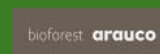




Silvicultura ecológica: Aplicaciones y comparaciones con la silvicultura tradicional en plantaciones con coihue y raulí.



Pablo Donoso Hiriart

Concepción, 7 de mayo de 2024

Contenidos

Necesidad y potencial de plantaciones con especies nativas en Chile.

Sistemas silviculturales convencionales en plantaciones de Nothofagus.

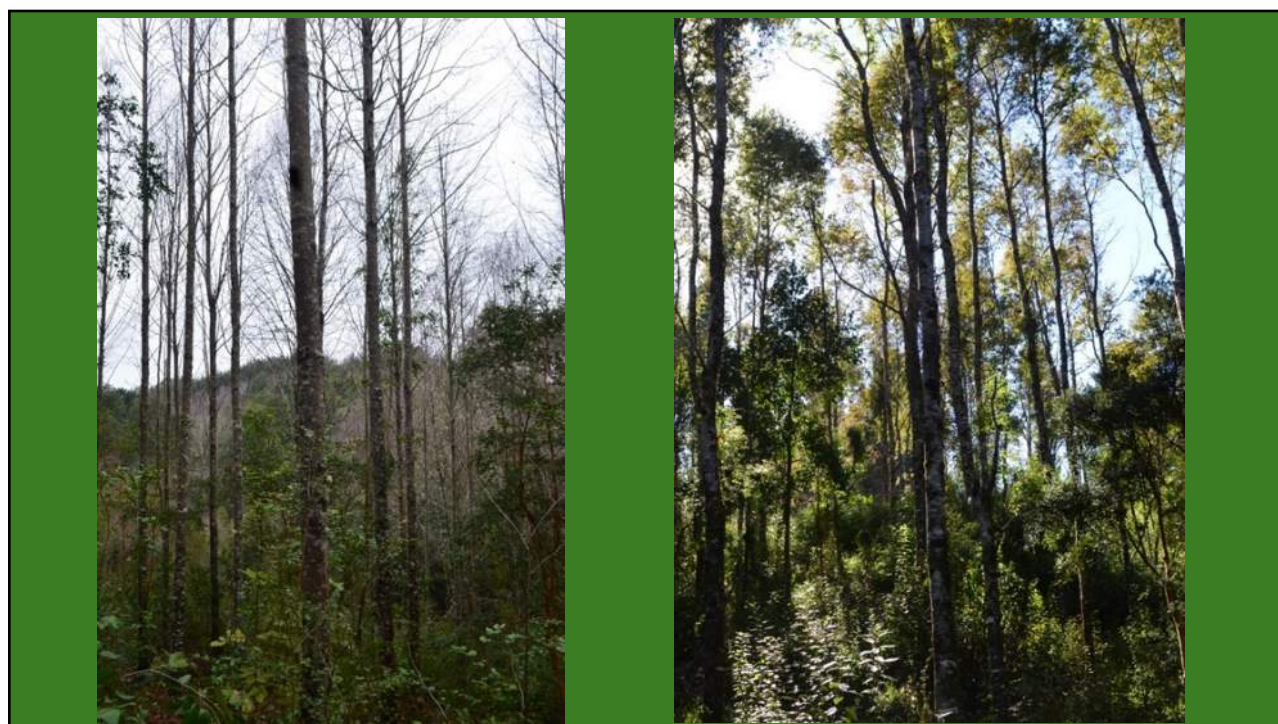
Principios de la silvicultura ecológica

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).



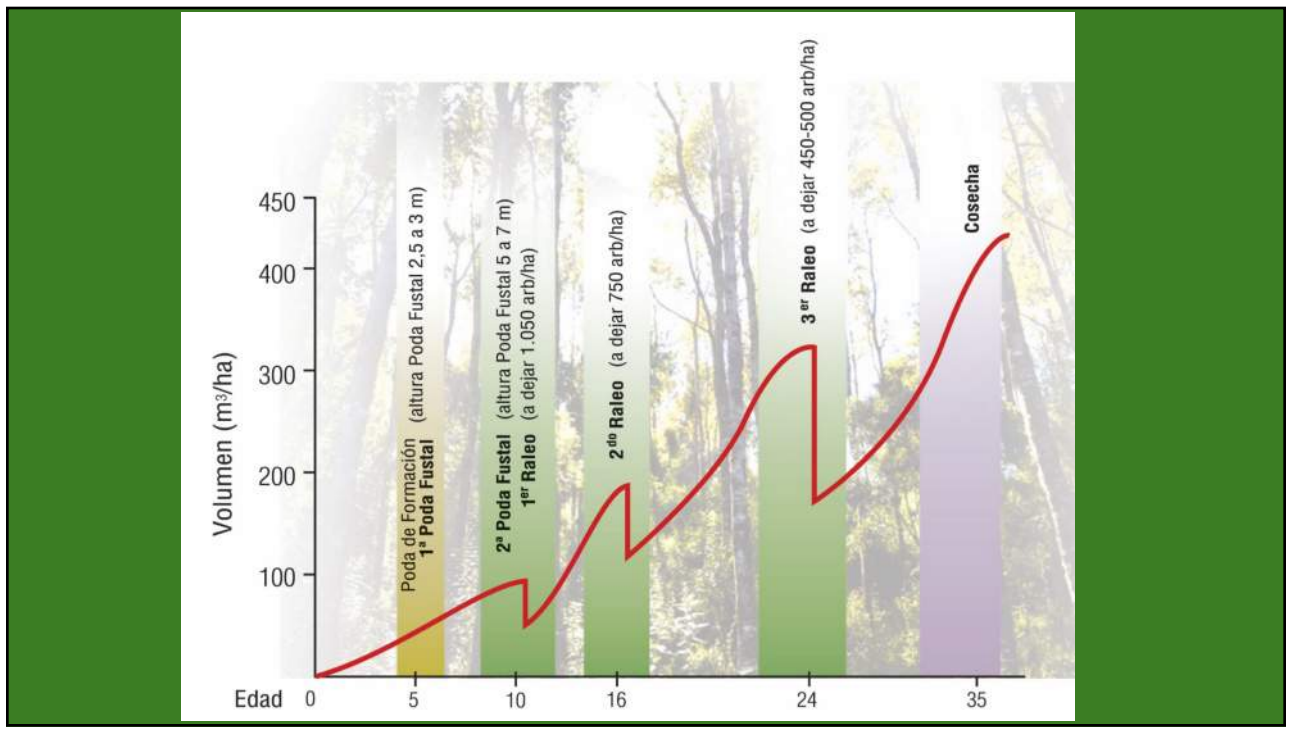


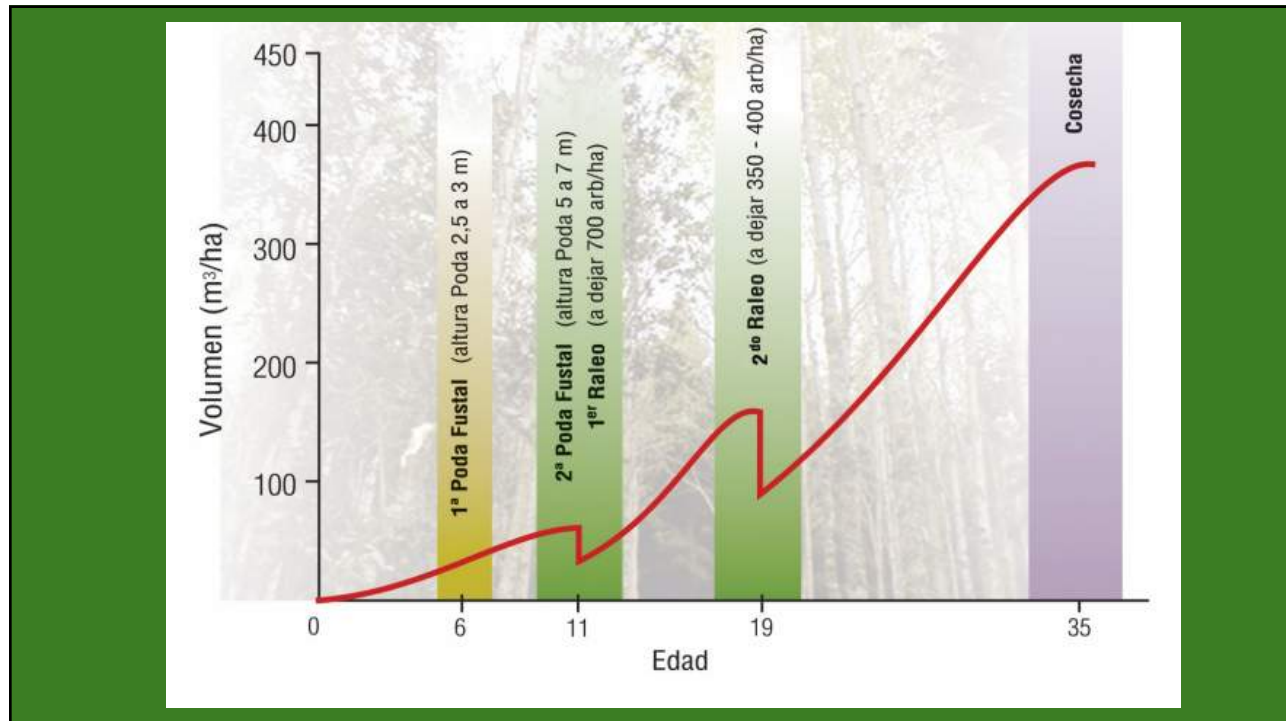


Características de las plantaciones		Información dasométrica							IAP d	Información dasométrica				IMA Vol	Índice Gini	Carbono raíces de arboles vivos	C Organico Suelo Extrapolada	
Edad	Manejo	N vivos	N Rauli	N otras	Reg.	Brinzales	AB	DMC Ra	IAP (mm)	VD	VA	Vleña	Vol Tot	IMA Vol	Índice Gini	Carbono (ton/ha)	COS (ton/ha)	H'(Shannon)
32	Con manejo	544	404	140	25750	4448	29,70	30,34	6,96	12,5	61,9	256,2	330,5	10,3	2,5	28,8	129,9	2,7



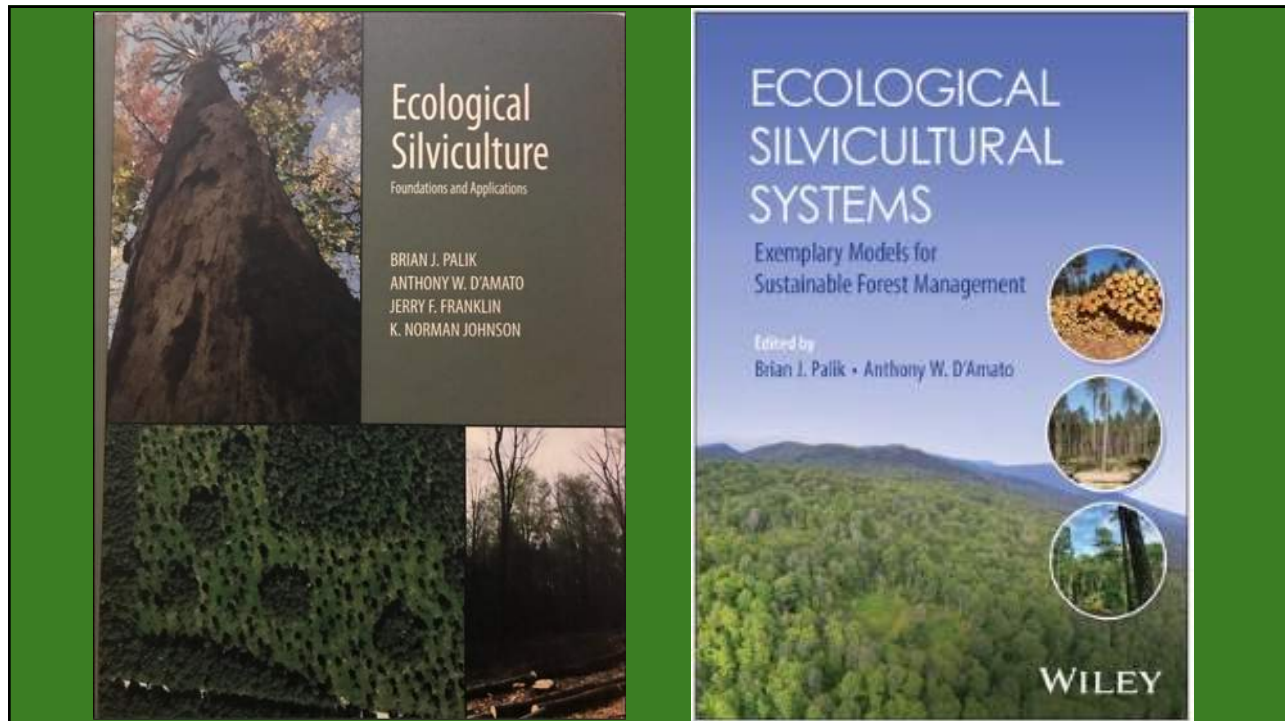
Características de las plantaciones		Información dasométrica							IPA en dap	Información dasométrica				IMA Vol	Índice de Gini	C raíces de arboles vivos	Carbono Organico en el Suelo	
Edad	Manejo	N total	N coihue	N otras especies	Reg	Brinzales	AB	DMC	IAP (mm)	VD	VA	Vleña	Vol Total	IMA Vol	ÍndiceGini	Carbono (ton/ha)	COS (ton/ha)	H(Shannon)
34	Con manejo	716	416	300	33500	1760	38,1	26	6,20	0,0	36,3	382,8	419,1	12,3	3,2	93,99	194,07	3,147





Principios de la SILVICULTURA ECOLÓGICA

Principio	Descripción
Mantener ecosistemas, en vez de solo madera).	La estructura y función de los ecosistemas es un motor del crecimiento y el rendimiento de los bosques.
Buscar complejidad y diversidad.	La complejidad y heterogeneidad estructural, y la diversidad de especies nativas, son pilares de bosques sanos.
Buscar continuidad de los bosques.	Se debe enfatizar lo que queda en el bosque luego de una cosecha tanto como lo que se remueve (legados).
Mantener opciones para el futuro.	Mantener todas las partes de un bosque de modo de sostener las opciones para un futuro incierto.
Practicar la silvicultura en un contexto de paisaje.	Acciones en un rodal deben ser hechas en el contexto del paisaje (conectividad entre rodales adyacentes).
Dejar que los ecosistemas "hablen".	El rodal es un ecosistema; considerar la rica variedad de componentes del ecosistema al manejar



Composición y estructura vertical de los renovales de *Nothofagus*.

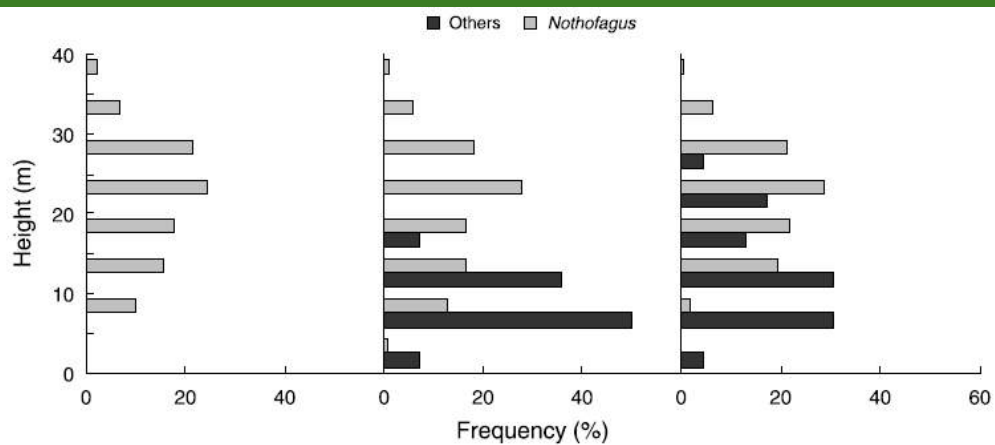
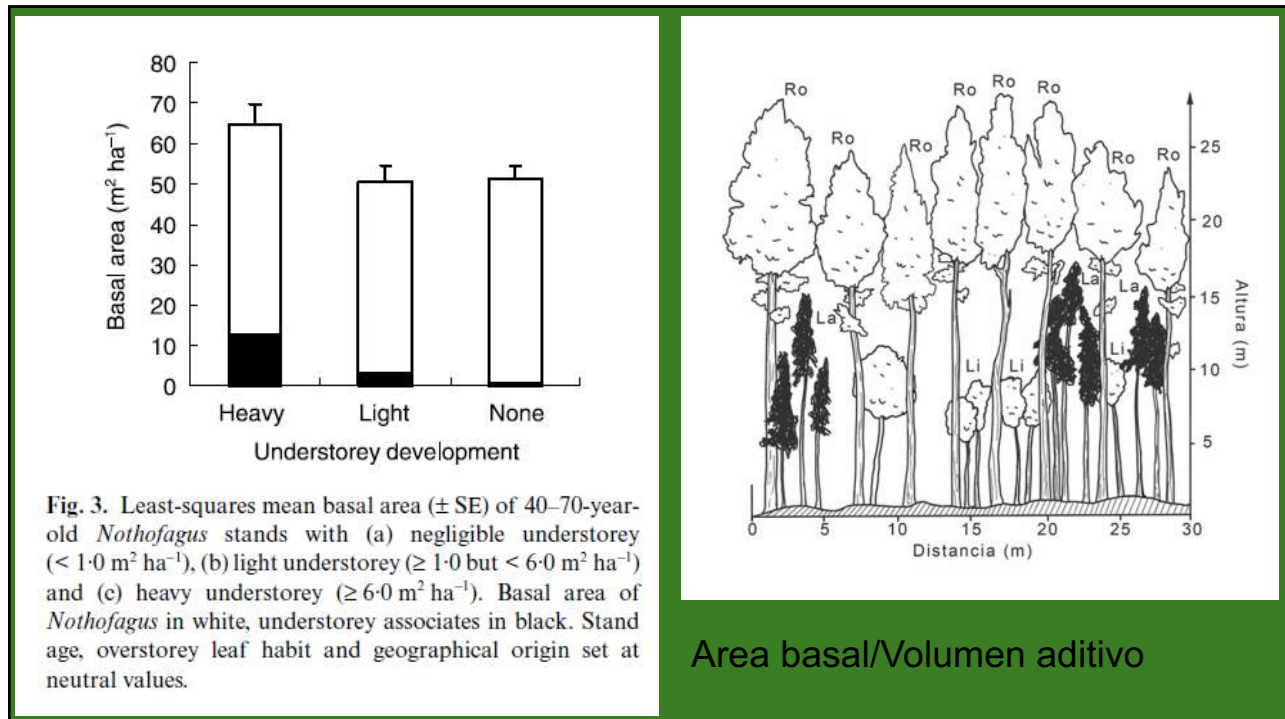
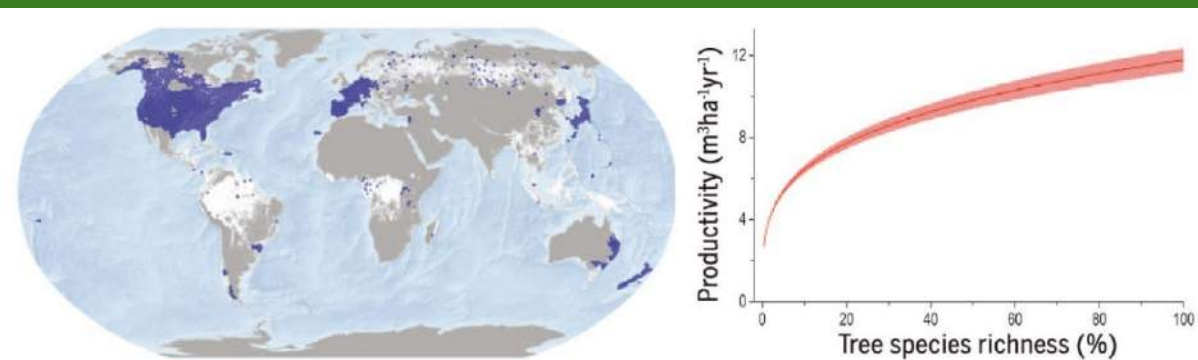
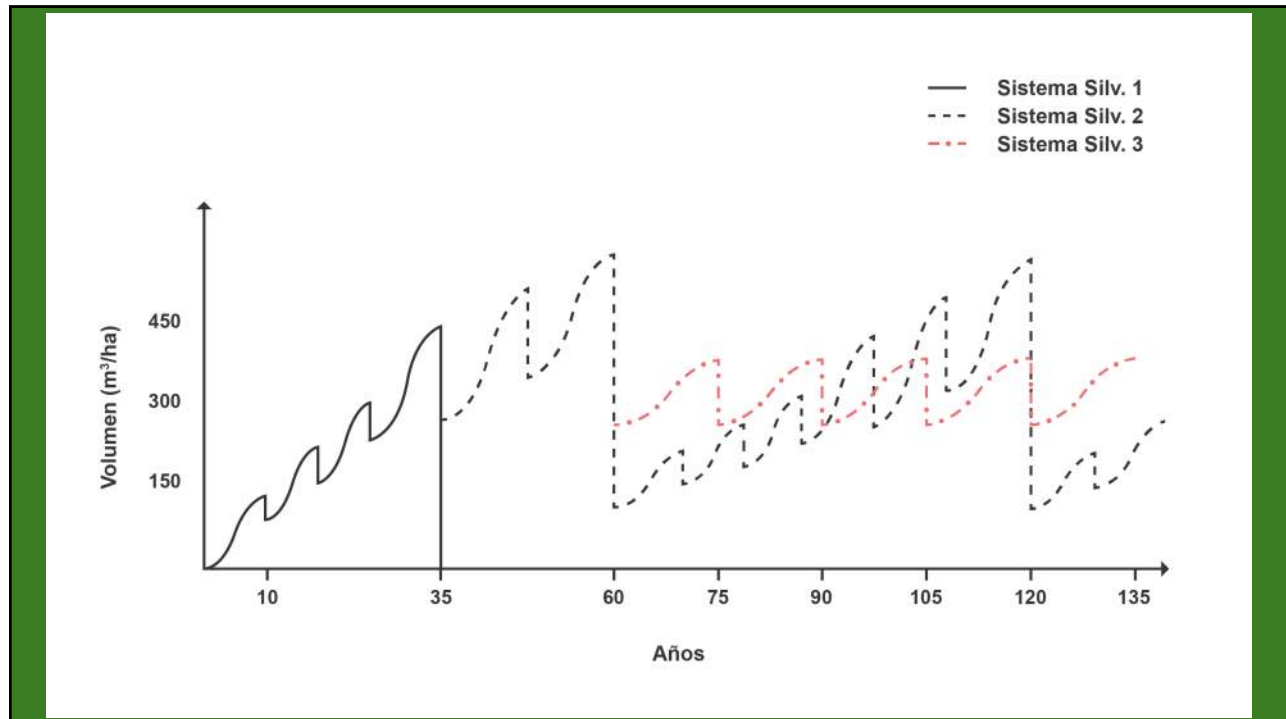


Fig. 2. Tree height distribution of *Nothofagus* and associates in stands with (a) negligible understorey ($< 1.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), (b) light understorey (≥ 1.0 but $< 6.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) and (c) heavy understorey ($\geq 6.0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$).



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





¿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

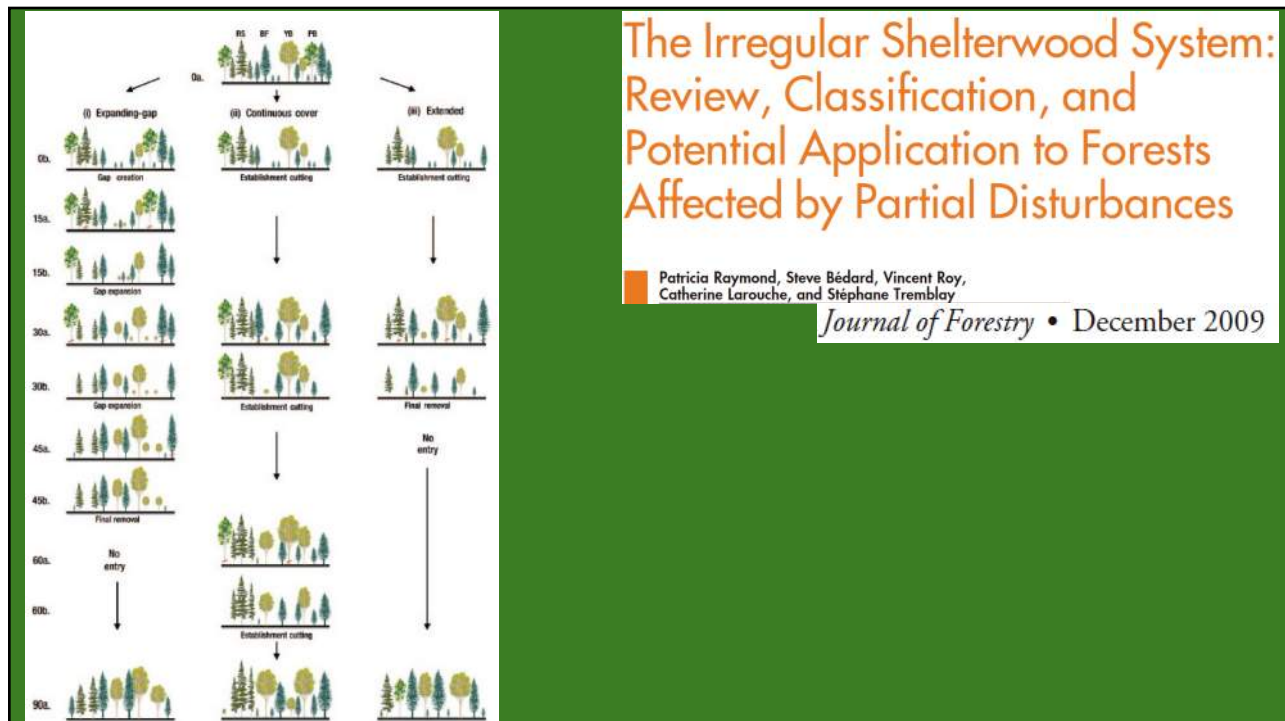
Se difiere la típica corta final a los 35 años hasta los 60 años, generando un bosque de al menos dos doseles.

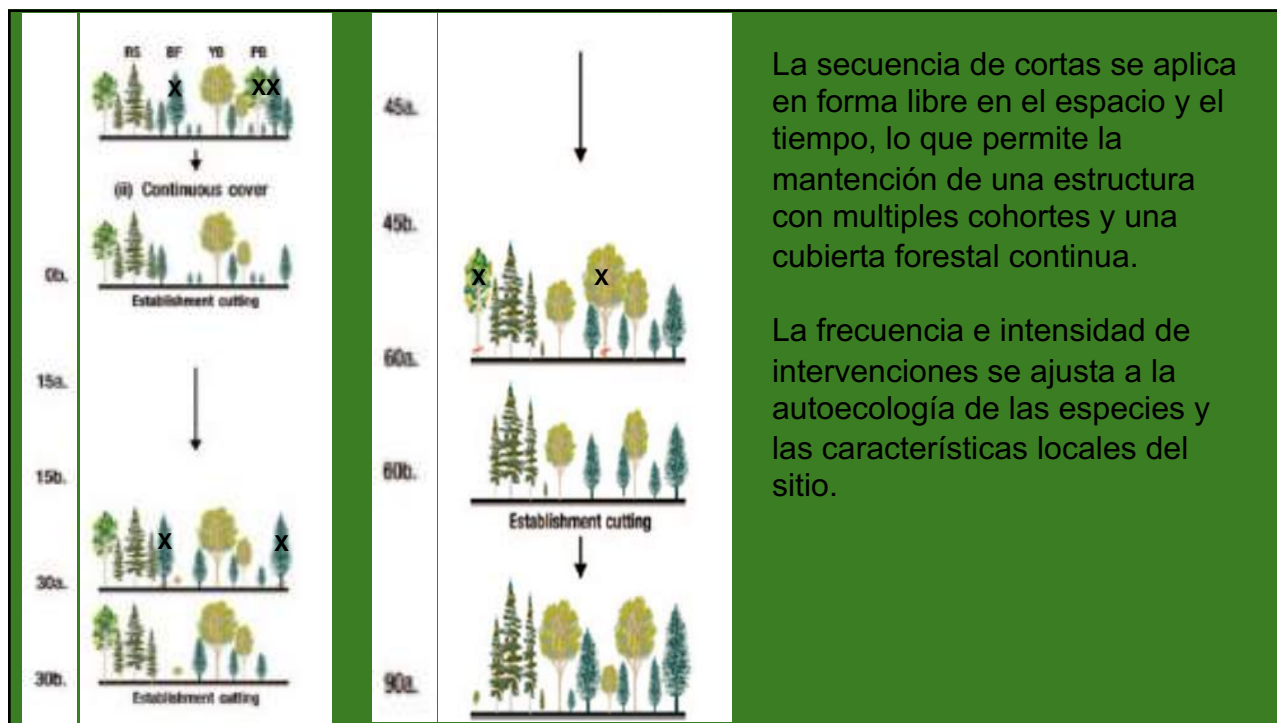
Transición a bosques de selección a los 60 años

Con tres ciclos de corta se genera un bosque multietáneo.

Plantaciones mixtas desde el inicio

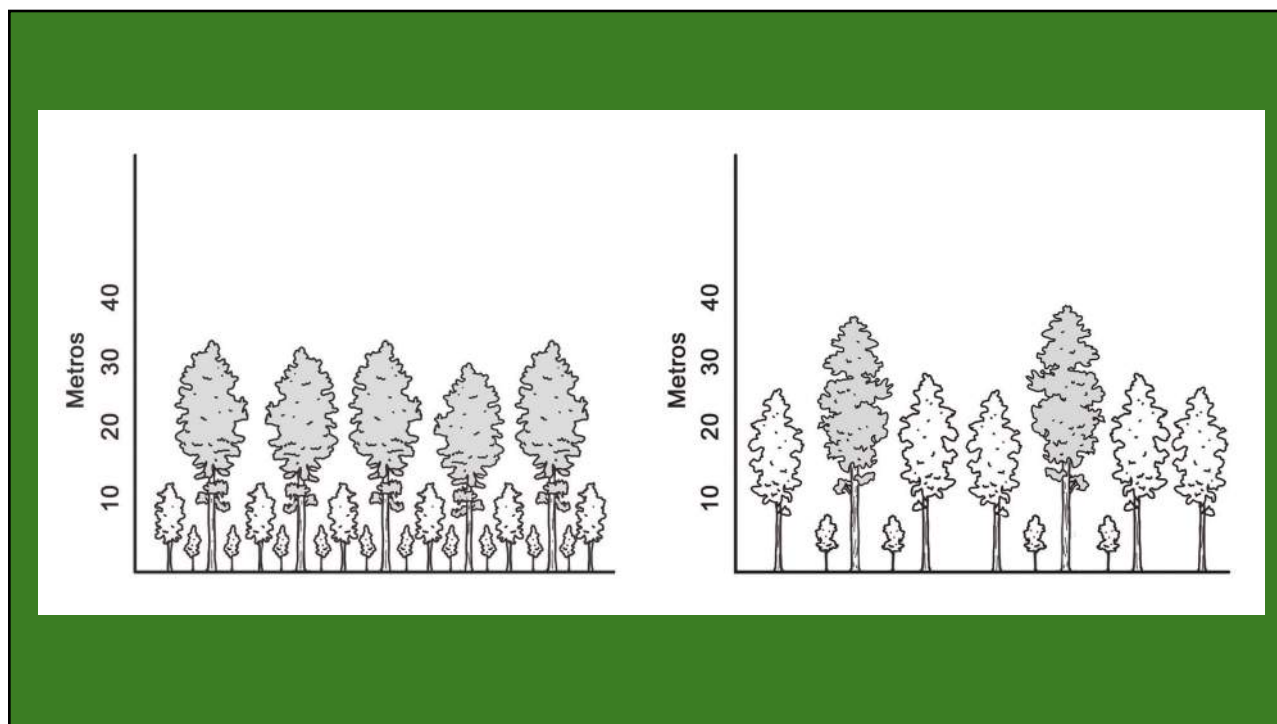
Se genera un bosque de dos doseles desde temprano.

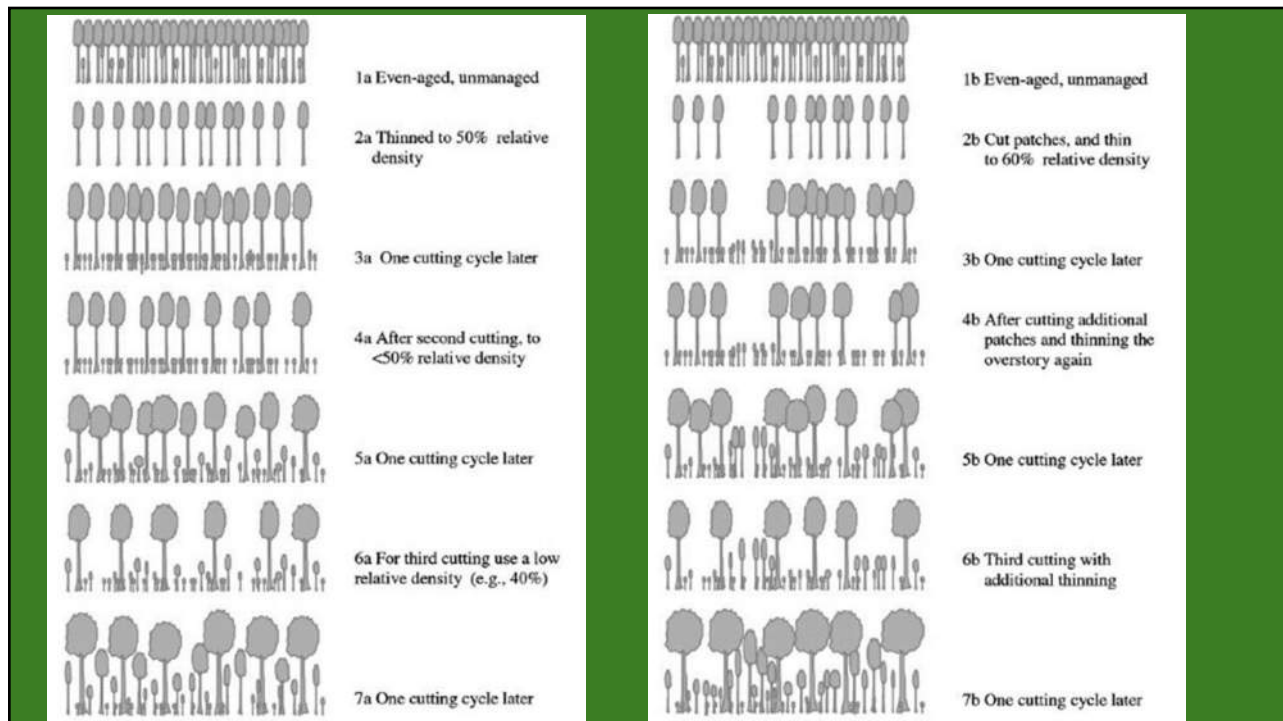
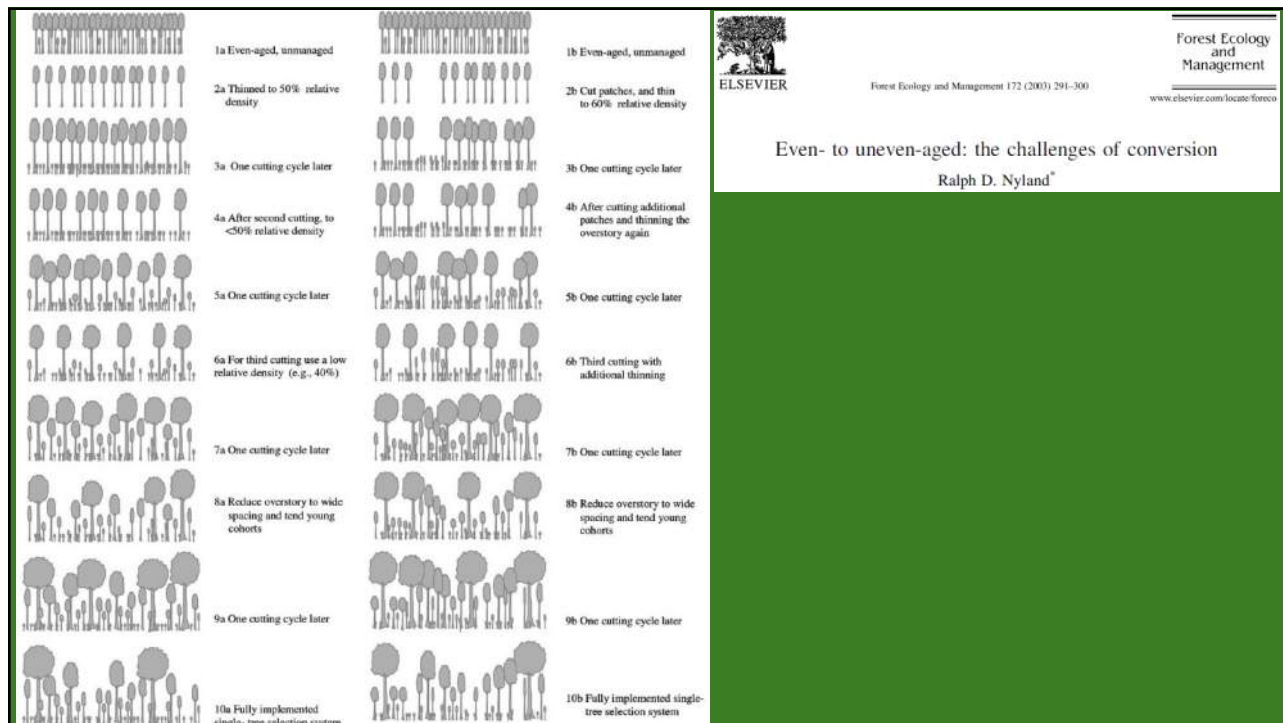





La secuencia de cortas se aplica en forma libre en el espacio y el tiempo, lo que permite la mantención de una estructura con multiples cohortes y una cubierta forestal continua.

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







BOSQUE 34(3): 273-279, 2013 · DOI: 10.4067/S0717-92002013000300003

Natural dynamics and thinning response of young lenga (*Nothofagus pumilio*) trees in secondary forests of Southern Patagonia

Dinámica natural y respuesta al raleo de árboles juveniles de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques secundarios en Patagonia Sur

Pablo L. Peri ^{a,b,c,*}, Guillermo Martínez Pastur ^{c,d}, Lucas Monelos ^b

➤ Crecimiento en diámetro

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 co o ra.

Raleos futuros orientados a co y ra más los mejores individuos de especies acompañantes.

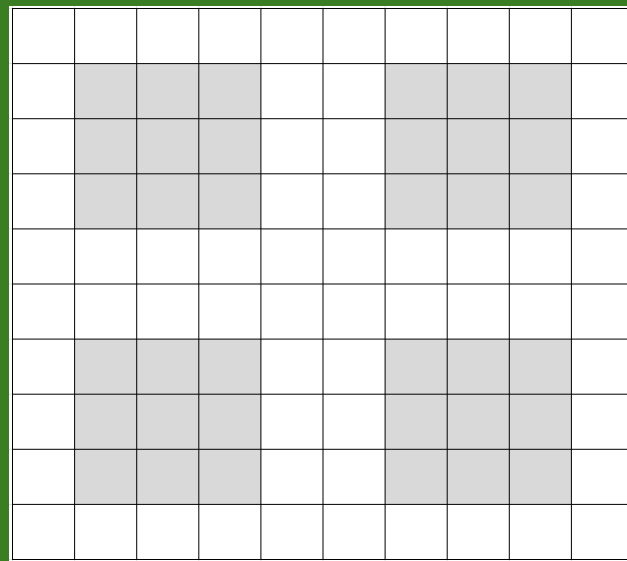
Cortas de selección...

Cortas en parches de 900 m² de superficie en que se planta co o ra, representando un 36% de la superficie.

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 el bosque/plantación, y a cosechar los árboles de especies acompañantes que hayan alcanzado el diámetro máximo residual (50/60 cm)

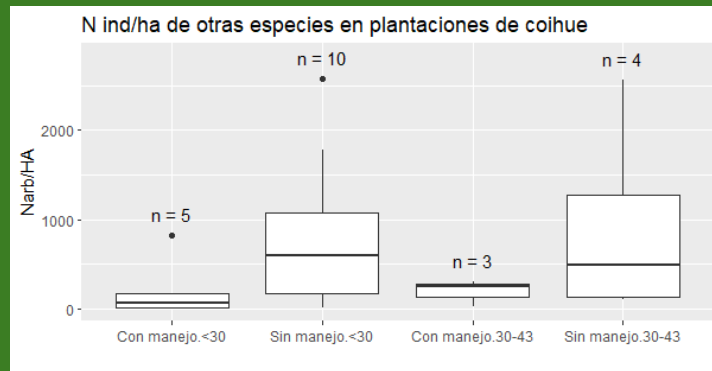
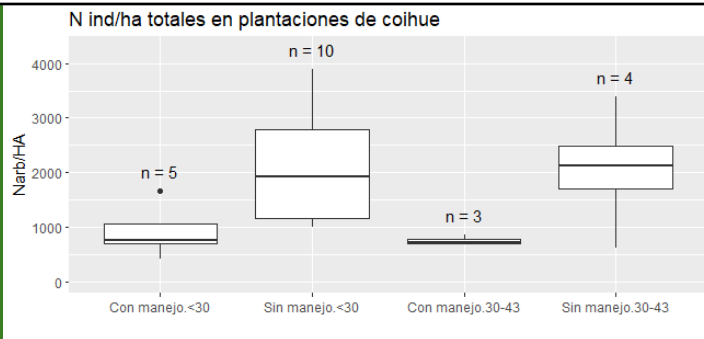


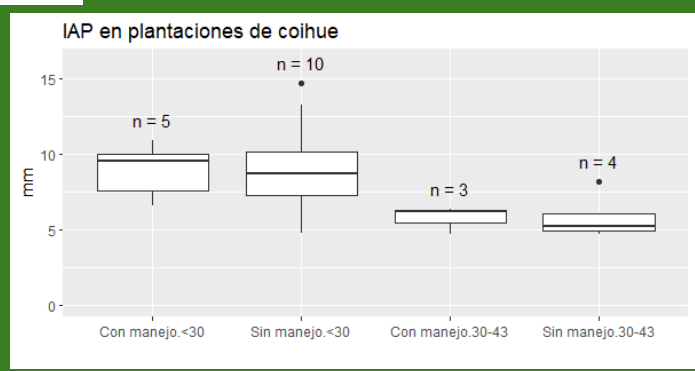
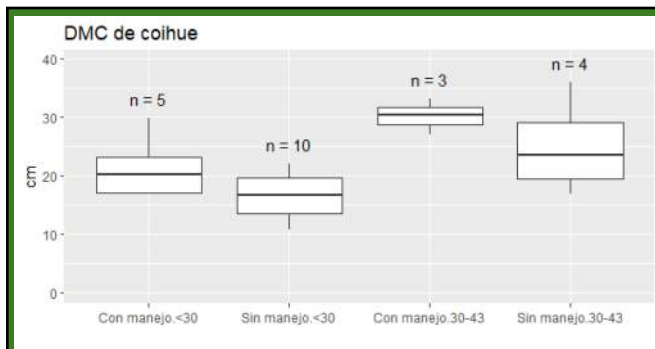
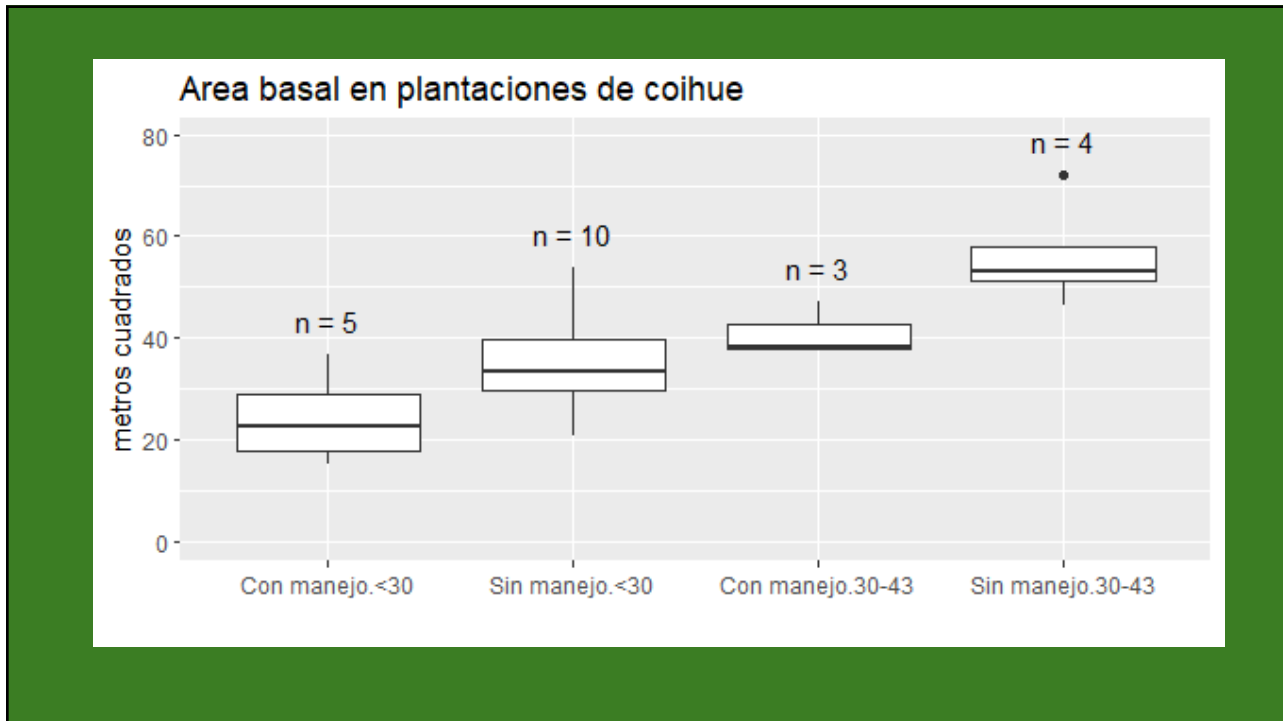
100 m

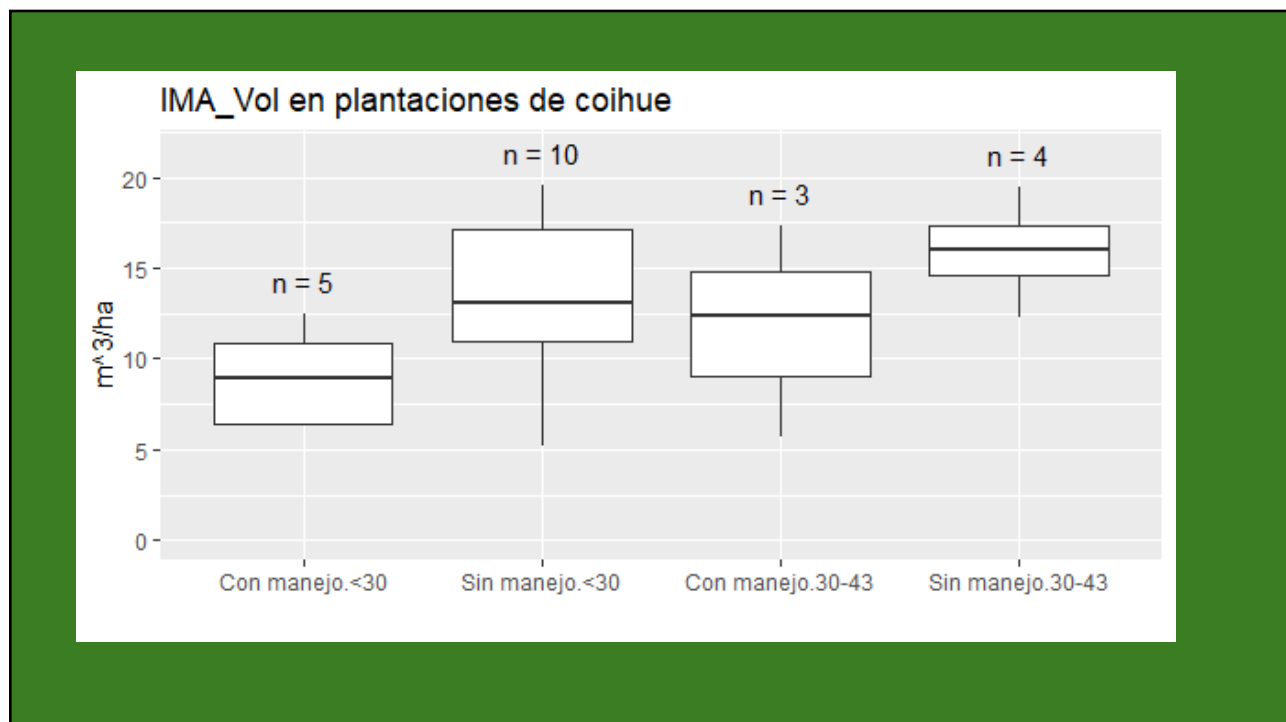
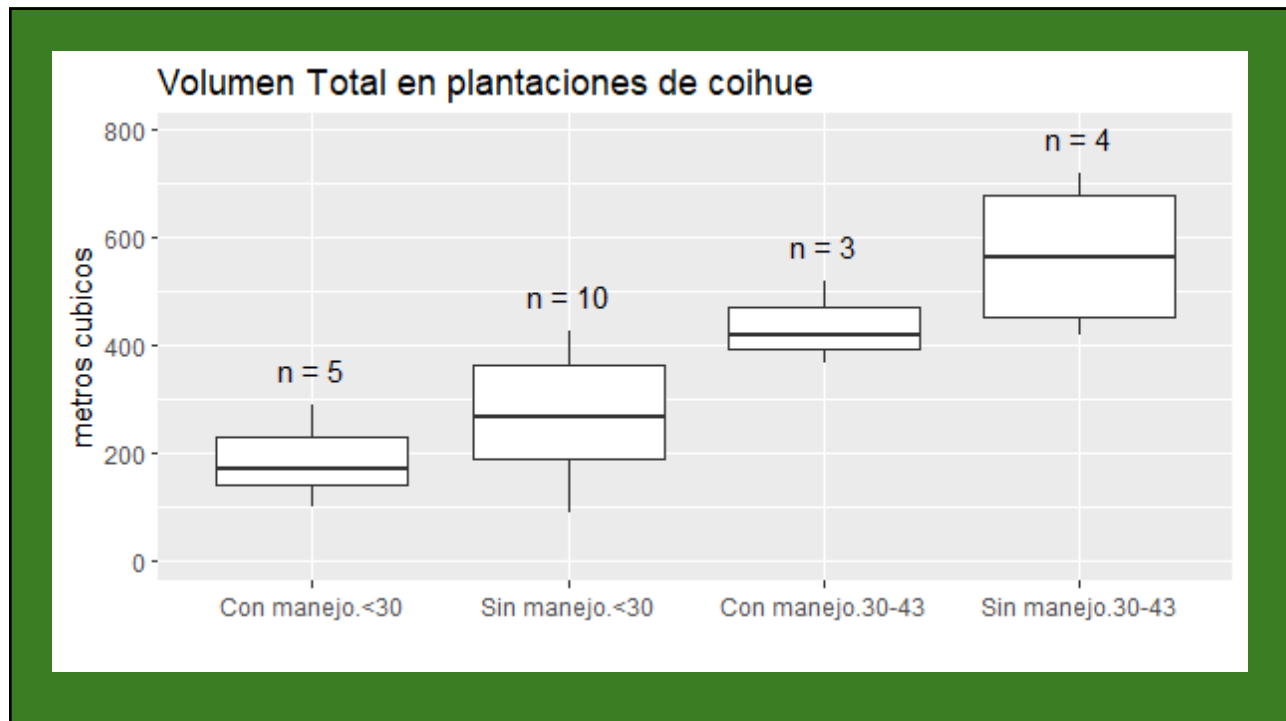
Cortas de selección...en parches

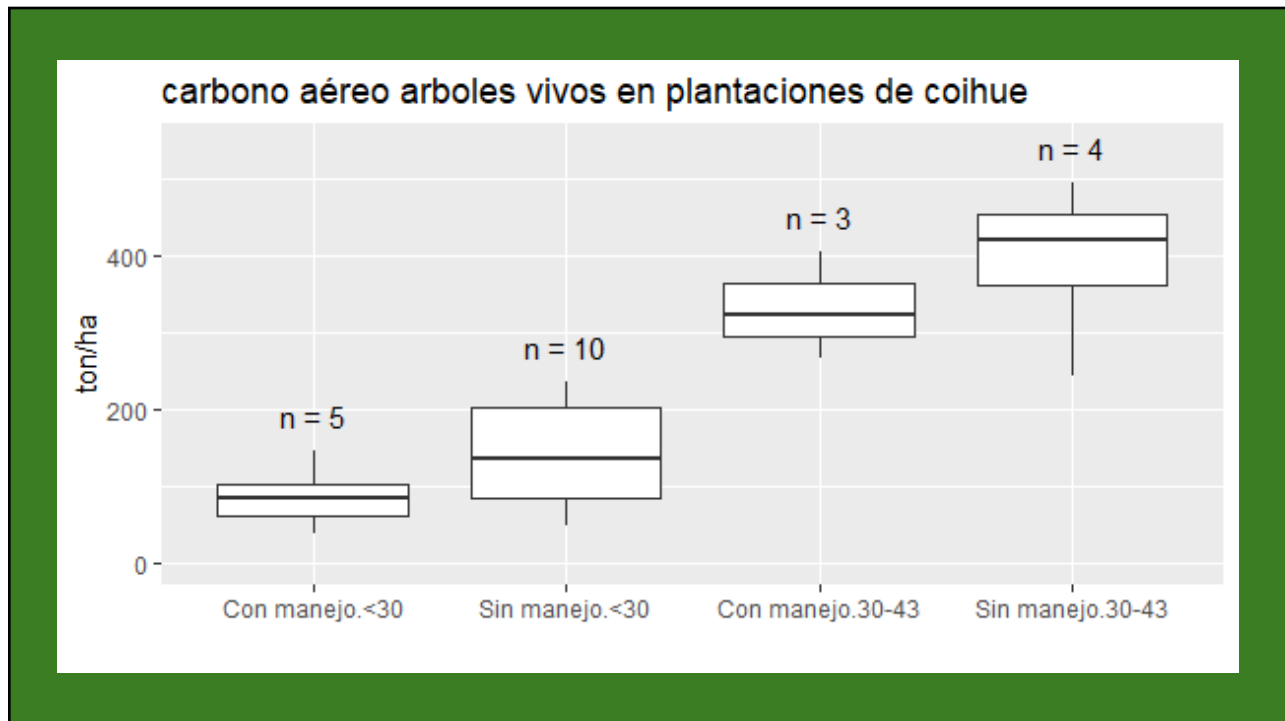
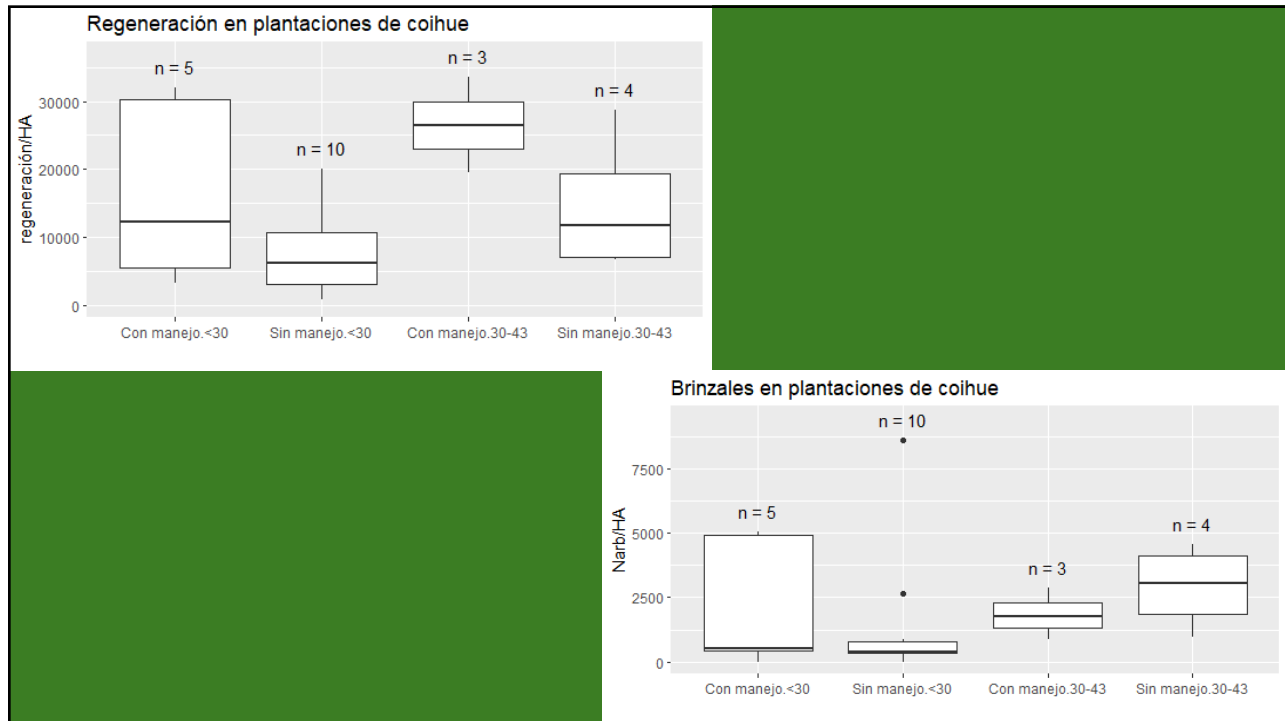
Estructura, Composición, Crecimiento,
Carbono y Diversidad en Plantaciones
de Coihue

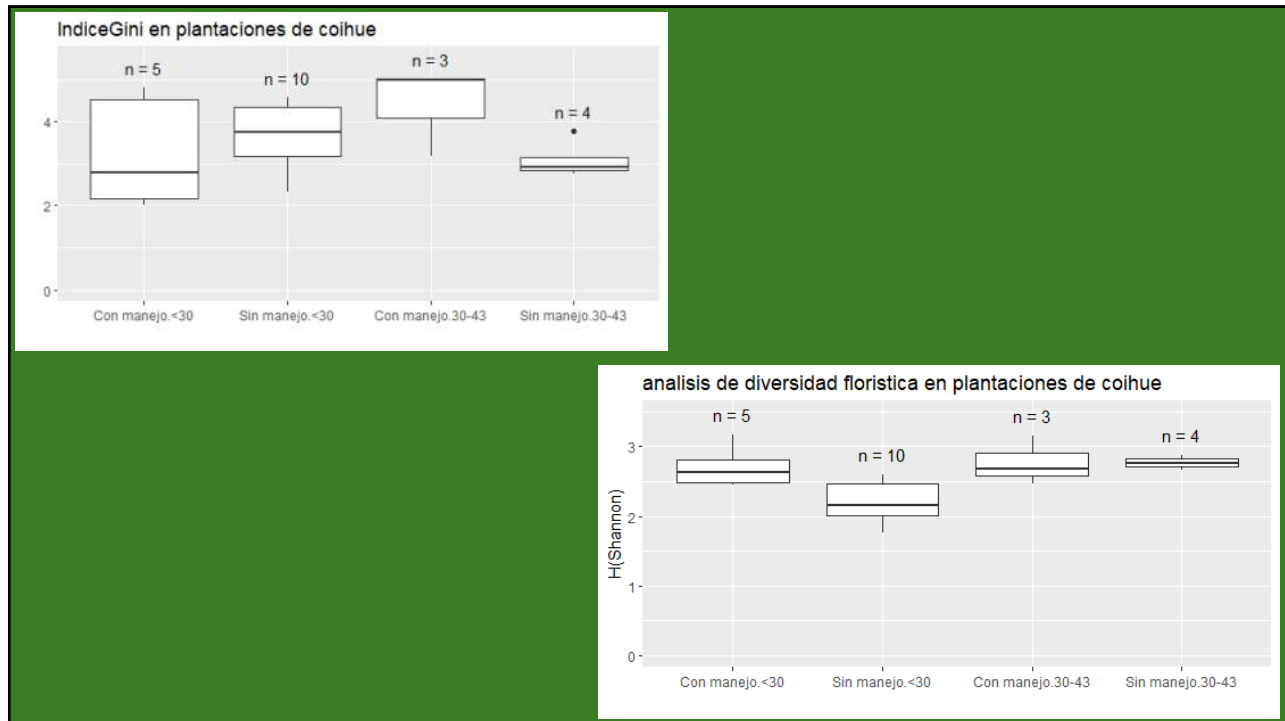
Treatment	Variables	2009	2011	2014	2020	Crecimiento en Volumen		
		Mean	Mean	Mean	Mean	11-9	14-11	20-14
Control	N (trees/ha)	3333	3289	3267	3200			
	BA (m2/ha)	20	30	39	51	4,9	3,0	2,1
	V (m3/ha)	79	107	178	319	14,0	23,8	23,3
	QMD (cm)	9	11	12	14	1,0	0,5	0,3
R1P1F1	N (trees/ha)	2289	2267	2222	2222			
	BA (m2/ha)	13	20	28	39	3,6	2,6	1,9
	V (m3/ha)	52	71	118	232	9,3	15,8	19,0
	QMD (cm)	8	11	13	15	1,1	0,7	0,4
R1P2F1	N (trees/ha)	2311	2289	2267	2244			
	BA (m2/ha)	16	22	32	46	3,4	3,1	2,3
	V (m3/ha)	55	77	136	261	10,9	19,6	20,9
	QMD (cm)	9	11	13	16	1,0	0,7	0,5
R2P1F1	N (trees/ha)	1622	1600	1556	1578			
	BA (m2/ha)	10	15	22	32	2,7	2,3	1,6
	V (m3/ha)	40	54	97	189	7,2	14,4	15,2
	QMD (cm)	9	11	13	16	1,1	0,8	0,4
R2P2F1	N (trees/ha)	1644	1644	1644	1600			
	BA (m2/ha)	11	16	24	36	2,6	2,6	2,0
	V (m3/ha)	39	58	105	224	9,6	15,6	19,8
	QMD (cm)	9	11	14	17	1,0	0,8	0,5





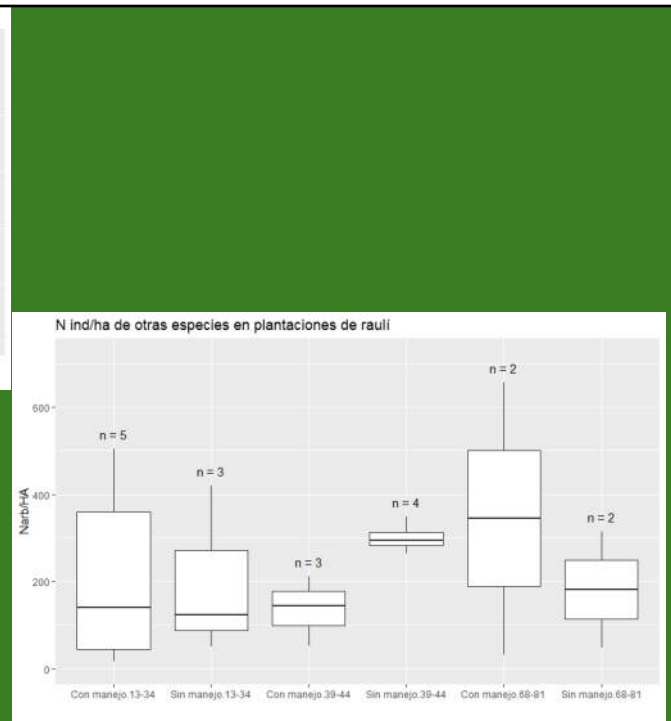
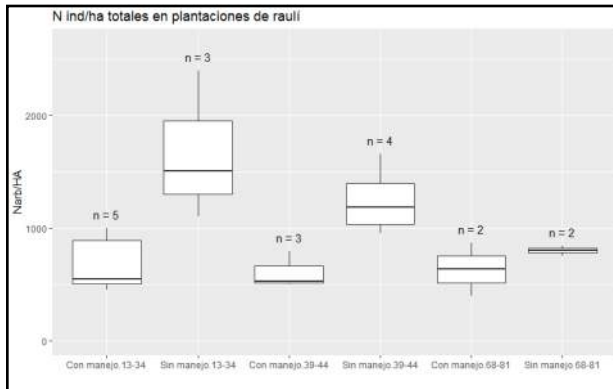


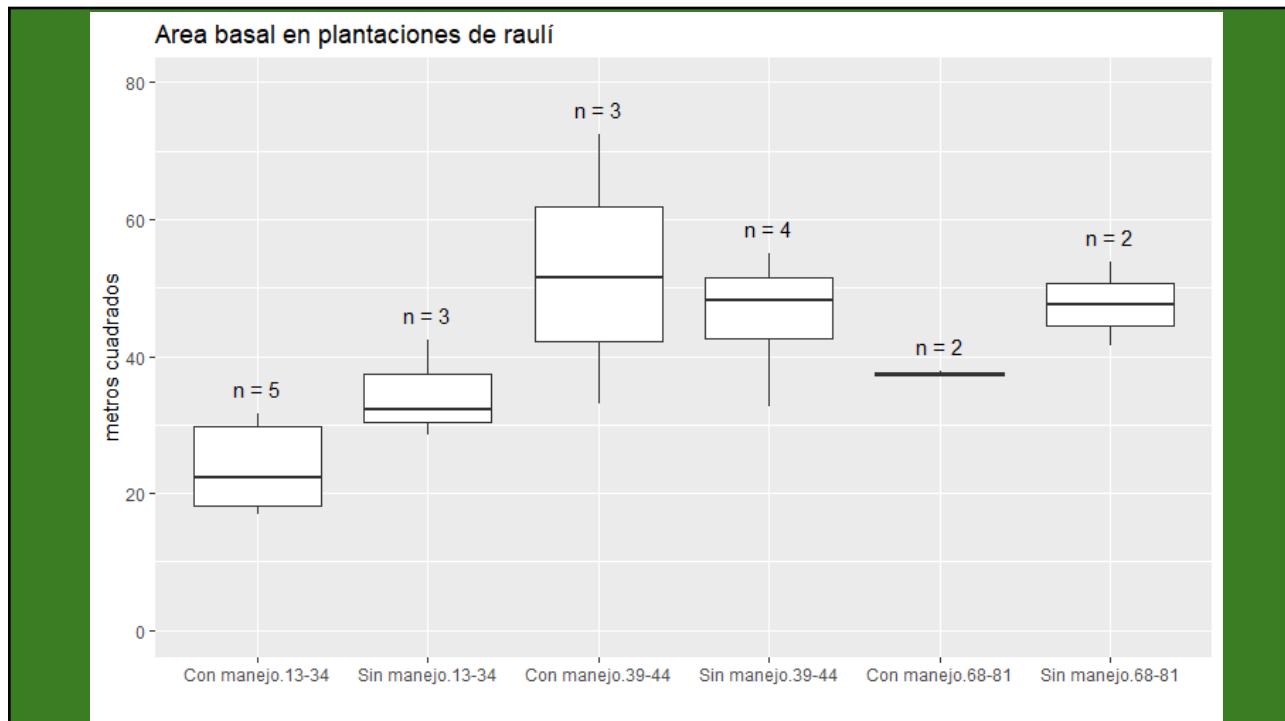
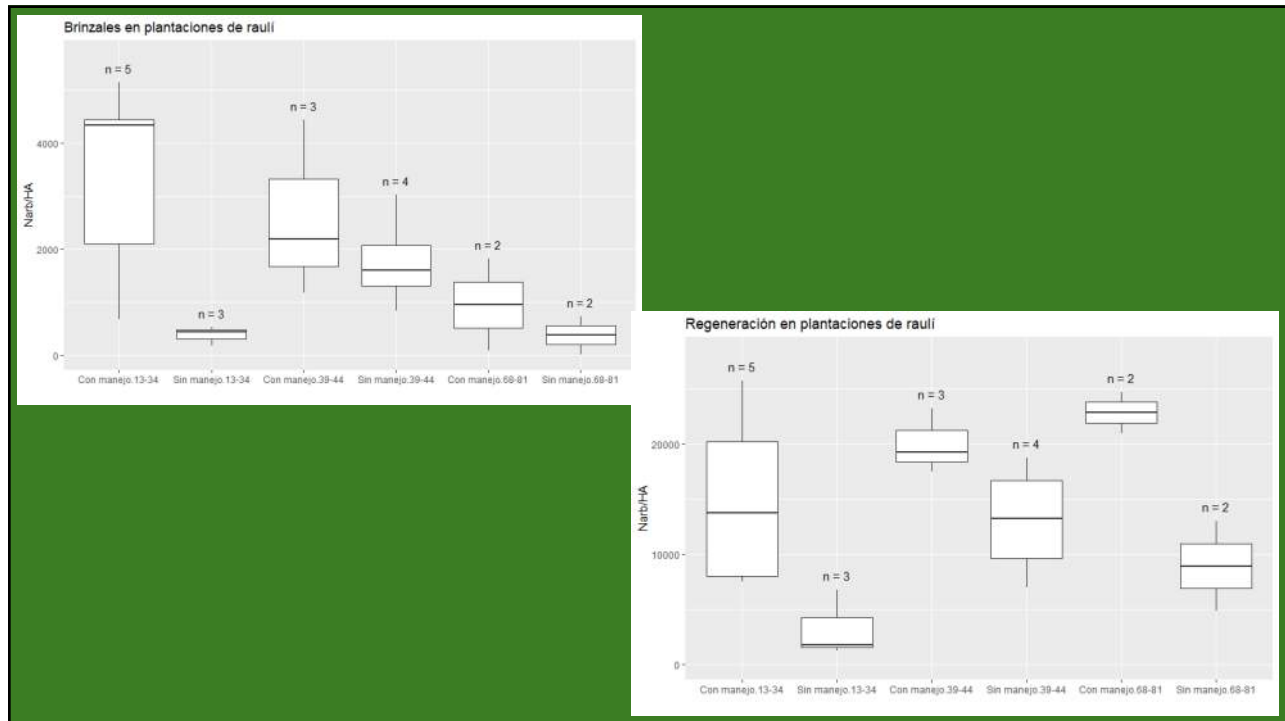


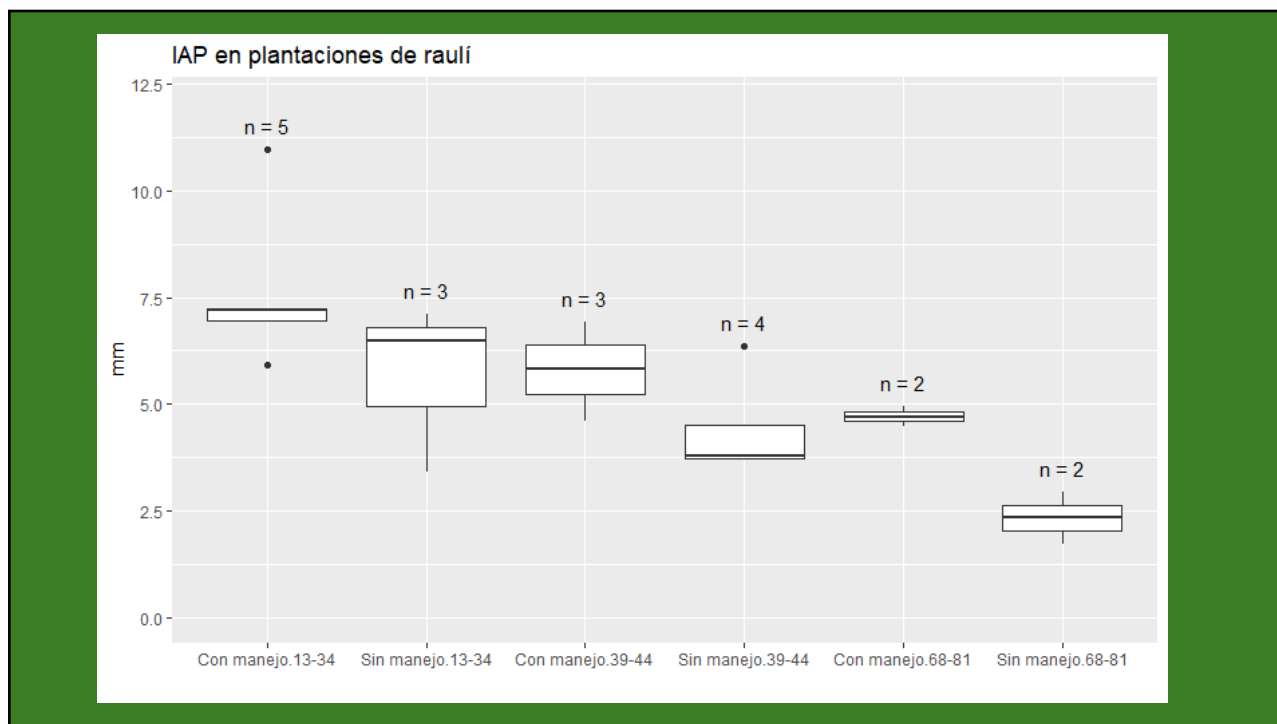
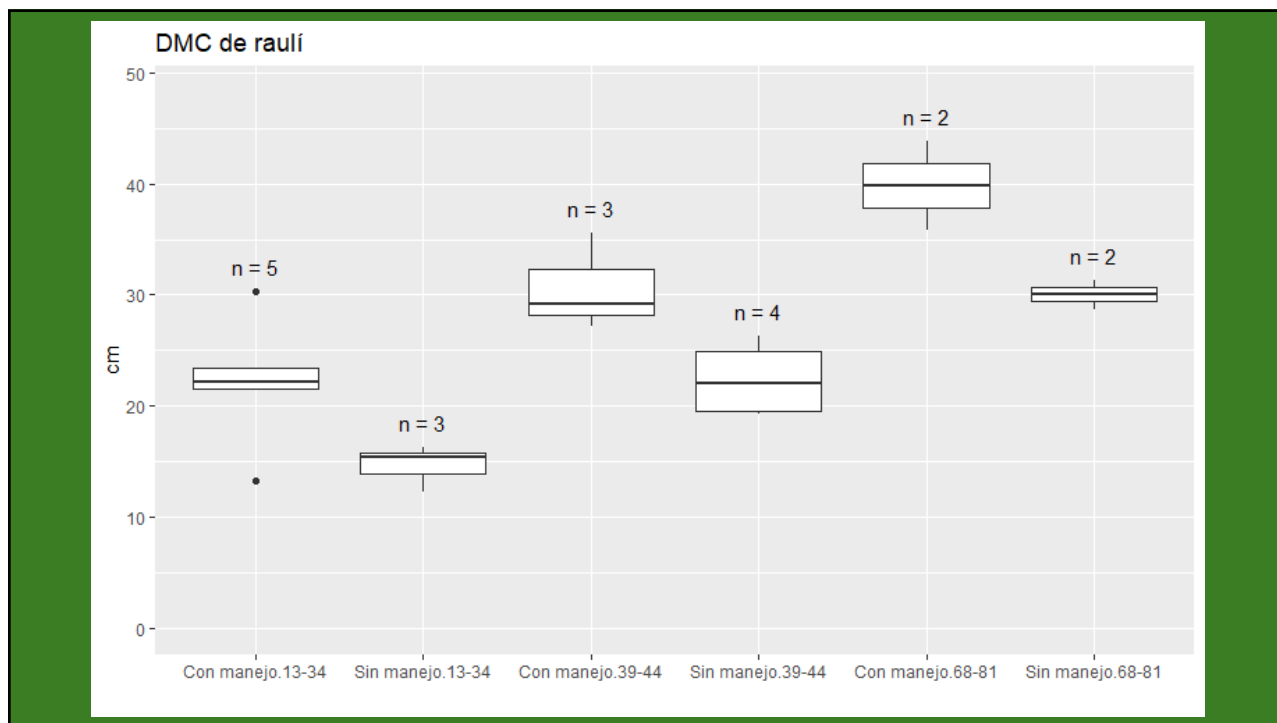


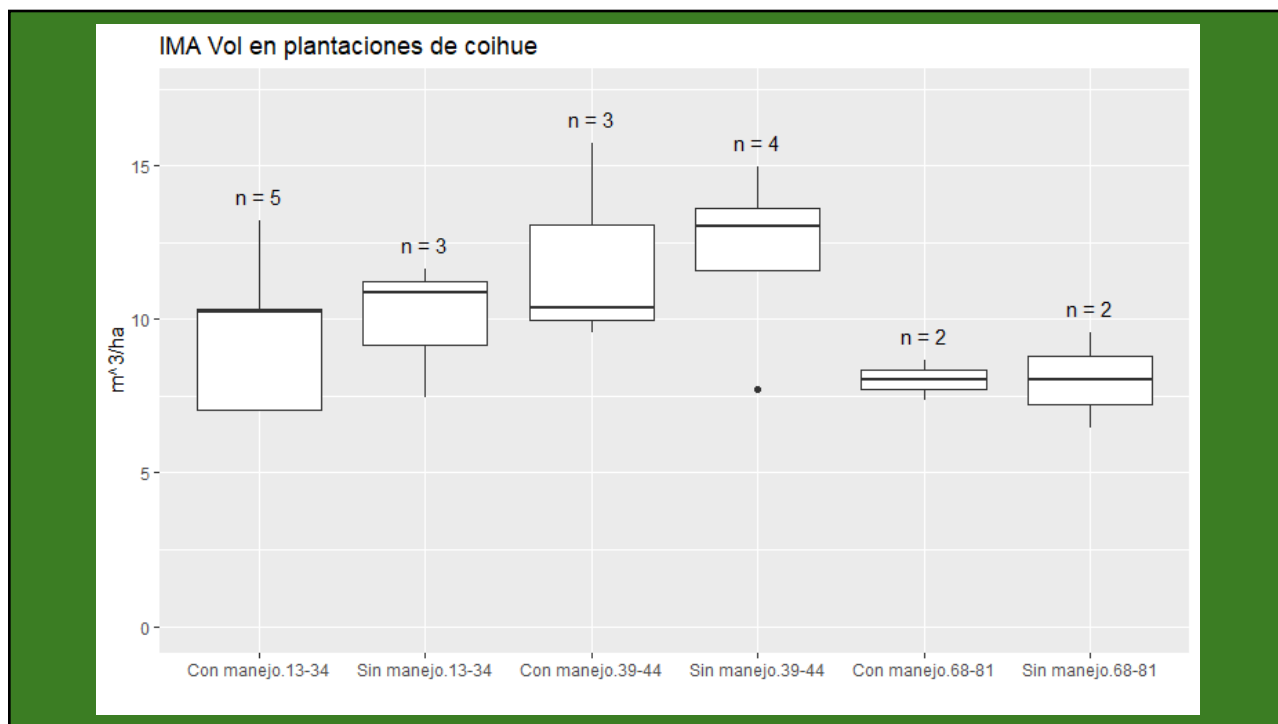
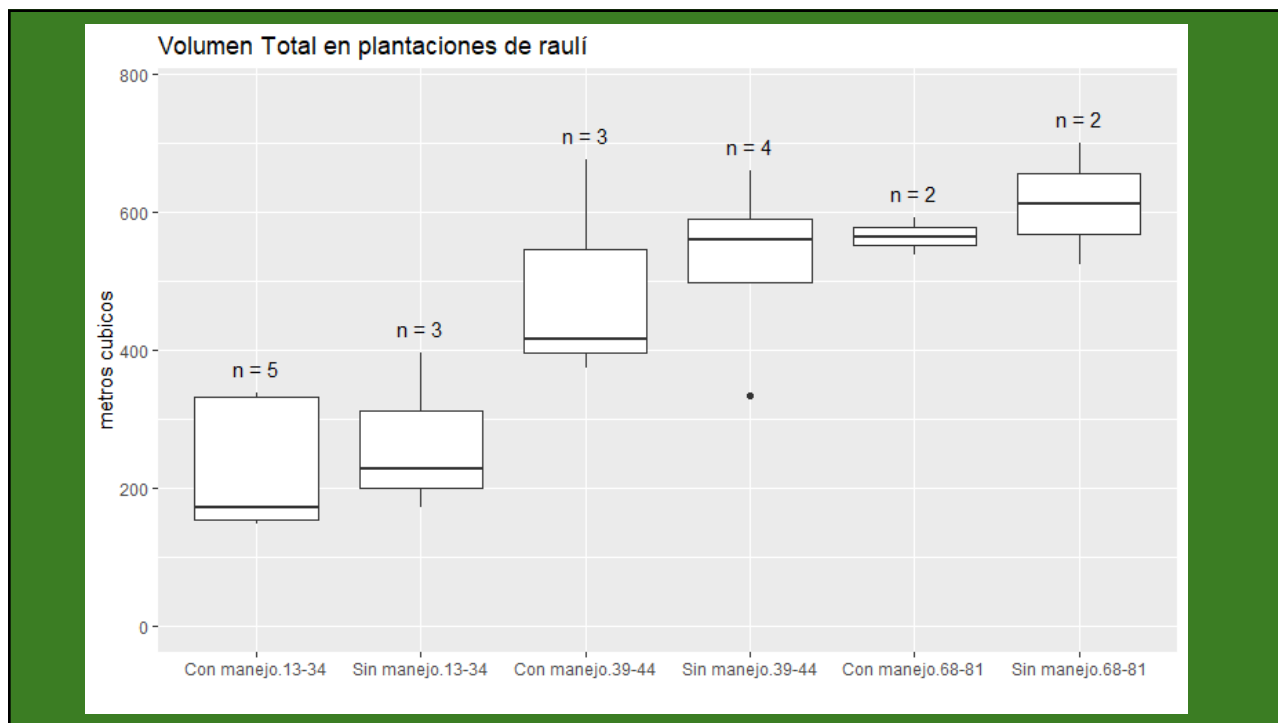
Estructura, Composición, Crecimiento,
Carbono y Diversidad en Plantaciones
de Raulí

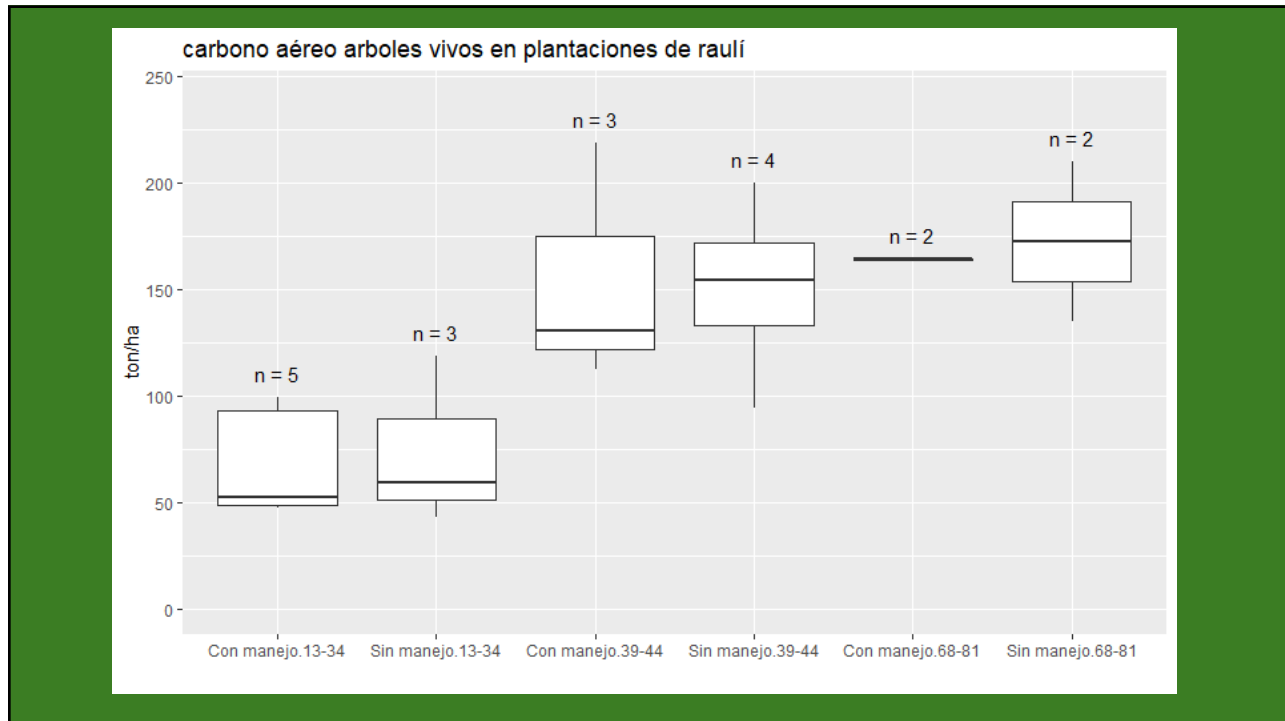
Treatment	Variables	2010	2012	2014	2021	Crecimiento Volumen		
		Mean	Mean	Mean	Mean	12-10	14-12	21-14
Control	N (trees/ha)	1293	1293	1293	1293			
	V (m3/ha)	50	83	116	258	16,35	16,61	20,28
	QMD (cm)	13	15	16	19	0,68	0,58	0,48
R1P1F1	N (trees/ha)	907	907	907	907			
	BA (m2/ha)	16	20	24	37	2,30	2,02	1,86
	V (m3/ha)	52	90	127	291	19,26	18,13	23,43
	QMD (cm)	15	17	19	23	1,02	0,80	0,63
R1P2F1	N (trees/ha)	927	927	927	927			
	BA (m2/ha)	15	19	23	35	1,98	1,77	1,68
	V (m3/ha)	50	84	116	263	17,35	15,97	20,99
	QMD (cm)	15	16	18	22	0,88	0,71	0,58
R2P1F1	N (trees/ha)	673	673	673	673			
	BA (m2/ha)	12	16	20	30	1,98	1,73	1,44
	V (m3/ha)	42	74	104	241	16,09	15,13	19,49
	QMD (cm)	15	18	19	24	1,14	0,89	0,63
R2P2F1	N (trees/ha)	700	700	700	700			
	BA (m2/ha)	12	16	20	29	1,94	1,74	1,40
	V (m3/ha)	42	73	103	235	15,57	14,96	18,87
	QMD (cm)	15	17	19	23	1,10	0,88	0,61











Comentarios finales

Las plantaciones dominadas por ra o co tienen altas tasas de crecimiento y por ende altos volúmenes o carbono acumulado; valores netos menores con manejo.

Los DMC de plantaciones cercanas a 30-40 años son cercanos a 30 cm, validando proyecciones de rotaciones de 35 años para estas especies.

Las plantaciones con manejo de raulí muestran mayor participación de otras especies forestales que las plantaciones sin manejo... no así en coihue.

Regeneración y brinzales tienden a ser > en densidad en plantaciones con manejo.

Diversidad estructural pobre; diversidad florística es muy alta.

La transición hacia plantaciones/bosques complejos, con mayor potencial para la SE, es lenta, pero será más rápida mientras antes se manejen las plantaciones.

- Ainembahazi J, G Shively, A Angelsen. 2013. A quantile regression approach. *Environment and Development Economics* 18(5):537–558. DOI: 10.1017/S1355770X1300017X
- Bannister JR, PF Donoso, R Mujica. 2016. La silvicultura como herramienta para la restauración de bosques templados. *Bosque* 37(2):229–235. DOI: 10.4067/S0717-92002016000200001
- Carle J, P Vuorinen, A Dellungo. 2002. Status and trends in global plantation development. *Forest Products Journal* 52(7/8):12–23.
- Donoso PJ, C Navarro. 2022. *Silvicultura y Manejo de Bosques nativos. Ecología aplicada para la conservación de ecosistemas forestales*. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 509 p.
- Ease C, R Santander-Massa, F Encina-Montoya, P De los Ríos, D Fonseca, P Saavedra. 2019. Multicriteria spatial analysis applied to identifying ecosystems services in mixed-use river catchment areas in south central Chile. *Forest Ecosystems* 6:25. DOI: 10.1186/s40663-019-0183-3
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2021. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Informe principal*. Roma, Italia. FAO. 70 p.
- Grosse FL, F Rosselot. 2016. La potencialidad de nuevas plantaciones forestales en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 22(1):77–90.
- INFOR (Instituto Forestal, CL). 2021. *Estadísticas forestales*. Consultado 8 mar. 2024. Disponible en <https://web.infor.cl>.
- Locantelli B, CP Carterall, P Imbach, C Kumar, R Lasco, E Marin-Spiotta, B Mercer, JS Powers, N Schwartz, M Uriarte. 2015. Tropical reforestation and climate change: Beyond carbon. *Restoration Ecology* 23(4):337–343. DOI: 10.1111/rec.12209
- Messier C, J Baubus, R Sousa-Silva, H Auge, L Baeten, N Barsoum, H Brascheide, B Caldwell, J Cavender-Bares, E Dhiedt, N Eisenbauer, G Ganade, D Gravel, J Guillemot, JS Hall, A Hector, B Hérault, H Jactel, J Koricheva, H Krefl, S Mereu, B Muys, CA Nock, A Paquette, JD Parker, MP Perring, Q Ponette, C Potvin, PB Reich, M Scherer-Lorenzen, F Schnabel, K Verheyen, M Weib, M Wollni, DC Zemp. 2022. For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests! *Conservation Letters* 15:e12829. DOI: 10.1111/conl.12829
- Nepal P, J Korhonen, JP Prestemon, FW Cabbage. 2019. Projecting global planted forest area developments and the associated impacts on global forest product markets. *Journal of Environmental Management* 240:421–430. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.03.126
- Nylund RD. 2003. Even- to uneven-aged: the challenges of conversion. *Forest Ecology and Management* 172: 291–300.
- Palik BJ, AW D'Amato, JF Franklin, KN Johnson. 2021. *Ecological Silviculture: Foundations and Applications*. Illinois, 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: 10.1890/080116
- Prado J. 2015. *Plantaciones forestales. Más allá de los árboles*. Santiago, Chile. Colegio de Ingenieros Forestales de Chile A.G. 168 p.
- Raymond P, S Bédard, V Roy, C Larouche, S Tremblay. (2009). The irregular shelterwood system: review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances. *Journal of Forestry* 107(8): 405–413.



¿Preguntas, Comentarios?