



# **Silvicultura ecológica: Un desafío para el desarrollo de plantaciones para la satisfacción de múltiples objetivos**



**Pablo Donoso Hiriart**

Temuco, 26 de junio de 2024

## **Contenidos**

**Necesidad y potencial de plantaciones con especies nativas en Chile.**

**Sistemas silviculturales convencionales en plantaciones de Nothofagus.**

**Principios de la silvicultura ecológica**

**Transición hacia sistemas silviculturales alternativos.**

## Necesidad y potencial de plantaciones con especies nativas en Chile.

- Plantaciones forestales 290 M ha (FAO 2021)
- 131 M ha plantaciones monoespecíficas (Messier et al. 2022, FAO 2021).
- 379-475 M ha al año 2070 (Nepal et al. 2019).
- Plantaciones proveen fundamentalmente madera y fibra
- Plantaciones pueden mejorar su contribución a mitigar el cambio climático (Carle et al. 2002, Donoso et al. 2022), o a restaurar ecosistemas forestales (Carle et al. 2002, Paquette y Messier 2010, Locatelli et al. 2015, Bannister et al. 2016, Messier et al. 2022).

Received: 28 January 2021 | Revised: 20 June 2021 | Accepted: 9 July 2021

DOI: 10.1111/col.13929

PERSPECTIVE

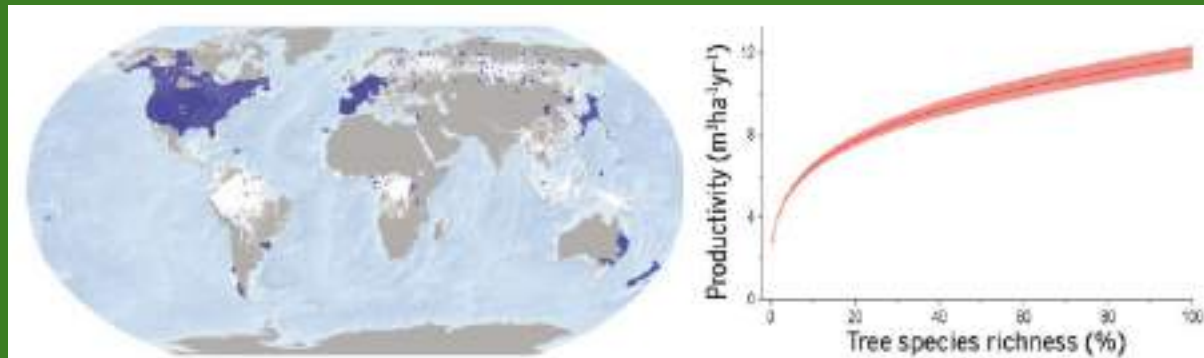
Conservation Letters  
Journal of the Society for Conservation Biology

WILEY

## For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests!

Christian Messier<sup>1,2</sup> | Jürgen Bauhus<sup>3</sup> | Rita Sousa-Silva<sup>2</sup> | Harald Auge<sup>4,5</sup> |  
Lander Baeten<sup>6</sup> | Nadia Barsoum<sup>7</sup> | Helge Bruelheide<sup>5,8</sup> | Benjamin Caldwell<sup>9</sup> |  
Jeannine Cavender-Bares<sup>10</sup> | Els Dhiedt<sup>6</sup> | Nico Eisenhauer<sup>5,11</sup> | Gislene Ganade<sup>12</sup> |  
Dominique Gravel<sup>13</sup> | Joannès Guillemot<sup>14,15</sup> | Jefferson S. Hall<sup>16</sup> |  
Andrew Hector<sup>17</sup> | Bruno Hérault<sup>18</sup> | Hervé Jactel<sup>19</sup> | Julia Koricheva<sup>20</sup> |  
Holger Kreft<sup>21,22</sup> | Simone Mereu<sup>23,24</sup> | Bart Muys<sup>25</sup> | Charles A. Nock<sup>26</sup> |  
Alain Paquette<sup>2</sup> | John D. Parker<sup>27</sup> | Michael P. Perring<sup>6,28,29</sup> | Quentin Ponette<sup>30</sup> |  
Catherine Potvin<sup>31</sup> | Peter B. Reich<sup>32,33</sup> | Michael Scherer-Lorenzen<sup>14</sup> |  
Florian Schnabel<sup>3,8</sup> | Kris Verheyen<sup>5</sup> | Martin Weih<sup>35</sup> | Meike Wollni<sup>36</sup> |  
Delphine Clara Zemp<sup>20,31,37</sup>

Liang et al. 2016. Positive biodiversity-productivity relationships predominant in global forests. **Science**, Vol 354 Issue 6309



**Global effect of tree species diversity on forest productivity.** Ground-sourced data from 777,126 global forest biodiversity permanent sample plots (dark blue dots, left), which cover a substantial portion of the global forest extent (white), reveal a consistent positive and concave-down biodiversity-productivity relationship across forests worldwide (red line with pink bands representing 95% confidence interval, right).

## Chile's monoculture plantations must adapt

Pablo J. Donoso<sup>1\*</sup>, Daniel P. Soto<sup>2</sup>,  
Celso Navarro<sup>3</sup>, Yasna Rojas<sup>4</sup>

Se deberían promover cambios que incrementen la habilidad de las plantaciones para contribuir a los objetivos climáticos:

- Rotaciones extendidas
- Mantención de legados
- Especies nativas
- Plantaciones mixtas

To maximize the benefits of *P. radiata*, *Eucalyptus* spp., and other monoculture plantations, Chile should promote changes that increase the ability of plantations to contribute to climate goals. Trees should be planted according to an extended rotation schedule, and instead of clearcutting, some trees or groups of trees should be retained and allowed to grow old (6). Plantations should include fast-growing native species (7, 8) and incorporate a variety of species instead of just one (8–10). Almost all plantations start as monocultures for financial reasons, but their diversity and carbon sinks should be increased within several decades (5, 9, 10). Plantations that meet some of the above criteria should be acknowledged in the Climate Change Framework Law as beneficial.

10.1126/science.ade7898

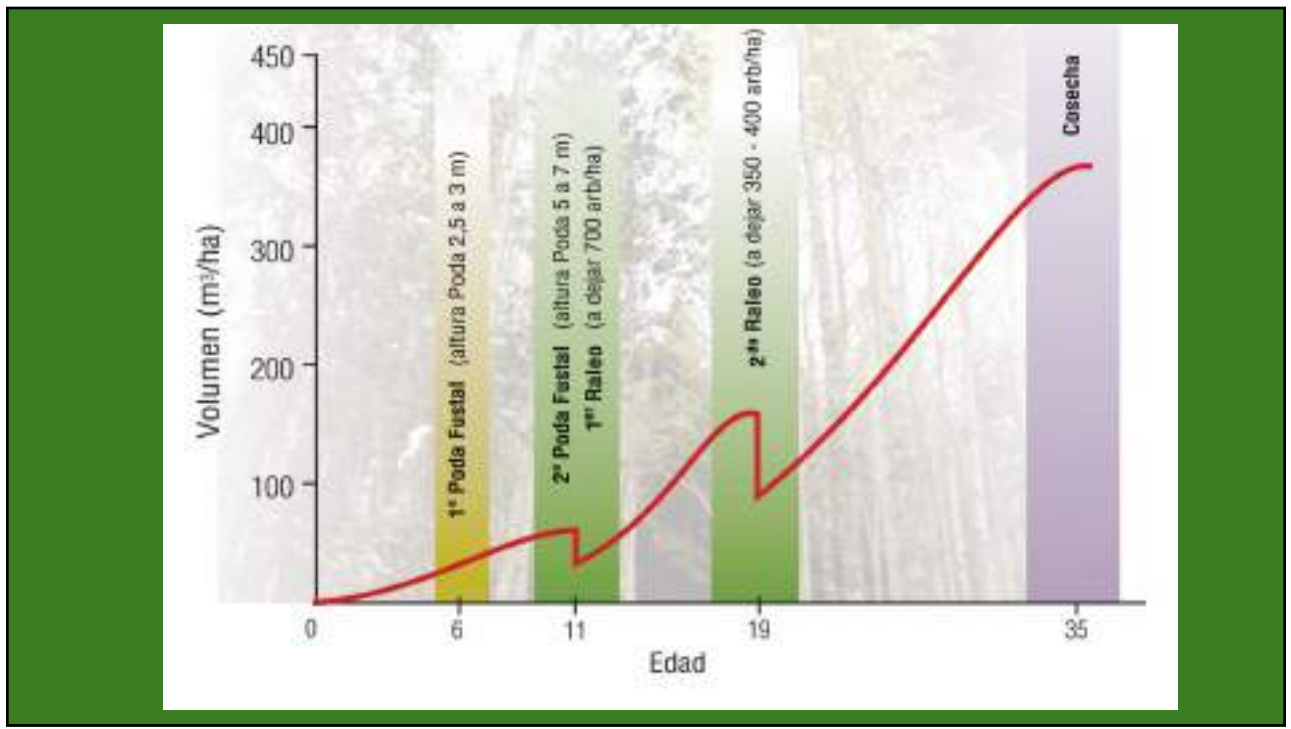
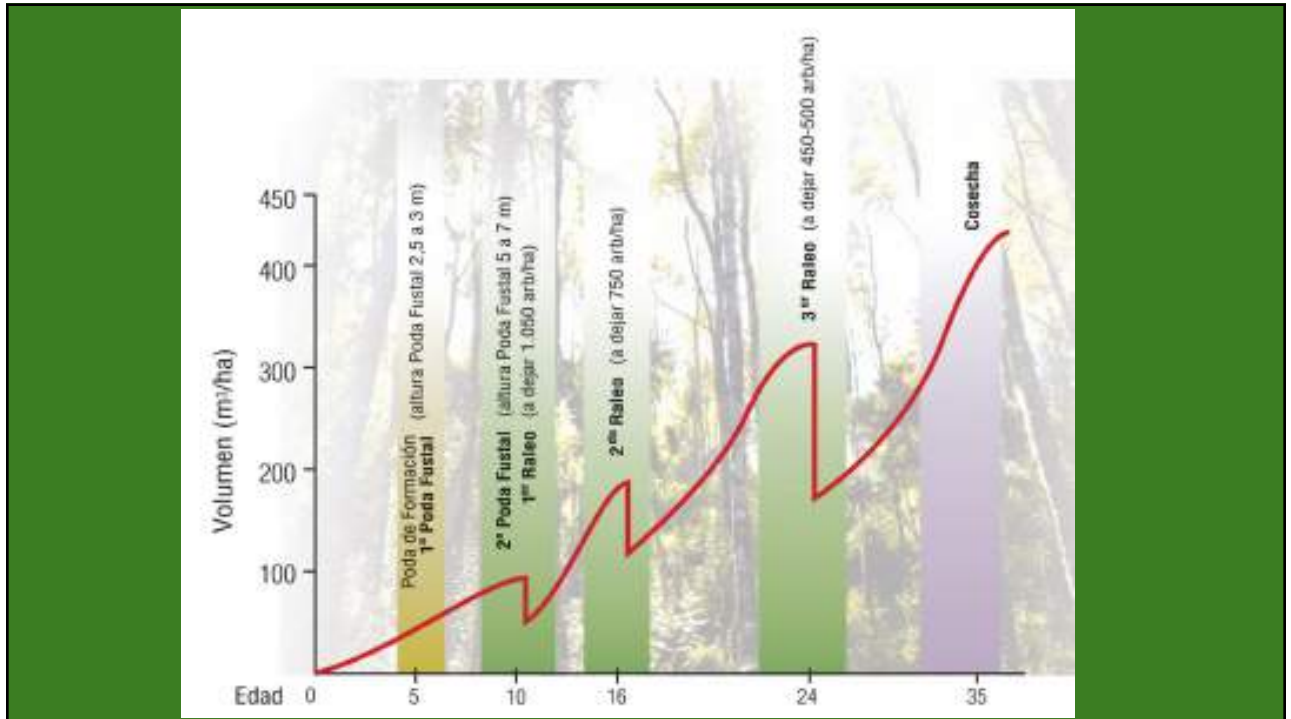
14 OCTOBER 2022 • VOL 378 ISSUE 6616 147

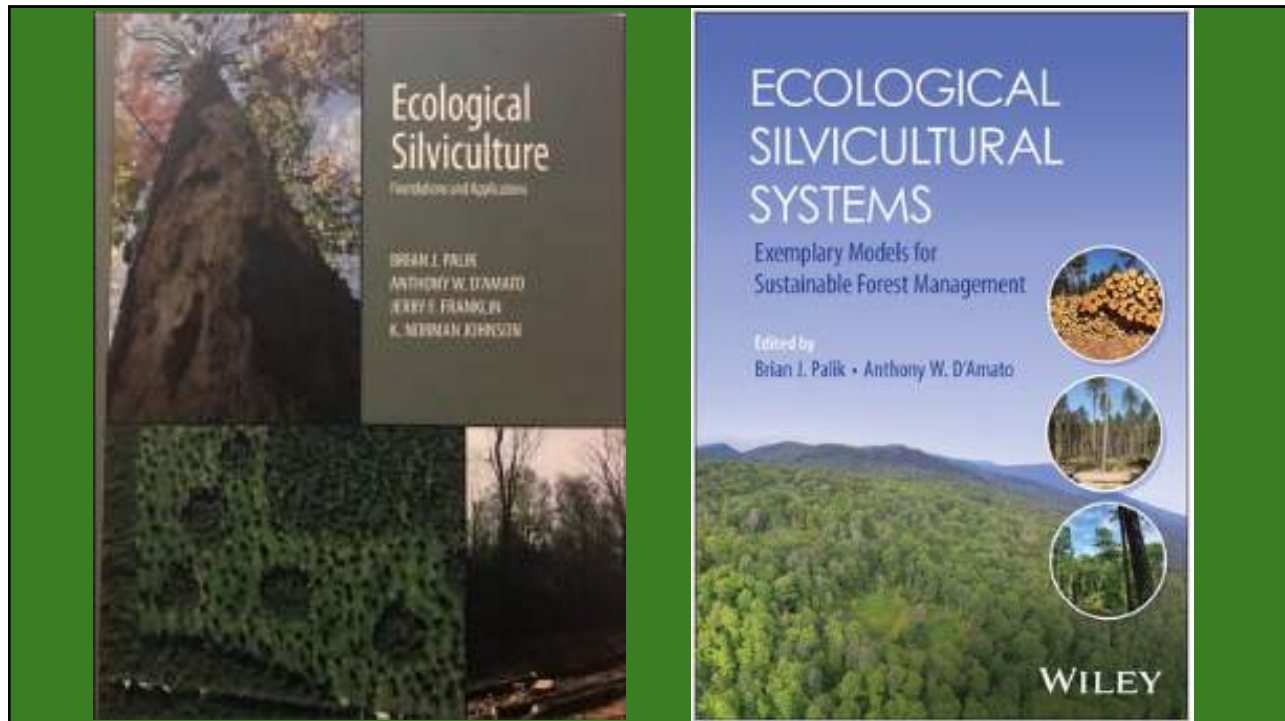




Edge	Manejo	Nivos	NRaul	Notse	Reg.	Birzales	AB	DMCR	WP(mm)	SD	VA	Vieja	VolTot	IMA Vol	Indice Ori	Carbono (ton/ha)	COS (ton/ha)	H(Shannon)
32	Commanajo	544	404	140	25750	4448	29,70	30,34	6,96	12,5	61,9	256,2	338,5	10,3	2,5	28,8	128,9	2,7







## Principios de la SILVICULTURA ECOLÓGICA

Principio	Descripción
Mantener ecosistemas, en vez de solo madera.	La estructura y función de los ecosistemas son motores del crecimiento de los bosques.
Buscar complejidad y diversidad.	La complejidad y heterogeneidad estructural, y la diversidad de especies, son pilares de bosques sanos.
Buscar continuidad de los bosques.	Enfatar tanto lo que queda como lo que sale en el bosque luego de una cosecha ( <b>legados</b> ).
Mantener opciones para el futuro.	Mantener todas las partes de un bosque para sostener las opciones ante un futuro incierto.
Practicar la silvicultura en un contexto de paisaje.	Acciones en un rodal deben ser hechas en el contexto del paisaje.
Dejar que los ecosistemas "hablen".	Considerar la rica variedad de componentes del ecosistema al manejar



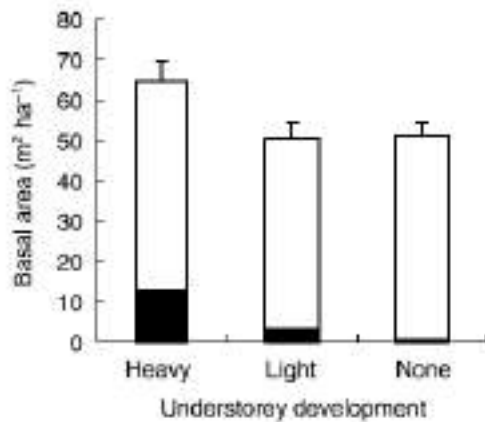
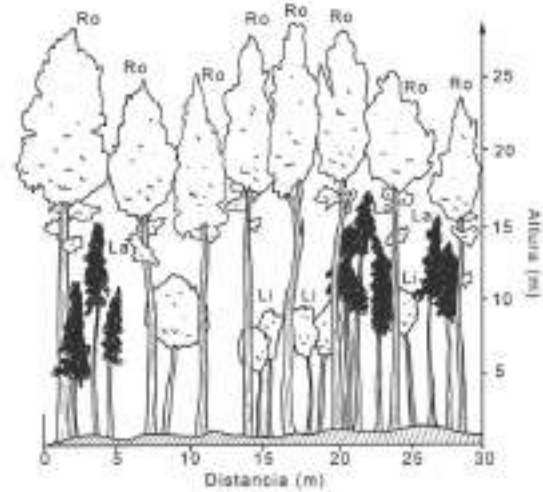


Fig. 3. Least-squares mean basal area ( $\pm$  SE) of 40–70-year-old *Nothofagus* stands with (a) negligible understorey ( $< 1.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), (b) light understorey ( $\geq 1.0$  but  $< 6.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) and (c) heavy understorey ( $\geq 6.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). Basal area of *Nothofagus* in white, understorey associates in black. Stand age, overstorey leaf habit and geographical origin set at neutral values.



Area basal/Volumen aditivo

¿Cómo lograr plantaciones con...

- > Productividad
- > Carbono (biomasa)
- > Valor comercial (madera de calidad/premium)
- > Diversidad estructural/de especies/funcional?

➔ SILVICULTURA ECOLÓGICA

➔ Conversión de plantaciones a bosques diversos en estructura y composición.

### Cortas de Protección Irregular a los 60 años

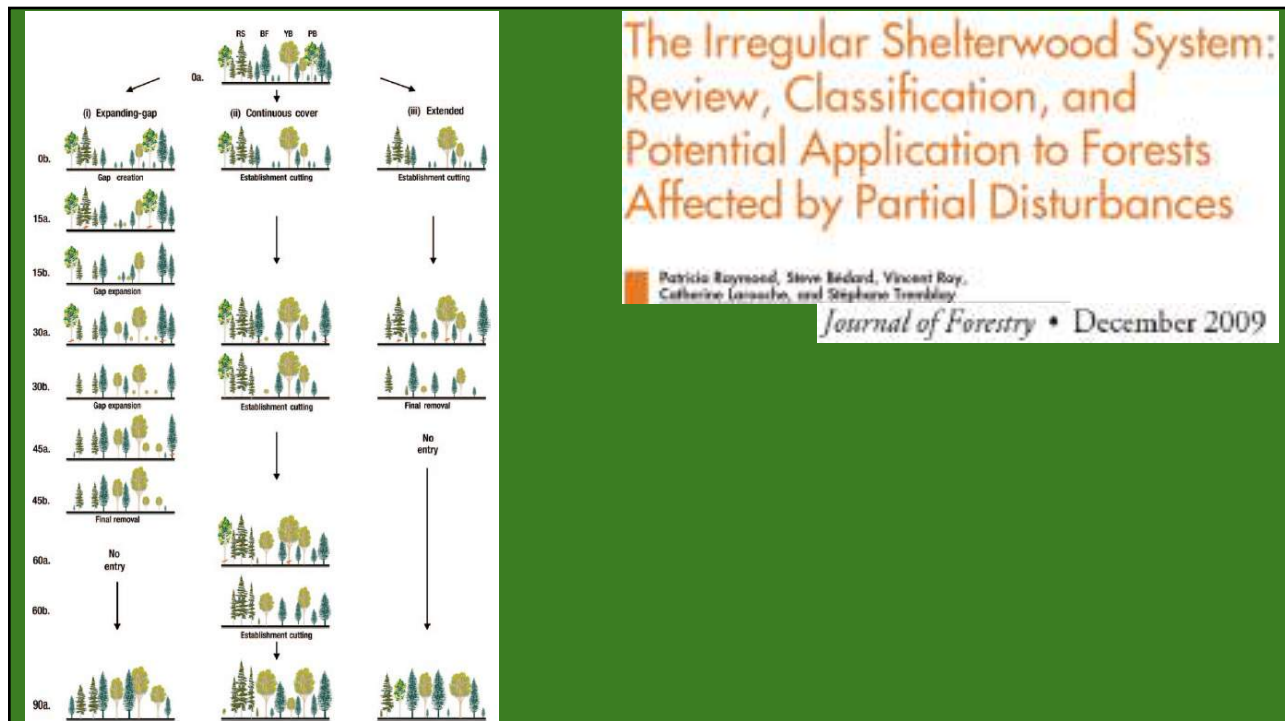
Se difiere la típica corta final a los 35 años hasta los 60 años, generando un bosque de al menos dos doseles.

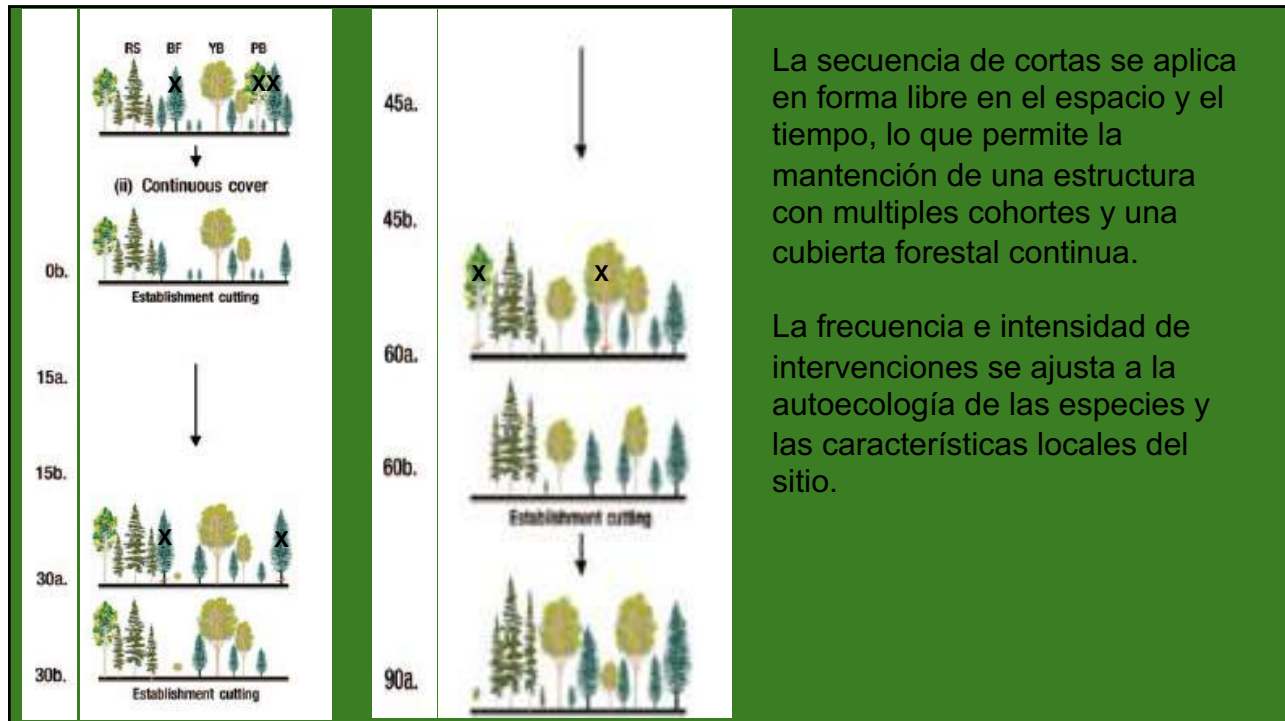
### Transición a bosques de selección a los 60 años

Con tres ciclos de corta se genera un bosque multietáneo.

### Plantaciones mixtas desde el inicio

Se genera un bosque de dos doseles desde temprano.





La secuencia de cortas se aplica en forma libre en el espacio y el tiempo, lo que permite la mantención de una estructura con multiples cohortes y una cubierta forestal continua.

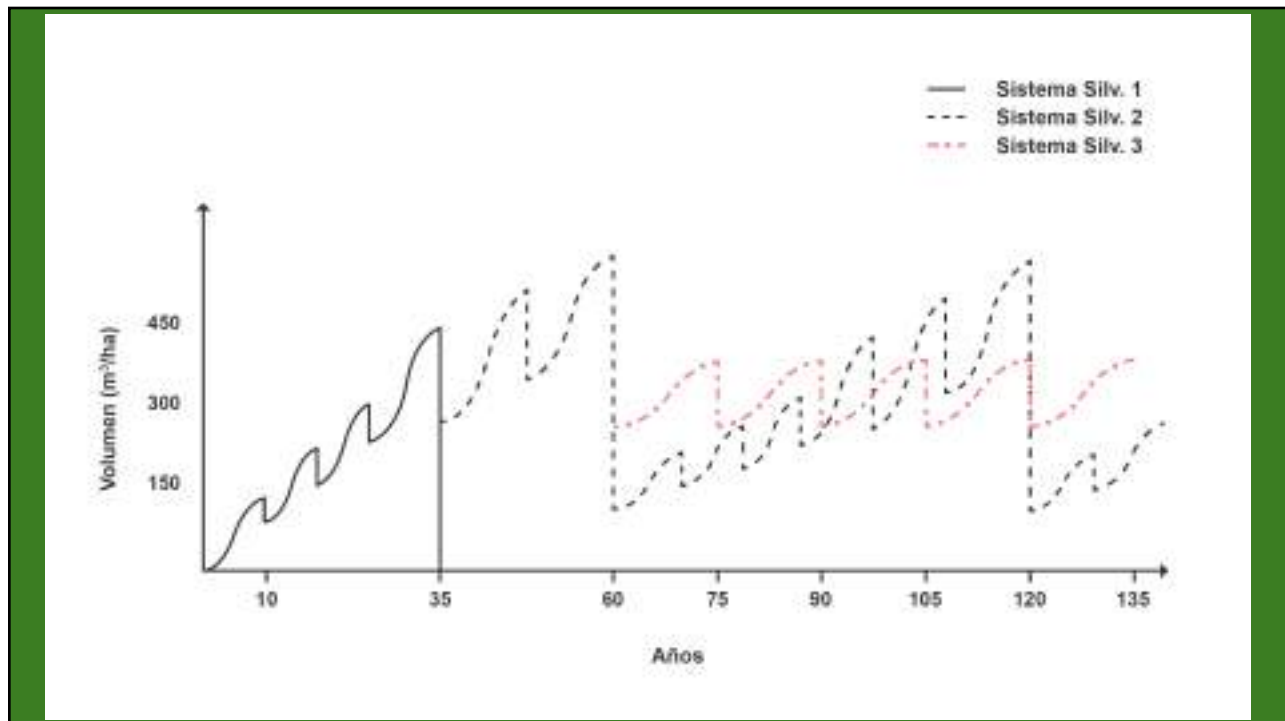
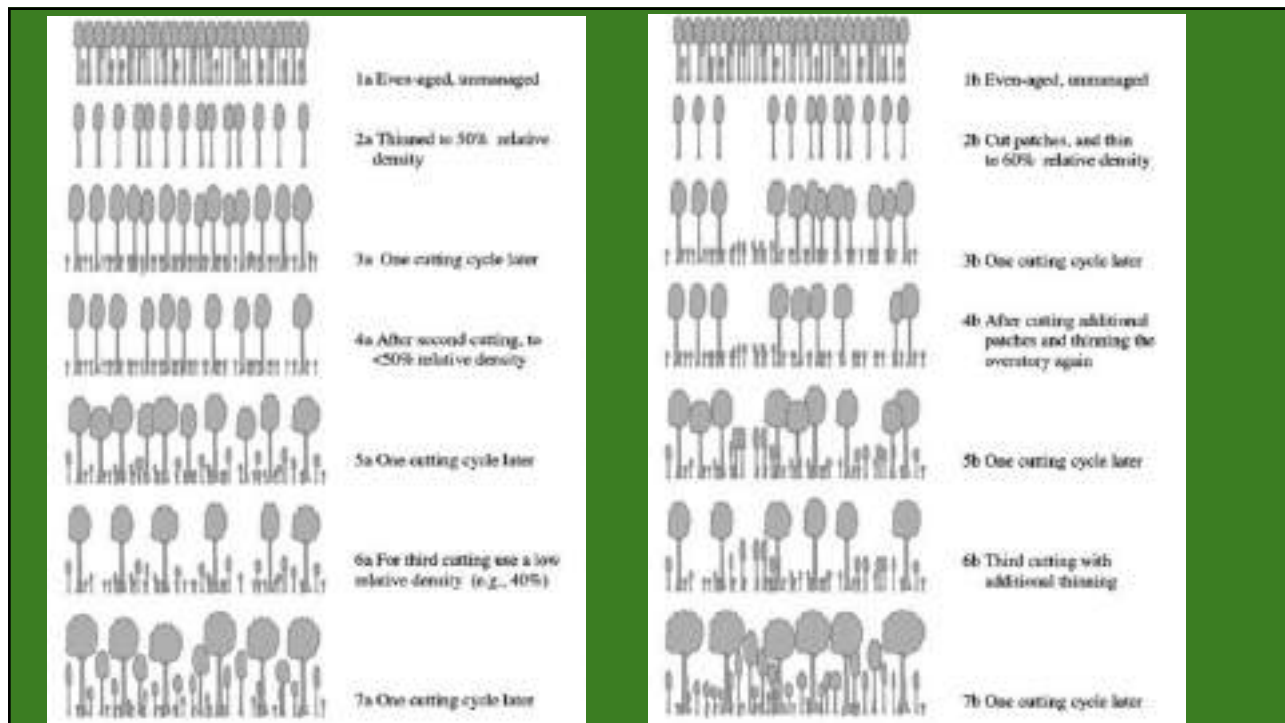
La frecuencia e intensidad de intervenciones se ajusta a la autoecología de las especies y las características locales del sitio.

1a Even-aged, unmanaged  
2a Thinned to 50% relative density  
3a One cutting cycle later  
4a After second cutting to 40% relative density  
5a One cutting cycle later  
6a For 50% cutting rate a low relative density (e.g., 40%)  
7a One cutting cycle later  
8a 80%: 20% ratio to seed spacing and seed planting patterns  
9a One cutting cycle later  
10a Fully implemented

1b Even-aged, unmanaged  
2b 20% cut patches, and thin to 50% total relative density  
3b One cutting cycle later  
4b After cutting additional patches and thinning the remaining again  
5b One cutting cycle later  
6b Thinned cutting with additional thinning  
7b One cutting cycle later  
8b Reduce overstory to seed spacing and seed planting patterns  
9b One cutting cycle later  
10b Fully implemented single-tree selection system

Forest Ecology and Management 115 (2004) 111–116  
www.elsevier.com/locate/foreco

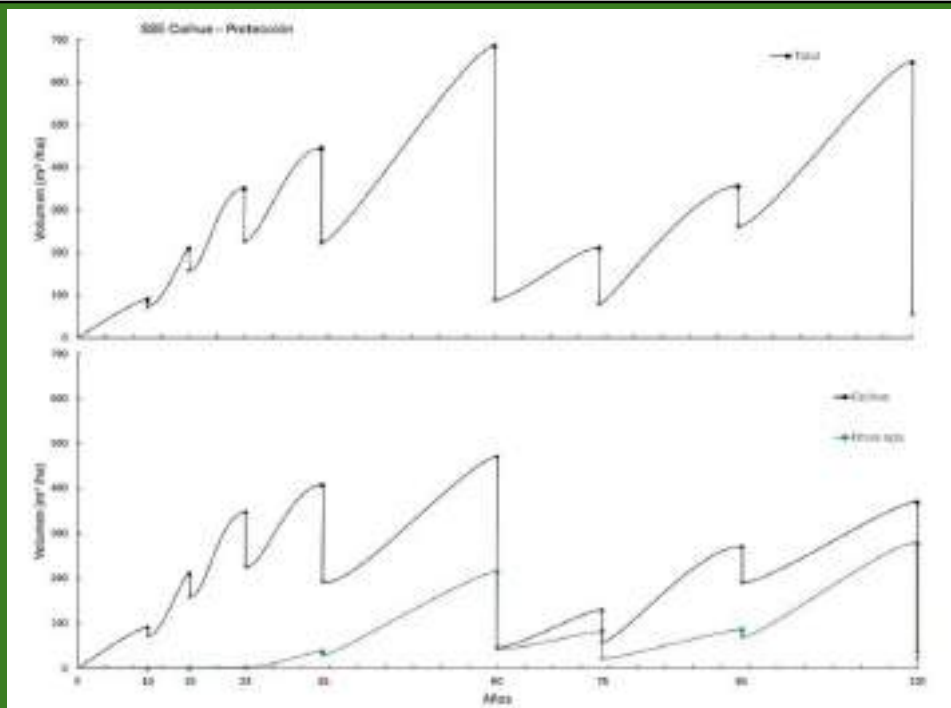
Even- to uneven-aged: the challenges of conversion  
Ralph D. Nyland\*



## Cortas de Protección Irregular a los 60 años

A los 60 años se deja un dosel superior de 10-20% de cobertura, se planta coihue o raulí con 300-500 plantas por ha. Se escarifica parcialmente (madereo) para incrementar posibilidades de regeneración natural de coihue o raulí.

Raleos futuros orientados a coihue y raulí más los mejores individuos de especies acompañantes.



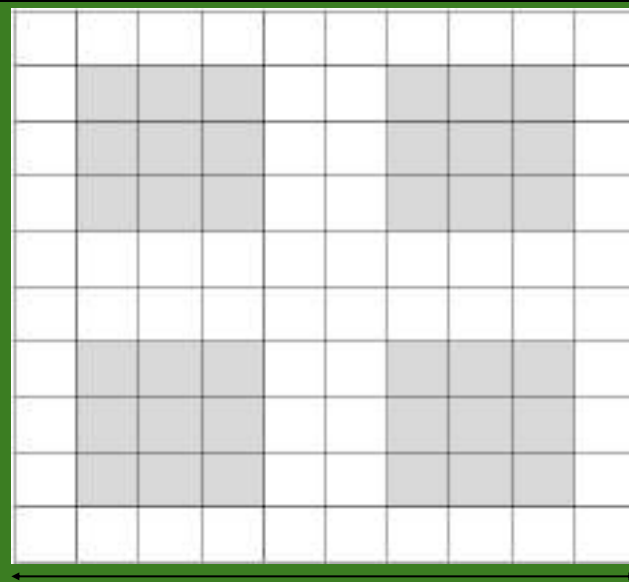
## Cortas de selección...

Cortas en parches de 900 m<sup>2</sup>.

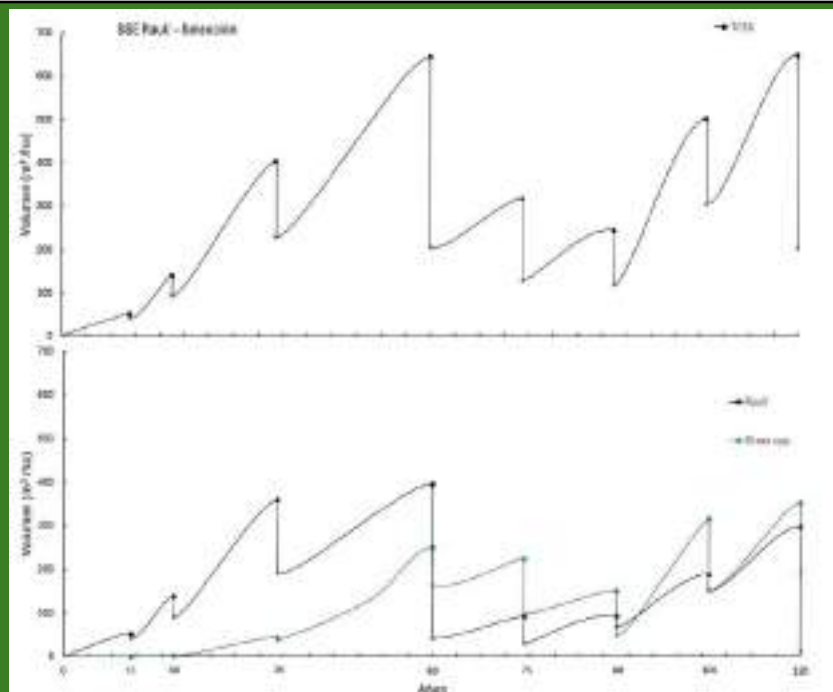
Probable algo de regeneración natural de estas especies si se escarifica,

Se mantiene un bosque/plantación mixto y multietáneo.

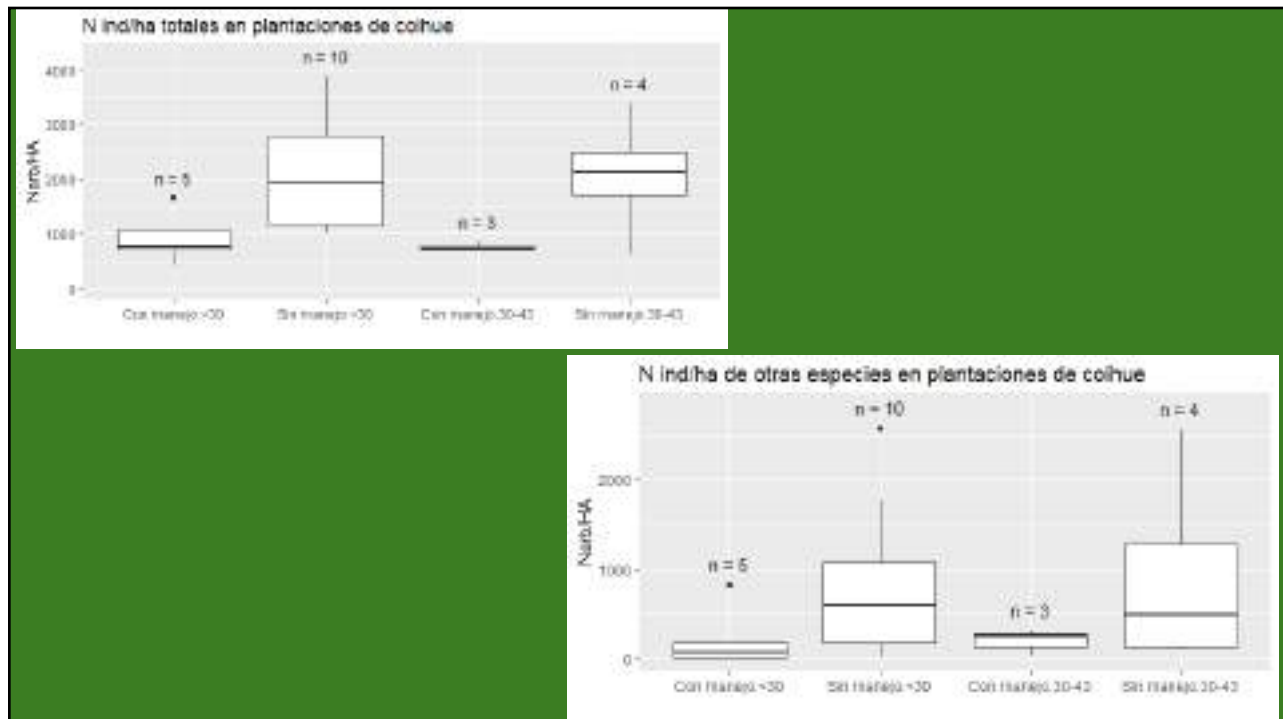
Cada 15 años (ciclo de corta) se entra a ralear (árboles inmaduros) y cosechar (árboles maduros) el bosque/plantación.

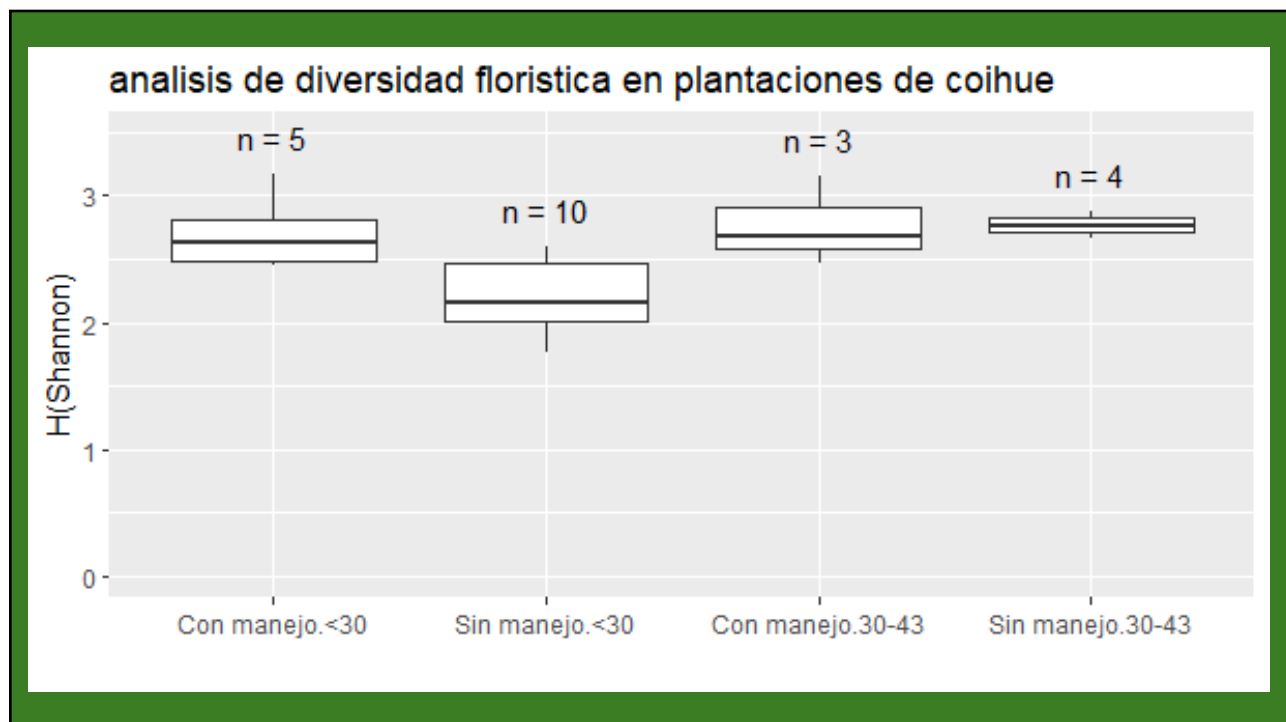
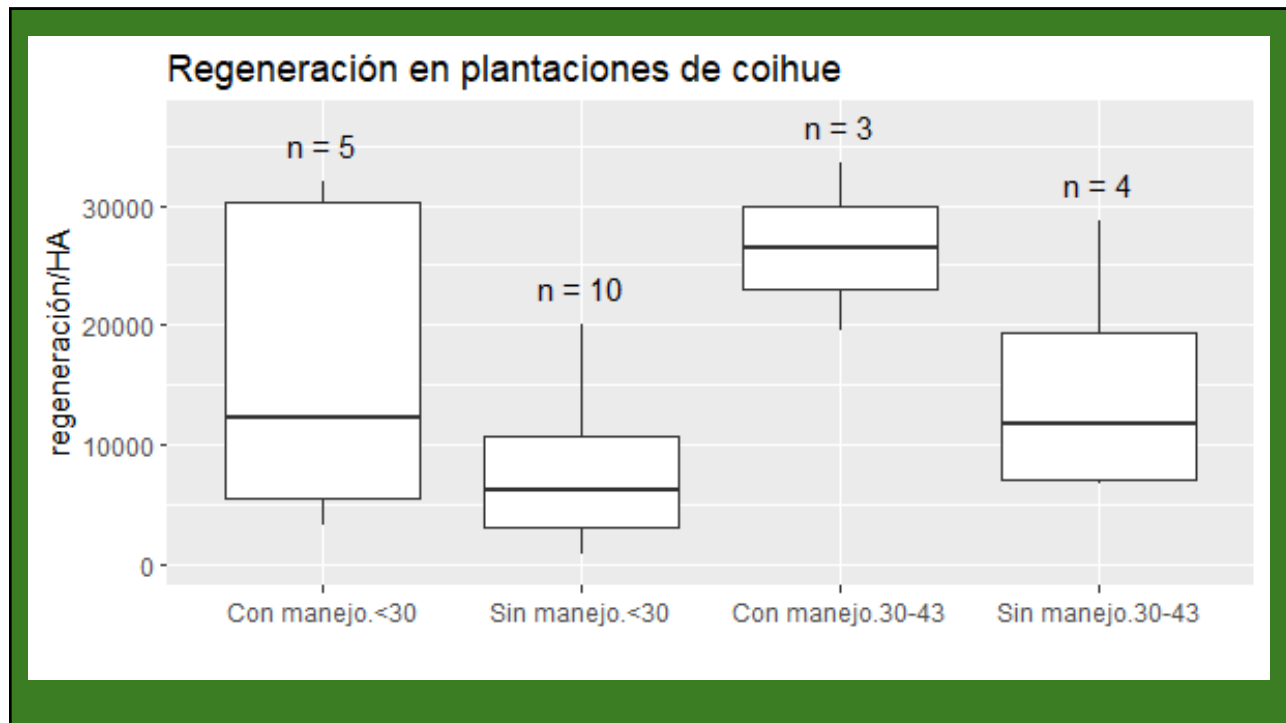


## Cortas de selección...en parches

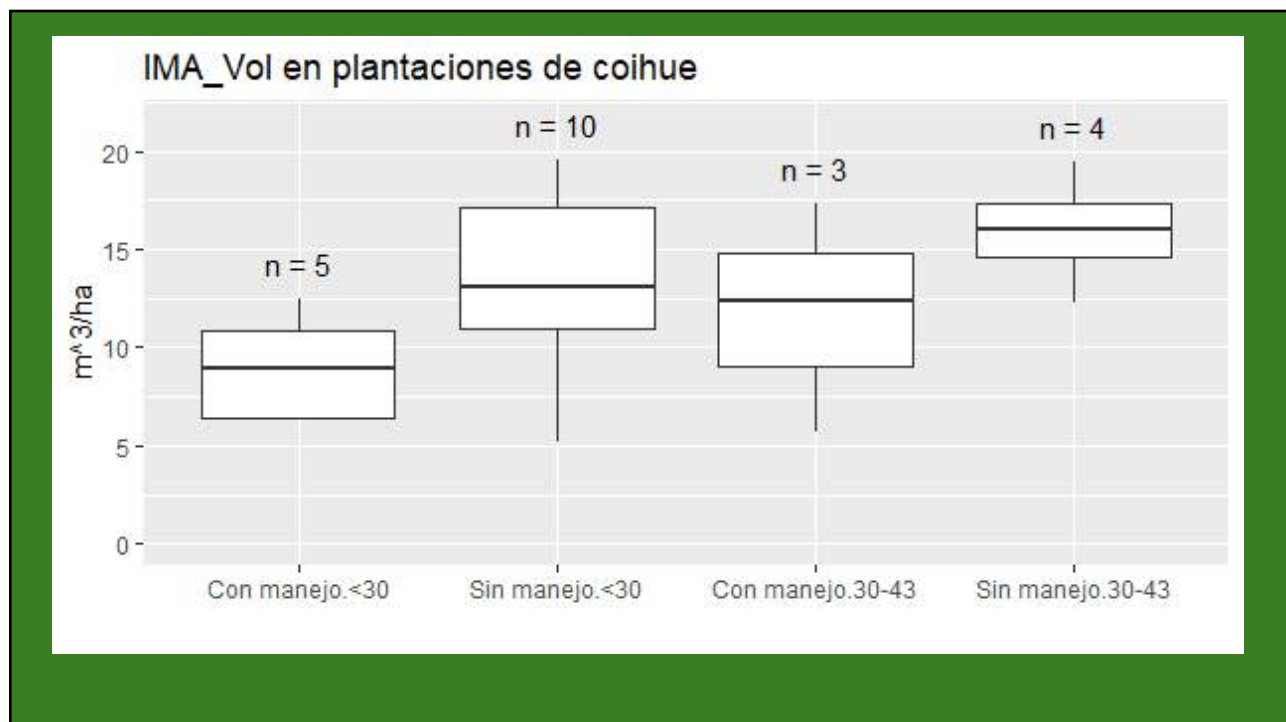
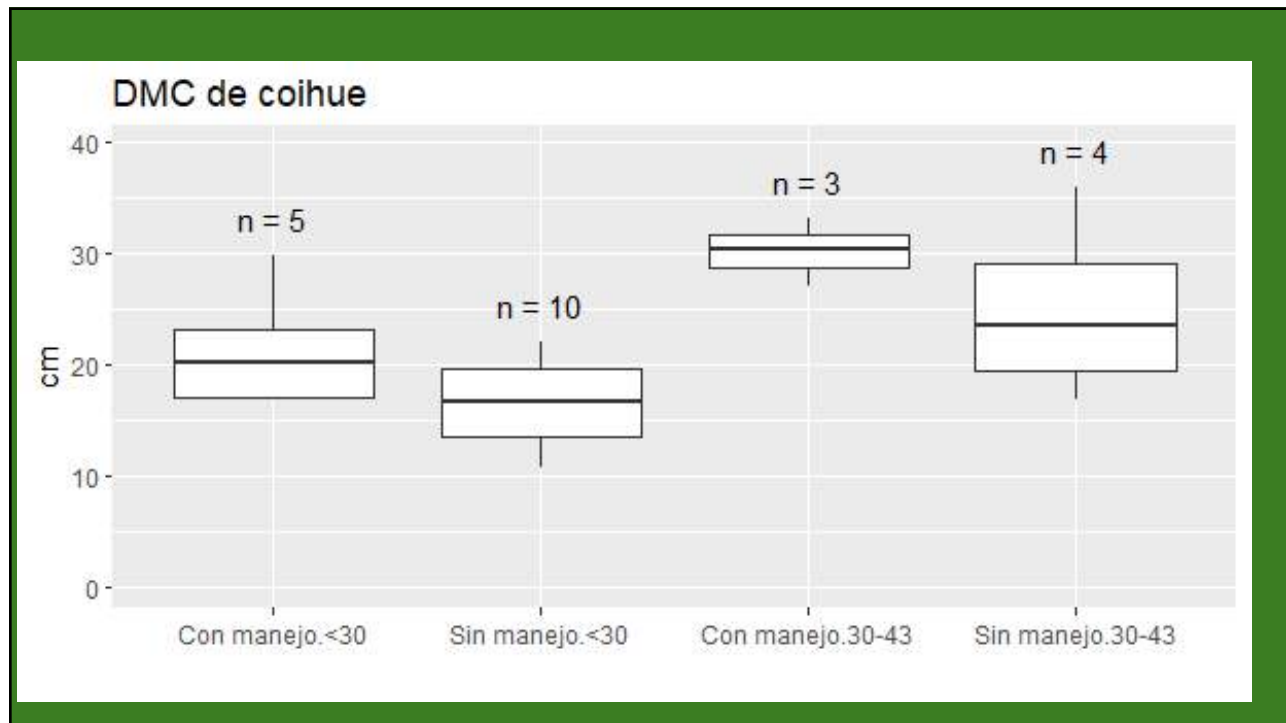


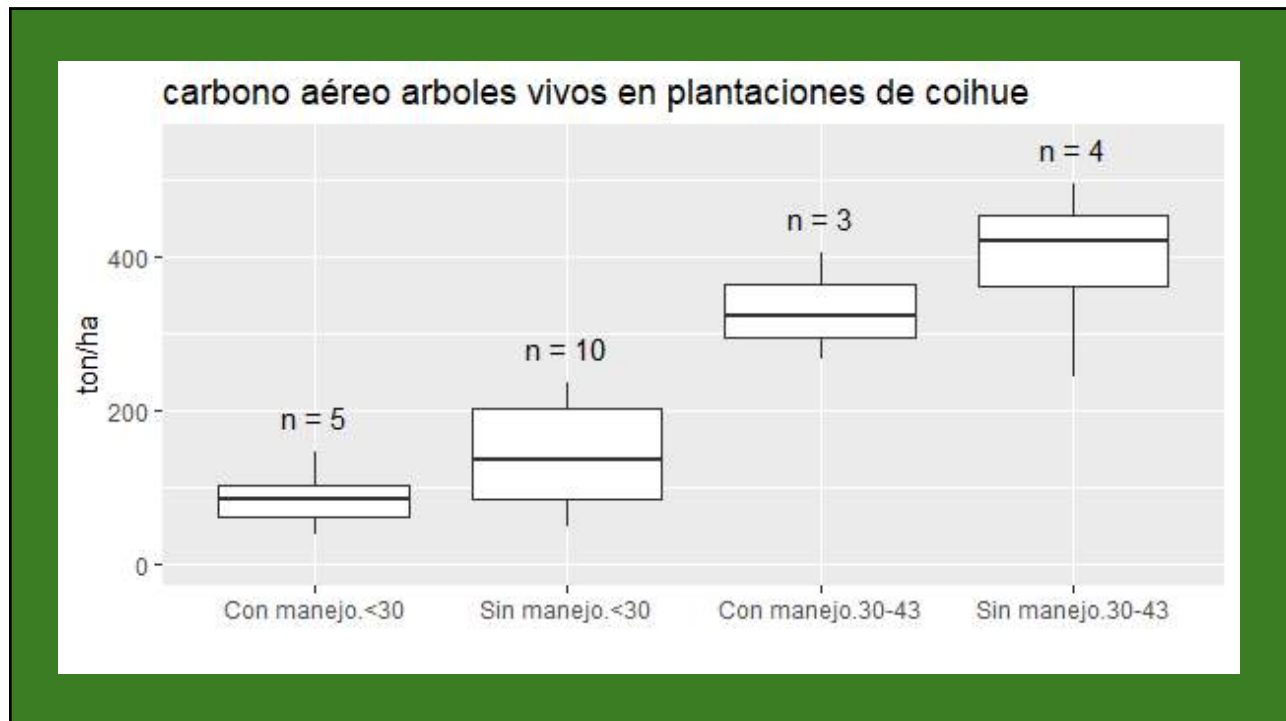
# Estructura, Composición, Crecimiento, Carbono y Diversidad en Plantaciones de Coihue



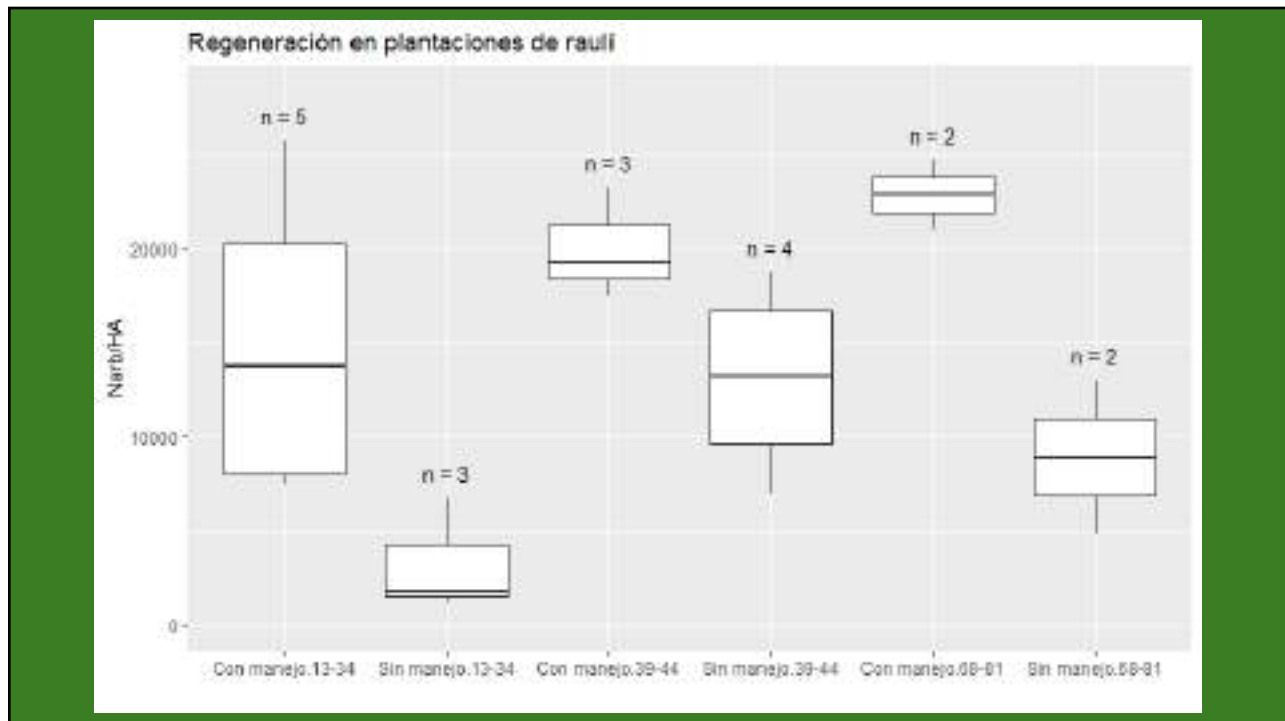
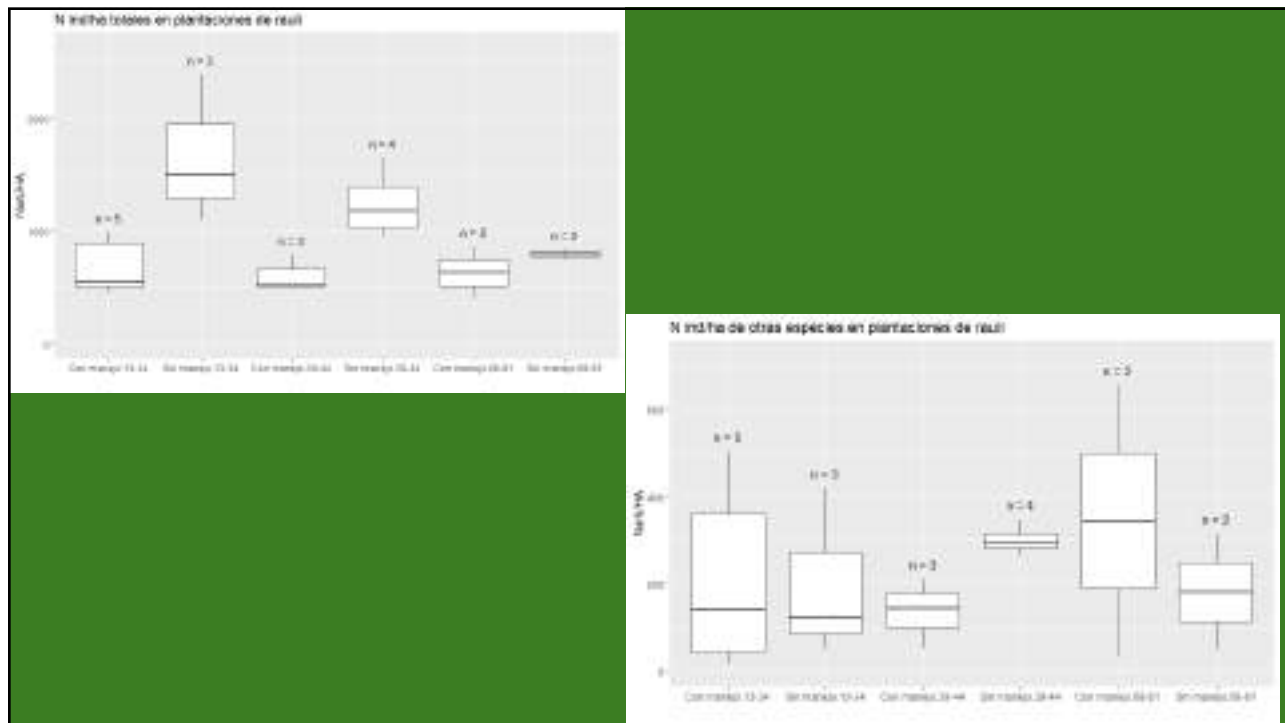


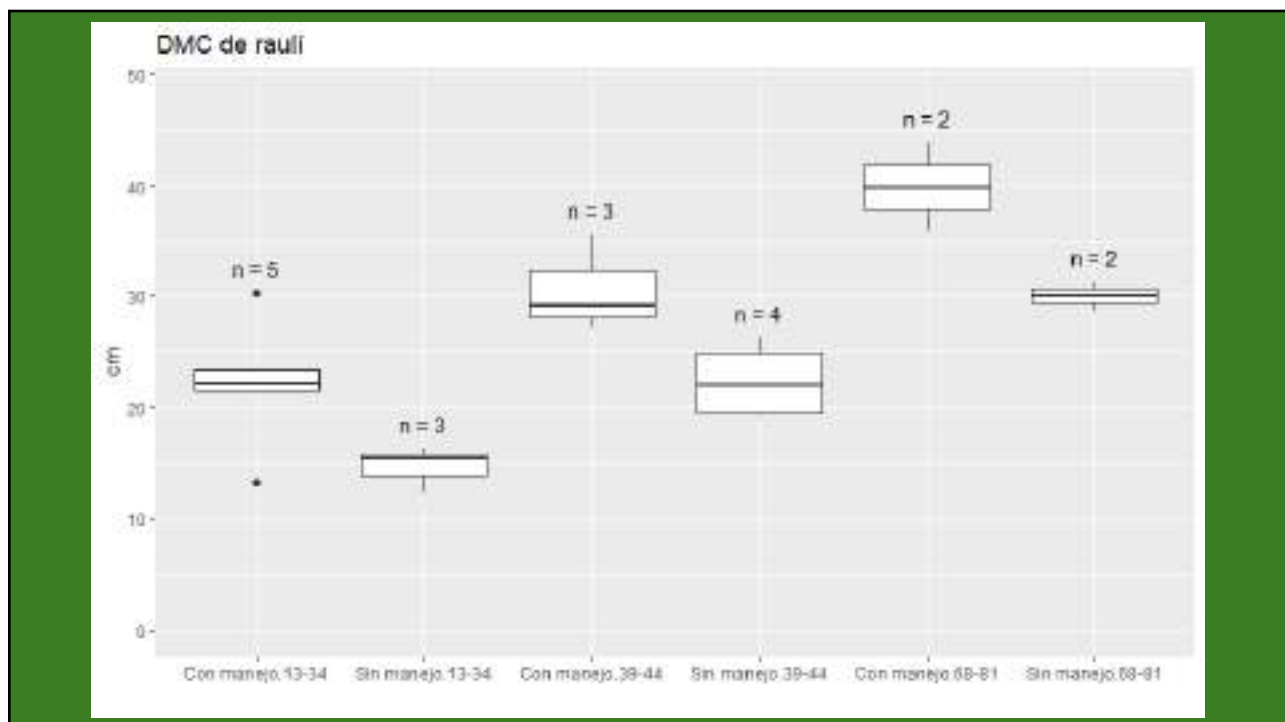
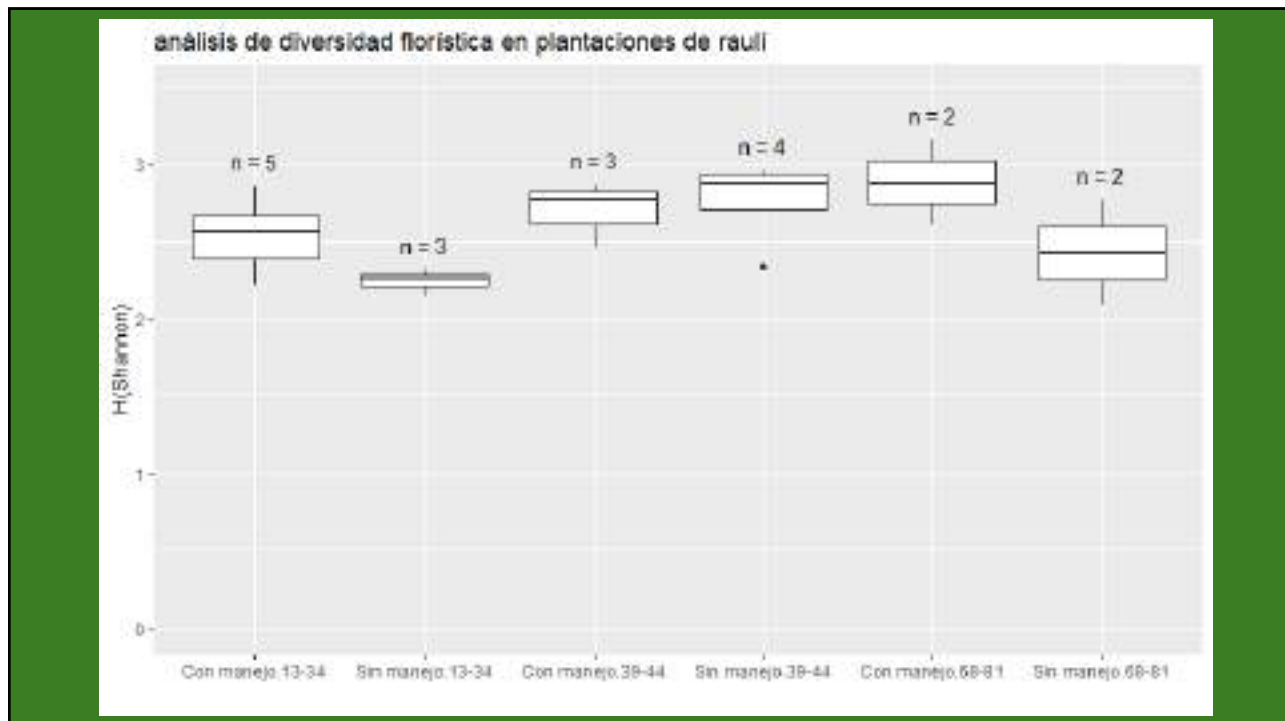




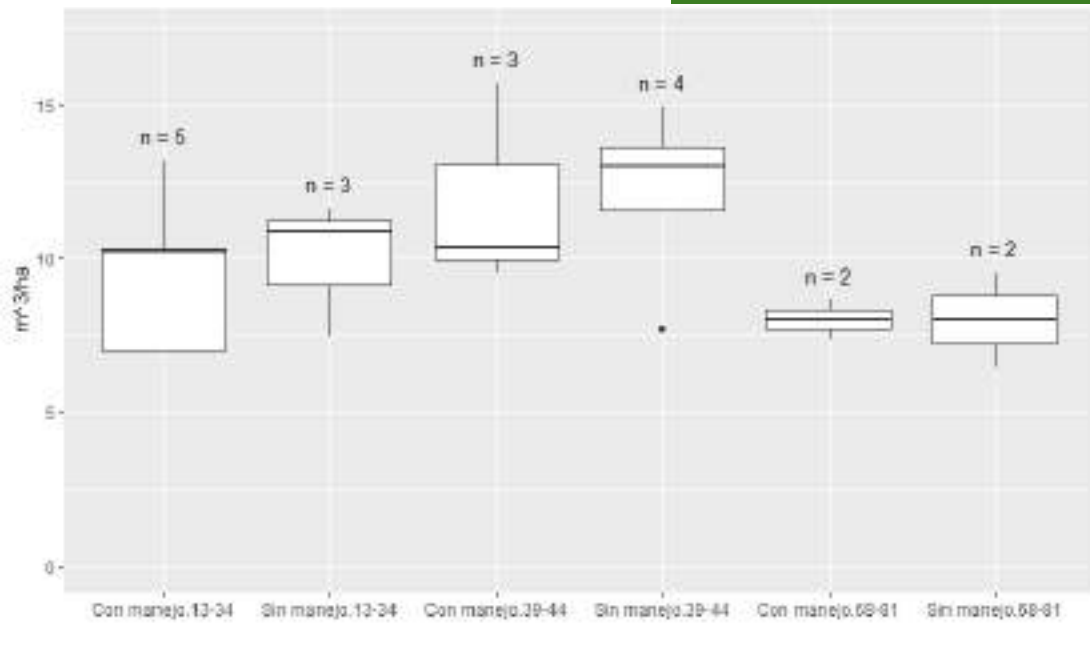


Estructura, Composición, Crecimiento,  
Carbono y Diversidad en Plantaciones  
de Raulí

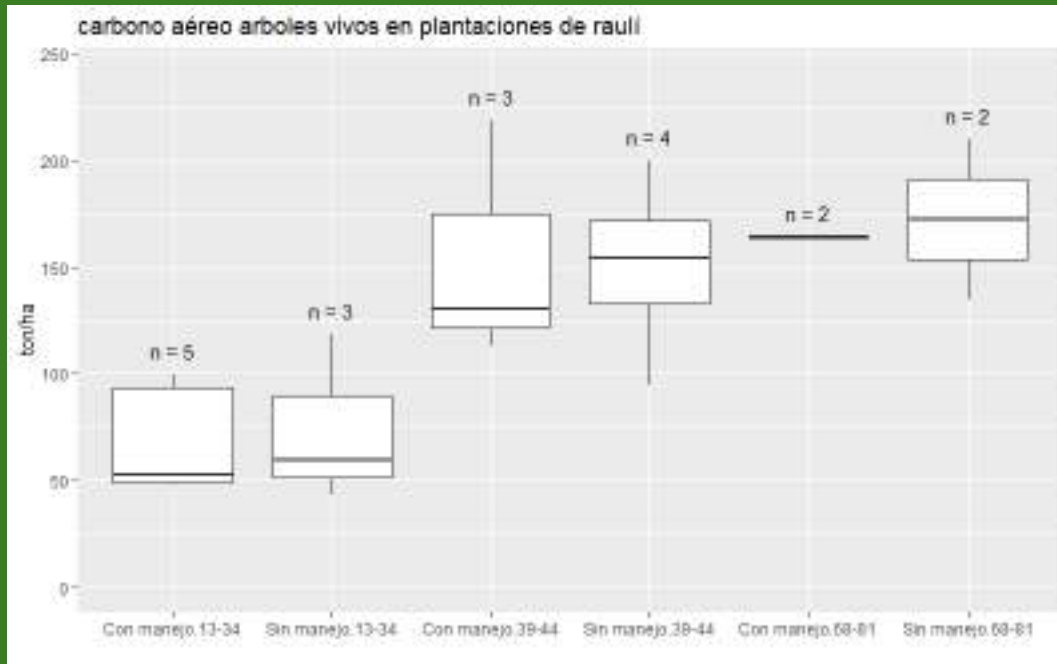




IMA en Volumen en plantaciones de raulí



carbono aéreo arboles vivos en plantaciones de raulí



### Comentarios finales

Las plantaciones don ra o co, establecidas como monoespecíficas, tienen altas posibilidades de transitar hacia bosques más complejos a ser manejados con silvicultura ecológica.

El establecimiento de plantaciones mixtas aceleraría el proceso hacia bosques complejos, de más volumen o carbono.

Diversidad estructural aún pobre; diversidad florística es muy alta. Con el tiempo ambas variables deberían aumentar → Necesidad de manejo activo.

Selección de especies (complementación y facilitación), clave para bosques de mayor capacidad de mitigación y adaptación.



- Alamshahi J, Al Shwehly, N, Alghamdi. 2013. A spatial regression approach. *Environmental and Development Economics* 18(1):517–538. DOI: 10.1007/s10647-013-0401-7.
- Bonneron JL, Bf Doreau, B, Maigne. 2010. La eficiencia como herramienta para la restauración de bosques templados. *Bosque* 31(2):229–232. DOI: 10.4067/S0717-92002010000200001
- Castro J, P Vazquez, A Delgado. 2002. Status and trends in global plantation development. *Forest Products Journal* 52(7):22–25.
- Chavez PE, C Navarro. 2002. *Silvicultura y Manejo de Bosques nativos. Ecología aplicada para la conservación de ecosistemas forestales*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria. 300 p.
- Espe C, B Santibañez-Molina, F Trujillo-Morones, P De los Rios, O Fariña, P Sotovalca. 2019. Multicriteria spatial analysis applied to identifying ecosystem services in mixed-use river catchment areas in south-central Chile. *Forest Economics* 6:25. DOI: 10.1108/0006-019-0100-1
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). IT'S 2011. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 – Informe principal*. Roma, Italia: FAO. 70 p.
- Grisco H, F Roscher. 2018. La personalidad de nuevos plantaciones forestales en Chile. *Carta e Investigación Forestal* 22(1):77–90.
- INFOR (Instituto Forestal). CL. 2021. *Estadísticas Forestales, Cuentas de Suelo*. 2024. Disponible en <https://web.infor.cl>
- Lacort H B, CP Carrizoñ, P Delgado, C Rosier, B Lasso, T Muro-Spota, B Mazon, JF Povera, N Salazar, M Urrutia. 2015. Tropical reforestation and climate change: Beyond carbon. *Restoration Ecology* 23(4):237–245. DOI: 10.1111/rec.12209
- Martin C, J Bardot, P Segon-Biss, H Azam, J Bouch, N Buisson, H Brauchardt, H Collinet, J Combes-Daris, E Dikoh, N Elmehrik, G Garcia, O Garcia, J Guillerot, BS Hall, A Horta, B Hérault, H Jaou, J Kattarova, H Koffi, S Marra, B Mays, CA Nank, A Paquette, JD Parker, MF Saering, Q Pasota, C Pevron, PB Rado, M Salomon-Lamotte, P Schabert, K Vachon, M Wolf, M Wolfel, DC Zeng. 2012. For the sake of nature and multifunctionality, let's diversify planted forest! *Conservation Letters* 5(1):2879. DOI: 10.1111/j.1365-3113.2011.00459.x
- Najal P, J Karbenes, JP Probst, EW Colunga. 2019. Projecting global planted forest area developments and the associated expansion of global forest product markets. *Journal of Environmental Management* 240:425–430. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.126
- Nyland RD. 2003. *From monoculture to the challenges of conservation*. *Forest Ecology and Management* 172: 291–306.
- Park BS, AW D'Arino, W Frankrie, KN Johnson. 2021. *Ecological Silviculture: Foundations and Applications*. Hobos, USA: Waveland Press Inc. 343 p.
- Paquette A, C Messier. 2010. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and Environment* 8(1):27–34. DOI: 10.1002/fecc.116
- Prado J. 2015. *Plantaciones forestales: Más allá de los árboles*. Santiago, Chile: Colegio de Ingenieros Forestales de Chile A.G. 168 p.
- Reynaud P, S Hédouin, V Roy, C Lussanbe, S Torreblay. (2009). The integrative silvicultural system: review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances. *Journal of Forestry* 107(3): 409–415.