

Las propiedades del suelo y la composición de edades de los árboles determinan la diversidad de plantas del sotobosque en bosques de *Nothofagus pumilio*

Jimena E. Chaves¹, Marie-Claire Aravena Acuña², Julián Rodríguez Souilla², Juan M. Cellini³,
María V. Lencinas², Pablo L. Perí⁴, Guillermo Martínez Pastur⁵

Palabras Clave: dinámica natural, bosques coetáneos, bosques disetáneos.

Introducción

Conservar la biodiversidad es crucial para mantener la integridad de los ecosistemas y los procesos ecológicos. En los bosques, el sotobosque brinda distintos servicios ecosistémicos, por ejemplo, forraje (Martínez Pastur et al. 2022) o control de erosión (Quijas et al. 2010), pudiendo variar de acuerdo a la estructura forestal y los impactos (Martínez Pastur et al. 2020). Por ello, conocer la diversidad de las comunidades de plantas del sotobosque bajo una dinámica natural es importante para establecer líneas de base que permitan cuantificar los cambios producidos por diferentes impactos naturales o antrópicos. El objetivo fue determinar la diversidad/riqueza y cobertura de plantas del sotobosque en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego con distintas estructuras de edad, analizando la estructura forestal y las propiedades del suelo. Se hipotetiza que las condiciones de rodal más heterogéneas propician la presencia de más especies, y que la mayor disponibilidad de recursos (agua y nutrientes) favorece el incremento de la cobertura y diversidad.

Materiales y Métodos

Se muestrearon 106 rodales de bosques de lenga bajo dinámica natural o con aprovechamiento de baja intensidad de hace más de 40 años, en abarcando la distribución de la especie en Tierra del Fuego, Argentina. Se incluyeron bosques con distintas estructuras de edad, clasificando los rodales de acuerdo con la mayor proporción de área basal de cada fase de desarrollo como sigue: crecimiento óptimo inicial (COI, n = 6) y final (COF, n = 8), bimodales de edad inicial (BI, n = 30) y avanzada (BA, n = 40), envejecimiento (ENV,

n = 9), desmoronamiento (DES, n = 5), y disetáneos (DIS, n = 8). Las fases de desarrollo se definieron en base a Schmidt & Urzúa (1982), considerándose edad inicial a COI y COF, y edad avanzada a ENV y DES.

En cada rodal, las especies de plantas vasculares se relevaron en una transecta de 50 m por el método de intercepción puntual, analizando un punto cada 1 m. Con estos datos se calculó la cobertura y varias métricas de diversidad: riqueza de especies (S), índice de Simpson (D, especies ponderadas por su cobertura) y equitatividad (E, distribución de abundancias entre especies). Además, se tomaron fotos hemisféricas al inicio y final de la transecta para estimar la cobertura de copas (CC), el índice de área foliar relativo (IAF) y la radiación total (RT). Se estimó el área basal (AB) mediante parcelas de radio variable (Bitterlich 1984), utilizando un relascopio Criterion RD-1000 (K = 1-6). A partir de la altura dominante se estimó la calidad de sitio (CS). Se recolectaron 4 muestras de suelo (0-30 cm), a las cuales se les determinó la densidad aparente (DS), la humedad de suelo (HS), y se analizaron las concentraciones de carbono (C, %), nitrógeno (N, %) y fósforo (P, ppm) por rodal.

Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) o el test no paramétrico de Kruskal-Wallis cuando los requisitos no se cumplían. Se usó como factor la estructura de edades, frente a las variables respuestas de cobertura y diversidad (S, D, E), y las variables de estructura forestal (CC, IAF, RT, AB) y de suelo (DS, HS, C, N, P). Posteriormente, el rango de las variables de estructura forestal y de suelo fue separado en tres categorías, clasificándolas individualmente en bajo, medio y alto, para ser usadas como factores en las comparaciones subsiguientes con las métricas de cobertura de sotobosque y diversidad.

1 Laboratorio de Recursos Agroforestales (CADIC CONICET) Tierra del Fuego, Argentina. Contacto: je.chaves@conicet.gov.ar.

2 Laboratorio de Recursos Agroforestales (CADIC CONICET) Tierra del Fuego, Argentina.

3 Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD UNLP), Buenos Aires, Argentina.

4 INTA - UNPA - CONICET, Santa Cruz, Argentina.

5 Laboratorio de Recursos Agroforestales (CADIC CONICET) Tierra del Fuego, Argentina.

Resultados

Se encontraron diferencias marginalmente significativas en la riqueza de especies, y una marcada diferencia en la cobertura del sotobosque, siendo menores en COI y máximas en ENV (Tabla 1). El índice de Simpson resalta una mayor diversidad en BA y menor en COF, mientras que la equitatividad fue mayor en COI y menor en los demás tratamientos.

Las variables de calidad de sitio, estructura forestal y suelo analizadas no difirieron de acuerdo a las estructuras de edades (Tabla 2). Cuando se tomaron estas variables como factores (Tabla 3), se observó una mayor cobertura del sotobosque con densidades de suelo bajas y mayor humedad. Además, la riqueza y el índice de Simpson (S y D) fueron mayores en suelos más húmedos. En cuanto a nutrientes, se destaca que la mayor riqueza y cobertura se dan en suelos con más C y con menos P, mientras que el N influye sólo sobre E, la que también varió con el C.

Tabla 1: Test de Kruskal-Wallis para la diversidad (S: riqueza, D: índice de Simpson, E: equitatividad) y cobertura de sotobosque (COB) para bosques con distinta composición de edades (COI: crecimiento óptimo inicial, COF: crecimiento óptimo final, BI: bimodales de edad inicial, ENV: envejecimiento, DES: desmoronamiento, BA: bimodales de edad avanzada, DIS: disetáneos).

Nivel	S	COB	D	E
COI	7.5	26.1a	0.76ab	0.83c
COF	12.4	50.6ab	0.63a	0.43a
BI	13.6	70.4bc	0.73ab	0.54ab
ENV	15.7	102.9c	0.76ab	0.47ab
DES	13.4	71.2bc	0.75ab	0.49ab
BA	15.4	81.5bc	0.81b	0.57b
DIS	13.9	76.9bc	0.71ab	0.51ab
H	10.9	15.61	14.13	26.24
p	0.093	0.016	0.028	0.013

Tabla 2: Comparación de la estructura forestal y propiedades del ambiente en bosques con distinta estructura de edades (ver Tabla 1) usando análisis de la varianza/Kruskal-Wallis (estadístico H). CS: calidad de sitio (1-5), CC: cobertura de copas (%), IAF: índice de área foliar relativo, RT: radi acción total (W/m²), AB: área basal (m²/ha), DS: densidad aparente de suelo (ton/m³), HS: humedad de suelo (%), y C: carbono (%), N: nitrógeno (%), y P: fósforo (ppm). Entre paréntesis, desviación estándar.

Nivel	CS	CC	IAF	RT	AB	DS	HS	C	N	P
COI	3.8 (1.1)	86.7 (2.36)	2.16 (0.23)	7.28 (1.32)	59.8 (15.7)	0.705 (0.066)	34.0 (9.17)	8.84 (1.74)	0.313 (0.071)	0.78 (22.9)
COF	3.7 (0.83)	87.2 (4.61)	2.22 (0.49)	6.61 (2.09)	56.4 (15.0)	0.761 (0.132)	39.6 (18.3)	11.9 (1.95)	0.427 (0.080)	0.47 (19.8)
BI	3.6 (0.91)	86.4 (3.73)	2.15 (0.31)	6.74 (1.89)	57.9 (11.0)	0.773 (0.200)	42.2 (28.1)	11.8 (5.5)	0.412 (0.192)	0.44 (21.5)
ENV	3.1 (0.99)	86.3 (3.71)	2.13 (0.33)	6.86 (1.57)	55.8 (4.74)	0.815 (0.095)	34.5 (12.5)	11.5 (4.43)	0.381 (0.142)	0.53 (44.4)
DEM	3.3 (1.0)	87.5 (3.90)	2.25 (0.46)	6.41 (1.98)	55.2 (10.9)	0.761 (0.236)	55.4 (49.7)	12.4 (7.26)	0.436 (0.204)	0.61 (36.7)
BA	2.9 (1.1)	85.8 (6.42)	2.21 (0.48)	6.01 (2.23)	61.3 (9.21)	0.903 (0.181)	30.9 (8.41)	7.81 (1.96)	0.241 (0.060)	0.43 (25.9)
DIS	4.1 (0.62)	85.7 (3.13)	2.01 (0.28)	7.16 (1.82)	58.6 (13.7)	0.738 (0.115)	41.8 (16.6)	11.0 (4.19)	0.408 (0.180)	0.44 (31.5)
F	H 8.03	0.47	H 0.54	0.44	H 6.86	H 5.09	H 2.46	H 7.64	H 10.07	H 12.17
p	0.232	0.833	0.775	0.854	0.334	0.533	0.873	0.266	0.123	0.058

Tabla 3: Comparación de la diversidad y cobertura del sotobosque para las variables analizadas en la Tabla 1 y 2. B: baja, M: media, A: alta. Se realizó análisis de la varianza solo para S por cumplir los requisitos (estadístico F) y para los demás casos el test Kruskal-Wallis (H).

Fact	Niv	S	COB	D	E	Fact	Niv	S	COB	D	E
CC	B	13.4	82.2	0.71	0.51	HS	B	11.9a	50.4a	0.73a	0.58
	M	14.8	71.7	0.76	0.56		M	14.6a b	80.8b	0.74a	0.50
	A	13.9	68.2	0.79	0.57		A	15.4b	88.5b	0.80b	0.57
	H	F 0.55	2.67	3.27	3.49		H	F 3.61	15.6	7.97	4.84
	p	0.578	0.263	0.195	0.174		p	0.030	<0.00 1	0.019	0.089
IAF	B	13.7	79.0	0.73	0.52	C	B	12.6a	62.9a	0.77	0.61a
	M	14.5	75.3	0.76	0.54		M	13.2a b	63.4a	0.73	0.55a b
	A	13.9	66.4	0.77	0.59		A	16.3b	96.6b	0.77	0.50b
	H	F 0.16	2.68	0.60	2.26		H	F 4.28	13.38	4.28	6.69
	p	0.854	0.262	0.740	0.323		P	0.017	0.001	0.118	0.035
RT	B	13.8	65.6	0.76	0.56	N	B	12.6	64.7	0.76	0.62b
	M	14.3	77.0	0.77	0.55		M	13.9	68.2	0.74	0.53a b
	A	13.9	79.6	0.74	0.54		A	15.4	86.5	0.76	0.50a
	H	F 0.09	2.7	0.26	0.68		H	F 2.16	5.77	1.35	7.03
	p	0.914	0.259	0.880	0.713		p	0.120	0.056	0.510	0.030
DS	B	15.6	89.1b	0.79	0.55	P	B	16.3b	86.3	0.79	0.54
	M	13.7	71.7ab	0.75	0.57		M	13.6a b	72.2	0.73	0.51
	A	12.8	60.8a	0.73	0.53		A	12.3a	63.8	0.74	0.59
	H	F 2.24	7.65	4.79	0.29		H	F 5.14	3.93	3.77	4.10
	p	0.111	0.022	0.091	0.865		p	0.007	0.140	0.152	0.129

Discusión y Conclusión

La diversidad del sotobosque está influenciada por la estructura de edades del rodal en el que se desarrolla, presentando gran variabilidad para algunas métricas (ej. riqueza). En cambio, otras variables como la cobertura del sotobosque, demuestran una correlación más directa con la estructura de edades del rodal, donde los bosques envejecidos favorecen una mayor instalación de plantas que los jóvenes al presentar mayor heterogeneidad de ambientes. Los menores valores del Índice de Simpson en los bosques jóvenes están probablemente asociados a la menor heterogeneidad de microambientes disponibles comparado con los rodales disetáneos maduros. Estos resultados fueron contrastantes con los observados en bosques de ñire (*N. antarctica*) por Martínez Pastur et al. (2020), quienes encontraron una mayor riqueza en bosques maduros y bimodales jóvenes y adultos, donde la cobertura se mantuvo constante para todas las estructuras de edades.

La caracterización a nivel de rodal de la estructura forestal y el suelo mostró que estas propiedades tienden a ser muy estables durante todo el ciclo natural de la

lenga. Al analizar cuáles de estas características explican mejor la diversidad del sotobosque, es interesante notar que no se detectó una influencia directa de CC, IAF ni RT, lo cual sí se ha reportado para otros bosques (Martínez Pastur et al. 2020). En cambio, los factores relacionados a las características del suelo (densidad, humedad y concentración de C) explicaron mejor la diversidad y la cobertura del sotobosque. Mientras que suelos más ricos en C y N albergan una mayor riqueza de especies, concentraciones más bajas de C y N mostraron una mayor equitatividad, lo que puede indicar que las algunas pocas especies más sensibles a su carencia pueden verse favorecidas cuando estos nutrientes son menos limitantes y aumentar así su abundancia frente a especies menos exigentes. Estos resultados van en línea con las propuestas de usar el stock de C como indicador de áreas para promover la conservación de especies amenazadas (Peri et al. 2019).

Nuestros resultados resaltan la estabilidad estructural y ambiental de los bosques de lenga bajo dinámica natural, donde las características de rodal y suelo son

las más influyentes sobre la cobertura y diversidad del sotobosque. Esta información es de gran importancia al aplicar diferentes estrategias de manejo forestal y conservación de bosque nativo a escala de paisaje.

Agradecimientos

A todo el equipo por el trabajo de campo, laboratorio y discusiones útiles.

Bibliografía Citada

Bitterlich W. 1984. The relascope idea. Relative measurements in forestry. Commonwealth Agricultural Bureaux. Londres, Inglaterra. 242 pp.

Martínez Pastur GJ, Cellini JM, Chaves JE, Rodríguez-Souilla J, Benitez J, Rosas YM, Soler RM, Lencinas MV, Peri PL. 2022. Changes in forest structure modify understory and livestock occurrence along the natural cycle and different management strategies in *Nothofagus antarctica* forests. *Agroforestry Systems* 96: 1039–1052

Martínez Pastur GJ, Rosas YM, Cellini JM, Barrera MD, Toro Manríquez MDR, Huertas Herrera A, Favoretti Bondar S, Lencinas MV, Peri PL. 2020. Conservation values of understory vascular plants in even- and uneven-aged *Nothofagus antarctica* forests. *Biodiversity and Conservation* 29: 3783-3805

Peri PL, Lasagno RG, Martínez Pastur GJ, Atkinson R, Thomas E, Ladd B. 2019. Soil carbon is a useful surrogate for conservation planning in developing nations. *Scientific reports* 9: 1-6.

Quijas S, Schmid B, Balvanera P. 2010. Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basic and Applied Ecology* 11: 582-593

Schmidt Van Marle, H., & Urzúa, A. 1982. Transformación y manejo de los bosques de lenga de Magallanes. Universidad de Chile. *Ciencias Agrícolas* n° 11. 62 pp.