

Modelo de producción de bosques de *Gonopterodendron sarmientoi* en Argentina

Sebastian Kees¹, Dante Loto², Santiago Telleria³, Maximiliano Azcona⁴,
Eduardo Manghi⁵, Juan Gaitán⁶, Vanina Chifarelli⁷, Pablo L. Peri⁸

Palabras clave: funciones de volumen – Palo santo – Parque Chaqueño

Introducción

La evaluación de los recursos forestales tiene como objetivo preponderante el determinar su importancia y grado de utilidad, y así planificar su aprovechamiento, no sólo a nivel maderable, sino en la diversidad de bienes y servicios que de ellos se obtienen (Ramírez y Torres 1985). Es decir, el desafío actual en el manejo forestal es la planificación a varias escalas geográficas de suministros sostenibles de madera y otros bienes, a la vez que se preserva la integridad del ecosistema forestal. Este paradigma de la silvicultura moderna propone un manejo del paisaje. Por lo tanto, el verdadero manejo ecosistémico (o silvicultura ecológica), tiende a operar a escalas espaciales y temporales mucho más grandes que las prácticas silvícolas tradicionales, aunque se han aconsejado a nivel de rodal (Korzukhin et al. 1996). En este sentido, las provincias son las responsables de formular e implementar estrategias de manejo de los bosques adecuadas según la escala.

Un paso necesario para la planificación del manejo de los recursos forestales es conocer los aspectos básicos de la estructura y la dinámica forestal del bosque (Lamprecht 1990). Loto et al. (2021) determinaron tres tipos de estructuras de bosques con presencia de palo santo (palo santal, y bosques con baja y alta presencia de palo santo), asociados a un gradiente temperatura, precipitación, evapotranspiración y texturas del suelo en el norte de Argentina.

Este trabajo tiene por objetivo ajustar una función predictora regional del volumen total de palo santo (*Gonopterodendron sarmientoi*) por unidad de super-

ficie para los tres grupos discriminados por Loto et al. (2021), usando como variables regresoras el área basal, la densidad y la altura dominante de palo santo.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra ubicada en el norte de Argentina (figuras 1A y 1B), dentro del dominio fitogeográfico regional del Chaco Seco, incluyendo el oeste de las provincias de Chaco y Formosa, y al este de la provincia de Salta (22.0°-25.8° S, 59.3°-64.6° O). Este bosque, xerófilo y semicaducifolio, cuenta con un estrato superior dominado por el quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) con alturas entre 15 y 25 metros. En el límite oriental de la ecorregión, estas especies coexisten también con el quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), en lo que se conoce como el “bosque de los tres quebrachos”. Integran esta subregión también otros árboles más bajos como el mistol (*Sarcomphalus mistol*) de frutos comestibles, el palo cruz (*Tabebuia nodosa*), palo borracho de flor blanca (*Ceiba chodatii*) y una gran variedad de árboles y arbustos, con una importante presencia de Algarrobos (*Prosopis alba*, *P. nigra*, *P. ruscifolia* y *P. kuntzei*). Se encuentran también bosques de xerófitas con palo santo (*G. sarmientoi*) y quebracho blanco lagunero (*Aspidosperma triternatum*) ocupando suelos generalmente deprimidos arcillo-limosos (MAyDS 2020).

1 Campo Anexo Estación Forestal Plaza – Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Sáenz Peña. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Contacto: kees.sebastian@inta.gob.ar.

2 Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA) Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Contacto: danteloto87@gmail.com.

3 Dirección Nacional de Bosques. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (DNB, MAyDS). Contacto: sdetelleria@ambiente.gob.ar.

4 Dirección Nacional de Bosques. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (DNB, MAyDS). Contacto: azconam@ambiente.gob.ar.

5 Dirección Nacional de Bosques. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (DNB, MAyDS). Contacto: manghi@ambiente.gob.ar.

6 INTA. Buenos Aires. Contacto: gaitan.juan@inta.gob.ar.

7 Investigador independiente. Facultad de Ciencias Forestales. UNSE. Contacto: vaninachifarelli@gmail.com.

8 EEA Santa Cruz. INTA; Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA); CONICET. Contacto: peri.pablo@inta.gob.ar .

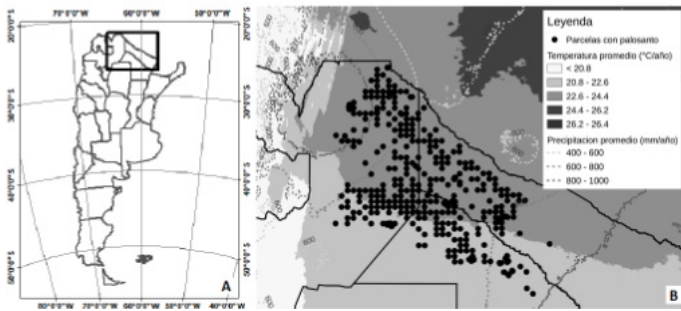


Figura 1. (A) Área de estudio ubicada en Argentina en las provincias de Chaco, Formosa y Salta. (B) Detalle de la distribución de parcelas con presencia de palo santo en bosques del Chaco Seco Argentino.

Se utilizó información recopilada a partir de inventarios forestales realizados en diferentes años en el norte de Argentina. Estos inventarios, nacionales, regionales y locales, provienen de muestreos realizados en bosques nativos en tenencias de comunidades aborígenes, campesinas y planes de manejo cubriendo el área de estudio regional dentro de las provincias de Salta, Formosa y Chaco (Figura 1 B).

Se trabajó sobre datos de 482 parcelas con presencia de la especie (Figura 1 B). Todas las parcelas de 1000 m² de forma circular, con registros de diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) mayores a 7,5 cm y la altura total (m) de todos los individuos a nivel de especie. Para el cálculo de volumen total por individuo se utilizó la ecuación de Cotta citada por diferentes autores (Thren 1993; Yner 2014), utilizando para ello un coeficiente de forma de 0,7; debido a que solo se cuentan con ecuaciones de tipo local y solo para algunos lugares del área de dispersión. Con base en los datos de cada individuo, se calculó el área basal (GPS, m²/ha), densidad (DPS, ind/ha), volumen del fuste (VPS, m³/ha) y altura media dominante (HPS, m) para cada grupo determinado por Loto et al. (2021). La altura media dominante fue calculada como el promedio de los 3 árboles de palo santo con mayor altura en cada parcela.

Los datos registrados fueron procesados con planilla de cálculo y analizados estadísticamente mediante regresión lineal múltiple con InfoStat (Di Rienzo et al. 2020).

Resultados

Tanto en la Tabla 1 como en la Figura 2, se muestran los valores medios y desvíos por grupo de las variables empleadas, observándose una alta variabilidad en las mismas. Esto se explica en parte por la escala regional del trabajo dado que la distribución de las parcelas abarcó diferentes condiciones climáticas, edáficas y de

manejo en cada provincia.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables de rodal analizadas para cada grupo de bosques con palo santo (PS).

Grupo	Variabes	n	Media	Desvi o	CV (%)
Palo santal 1	GPS (m ² /ha)		5,55	4,49	80,9
	DPS (ind/ha)	19	293,6	411,2	140,1
	HPS (m)	7	9,9	2,8	28,7
	VPS (m ³ /ha)		10,500	9,510	90,5
Bosques con alta presencia de palo santo 2	GPS (m ² /ha)		3,45	3,70	107,2
	DPS (ind/ha)	17	107,7	132,6	123,1
	HPS (m)	4	10,1	3,2	31,3
	VPS (m ³ /ha)		8,083	9,548	118,1
Bosques con baja presencia de palo santo 3	GPS (m ² /ha)		3,99	3,69	92,7
	DPS (ind/ha)	74	75,2	83,9	111,6
	HPS (m)		10,7	3,0	28,5
	VPS (m ³ /ha)		11,558	11,001	95,2

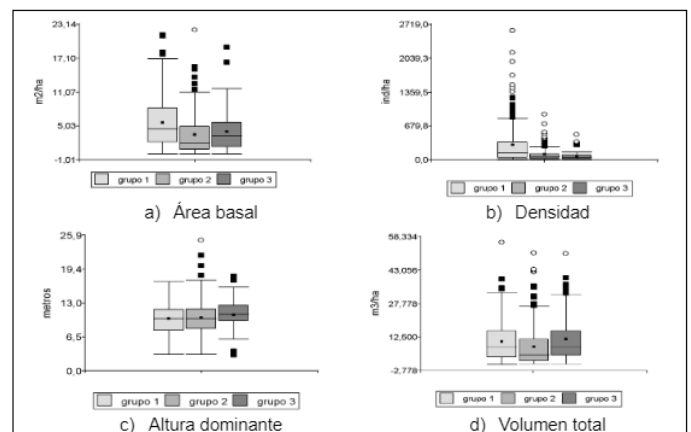


Figura 2. Diagramas descriptivos de las variables de bosques de palo santo.

Como instancia preliminar, se efectuó una regresión lineal múltiple detectándose heterocedasticidad en el análisis de residuos por lo cual se corrigió mediante transformación logarítmica de las variables y posterior depuración de los datos para mejorar estadísticos de ajuste, trabajando con un valor final de 425 parcelas. Siguiendo estos pasos, se obtuvo el modelo buscado a nivel general y también para cada grupo. La ecuación finalmente ajustada fue:

$$\text{LN VPS} = \text{LN DPS}^a + \text{LN GPS}^b + \text{LN HPS}^c + d \quad \text{Ecuación 1}$$

Y su forma simplificada:

$$\text{VPS} = \text{DPS}^a \cdot \text{GPS}^b \cdot \text{HPS}^c \cdot e^d \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde: VPS = volumen total de palo santo (m³/ha); GPS = área basal de palo santo (m²/ha); DPS = densidad de palo santo (ind/ha); e = base de los Logaritmos naturales.

En la Tabla 2 se puede destacar que los estadísticos de ajuste de cada modelo son altamente satisfactorios para el conjunto de datos en general y también para

todos los grupos. La evaluación visual del comportamiento de los residuos no mostró tendencias evidentes (Figura 3).

Tabla 2. Estadísticos de ajuste de los modelos de cada grupo y modelo general.

GRUPO	MODELO	N	R ² Aj	ECM P	AIC	BIC
1	VPS= DPS ^{(-0,03)*} GPS ^(0,95) *HPS ^{(0,58)*} e ^(-0,44)	17	0,96	0,05	-20,46	-4,57
2	VPS= DPS ^{(-0,07)*} GPS ^(0,98) *HPS ^{(0,58)*} e ^(-0,22)	17	0,95	0,1	87,16	102,9
3	VPS= DPS ^{(-0,15)*} GPS ^(1,14) *HPS ^{(0,38)*} e ^(0,51)	4	0,94	0,15	67,71	79,23
General	VPS= DPS ^{(-0,09)*} GPS*HPS ^{(0,57)*} e ^(-0,18)	42	0,95	0,09	175,9	196,2
I		5			9	5

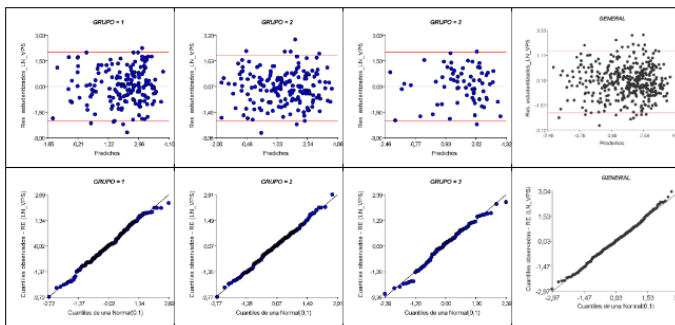


Figura 3. Diagramas de dispersión de residuos de los modelos de cada grupo y modelo general.

Los modelos ajustados explican en general y para todos los grupos más del 90% de la variabilidad de la variable respuesta a partir de las variables regresoras, altura dominante, densidad y el área basal en el Parque Chaqueño. No obstante, se deja constancia de la presencia de colinealidad no severa entre las variables regresoras, frecuente en este tipo de modelos (Kozak 1997) que, para este caso, no afecta los contrastes individuales de cada variable ni su interpretación.

Conclusiones

Los modelos generados son satisfactorios y cumplen con los requisitos de validación estadística frecuentemente utilizados, no obstante, la utilidad real de estos modelos es de suma importancia en la estimación de la producción en términos de volumen total de palo santo en bosques y rodales en los que está presente, dentro del área de estudio respetando la similaridad de condiciones ambientales y silviculturales evaluadas.

Bibliografía citada

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad

Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Korzukhin MD, Ter-Mikaelian MT, Wagner RG. 1996. Process versus empirical models: which approach for forest ecosystem management? Canadian Journal of Forest Research 26, 879-887

Kozak A. 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable exponent taper functions. Can. J. For. Res. 27(5): 619-629.

Lamprecht H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. GTZ. Eschborn, Germany.

Loto D; Kees S; Azcona M; De Telleria S, Manghi E, Gaitan J, Spagarino C, Gasparri I, Peri P. 2021. Estructura de bosques con palo santo (*Gonopterodendron sarmientoi*): Evaluación regional para su manejo y conservación en la Argentina. Ecología Austral 31: 558-574

Martin Thren. 1993. Serie Técnica Forestal. Volumen 1, Dasometría. Proyecto UNSE/GTZ; Universidad Nacional de Santiago del Estero. 182 pp

MAyDS. 2020. Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: informe Parque Chaqueño: primera revisión. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, Buenos Aires. Argentina.

Ramírez MH y Torres RJ. 1985. Análisis del desarrollo y estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en la evaluación de plantaciones. In: Tercera reunión nacional sobre plantaciones forestales. Publicación Especial Instituto Nacional Investigaciones Forestales No. (48). México. pp. 35-43

Yner Juarez Felix. 2014. Dasometría. Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas. 1ra Edición. Cochabamba - Bolivia. 72 páginas.