

VALORACIÓN ECONÓMICA DE QUEBRACHALES EN LA REGIÓN CHAQUEÑA SEMIÁRIDA, REPÚBLICA ARGENTINA

ECONOMIC VALUATION OF QUEBRACHO FORESTS IN THE SEMI-ARID CHACO REGION, REPUBLICA ARGENTINA

JULIO F. MICHELA¹; SEBASTIÁN KEES²; WALTER CASSINO³

¹INTA-EEA Santiago del Estero. Jujuy 850 (4200) Capital. Santiago del Estero, Argentina. michela.julio@inta.gob.ar – ORCID OD: 0000-0003-4395-8692

² Campo Anexo Estación Forestal Plaza – INTA EEA Sáenz Peña – Lote IV- Colonia Santa Elena (3536) – Presidencia de la Plaza. Chaco. Argentina

³ Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avenida Belgrano (S) 1912. (4200) Capital. Santiago del Estero. Argentina

Recibido 6 marzo2025 – Aceptado 13 julio 2025

Resumen

La valoración financiera de los bosques es un aspecto fundamental para el manejo y la conservación de los recursos forestales. El objetivo de este estudio fue cuantificar económicamente los quebrachales de la Región Chaqueña Semiárida, considerando su estado de desarrollo, la distribución diamétrica y una estructura meta de manejo que asegure la recuperación y el reclutamiento de las especies principales. Se emplearon datos de parcelas de provenientes del Inventario Nacional de Bosques Nativos (2015). La metodología se basó en la capitalización de flujos futuros, integrando variables biológicas, precios históricos de la madera en pie, incrementos medios anuales de crecimiento y costos de aprovechamiento. Esto permitió estimar el valor del bosque y generar un indicador de capitalización que refleja el aporte económico potencial de la madera a lo largo del tiempo. Los resultados muestran que el valor económico de un bosque sobre maduro fue de 1.502 USD/ha mientras que el umbral mínimo de capitalización para un periodo de 5 años se estimó en 385 USD/ha. Asimismo, la estructura diamétrica definida mediante el método BDq permite un aprovechamiento que no compromete el estado de latizal y favorece la regeneración. Asimismo, la capitalización acumulada por hectárea ofrece un referente claro para la valoración forestal y la planificación productiva. Se concluye que la metodología desarrollada constituye una herramienta innovadora para la región con aplicación en el manejo sostenible y en el diseño de políticas públicas orientadas a la conservación del bosque.

Palabras clave:

bosque nativo
Análisis económico financiero
econometría
capitalización

Abstract

Financial valuation of forests is a fundamental component of sustainable

Key Words:

Native forests

Economic and financial analysis

Econometrics

Capitalization

forest management and conservation. This study aimed to quantify the economic value of *quebrachal* forests in the Semi-arid Chaco Region, considering their developmental stage, diameter distribution, and a target management structure designed to ensure the recovery and recruitment of key species. Data was obtained from sample plots of the National Inventory of Native Forests (2015). The methodological approach was based on the capitalization of expected future cash flows, integrating biological variables, historical stumpage prices, mean annual increments in growth, and harvesting costs. This framework enabled the estimation of forest value and the development of a capitalization indicator that reflects the potential economic contribution of timber resources over time. Results indicate that the economic value of an overmature forest reached USD 1,502 per hectare, while the minimum capitalization threshold over a 5-year period was estimated at USD 385 per hectare. The diameter structure defined using the BDq method allows for sustainable harvesting without compromising pole-stage stands, thereby supporting natural regeneration. The accumulated capitalization per hectare provides a clear benchmark for forest valuation and production planning. Overall, the proposed methodology represents an innovative tool for the region, with practical applications in sustainable forest management and in the formulation of public policies aimed at the conservation of native forests.

1. INTRODUCCIÓN

En 1955 se estimaba la superficie boscosa del país en 48.570.000 has (Carnevale 1995), de las cuales gran parte corresponden al Parque Chaqueño. Juárez de Galíndez *et al.* (2005) estiman en 6.000.000 la superficie cubierta por bosques en Santiago del Estero y Bonfanti y Sánchez (2019) quienes toman como referencia datos de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, afirman que la superficie cubierta por bosques en la provincia del Chaco ascendió en el año 2017 a 4.920.000 has.

Autores como Mariot (2000) y Cuadra (2012) hacen referencia a degradación de los bosques por explotaciones sin mayores criterios de sustentabilidad en los últimos 50 años. Teniendo en cuenta estas afirmaciones, es evidente que en la región existen bosques en diferentes estados de desarrollo, muchos de ellos explotados y que actualmente se encuentran creciendo en una etapa de recuperación del potencial productivo. Reflexionando, la combinación de evaluaciones técnicas y la consideración del crecimiento de las especies principales como un símil de capitalización constituye una estrategia útil para aproximarse a la valoración económica y financiera de los bosques. Según Hjørstso *et al.* (2006), los estudios económicos desempeñan un papel crucial al guiar a los tomadores de decisiones siempre que se utilicen de manera adecuada. Citando expresiones de los mismos autores, las estimaciones del valor financiero de los recursos forestales se basan en la provisión y el flujo. La precisión de las estimaciones depende del conocimiento disponible sobre la madera en pie, la cosecha realizada y el incremento potencial del bosque.

Conceptualmente, tanto la evaluación económica como la financiera de un bosque confluyen en un punto en común que hace referencia al valor al momento de corta sin que haya menciones respecto a la capitalización que anualiza su valía. Arce (2020) citando a otros autores, expresa que el valor económico de un bosque total surge de la sumatoria de los valores de uso directo, uso indirecto, valor de opción y el valor de no uso. Son explícitos al momento de la definición de estos términos Izco y Burne (2003), quienes distinguen entre el valor intrínseco propio de un componente natural simplemente por existir, sin dependencia de su utilidad para los humanos y el instrumental, en este caso se toma la capacidad de un bien o un servicio para satisfacer necesidades o preferencias humanas, influyendo así, en el valor económico. Incluso, consideran que valorar al bosque solo por la madera representa una subutilización dada la variedad de flujos de bienes y servicios que ofrecen y benefician a la sociedad. En esta instancia, el enfoque presente se centra en la valoración del bosque desde la perspectiva de la producción de madera, simplificando así el análisis.

La madera en pie es un bien económico, en consecuencia, tiene un precio, el cual puede bajar o subir dependiendo de la realidad del mercado e incluso es factible su asociación con alguna variable macroeconómica. Acuña Carmona y Drake Aranda (2003), revisan una serie de artículos en pos de una clasificación de los procedimientos de valoración ambiental e interpretan que lo más simple es la utilización de precios de mercado puesto que lo relacionan con lo escaso y la demanda y en este contexto los autores establecen una sinonimia entre valor y precio de mercado. Si bien, una de las herramientas del análisis financiero es el tiempo y en la producción tradicional se lo asocia al ciclo de corta, una opción es la valoración anual que posiciona a la economía forestal cuando se la considera dentro de gestiones más complejas que el aprovechamiento tradicional. Así, Acuña Carmona y Drake Aranda (2003) afirman que el manejo también puede pensarse como el negocio de los árboles en crecimiento implicando una inversión inicial, una capitalización y valor final definido por punto de equilibrio del bosque asimilado al turno de corta. El objetivo de este estudio es valorar económica y financieramente los quebrachales de la región chaqueña considerando su estado de desarrollo, una estructura diamétrica de referencia y series temporales de precios de la madera en pie, expresando su valor económico anualizado y proyectando su evolución futura.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio está ubicada dentro de la unidad geográfica denominada Chaco Semiárido (Prado, 1993), Figura 1.

Según Brassiolo, (2001) el clima en el área de estudio se caracteriza porque la precipitación presenta una distribución marcadamente estacional, con altas temperaturas en verano, y ocurrencia de heladas en invierno, bajo déficit hídrico todo el año. En el verano las mayores temperaturas superan los 45° C. La mínima en el mes de julio presenta valores entre 4,5 y 5° C, y las primeras heladas se producen normalmente a partir de mayo, aunque pueden ocurrir a principios del mes de abril.

Geomorfológicamente, corresponde a la llanura aluvial del Río Salado, con un relieve plano a ligeramente ondulado de suave pendiente de dirección NO-SE (Brassiolo, 2001).

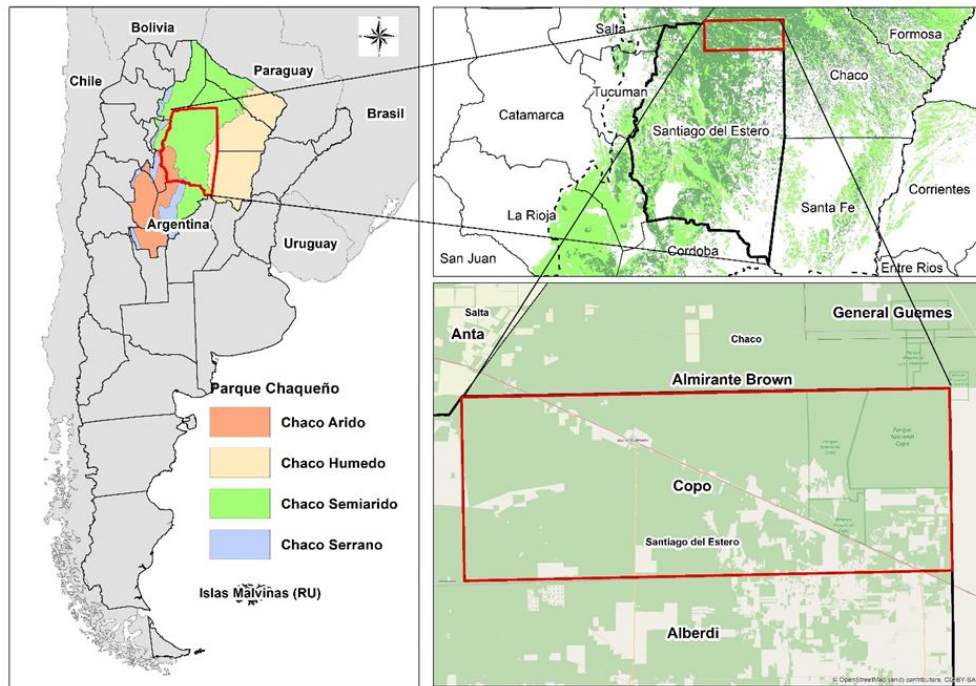


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

Atendiendo a Morello y Adámoli (1974), la vegetación se caracteriza por la dominancia del quebracho colorado (*Schinopsis lorenzii* Griseb. Engl.) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* Schlecht), los cuales pueden llegar hasta una altura de 20 m. Es en esta área donde el quebracho colorado encuentra en su óptimo ecológico. El algarrobo negro (*Neltuma nigra* Griseb.), el algarrobo blanco (*Neltuma alba* Griseb.), el mistol (*Sarcophalus mistol* Griseb.) son especies que forman un estrato arbóreo intermedio. Otras como la breá (*Parkinsonia praecox* Ruiz & Pav.), guayacán (*Libidibia paraguariensis* D.Parodi), sombra de toro (*Jodina rhombifolia* Hook. & Arn.), itín (*Neltuma kunzei* Harms) y chañar (*Geoffroea decorticans* Gill. ex-Hook. & Arn.) se encuentran con menor frecuencia (Brassiolo 1997).

Empleando las parcelas del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (Ministerio de Ambiente., Dirección Nacional de Bosques, 2015), se evaluaron 3 zonas delimitadas en la Figura 2, que se identificaron como Zona 1, donde se relevaron 30 parcelas, Zona 2 con 81 parcelas de muestreo y la Zona 3 con 57 parcelas relevadas; asimismo, los errores de muestreo fueron: 19,3%; 12,88% y 22,64% respectivamente respecto a la frecuencia por hectárea y sus respectivas áreas basales en m² (B) fueron:

8,07; 6,29 y 6,41.



Figura 2. Zonas boscosas relevadas en el área de estudio.

En el análisis solo se tuvieron en cuenta los ejemplares de quebracho blanco y quebracho colorado santiagueño de todas las categorías diamétricas pues son dominantes en cuanto a la estructura horizontal y vertical según Araujo *et al.* (2008) y Michela & Juárez de Galíndez (2016), además de ser las principales especies de uso maderable en la región.

Estructura diamétrica objetivo

Diversos autores (Araujo, 2003; Brassiolo y Grulke, 2015, entre otros), coinciden en que la estructura de estos bosques tiene carácter irregular. En ese sentido se determinó la estructura diamétrica objetivo en base al método BDq, siguiendo la propuesta de García Cuevas *et al.* (2013). Este enfoque considera el aprovechamiento de la masa boscosa hasta un área basal residual (B), un diámetro mínimo de corta (D) y de una tasa (q) que surge de la relación por cociente entre el número de árboles de una clase diamétrica y el de la clase diamétrica inmediatamente inferior. Estas variables se complementan con otros factores, como lo sugieren Cancino & Gadow (2002), entre ellos, el crecimiento anual en diámetro de las especies principales a los fines del cálculo del tiempo de tránsito entre una clase diamétrica y otra y así, regular los ciclos de corta. Este procedimiento fue recomendado para la región por Michela *et al.* (2024). Los volúmenes comerciales fueron calculados empleando las ecuaciones determinadas por Gaillard de Benítez (1994).

Dado que en la región existen montes en diferentes estados de aprovechamiento,

se adaptó la propuesta de González Molina (2000) para sintetizar los casos de transformación observados. Así se diferenciaron las tres categorías estudiadas: masas irregulares capitalizadas caracterizadas por ejemplares de diámetros mayores (Zona 1); montes en proceso de aprovechamiento (Zona 2) y bosques previamente explotados donde predominan diámetros menores (Zona 3).

A partir de ajustes simples basadas en Cancino (2012) se adaptó una ecuación para la determinación de la proyección del crecimiento considerando únicamente el diámetro de los ejemplares leñosos medidos a 1,3 m respecto del suelo (DAP), así:

$$DAP_t = DAP_0 + (IMA * t)$$

Donde:

DAP_t: es el diámetro proyectado en el año t de la especie maderable en centímetros (cm);

DAP₀: es el diámetro inicial de la especie maderable en cm;

IMA: es el incremento medio anual de la especie en cm/año;

t: es el tiempo proyectado (en años) para que el árbol alcance el diámetro objetivo.

El bosque nativo presenta diferentes estados de desarrollo (Figura 3), que se identifican como: siembra naciente, repoblado, monte bravo, latizal y fustal (Donoso *et al.*, 2018) y en cada estado se da una natural competencia. Interpretando a diferentes especialistas (Cruz Johnson *et al.*; 2005; Donoso *et al.*, 2018), desde el estado de repoblado en adelante es factible la definición de una analogía con las categorías diamétricas, Figura 3.

Cualquiera sea el punto de partida, se pretende el alcance de un diámetro objetivo y para ello es necesario el cálculo del tiempo t_j , haciendo la salvedad que no todas las categorías diamétricas evolucionan a la misma velocidad, incluso suponiendo que el cálculo se remita a las especies predominantes (Araujo *et al.*, 2007), Entonces:

$$t_j = \frac{DAP_t - DAP_i}{IMA_i}$$

Donde:

T_j: tiempo de tránsito proyectado (en años) para que los arboles de una clase alcancen el diámetro objetivo;

DAP_t: diámetro proyectado en el año t (cm);

DAP_i: diámetro inicial de la categoría considerada (cm);

IMA_i: incremento medio anual en diámetro de la especie predominante (cm/año).

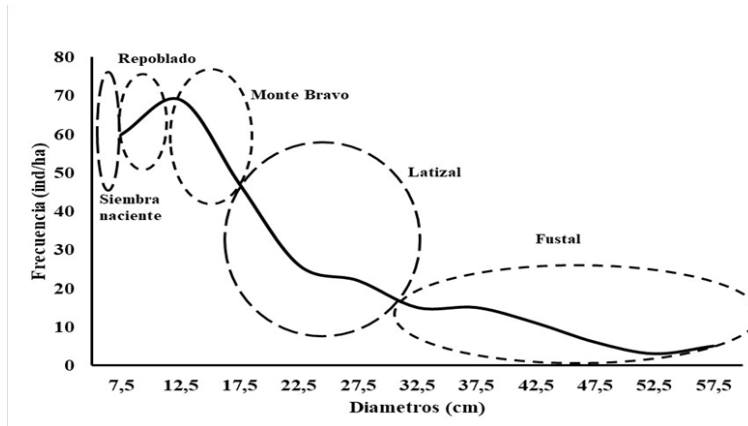


Figura 3. Estados de desarrollo de un monte irregular típico. Fuente: Propia con adaptación a expresiones de Cruz Johnson *et al.*; (2005); Donoso *et al.*, (2018).

Atendiendo a la duración, t_i puede ser asimilado al turno de corta. Referencias para este parámetro, en la región, lo definen Araujo & Lencinas (1994) y Giménez & Ríos (1999).

Valoración financiera

Se abordó el enfoque financiero y cabe el concepto de Acuña Carmona & Drake Aranda (2003) que afirman que el valor del bosque es dinámico y varía con el contexto. En el caso del bosque en pie y estableciendo nuevamente una similitud entre valor y precio, a esta afirmación la refuerza las calificaciones de Hjørstso *et al.* (2006), quienes explican que las estimaciones del valor financiero están basadas en la provisión y flujo, haciendo referencia al juego de la oferta y la demanda. Una apreciación similar la realiza Romo Lozano *et al.* (2017) quien expresa que dentro de los métodos de la valoración de un bien suele aplicarse la metodología de precios de mercado y este enfoque considera todos los precios disponibles de los bienes obtenidos del bosque, como la madera reflejando la interacción entre tenedores de monte y obreros. En este escenario, el precio de mercado del árbol en pie se entiende como una medida del valor económico de este recurso, ya que refleja la disposición a pagar por el producto. Por otra parte, adaptando y reformulando conceptos expresados por Mendoza - Briseño *et al.* (2021), el monte como activo se convierte en un valor económico actual y futuro, o sea, no solo se lo evalúa por su valor actual sino también por su capacidad de generación de rendimientos a largo plazo. Entonces, el bosque en cualquier estado de desarrollo es un activo vivo que adquiere valor a medida que crece y este se reflejará en el precio, así, si esto se relaciona con el crecimiento y se interpretan las expresiones de los autores antes mencionados, la capitalización se refiere al aumento de valor de un activo con el tiempo. Aceptando que el valor del bosque varía con el estado de desarrollo y este se relaciona con las categorías diamétricas, es factible la valoración anualizada. Se avanzó calculando el volumen comercial por clase diamétrica i (V_{di}) mediante las ecuaciones propuestas

por Gaillard de Benítez (1994), siendo para el quebracho blanco:

$$V_{(m^3)} = EXP^{(-10,97613+1,11062*Ln d_i^2[cm]*H[m])}$$

Siendo:

V_i : volumen comercial de un árbol de diámetro d_i en metros cúbicos (m^3);

d_i : punto medio de clase diamétrica en cm;

H : altura del árbol en metros (m).

En el caso del quebracho colorado:

$$V_{(m^3)} = EXP^{(-10,81559+1,08804*Ln d_i^2[cm]*H[m])}$$

Las alturas por clases diamétricas se definieron en base a Araujo et al. (2008). Así:

$$V_{di} = N_{di} * V_i$$

N_{di} : Numero de árboles por hectárea (ha) de la clase i ;

V_i : Volumen comercial de un ejemplar de diámetro d_i .

d_i : punto medio de clase diamétrica.

El volumen de aprovechamiento en un tiempo $t=j$ (V_{aj}) fue:

$$V_{aj} = \sum_{d_i \geq D} N_{di} * V_i$$

En el manejo tradicional, el bosque solo adquiere valor económico en el momento del aprovechamiento, lo que implica periodos sin ingresos. Esto lo coloca en desventaja frente a sistemas más complejos de manejo donde la producción de madera es solo uno de los componentes ante otros, que pueden generar una renta anual. Al asignar un valor a la capitalización biológica, es posible estimar un aporte económico anual, reconociendo al bosque como un activo dinámico que mantiene su competitividad a lo largo del tiempo. Se calculó el volumen de los quebrachos dentro de una misma clase diamétrica para el año siguiente ($V_{di;t}$) considerando la ecuación de volumen comercial de la especie (V) y el incremento medio anual (IMA_i).

$$V_{d_i;t} = N_{d_i;t} * V(d_i + IMA_i)$$

Siendo $N_{d_i;t}$ el número de árboles por ha de la clase diamétrica de punto medio de clase d_i .

En base a de Galíndez *et al.* (2003) se estimó el IMA_i para ambas especies.

El volumen total del bosque en el año siguiente (V_{t+1}) proyectado anual integrando todas las clases diamétricas fue:

$$V_{t+1} = \sum_i N_{d_{i,t}} * V(d_i + IMA_i)$$

A partir del volumen proyectado para cada clase diamétrica y cada año, se tradujo esos volúmenes en términos económicos. Para ello, se aplicó la capitalización de los flujos futuros de ingresos considerando los precios proyectados de la madera y la tasa de interés determinada a partir de la serie histórica. De esta manera, se obtuvo un valor total del bosque por hectárea (V_{bosque}), que integra las clases y los años del horizonte de planificación, proporcionando una cifra única representativa del valor económico del monte.

$$V_{bosque} = \sum_i \sum_t \frac{V_{i,t} * P_{i,t}}{(1+r)^t}$$

$V_{i,t}$: volumen de la clase i en el año t ;

$P_{i,t}$: precio proyectado del volumen $V_{i,t}$;

r : tasa de capitalización.

Los precios de despacho de los quebrachos se tomaron de los datos estadísticos publicados por la Dirección de Bosques de la provincia del Chaco para el período 2003-2021 (<https://direcciondebosques.blogspot.com/p/estadisticas.html>), debido a la falta de referencias oficiales de otras provincias para un periodo similar. Para el cálculo del valor de la madera en pie, se promediaron los precios del quebracho blanco y quebracho colorado y se ponderaron de acuerdo con la frecuencia por especie dentro de cada clase diamétrica. Ambas especies movilizan los volúmenes más importantes en la región. Los precios se convirtieron a dólares estadounidenses mediante la cotización oficial del 31 de diciembre de cada año (https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Evolucion_moneda_2.asp) y se ajustaron con el índice de precios al consumidor de Estados Unidos (<https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/usa>), siguiendo una metodología adaptada de Molina y Mestres (2021). El valor de la tonelada en pie se obtuvo descontando los costos de aprovechamiento, aranceles y flete (Michela & Kees, 2021). Luego, siguiendo a Cabeza de Vergara y Castellón Fuentes (2014) y Torres Rojo (2000) se utilizó la ecuación de crecimiento compuesto para despejar la tasa de interés implícita (r) en la evolución histórica de precios. despejando de la ecuación de crecimiento compuesto:

$$P_n = P_0 * (1+r)^n$$

P_n : precio del árbol en pie al final del período n ;

P_0 : precio del árbol en pie al momento 0.

La tasa de interés se obtiene despejando r :

$$r = \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

A partir de esta tasa, se proyectó el precio proyectado (P_j) considerando un crecimiento acumulativo y constante basado en la tendencia histórica. La estimación del precio para el $t=j$ se realizó con la ecuación:

$$P_{t=j} = P_0 * (1 + r)^j$$

La proyección asume un crecimiento acumulativo y constante, basado en la tendencia histórica.

3. RESULTADOS

Estructura diamétrica objetivo

En la Tabla 1 se muestran las frecuencias de los quebrachales de las tres zonas analizadas tomando como variable la densidad de ejemplares por clase diamétrica (N_i):

La Figura 4 muestra las gráficas de las N_i de cada área.

Tabla 1. Densidad de las áreas estudiadas según los puntos medios de clase (d_i).

d_i	N_i Zona 1	N_i Zona 2	N_i Zona 3
7,5	17	13	65
12,5	32	46	32
17,5	22	23	16
22,5	10	10	6
27,5	7	4	6
32,5	5	3	5
37,5	5	2	3
42,5	5	1	1
47,5	2	1	1
52,5	2	0	1
57,5	1	0	0
62,5	2	0	1

Los datos de la Tabla 1 muestran que el quebrachal asentado sobre la Zona_1 es una formación sobre madura, el propio de la Zona_2 responde a un quebrachal aprovechado hace escasos años y el representado como Zona_3 es un aprovechamiento realizado más antiguamente. Estas afirmaciones están fundamentadas en la disminución de ejemplares en las categorías diamétricas superiores y en la dinámica de la instalación de la regeneración. Basándose en lo señalado y siguiendo la propuesta de Michela *et al.* (2024), se estableció la distribución diamétrica para la región estudiada tomando como referencia la estructura de la Zona 1. En este marco se fijó un q igual a 1,3 ya que garantiza el reclutamiento y asegura el abastecimiento de la categoría de 42,5 cm elegida como el diámetro objetivo (D) para satisfacer requerimientos de la industria. El B

residual se definió en un 50% y toma solo los diámetros superiores a D. Los resultados de esta distribución se muestran en la Tabla 2:

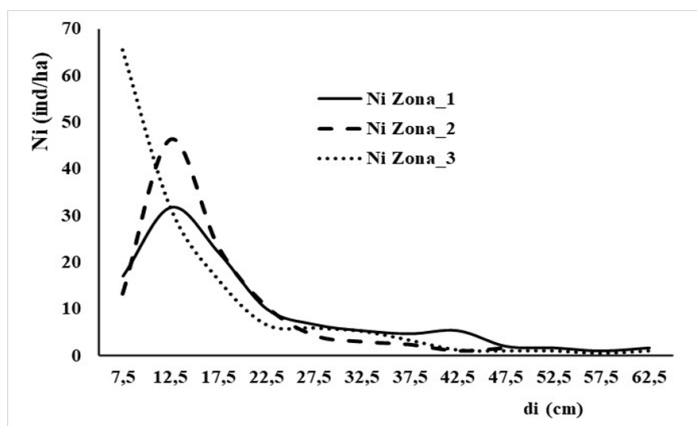


Figura 4. N_i de los quebrachales de las 3 zonas y el N_i objetivo en función de d_i .

Tabla 2. Distribución diamétrica objetivo.

d_i	N_i_{objetivo}
7,5	40
12,5	29
17,5	21
22,5	15
27,5	11
32,5	8
37,5	5
42,5	4

En la Figura 5 se muestra la distribución objetivo y las distribuciones reales de cada zona. Se observa que la estructura objetivo permite el reclutamiento y asegura el abastecimiento de madera. La comparación visualiza las diferencias entre la situación actual del bosque y la estructura deseada para un manejo sostenible.

Valoración financiera

En la Tabla 3 se presentan los precios de la madera en pie por metro cúbico (m^3) calculados para el período 2003-2021.

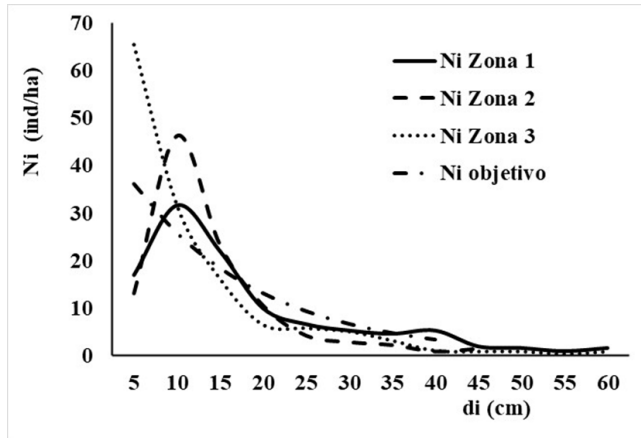


Figura 5. N_i de ambos quebrachos en función d_i .

Tabla 3. Precios de madera en pie, período 2003-2021.

Tiempo $t=j$	Año	Precio pie promedio (USD)
1	2003	8
2	2004	8
3	2005	8
4	2006	10
5	2007	10
6	2008	10
7	2009	11
8	2010	12
9	2011	18
10	2012	20
11	2013	18
12	2014	19
13	2015	18
14	2016	18
15	2017	17
16	2018	10
17	2019	9
18	2020	12
19	2021	25

En la Tabla 4 se presenta el rendimiento del quebrachal sobre maduro en pie (Zona 1) con el respectivo volumen de aprovechamiento teniendo en cuenta el D y el precio actualizado de la madera.

Tabla 4. Rendimiento en volumen y en dólares de un bosque sobre maduro por ha.

d_{izD} (cm)	V_{aj} (m ³ /ha)	P_j (USD)
42,5	6,35	498
47,5	2,81	220
52,5	3,14	246
57,5	2,46	192
62,5	4,42	346

La capacidad de aprovechamiento del bosque en su estado actual es de 1.502 USD/ha y sirve como referencia para la comparación con los bosques de las otras zonas.

En la Tabla 5, se muestra, a manera de ejemplo la capitalización anual en dólares (CAD) para un período de cinco años del quebrachal de la Zona 2 tomando solo las últimas dos clases diamétricas. Los precios en dólares están actualizados hasta el año 2021.

Tabla 5. Rendimiento en volumen y capitalización anual para un periodo de cinco años del quebrachal de la Zona_2

Año _{t=j}	$d_{32,5}$ (cm)	$V_{32,5; t}$ (m ³ /ha)	$d_{37,5}$ (cm)	$V_{37,5; t}$ (m ³ /ha)	P_j (USD)	CAD (USD/Año)
1	32,5	1,64	37,5	1,84	83	289
2	32,7	1,66	37,7	1,86	88	310
3	32,9	1,68	37,9	1,88	94	334
4	33,1	1,70	38,1	1,90	100	359
5	33,3	1,73	38,3	1,92	106	385

La capitalización acumulada al quinto año fue de 385 USD/ha y refleja el aporte económico de la madera del bosque durante el período de análisis.

En la tabla 6 se repite el procedimiento anterior para el quebrachal de la Zona 3.

Para el bosque de la Zona 3, la capitalización acumulada fue de 615 USD/ha.

Tabla 6. Rendimiento en volumen y capitalización anual para un periodo de cinco años del quebrachal de la Zona_3

Año _{t=j}	d _{32,5} (cm)	V _{32,5; t} (m ³ /ha)	d _{37,5} (cm)	V _{37,5; t} (m ³ /ha)	P _j (USD)	CAD (USD/Año)
1	32,5	2,93	37,5	2,61	83,18	461
2	32,7	2,97	37,7	2,64	88,31	495
3	32,9	3,01	37,9	2,67	93,76	533
4	33,1	3,05	38,1	2,70	99,54	573
5	33,3	3,09	38,3	2,73	105,68	615

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El estudio permitió integrar información sobre la distribución diamétrica de los quebrachales y la valoración económica de la madera en pie, utilizando una metodología basada en la capitalización de flujos futuros.

La distribución diamétrica elegida utilizando el método BDq como herramienta primaria, es una estrategia que garantiza que el aprovechamiento no vulnere el estado de latizal y en consecuencia no ralentice el ritmo de producción. Con este enfoque se logra la recuperación de bosques aprovechados conservando la estructura irregular si además se emplean insumos complementarios como el crecimiento de las especies principales (Cancino y Gadow, 2002), siendo un modelo de producción regional avalado por Gadow *et al.* (2007).

Los bosques sobre explotados tienden a recuperarse lentamente (Araujo *et al.*, 2007), sin embargo, en la zona aprovechada hace más tiempo, la regeneración ha mostrado una respuesta favorable. Esto respalda la necesidad de una planificación adecuada de la gestión forestal, haciendo que esta propuesta sea razonable y viable. Además, coincide con lo señalado por Brassiolo y Pokorny (2000) sobre la importancia de proteger los renovales durante período determinado. La evaluación productiva del bosque en la región es relativamente sencilla en función de información de base disponible de las especies principales (Yrjö Sevola, 1975; Lencinas, 1993; Gaillard de Benítez, 1994; Araujo y Lencinas, 1994; Pece *et al.*, 1997; Giménez y Ríos, 1999; Juárez de Galíndez *et al.*, 2003 y 2005; Araujo *et al.*, 2007; Maggio y Cellini, 2016).

El análisis económico y financiero realizado relaciona variables biológicas, datos oficiales y ecuaciones sencillas, constituyendo una herramienta innovadora para la región al permitir cuantificar el valor del bosque nativo de manera objetiva y reproducible. Los resultados proporcionan un indicador único de capitalización por hectárea, útil para la planificación y la toma de decisiones basadas en evidencias.

Los datos abarcan hasta el año 2021 por lo que se recomienda su actualización, de igual manera, es importante señalar que el enfoque se ha desarrollado con datos a escala

del Inventario Nacional (2015), por lo que su validación a nivel predial sería necesaria para una recomendación más precisa. Por último, considerando la magnitud del territorio analizado la presente propuesta puede servir como base para una política pública que garantice el flujo sostenible de madera.

Agradecimientos

Al Ministerio de Ambiente. 2015. Dirección Nacional de Bosques.
Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.
A Cartera de proyectos: Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria 2019 – 2023.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Carmona, E & E Drake Aranda. 2003. Análisis del riesgo en la gestión forestal e inversiones silviculturales: una revisión bibliográfica. *Bosque (Valdivia)*, 24(1), 113-124.
- Araujo P., A. Remacha Gete, J. C. Medina S R. Taboada. 2003. Los recursos maderables del Chaco Semiárido Argentino. *Bol. Inform. Técnica AITIM* 224: 50-53
- Araujo, P. & Galíndez, M. & Iturre, Marta. 2007. Crecimiento De Las Especies Principales De Un Bosque En Regeneración Del Chaco Santiagueño. *Quebracho (Santiago del Estero)*. 14. 36-46.
- Araujo, P. y Lencinas, J. 1994. Crecimiento diamétrico y ciclo de corta para quebracho colorado (*Schinopsis quebracho colorado*). 17 pp.
- Araujo, P.; Iturre, M.; Acosta, V. y Renolfi, R. 2008. Estructura del bosque de La María, EEA INTA, Santiago del Estero. *Quebracho* N° 16 (5-19).
- Arce, R. 2020. Los bosques como capital natural. *Revista Forestal del Perú*, 35(2), 106-121.
- Bordón A. O. 1988. Forrajeras naturales. Desmonte y habilitación de tierras en la Región Chaqueña semiárida. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. p. 56-84
- Brassiolo, M. 1997. Zur Bewirtschaftung degradierter Wälder im semiariden Chaco Nordargentiniens unter Berücksichtigung der traditionellen Waldweide. Tesis doctoral. Universidad Albert-Ludwigs Freiburg, Alemania. 147 p
- Brassiolo, M. M. y B. Pokorny (2000) Crecimiento de plantas jóvenes de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*). En *Quebracho*, N° 8. *Revista de Ciencias Forestales*. ISSN 0328-0543. P. 64-69.
- Brassiolo, M. 2001. Diagnóstico socioeconómico y de uso del suelo en la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Copo. Área Protegida Copo. APN/GEF/BIRF
- Cabeza de Vergara, L y J. Castillo Fuentes. 2014. *Matemáticas financieras*. Editorial

- Universidad del Norte. Barranquilla (Colombia). ISBN 978-985-304-5.
- Cancino, J. 2012. Dendrometría básica. Editorial Universidad de Concepción. ISBN 9568029672. 171 pp.
- Cancino, J. y Gadow, K. 2002. Stem number guide curves for uneven-aged forests - development and limitations. In: Gadow, K. v., Nagel, J. u. Saborowski, J., 2001: Continuous Cover Forestry - Assessment, Analysis, Scenarios. Kluwer: 163-174.
- Carnevale, J. (1955). Árboles forestales. Descripción, cultivo, utilización. 689 p.
- Cruz Johnson, P, P. Honeyman Lucchini & C. Caballero Tapia. 2005. Propuesta metodológica de ordenación forestal, aplicación a bosques de lenga en la XI Región. Bosque (Valdivia), 26(2), 57-70.
- Cuadra, D. 2012. Problemática forestal en la provincia del Chaco, Argentina, Un análisis de la geografía. Revista Geográfica Digital. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 9. N° 18. Julio - diciembre. ISSN 1668-5180.
- Dieringer E. E. 2003. Estudio de la regeneración natural de *Schinopsis balansae* Engler, quebracho colorado chaqueño. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Dirección de Bosques de la provincia del Chaco. Estadísticas. <https://direcciondebosques.blogspot.com/p/estadisticas.html>
- Donoso, H., Promis Baeza, Á., & Soto, D. P. 2018. Silvicultura en bosques nativos. Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. The Chile Initiative, OSU College of Forestry.
- Gadow, K., Sánchez, O., & Álvarez, G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen.
- Gaillard de Benítez, C. 1994. Volumen comercial de árboles en dependencia del diámetro y la altura total en cuatro especies del Parque Chaqueño Seco. Quebracho 2: 71-74 (Segunda parte). Universidad Nacional de Santiago del Estero. 19 pp.
- Galarza J. B. 1915. Contribución al estudio del quebracho colorado. Instituto de Botánica y Farmacología, Facultad de Ciencias Médicas de Buenos Aires 32: 25-69.
- de Galíndez, M. J., Giménez, A. M., Pece, M., & Ríos, N. (2003). Comparación de la aplicación de dos modelos de efectos fijos y errores independientes en el crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer. Foresta Veracruzana, 5(1), 15-22.
- García Cuevas, X y Hernández Ramos, J. 2013. Método alternativo para regular la estructura de selvas tropicales. II Simposio internacional en producción agroalimentaria tropical y XXV Reunión Científica – Tecnológica forestal y Agropecuaria. Tabasco, México. 418-423.

- Giménez, A. M. y Ríos N. 1999. Crecimiento de *Schinopsis quebracho colorado* (Schlecht.) Barkl. Et Meyer, Anacardiácea. Madera y Bosques 5 (2), 1999:35-5.
- Giménez, A. M.; Hernández, P.; Gerez, R. y Ríos, N. (2007). Diversidad vegetal en siete unidades demostrativas del Chaco semiárido argentino. Madera y bosques, 13(1), 61-78. <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1311236>
- González Molina, J. 2000. modelos de transformación de masa regular a irregular. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 9 (2).
- Hjortsø, C. N., Jacobsen, J. B., Kamelarczyk, K. B. F., & Moraes, M. 2006. Economía forestal en Bolivia. Botánica Económica de los Andes Centrales, 533-557.
- Izko, X., & Burne, D. 2003. Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos. Oficina Regional para América del Sur de la UICN.
- Juárez de Galíndez, M., Giménez, A. M., Pece, M., & Ríos, N. 2003. Comparación de la aplicación de dos modelos de efectos fijos y errores independientes en el crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer . Foresta Veracruzana, 5(1), 15-22.
- Juárez de Galíndez, M., Giménez, A., Ríos, N., & Balzarini, M. (2005). Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb empleando dos modelos biológicos. Quebracho, 12, 34-42
- Lencinas, J. 1993. Análisis espirométricos de árboles dominantes de quebracho colorado y estudio de la estructura del rodal en el Chaco Seco. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Trabajo final de graduación. 97 pp.
- Maggio, A y Cellini, J. 2016. Recopilación de ecuaciones de volumen y biomasa de especies forestales de la República Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación. 219 pp.
- Mariot, V. 2000. Uso múltiple de áreas forestales como factor de desarrollo (protección, producción, Uso social, fijación de carbono, sistemas agroforestales etc.). Conferencia realizada en la Universidad Nacional de Tucumán en el marco de la reunión anual de Ciencia y Técnica de la Universidades del NOA.
- Mendoza-Briseño, M. A.; Navarro-Martínez, A.; Negreros-Castillo, P. & Uu-Chi, R. (2021). Planeación del manejo forestal con fines patrimoniales. Madera y bosques, 27(1), e2712129. Epub 06 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712129>
- Michela, J. F. y Juárez, M. (2016). Caracterización de un bosque del centro oeste de la provincia de Chaco, Argentina. Foresta Veracruzana, 18(1), 33-44.
- Michela, J. F. y Kees, S. M. 2021. Una aproximación a los costos de aprovechamiento forestal en el centro oeste de la provincia del Chaco, Argentina. Actas y

Disertaciones de Trabajos Voluntarios - XXXV Jornadas Forestales de Entre Ríos
- ISSN 2796 7530 – pp 101 -106

- Michela, J; Cassino, W.; Merletti, G. y De Bedia G. 2024. Aplicación de variables complementarias a la gestión sostenible de quebrachales en Santiago del Estero, República Argentina. *Revista Multequina* 33: 1-33.
- Ministério de Ambiente. 2015. Dirección Nacional de Bosques. Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.
- Molina, N. A., & Mestres, L. M. (2021). Variaciones de tendencia, ciclos y volatilidad del precio de la madera en pie de eucalipto y pino en Entre Ríos para el período 2001-2020. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 27(2), 35-47.
- Morello, J. & J. Adamoli. (1974). Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino: Vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica N°13. INTA, Buenos Aires, 130 pp.
- Pece, M. G.; C. Gaillard y N. Ríos. 1997. Tabla de volumen para quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*) utilizando el método de mínimos cuadrados ponderados. *Quebracho* 3:41-50.
- Prado, D. E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America?. I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48:145-172.
- Ragonese A. E. & G. Covas. 1940. La distribución geográfica de los quebrachales en la provincia de Santa Fe. *Revista Argent. Agron.* 7: 176-184
- Ragonese A. E. & V. A. Milano. 1984. Vegetales y sustancias tóxicas de la flora argentina. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. ACME, Buenos Aires.
- Romo-Lozano, J. L., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J., & Ávila Angulo, M. L. 2017. Estimación del valor financiero de las existencias maderables de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en México. *Madera y bosques*, 23(1), 111-120.
- Torres Rojo, J. 2000. Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el Método Mexicano de Ordenación de Montes. *Madera y Bosques* 6(2), 2000: 57-72.
- Valentini J. A. 1960. La reforestación con quebracho colorado y algunas normas silvícolas relacionadas con su aprovechamiento racional. *Bonplandia* 1: 51-69.
- Yrjö Sevola. 1975. NOA II. Inventario y desarrollo forestal del noroeste argentino. Convenio Gobierno Argentino/Programa NN. UU. Para el desarrollo. FO: DP/ARG/70/536. Documento de Trabajo N° 20.