cuerpo normativo que regula la conservación y manejo del bosque nativo en Chile, permitiría poner en marcha propuestas de manejo y acciones de restauración.

¹¹ Daño por erosión y compactación de suelo, y su relación con cambios desfavorables en el régimen de agua, aire y elementos nutritivos.

Degradación de bosque nativo¹²: Proceso de deterioro o daño¹³ en atributos biofísicos o funciones ecológicas clave de un bosque¹⁴ producto de acciones antrópicas.

Bosque nativo degradado: Bosque caracterizado por una interrupción de la sucesión forestal determinada por la pérdida en su capacidad para auto-regenerarse y expresar la capacidad de sitio en el mediano plazo.

En la propuesta presentada en el recuadro, los autores argumentan que la degradación correspondería a un proceso que supone un daño significativo en atributos biofísicos y funciones ecológicas clave del bosque como consecuencia de acciones antrópicas (Cuadro N° 2) y que, por lo tanto, se realizan contextos socioeconómicos, temporal y espacialmente delimitados.

Estas acciones representan una trayectoria de cambios en los atributos de composición y estructura de los bosques que pueden resultar en cambio de estado, al que se le denomina “bosque degradado”, en los cuales su capacidad para regenerarse es afectada en el mediano plazo y, por lo tanto, existe la necesidad de asistencia antrópica para recuperar su trayectoria sucesional.

El concepto propuesto además incorpora otras precisiones conceptuales, tales como daño, bosque, bosque nativo, tales como las leyes 19.300 y 20.283, las cuales permiten poner en práctica el concepto con un enfoque espacial, así como enmarcar, tanto el proceso como estado de degradación, en una escala temporal que incorpora el enfoque social en la obtención de beneficios del bosque.

Dicho enfoque temporal identificado como un “período de tiempo socioeconómicamente significativo”, corresponde a un lapso de tiempo donde el bosque se encuentra en una nueva configuración composicional y estructura de gran estabilidad, condición en que su capacidad para producir bienes y/o servicios de importancia social se encuentra severamente disminuida. Como ejemplo, este período para el caso de renovales del tipo forestal *Nothofagus obliqua*- *Nothofagus nervosa*- *Nothofagus dombeyi* ha sido propuesto como de 10 años (Bahamondez *et al.*, 2016).

Para identificar el estado de degradación se proponen dos estrategias, que por un lado incluyan métricas que den cuenta acerca del *legado o memoria ecológica* que resulta del impacto de alteraciones antrópicas y que determinan la trayectoria futura del ecosistema (Begtsson *et al.*, 2003; Johnstone *et al.*, 2016), y que por otro reflejen la *dinámica y trayectoria de los procesos ecológicos* en la etapa post alteración, tales como la abundancia de regeneración natural, bancos de semilla en el suelo o el establecimiento de capas densas de especies competidoras del sotobosque (Norden *et al.*, 2009; Buma y Wessman, 2011; Gazhoul y Chazdon, 2017).

El uso de este segundo tipo de indicadores, con enfoque en los procesos ecológicos de restauración de los bosques, tiene la ventaja de mostrar la historia de recuperación de los bosques, evitando el uso de repetidas mediciones (monitoreo) de variables en el tiempo para determinar su trayectoria (Ghazoul *et al.*, 2015).

¹² Bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar (Ley de Bosque Nativo 20.283).

¹³ Daño Ambiental se refiere a toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes (Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente).

¹⁴ Sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 m², con un ancho mínimo de 40 m, con cobertura de copa arbórea que supere el 10% de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25% en circunstancias más favorables (Ley de Bosque Nativo 20.283).

Cuadro N° 3
ESTRATEGIAS PARA IDENTIFICAR BOSQUES NATIVOS DEGRADADOS
BASADAS EN ATRIBUTOS ECOLÓGICOS CLAVE

Estrategia	Atributos
Interrupción de la regeneración (Ghazoul <i>et al.</i> , 2015; Niering y Goodwin, 1974)	Ausencia o baja densidad de regeneración natural de especies arbóreas de acuerdo al estado sucesional del bosque.
	Alta densidad y cobertura de especies competidoras a la regeneración natural de especies arbóreas.
Pérdida de memoria ecológica ¹⁵ (Padisak, 1992)	Baja densidad y cobertura de especies arbóreas en relación a la ocupación potencial del sitio.
	Ausencia de especies arbóreas en clases de diámetro acordes al estado sucesional del bosque.
	Heterogeneidad en la distribución espacial de los árboles (agrupamiento de árboles y grandes claros).
	Alta abundancia de especies en términos del tipo, calidad y forma, no correspondientes al sitio.

Del Cuadro N° 3 se desprende que la identificación de un bosque en un estado degradado dependerá, además de la utilización de variables asociadas a la retención, de la sucesión de otras variables asociadas a la memoria ecológica post alteración. Estas aproximaciones pueden ser exploradas, por ejemplo, mediante el muestreo de bosques con distintos niveles de alteraciones (gradientes). Dicho enfoque es relevante dada la ocurrencia de múltiples alteraciones antrópicas ocurridas en bosques templados de Chile (Armesto *et al.*, 1994), donde extensas áreas han sido colonizadas por especies arbustivas pioneras de los géneros *Chusquea* o *Gaultheria*, las cuales inhiben el establecimiento y desarrollo de las especies arbóreas del bosque nativo por muchos años e incluso décadas (Clark, 1995; Gonzalez *et al.*, 2014).

DISCUSIÓN GENERAL

Uno de los desafíos para el manejo forestal sustentable a nivel global es contar con un enfoque que permita hacer operacional el concepto de degradación, siendo ello precisamente uno de los principales problemas que comprometen el potencial de los bosques para generar bienes y servicios ecosistémicos a corto, mediano y largo plazo. Pese a que existen definiciones ya desarrolladas, muchas ellas se han enfocado en un limitado número de elementos que difícilmente son conectados a procesos de restauración y dinámica forestal (Ghazoul *et al.*, 2015).

Aunque definiciones operacionales de degradación han sido propuestas en distintos contextos (Bustamante *et al.*, 2015; Morales-Barquero *et al.*, 2014; Thompson *et al.*; 2013), los autores creen que la expresión práctica de este concepto necesariamente debe considerar y estar conectada a los marcos legales e instrumentos de manejo existentes, los cuales además deben fundarse sobre la base de sólidos conocimientos de la dinámica de los bosques, indicadores simples de evaluar en forma operativa y descansar en interpretaciones armonizadas y transparentes de otros conceptos, tales como “bosque” y “deforestación”, las cuales requieren los mecanismos de gestión a nivel internacional (Putz y Redford, 2010).

Bajo el enfoque conceptual propuesto es importante destacar que no todas las acciones antrópicas provocan degradación o conducen a un estado degradado. Sin embargo, la propuesta

¹⁵ Se entenderá como memoria ecológica a la influencia que ejercen los atributos de un ecosistema (composición, estructura, banco de semillas, etc) sobre la trayectoria presente y futura del bosque en un área en particular (Johnstone *et al.*, 2016; Padisak, 1992).

de variables e indicadores descritos en esta opinión, permitirá identificar y cuantificar la degradación forestal de los bosques nativos en Chile. Lo anterior permitirá contar con información espacialmente explícita que permita dimensionar esta problemática a distintas escalas temporales y espaciales.

En este sentido, es necesario evaluar las intervenciones silvícolas que actualmente están siendo aplicadas a cada tipo de bosque, muchas de las cuales no están asegurando una regeneración de especies arbóreas, y reorientar estas de acuerdo al tipo de bosque, fragilidad del suelo, tipo de propietarios, etc. Por otro lado, la generación de propuestas que integren los intereses de los productores silvoagropecuarios con la capacidad productiva de los bosques puede ayudar a revertir el problema de degradación.

Para recuperar la funcionalidad de bosques degradados, existen diversas actividades silviculturales como la manipulación del dosel residual, del sotobosque y de la cama de semillas. De acuerdo a Nyland (2006), para restaurar bosques degradados, es decir, reiniciar el proceso sucesional, en términos generales se requiere homogeneizar el espaciamiento entre los árboles residuales, concentrar el potencial de crecimiento en los árboles de mejor calidad, regenerar una nueva cohorte y controlar la competencia de especies competidoras indeseadas. Sin embargo, estas medidas dependerán del nivel de deterioro del bosque.

Para salvaguardar la funcionalidad y productividad de los bosques nativos en Chile será necesario avanzar en la incorporación de conceptos asociados a la degradación en los actuales y nuevos instrumentos de políticas, así como en aspectos regulatorios de carácter operacional tales como planes de manejo u ordenación. Esto además requerirá de nuevos esfuerzos para focalizar estrategias y técnicas de restauración que permitan recuperar la dinámica de los bosques y su capacidad para generar bienes y servicios en el mediano y largo plazo.

REFERENCIAS

Angelsen, A.; Brockhaus, M.; Kanninen, M.; Sills, E.; Sunderlin, W. D. and Wertz-Kanounnikoff, S. (Eds), 2009. Realising REDD+: National strategy and policy options. CIFOR, Bogor, Indonesia.

Armesto, J. J.; Villagrán, C. and Donoso, C., 1994. Desde la era glacial a la industrial. La historia del bosque templado Chileno. *Ambiente y Desarrollo* 10:66–72

Bahamóndez, C.; Martín, M.; Müller-Using, S.; Rojas, Y. y Vergara, G., 2009. Case Studies on Measuring and Assessing Forest Degradation: An Operational Approach to Forest Degradation. Forest Resources Assessment Working Paper 158. FAO, Rome, Italy. [online] URL: <http://www.fao.org/docrep/012/k7177e/k7177e00.pdf>.

Bahamondez, C. and Thompson, I. D., 2016. Determining forest degradation, ecosystem state and resilience using a standard stand stocking measurement diagram: Theory into practice. *Forestry* 89:290–300

Bengtsson, J.; Angelstam, P.; Elmqvist, T.; Emanuelsson, U.; Folke, C.; Ihse, M.; Moberg, F. and Nyström, M., 2003. Reserves, resilience, and dynamic landscapes. *Ambio* 32:389–96

Buma, B. and Wessman, C. A., 2011. Disturbance interactions can impact resilience mechanisms of forests. *Ecosphere* 2:1–13

Bustamante, M. M.; Roitman, I.; Aide, T. M.; Alencar, A.; Anderson, L. O.; Aragão, L.; Asner, G. P.; Barlow, J.; Berenguer, E.; Chambers, J.; Costa, M. H.; Fanin, T.; Ferreira, L. G.; Ferreira, J.; Keller, M.; Magnusson, W. E.; Morales-Barquero, L.; Morton, D.; Ometto, J. P.; Palace, M.; Peres, C. A.; Silvério, D.; Trumbore, S. and Vieira, I., 2015. Towards an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. *Glob Change Biol.* Accepted Author Manuscript. doi:10.1111/gcb.13087

Catalán, L. y Ramos, R., 1999. Pueblo Mapuche, Bosque Nativo y Plantaciones Forestales. Las Causas Subyacentes de la Deforestación del Sur de Chile, Ediciones Universidad Católica de Temuco, Temuco.

CBD, 1995. Malawi Principles. Convention on Biological Diversity, United Nations Environment Programme,

Nairobi, Kenya. <<http://www.cbd.int/ecosystem/principles.shtml>>.

CBD, 2005. Report of the Inter-Sessional (Second) Meeting of the AHTEG on the Review of Implementation of the Programme of Work on Forest Biological Diversity. Montreal, 28 November - 2 December 2005. UNEP/CBD/SBSTTA/11/INF/2. <http://www.cbd.int/doc/?mtg=sbstta-11>

Clark, L. G., 1995. Diversit. H.; Forero, E. and Luteya, J. L. (Eds.) Biodiversity and conservation of neotropical montane forest. New York, USA. New York Botanical Garden Press. p. 501-512.

CONAF, 2016. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal Subnacional de Chile. Estrategia nacional de cambio climático y recursos vegetacionales. Santiago, Chile. 140 p.

Connelly, E. B.; Allen, C. R.; Hatfield, K.; Palma-Oliveira, J. M.; Woods, D. D. and Linkov, I., 2017. Features of resilience. *Environ. Syst. Decis.* 37 (1), 46–50.

Coomes, D. A.; Burslem, D. F. R. P. and Simonson, W. D., 2014. Forests and global change. Cambridge University Press.

De Groot, R. S.; Alkemade, L.; Braat, L.; Hein, L. and Willemsen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7, pp. 260-272

FAO, 2002. Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-Related Definitions for Use by Various Stakeholders. Rome, 11-13 September 2002, WMO/ IPCC/CIFOR/FAO/IUFRO/UNEP. Rome. <http://www.fao.org/docrep/005/y4171e/y4171e00.htm>

FAO, 2015. Global Forest Resources Assessment 2015. FAO Forestry Paper No. 1. UN Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO, 2018. Sustainable Forest Management (SFM) Toolbox. Reducing Forest Degradation. Consultado 30 julio 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/reducing-forest-degradation/basic-knowledge/en/>

Ghazoul, J.; Burivalova Z.; Garcia-Ulloa, J. and King, L., 2015. Conceptualizing forest degradation. *Trends Ecol. Evol.*30:622–32

Ghazoul, J. and Chazdon, R., 2017. Degradation and recovery in changing forest landscapes: A multiscale conceptual framework. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42, 161–188.

Gonzalez, M. E.; Amoroso, M.; Lara, A.; Veblen, T. T.; Donoso, C.; Kitzberger, T.; Mundo, I. A.; Holz, A.; Casteller, A.; Paritsis, J.; Muñoz, A.; Suarez, M. L. y Promis, A., 2014. Ecología de disturbios y su influencia en los bosques templados de Chile y Argentina *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile Lugar: Valdivia; Año: 2014; p. 411 – 502*

Gunderson, L. H.; Allen, C. R. and Holling, C. S., 2010. Foundations of Ecological Resilience, Island Press

Hobbs, R. J., 2016. Degraded or Just Different? Perceptions and Value Judgements in Restoration Decisions. *Restoration Ecology* 24:153–158

Holl, K. D. and Aide, T. M., 2011. When and Where to Actively Restore Ecosystems? *For. Ecol. Manag.* 261: 1558–63

Holling, C. S., 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.

Holling, C. S., 1978. Adaptive Environmental Assessment and Management. John Wiley, New York, USA.

Hosonuma, N.; Herold, M.; De Sy, V.; De Fries, R. S.; Brockhaus, M.; Verhot, L.; Angelsen, A. and Romijn, E., 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett.* 7

Hunter, M., 1996. Benchmarks for managing ecosystems: Are human activities natural? *Conserv. Biol.* 10, 695–697

IPCC, 2003. Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types. Penman, J.; Gytarsky, M.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds.), IPCC-IGES, Kanagawa. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Japan.
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/degradation_contents.html

Johnstone, J. F.; Allen, C. D.; Franklin, J. F.; Frelich, L. E.; Harvey, B. J.; Higuera, P. E.; Mack, M. C.; Meentemeyer, R. K.; Metz, M. R.; Perry, W.; Schoennagel, T. and Turner, M. G., 2016. Changing disturbance regimes, climate warming and forest resilience. *Front. Ecol. Environ.* 14, 369–378.

Kissing, G.; Herold, M. and de Sy, V., 2012. Drivers of deforestation and forest degradation: A synthesis report for REDD+ policymakers. Rep., Lexeme Consult., Vancouver, Can.
https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/fcp/files/DriversOfDeforestation.pdf_N_S.pdf

MEA, 2005. Ecosystems and human well-being: Current state and trends. Washington, DC: Island Press.

MCPFE, 2007. State of Europe's forests, 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe, Warsaw

Minnemeyer, S.; Laestadius, L.; Sizer, N.; Saint-Laurent, C. and Potapov, P., 2011. A World of Opportunity. Mapping Opportunities for Forest Landscape Restoration. Washington, D.C., World Resources Institute. Available at: www.wri.org/restoringforests.

Morales-Barquero, L.; Skutsch, M.; Jardel-Peláez, E. J.; Ghilardi, A.; Kleinn, C. and Healey, J. R., 2014. Operationalizing the Definition of Forest Degradation for REDD+ with Application to Mexico. *Forests* 2014, 5, 1653-1681

Niering, W. A. and Goodwin, R. H., 1974. Creation of relatively stable shrublands with herbicides: Arresting "succession" on rights-of-way and pastureland. *Ecology*, 55: 784-795.

Nyland, R. D., 2006. Rehabilitating cutover stands: Some ideas to ponder. In Kenefic LS, RD Nyland eds. Processing of the conference on diameter-limit cutting in Northeastern forests. US For. Serv. Gen. Tech. Rpt. NE-324. P. 47-51.

Norden, N.; Chazdon, R. L.; Chao, A.; Jiang, Y. H. and Vilchez-Alvarado, B., 2009. Resilience of tropical rain forests: Tree community reassembly in secondary forests. *Ecol. Lett.* 12:385–94

OIMT, 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. Serie OIMT de políticas forestales N° 13. Yokohama.
http://219.127.136.74/live/Live_Server/154/ps13s.pdf

Padisak, J., 1992. Seasonal Succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) A dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *J. Ecol.*, 80, 217–230

Putz, F. E. and Redford, K., 2010. The Importance of Defining 'Forest': Tropical Forest Degradation, Deforestation, Long-Term Phase Shifts, and Further Transitions. *Biotropica*, 42 pp. 10-20

Putz, F. E. and Romero, C., 2014. Futures of Tropical Forests (*sensu lato*). *Biotropica* 46:495–505.

Reyes, R.; Nelson, H. and Zerriffi, H., 2018. Firewood: Cause or consequence? Underlying drivers of firewood production in the South of Chile. *Energy for Sustainable Development* (42) 97–108

Rist, L. and Moen, J., 2013. Sustainability in forest management and a new role for resilience thinking. *For Ecol Manag* 310:416–427. doi: 10.1016/j.foreco.2013.08.033

Rojas, Y.; Loguercio, G.; Nieto, V. y Bahamondez, C., 2011. Análisis de la Degradación Forestal en el Marco de REDD+. Proyecto MIA "Desarrollo Metodológico y de Herramientas para la REDD+". Santiago, Chile. 141 p.

Sartori, A., 2015. Compromisos forestales de Chile para enfrentar el cambio climático y consideraciones generales para la transferencia de derechos de carbono. Nota informativa. Corporación Nacional Forestal, Chile. 6 p.

Sasaki, N. and Putz, F. E., 2009. Critical Need for New Definitions of "Forest" and "Forest Degradation" in Global Climate Change Agreements. *Conservation Letters* 2 (5):226-232.

In. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00067>.

Schoene, D.; Killmann, W.; von Lupke, H. and Loyche-Wilkie, M., 2007. Definitional Issues Related to Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries. FAO Forests and Climate Change Working Paper 5. FAO, Rome.

Simula, M., 2009. Towards Defining Forest Degradation: Comparative Analysis of Existing Definitions. Forest Resources Assessment Working Paper No. 154 (Rome: UNFAO).

Soto, D., 2017. Recovery of High-graded *Nothofagus* Forests: Building Resilience Through Theory and Practice. A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Oregon, USA. Department of Forest Ecosystems and Society, Oregon State University. 150 p.

Standish, R. J.; Hobbs, R. J.; Mayfield, M. M.; Bestelmeyer, B. T.; Suding, K. N.; Battaglia, L. L. Evinerf, V.; Hawkesg, C.; Tempertonh, V. M.; Cramera, V. A.; Harris, J. A.; Funkj, J. L. and Thomask, P. A., 2014. Resilience in ecology: abstraction, distraction, or where the action is? *Biological Conservation*, 177,43–51.

Steffen, W.; Grinevald, J.; Crutzen, P. and McNeill, J., 2011. The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 369, 842–867

Thompson, I. D.; Guariguata, M. R.; Okabe, K.; Bahamondez, C.; Nasi, R.; Heymell, V. and Sabogal, C., 2013. An Operational Framework for Defining and Monitoring Forest Degradation. *Ecol. Soc.* 18: 20.

Vásquez-Grandón, A.; Donoso, P. J. y Gerding, V., 2018. Degradación de los bosques: Concepto, proceso y estado – Un ejemplo de aplicación en bosques adultos nativos de Chile. En: Donoso, P. J.; Promis, A. y Soto, D. P. (Eds.). *Silvicultura en Bosques Nativos. Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos.* College of Forestry, Oregon State University. Valdivia, Chile. pp. 175-196

Vergara-Asenjo, G. y Schlegel, B., 2017. Degradación Forestal: Enfoques Conceptuales y sus Implicancias para Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 23 (3): 73-83.

Walters, C., 1986. *Adaptive Management of Renewable Resources.* MacMillan, New York, New York, USA.

Wilkie, M. L.; Holmgren, P. and Castaneda, F., 2003. Sustainable forest management and the ecosystem approach: two concepts, one goal. Working Paper FM 25. Food and Agriculture Organization, Forest Resources Development Service, Rome.

Zamorano-Elgueta, C.; Cayuela, L.; Rey-Benayas, J. M.; Donoso, P. J.; Geneletti, D. and Hobbs, R. J., 2014. The Differential Influences of Human-Induced Disturbances on Tree Regeneration Community: A Landscape Approach. *Ecosphere* 5:art 90. In: <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00003.1>

