



Aplicación de variables complementarias a la gestión sostenible de quebrachales en Santiago del Estero, República Argentina

Application of complementary variables to the sustainable management of quebrachales in Santiago del Estero, Argentina

JULIO MICHELA¹, WALTER CASSINO²,
GUILLERMO MERLETTI¹ & GONZALO DE BEDIA¹

¹INTA-EEA Santiago del Estero. Jujuy 850 (4200) Capital. Santiago del Estero, Argentina.

²Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avenida Belgrano (S) 1912. (4200) Capital. Santiago del Estero. Argentina.
michela.julio@inta.gob.ar

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18527329/ibgzhylav>

RESUMEN

Este artículo aborda el manejo sostenible de bosques propios del Chaco seco de Santiago del Estero, Argentina cuyas especies principales son *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho-blanco*. Se aplica la metodología tradicional de gestión de bosques irregulares, a la cual se añaden variables secundarias tales como el incremento periódico anual y la edad relativa de las especies, conjugando fundamentos teóricos con información regional específica que aplica a un ajuste en los tiempos de tránsito, el ciclo de corta y la posibilidad en dos estudios de casos. Tanto los métodos planteados como el uso de las herramientas complementarias pueden mejorar el manejo del monte nativo, no obstante, es aconsejable la aplicación a escala real para posteriores ajustes.

ABSTRACT

The article addresses the sustainable management of Dry Chaco forests in Santiago del Estero, Argentina, whose main species are *Schinopsis lorentzii* and *Aspidosperma quebracho-blanco*. The traditional methodology for managing irregular forests is applied incorporating secondary variables such as periodic annual increment and the relative age of the species. This approach combines theoretical foundations with specific regional information, allowing for adjustments in transit times, cutting cycles and in two cases studies. Both the proposed methods and the use of complementary tools can improve the management of native forests. However, it is advisable to apply them on a real scale for subsequent adjustments.

Palabras clave: manejo de bosque, turno de corta, tiempo de tránsito

Key words: forest management, cutting cycles, transit time



INTRODUCCIÓN

Los bosques nativos de Santiago del Estero se caracterizan por la presencia emblemática como *Schinopsis lorentzii* Engl., “quebracho colorado” y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl., “quebracho blanco”.

Abt et al. (2016) hacen una semblanza de los bosques nativos de Santiago del Estero y de sus especies principales, *Schinopsis quebracho colorado* y *Aspidosperma quebracho-blanco* y según Giménez & Ríos (1999) la primera de las especies citadas es la predominante en la región Chaqueña Seca. De acuerdo con Brassiolo & Grulke (2015), la estructura irregular es la característica de estos bosques con una distribución de clases diamétricas propias de una forma de “J” invertida. Grulke (1994) asocia al manejo de este tipo de masas el modelo Plenter, cuyo fundamento es mantener todas las edades o clases diamétricas en la misma unidad de producción el cual explican O’Hara et al. (2007). La formulación de los planes de manejo forestal sostenible se fundamenta en la optimización de la producción buscando la satisfacción de demandas de la industria (Araujo, 2003). Centrarse en pocas especies simplifica la planificación, el manejo y la supervisión. Según Berrill & O’Hara (2014) las estimaciones de la productividad de los sitios forestales es clave para la planificación forestal.

Cancino & Gadow (2002) abordan el estudio de los bosques irregulares utilizando una distribución exponencial negativa de clases diamétricas, aceptan que es un modelo clásico, aunque no bien fundamentado por la evidencia empírica. Según Araujo et al. (2008) desde el punto de vista técnico la gestión forestal requiere información sobre la estructura,

crecimiento, producción y regeneración natural, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún tienen un valor económico desconocido. Para Cancino & Gadow (2002), la aplicación del método de la curva guía para la gestión de ecosistemas forestales puede recomendarse sólo para situaciones en las que faltan las herramientas analíticas necesarias para generar y evaluar alternativas de tratamiento y resaltan la necesidad de modelos de crecimiento. El presente artículo tiene el objetivo de adaptar los fundamentos teóricos del manejo de monte nativo en bosques irregulares, más conocimientos específicos regionales, a dos escenarios de quebrachales en Santiago del Estero, Argentina.

MATERIAL Y MÉTODO

Se estudiaron dos sitios ubicados al norte: departamento Copo, Parque provincial Copo y al oeste: departamento Silipica, Campo Experimental Francisco Cantos, de Sgo. del Estero. En el primer sitio la muestra provino de un diseño de muestreo en conglomerados compuesto por 3 parcelas circulares de 1000 metros cuadrados siguiendo el protocolo del Segundo inventario nacional de bosque nativo (Ministerio de Ambiente, 2015). En el campo experimental Francisco Cantos dependiente de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero EEA INTA se emplearon como unidades muestrales fajas rectangulares que incluyeron subfajas para la segmentación del relevamiento de las variables. Este inventario se realizó en el marco de un proyecto de investigación del organismo mencionado propio de la cartera 2019-2023. Los departamentos provinciales se visualizan en la Figura 1.

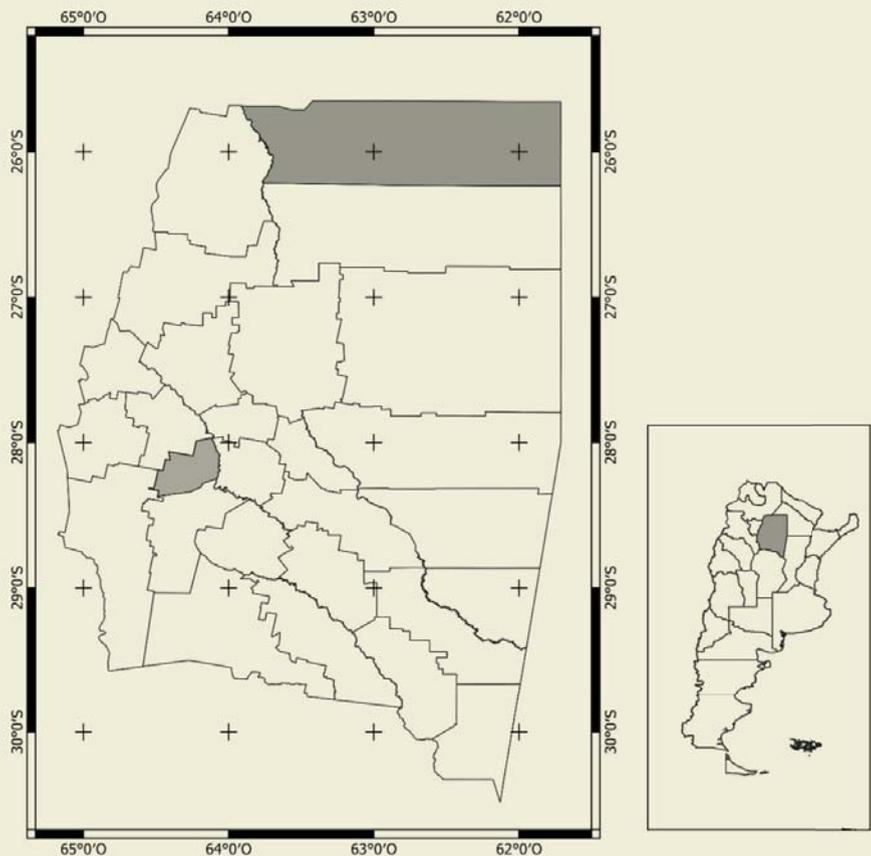


Figura 1. Ubicación de los casos de estudios
 Figure 1. Location of study cases

Las variables relevadas fueron: especie, diámetro de cada ejemplar a altura de pecho (DAP) (1,3 m), longitud de fuste (m), altura total (ht) y regeneración consolidada. Se agruparon los datos en clases diamétricas. Los datos agrupados permitieron los cálculos necesarios para la definición de los lineamientos del plan de manejo. Se calculó el área basal por cada clase empleando la siguiente ecuación (Cancino, 2012):

$$g_i = \pi \cdot d_i^2 / 4 \cdot 40.000$$

donde:

g_i : sección normal de un árbol (m²) de DAP d_i (cm)

d_i : marca de clase de la i-ésima de DAP (cm)

Luego se incluyeron otras variables tales como: el volumen (total, de fuste, comercial, con corteza) mediante ecuaciones (Maggio & Cellini, 2016; Lencinas, 1993; Gaillard de Benítez, 1994; Pece et

al., 1997; Giménez & Ríos, 1999; Juárez de Galíndez et al., 2003, 2006; Araujo et al., 2007). De no conseguir ecuaciones específicas se optaría por fórmulas epidemiológicas generales.

Se aplicó el método BDq (Gorgos Varela, 2022), de amplio empleo en EEUU para la gestión de masas irregulares (Cancino & Gadow, 2002; García Cuevas et al., 2013; Navall, et al., 2013; Ogana et al., 2021). Consiste en perfilar el aprovechamiento de la masa boscosa en la definición de un área basal residual (B), en la definición de un diámetro 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. Se siguen los conceptos teóricos tomados de Cancino & Gadow (2002), así, la distribución del DAP de un rodal de edades desiguales se puede representar mediante la ecuación:

$$N_i = K_o \cdot e^{-d_i \cdot k_i}$$

N_i : número de ejemplares en la clase diamétrica i ;

K_o : es el numero inicial teórico de ejemplares de la clase más pequeña;

d_i : punto medio de la clase de diámetro;

k_i : es la tasa de cambio, explica la rapidez con la que disminuye el número de ejemplares a medida que aumenta el diámetro en clases sucesivas.

El cociente q entre clases sucesivas de DAP se calcula como:

$$q = N_{i+1} / N_i$$

q es dependiente de la amplitud de la clase diamétrica y dado un valor específico de q , teniendo en cuenta que:

$$N_{i+1} = q \cdot N_i$$

Se puede calcular el número de árboles en cada clase diamétrica siendo N_1 el número de árboles en la primera clase, es decir de la clase diamétrica correspondiente a los árboles más grandes:

$$N_i = q^{i-1} \cdot N_1$$

Es decir, toda la distribución diamétrica depende de q y N_1

El área basal residual en m^2/ha será:

$$B = k_2 \cdot \sum_{i=1}^c N_i \cdot d_i^2$$

Siendo k_2 igual a:

$$k_2 = \pi / 40000$$

Luego:

$$k_3 = k_2 \cdot \sum_{i=1}^c q_{i-1} \cdot d_i^2$$

Siendo k_3 el parámetro clave para calcular N_1 y a continuación toda la distribución diamétrica para un determinado valor de q . Se asume que N_1 corresponde a la clase diamétrica mayor es igual a 1 definiendo así una estructura unitaria atendiendo a la propuesta de Guldin (1991; según García Cuevas et al., 2013). Finalmente, relacionando por producto k_3 con el área basal meta y k_2 expandimos la distribución a un ideal por hectárea. Una aplicación práctica se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Mención de variables necesarias para el cálculo de la distribución ideal. Nideal
Table 1. Mention of variables required for the calculation of the ideal distribution. Nideal

N_{dc}	d_i	N_r	K_3	N_{ideal}
N_{dc} : número de clase; d_i : punto medio de clase; N_r : número real de pies por clase; K_3 : parámetro de expansión y N_{ideal} : número ideal de pies resultante del cálculo				

Es innegable la aplicabilidad del método propuesto por García Cuevas, et al., (2013); sin embargo, Cancino & Gadow (2002) lo interpretan como una simplificación y aconsejan la consideración de otras variables, por ello se amplía la metodología incorporando el crecimiento anual en diámetro de las principales especies a los fines del cálculo del tiempo de tránsito entre una clase y otra y en función de ello la regulación de los ciclos de corta y la nueva estructura, consecuencia de la dinámica del bosque.

Se considera el incremento diamétrico de las especies principales o bien de las especies a las que orientara el manejo. Se aborda mediante ecuaciones derivadas de análisis de regresión, que modelan el incremento diamétrico de los árboles. Están basadas en datos recopilados durante periodos de tiempo determinados o mediante análisis epidométricos y son herramientas necesarias para tomar decisiones en el manejo forestal. Según Araujo & Lencinas (1994), la suma de los incrementos anuales corresponde al DAP. El incremento periódico anual (IPA) se puede calcular relacionando por cociente la diferencia entre el diámetro mayor (D_{mayor}) y el diámetro (D_{menor}) entre el número de años transcurridos entre ambas mediciones (t). En este caso en particular, los incrementos se calculan mediante una ecuación que describe cómo cambia el diámetro con el tiempo, que no necesariamente, será constante. Logrado así el incremento, se aplica la siguiente fórmula:

$$PA = (D_{\text{mayor}} - D_{\text{menor}}) / t$$

El tiempo de tránsito, tiempo medio necesario para que todos los individuos que se encuentran en una clase diamétrica pasen a la siguiente clase (Araujo

& Lencinas, 1994), se obtiene relacionando mediante ecuación de regresión los pares de valores (DAP, IPA), así se estiman los incrementos diamétricos. La edad relativa al primer diámetro (1 cm) se calcula dividiendo dicho valor por el IPA, estimándose que en 3 años aproximadamente, se alcanza el diámetro a la altura de 1,3 m (DAP). aunque esta edad relativa no se corresponde con la edad real del individuo ya que según Lencinas (1993) los individuos estudiados en esta situación particular necesitan 15 años para alcanzar la altura de 1,3 m a partir de la cual se efectúan las mediciones de DAP, aconsejándose emplear esta última estimación.

El tiempo de tránsito se calcula efectuando la diferencia entre las edades de los DAPs correspondientes a los límites inferiores de 2 clases consecutivas.

$$\text{Tiempo de tránsito} = \text{EDICS} - \text{EDICI}$$

Donde EDICS representa a la edad del DAP inferior de la clase superior y EDICI representa a la edad del DAP inferior de la clase inferior.

Por su parte, el ciclo de corta tendrá una duración en años igual al tiempo de tránsito anterior al de la clase de cortabilidad (Araujo & Lencinas, 1994) directamente vinculado al producto al cual está orientado el manejo. Obviamente, si no hay árboles disponibles dentro de una clase diamétrica en el tiempo esperado, el silvicultor ajustará la planificación incluyendo el ciclo de corta.

Finalmente, se aborda la posibilidad de corta la cual surge de la diferencia entre la estructura actual del bosque y la estructura que se pretende alcanzar teniendo cuenta parámetros como la conservación de la estructura, un diámetro de corta de referencia y el crecimiento de

la o las especies principales en las cuales se concentra el plan de manejo (García Cuevas et al., 2013) y siguiendo la metodología mostrada por los mismos autores, se adoptan una serie de fórmulas que permiten el cálculo de la posibilidad total, primero considerando el número de plantas (PN_t) para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$PN_t = \sum_{k=i}^n PCDN_k$$

Donde $PCDN_k$ será la posibilidad en número de pies de cada clase diamétrica. Luego, la posibilidad considerada en área basal total (PAB_t) teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$PAB_t = \sum_{k=i}^n PCDAB_k$$

En la cual $PCDAB_k$ es la posibilidad de cada clase diamétrica en área basal. Por último, la posibilidad total en volumen (PV_t) la cual se calcula según:

$$PV_t = \sum_{k=i}^n PCDV_k$$

$PCDV_k$ será el volumen de cada clase diamétrica.

RESULTADOS

Se aplicaron los conceptos teóricos desarrollados en dos escenarios de características diferentes y se examina como se traducen las teorías en prácticas efectivas de manejo forestal considerando las particularidades de cada rodal.

Parque provincial Copo

Al momento del relevamiento no se observaron signos que indiquen explotación forestal más allá de la intervención relacionada con la recolección de leña y el impacto provocado por la ganadería menor y mayor. En la Tabla 2 se obser-

van los valores correspondientes a la distribución real.

Tabla 2. Variables primarias y calculadas del rodal

Table 2. Primary and calculated variables from the stand

d_i	N_i	AB_i
7,5	23	0,10
12,5	69	0,84
17,5	47	1,12
22,5	26	1,03
27,5	22	1,31
32,5	15	1,22
37,5	15	1,62
42,5	11	1,61
47,5	6	1,06
52,5	3	0,72
57,5	5	1,38
Totales	242	12,02

Realizado un primer análisis se observa que la frecuencia real muestra una distribución plana indicando una alta ocupación del espacio por árboles de clases diamétricas superiores, explicado por el valor del coeficiente q . En este caso, analizando por clase, se observa un déficit de regeneración consolidada y recién a partir del estado de latizal la cantidad de árboles es suficiente para una instancia de regularización que implica una compensación entre categorías. El bosque manejado es factible lograrlo incrementando el valor de q , otra opción es modificando el área basal meta y una tercera implica la aplicación de ambas acciones. En primera instancia se definió un valor de q mediante prueba y error que garantizo la presencia de ejemplares en todas las clases y un área basal residual igual al 50 % de la relevada. La reducción es explicada

por la extracción de los ejemplares sobre maduros (3 m²/ha) y el resto por la intervención en las categorías intermedias. Si bien se evidencia una escasez de pies en la categoría menor, en este sentido se espera que esta deficiencia sea subsanada por la apertura de la masa. En la Tabla 3 se adjuntan a los datos anteriores las variables compensadas (N_c: número de ejemplares compensados y AB_c: área basal compensada) (Tabla 3).

Luego, se abordó el objetivo del manejo en el sentido de la definición del producto. Dada la oferta, es razonable la orientación del manejo hacia el aserrío, e incluso no es imprescindible el logro de una estructura definitiva en la primera cosecha, resultando viable la apertura parcial de la masa arbórea regulando la ocupación del sitio y reservando ejemplares en diámetro de corta para el mejoramiento de la posibilidad del turno inmediato siguiente. El

exceso de ejemplares de diámetros grandes aplica de manera directamente proporcional al área basal, el abatimiento de estos pies provoca una disminución en el residuo de la variable, aunque no provoca modificación alguna sobre la distribución planificada e incluso incrementa la posibilidad del turno siguiente. En la Tabla 4 se observan las estructuras de partida y deseada, incluyendo el volumen inicial (V_i) en metros cúbicos, el volumen re-

Tabla 3. Variables primarias, calculada y compensadas

Table 3. Primary, calculated and compensated variables of the stand

d _i	N _i	AB _i	N _c	AB _c
7,5	23	0,10	61	0,27
12,5	69	0,84	43	0,53
17,5	47	1,12	31	0,74
22,5	26	1,03	22	0,88
27,5	22	1,31	16	0,94
32,5	15	1,22	11	0,94
37,5	15	1,62	8	0,89
42,5	11	1,61	6	0,82
47,5	6	1,06	0	0,00
52,5	3	0,72	0	0,00
57,5	5	1,38	0	0,00
Totales	242	12,02	198	6,00

Tabla 4. Estructura de partida y deseada, volumen residual y posibilidad de corta

Table 4. Initial and desired structure, residual volume and cut possibility

di	Ni	ABi	Vi	Nc	ABc	Vr	Pc
7,5	23	0,10	0,03	61	0,27	0,08	-0,05
12,5	69	0,84	0,75	43	0,53	0,47	0,28
17,5	47	1,12	1,59	31	0,74	1,05	0,53
22,5	26	1,03	1,65	22	0,88	1,40	0,25
27,5	22	1,31	2,68	16	0,94	1,92	0,76
32,5	15	1,22	5,33	11	0,94	4,10	1,23
37,5	15	1,62	8,25	8	0,89	4,53	3,72
42,5	11	1,61	10,45	6	0,82	5,31	5,15
47,5	6	1,06	9,72	0	0,00	0,00	9,72
52,5	3	0,72	6,97	0	0,00	0,00	6,97
57,5	5	1,38	18,86	0	0,00	0,00	18,86
Totales	242	12,02	66,00	198	6,00	19,00	47,00

sidual (V_r) en m^3 y la posibilidad de corta (P_c) en m^3 .

Si bien las estimaciones alcanzan hasta el punto medio de clase de 32,5 cm se adoptan los valores a los efectos del cálculo, teniendo en cuenta que las publicaciones coinciden en los valores,

Tabla 5. Tiempos de tránsito por clases diamétricas
Table 5. Transit time by diametric classes

di	T'Tdi
7,5	14
12,5	12
17,5	13
22,5	12
27,5	14
32,5	17
37,7	25
42,5	28

especialmente para la clase diamétrica mencionada lo que permite una previsión a 25 años (Tabla 5).

Al momento de la definición de la estructura del rodal analizado sumado

al objetivo del manejo se definió el diámetro de corta en 40 cm. Teniendo en cuenta esta consideración harían falta 25 años para el alcance de una nueva posibilidad de corta, siendo este lapso, el turno respectivo. Si la intención es el sostenimiento del mismo tipo de producto lo aconsejable es la división del cuartel de aprovechamiento en 25 tranzones de

Tabla 6. Estructura al ciclo de corta siguiente
Table 6. Structure at the following cut cycle

di	T'Tdi	Nc	Nturno=25 años
7,5	14	61	108
12,5	12	43	90
17,5	13	31	60
22,5	12	22	46
27,5	14	16	28
32,5	17	11	17
37,7	25	8	11

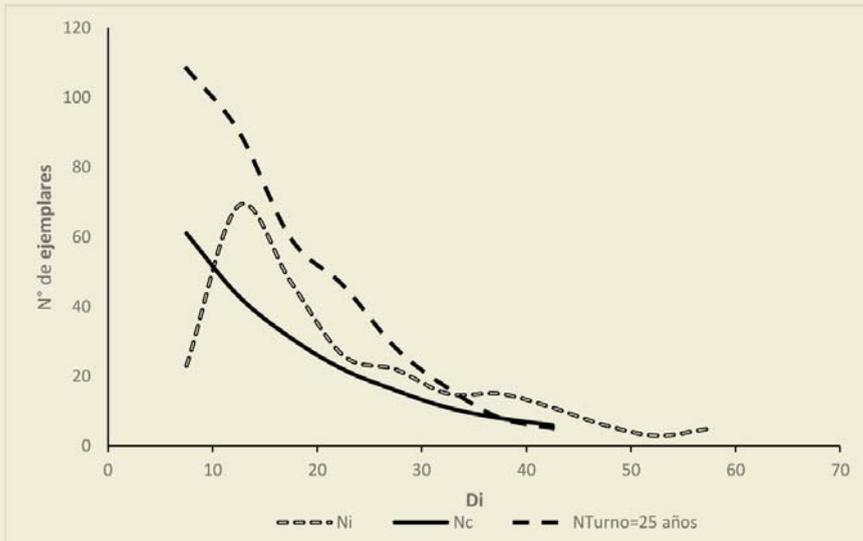


Figura 2. Transformación en la estructura del rodal
Figure 2. Stand structure transformation

corta anual en el sentido de la planificación planteada por Araujo & Lencinas (1994) (Tabla 6). La Figura 2 muestra la variación de la estructura del monte con el tiempo.

Los datos de la Tabla 6 contribuyen a la determinación de la posibilidad actual (P) y a la definición de una planificación de un horizonte de flujo de madera (P). Apelando a los cálculos realizados se estiman las variables productivas para el momento actual y el próximo ciclo (Tabla 7), explicándose la diferencia en las

Tabla 7. Variables productivas: momento actual versus turno futuro

Table 7. Productive variables: current moment vs. future turn

di	Turno (años)	AB	P
37,5	25	3	27,51
37,5	0	5	40,69

citadas variables por la extracción de los pies sobre maduros en la intervención al momento 0.

Campo Experimental Francisco Cantos

Se aborda el análisis de un bosque identificado como “en regeneración” por Araujo et. al. (2008). Se relevaron además los ejemplares de diámetros inferiores a 5 cm a los cuales fue factible la medición del DAP. Este bosque presenta dos rasgos diferentes al anterior, fue oportunamente intervenido y se desconocen las pautas de manejo aplicado y luego, por su ubicación geográfica, se presume que su potencial es inferior. En la Tabla 8 se reflejan valores de variables por punto medio de clase y totales en el caso de número de ejemplares y área basal, en el caso del coeficiente q, en la última fila se determina la media aritmética.

Tabla 8. Variables relevadas y calculadas
Table 8. Surveyed and calculated variables

di	Ni	ABi	q
2,5	320	0,16	4,60
7,5	70	0,31	1,70
12,5	40	0,49	1,00
17,5	41	0,99	1,90
22,5	22	0,86	1,20
27,5	18	1,05	1,40
32,5	13	1,08	1,40
37,5	9	0,99	1,40
42,5	7	0,92	2,40
47,5	3	0,49	3,10
52,5	1	0,19	1,00
57,5	1	0,23	1,40
62,5	1	0,19	0,00
	543	7,95	1,90

Teniendo en cuenta esas consideraciones el manejo amerita un enfoque diferente.

Cuando se calculó el coeficiente q y se analizó por categoría, se lo observó elevado en las categorías diamétricas inferiores, valores intermedios en el latizal, adecuada expresión en el fustal para finalmente extenderse y aplanarse indicando escasos ejemplares sobre maduros en cada una de las 4 últimas calidades. Un valor de q promedio, si bien simplifica la planificación del manejo, no necesariamente capta completamente las variaciones en las clases de diámetro, especialmente en el estudio de este caso; a los efectos de la regulación de la estructura se plantea la definición de un valor q que garantice presencia de ejemplares por los menos en el fustal alto; es decir, partiendo de los 25 cm de DAP, acción que permitirá un horizonte de planificación. En este marco, se tomaron decisiones para

la gestión final del manejo: el producto fue madera para aserrío proveniente de árboles con DAP superiores a 35 cm, esta disposición dio un área basal de referencia, se definió un valor de q igual a 1,4 y esta acción brindó una aproximación a la situación deseada en cuanto a presencia de ejemplares en el fustal futuro. A los efectos de una garantía en el resultado se ajustó el área basal en un valor levemente inferior y por último se compensó el número de ejemplares en las diferentes clases diamétricas, conservando en las tres primeras, los valores reales y definiendo los valores de las 4 últimas atendiendo al

Tabla 9. Estructura compensada, volumen residual y posibilidad de corta

Table 9. Compensated structure, residual volume and cut possibility

di	Nc	ABi	Vr	Pc
2,5	320	0,16	0,40	0,00
7,5	70	0,31	0,76	0,00
12,5	40	0,49	1,36	0,00
17,5	32	0,99	2,61	0,00
22,5	23	0,86	2,65	0,00
27,5	16	1,05	6,40	0,00
32,5	12	1,08	7,32	0,00
37,5	0	0,00	0,00	8,30
42,5	0	0,00	0,00	10,53
47,5	0	0,00	0,00	5,75
52,5	0	0,00	0,00	3,09

valor de q seleccionado. Basados en estos criterios, la estructura meta más la posibilidad del rodal se refleja en la Tabla 9.

Considerando la situación del rodal regularizado, se examina su perspectiva después de un ciclo de corta. Esta comparación entre ambos escenarios proporciona una visión de la dinámica

Tabla 10. Estructura del rodal estimada para el turno siguiente

Table 10. Estimated structure of the stand by the following turn

di	TTdi	Nc	Nturno= 17 años
7,5	14	320	388
12,5	12	70	99
17,5	13	40	52
22,5	12	32	46
27,5	14	23	28
32,5	17	16	16
37,5	25	16	16

del rodal en un manejo de bosque con estructura irregular y sus implicaciones a futuro (Tabla 10).

En la Figura 3 se representa una perspectiva cronológica de la estructura del bosque atendiendo a los datos de las tablas precedentes.

En la Tabla 11, se estiman las variables de producción, tanto para el presente como para el próximo ciclo de corta.

Tabla 11. Variables productivas: momento actual versus turno futuro

Table 11. Productive variables: current moment vs. future turn

di	Turnos (años)	AB	P
32,5	17	3,19	21,13
42,5	0	3,01	32,97

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El forestal se enfoca en el rodal como la unidad básica de manejo a riesgo de caer en un error pues las escalas de aprovechamiento suelen ser sustancialmente mayores (Schütz, 2002). En ambos estudios de caso presentados se incluyen las

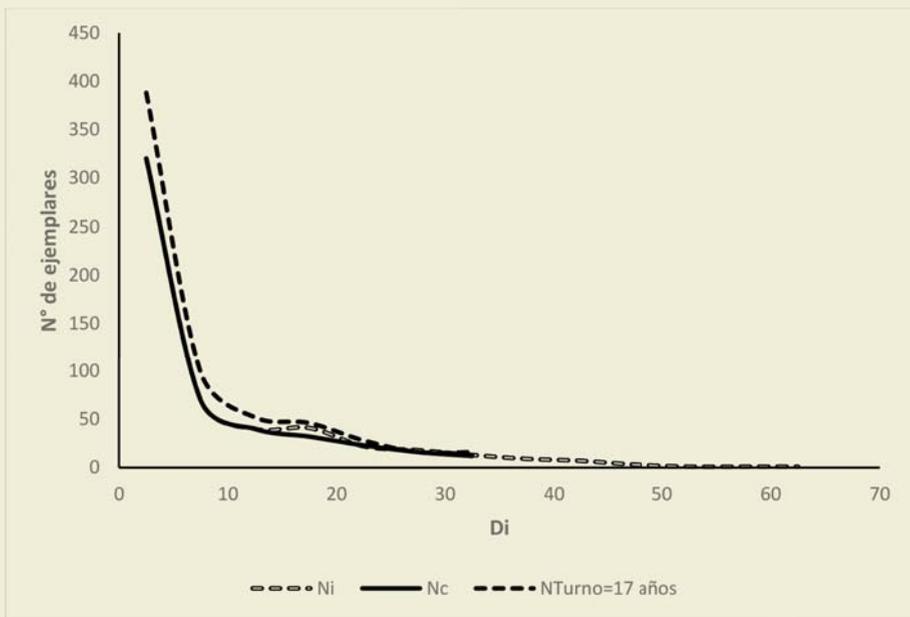


Figura 3. Evolución temporal de la estructura del rodal
 Figure 3. Temporal evolution of the stand structure

sugerencias realizadas por Cancino & Gadow (2002), intentando un mejor aporte al método BDq incorporando información adicional tal como el crecimiento de las especies principales y los cambios en la estructura del rodal en cada ciclo de corta. No obstante, si bien la aplicación de estos principios parece prometedora, es conveniente la aceptación que la implementación no puede ser uniforme en todas las situaciones. Las características únicas de los bosques nativos irregulares requieren adaptaciones para cada caso, lo que subraya la necesidad de un enfoque flexible y personalizado. Berrill & O' Hara (2013) expresan que la estimación de la productividad del sitio en estructuras irregulares se complica por las variaciones en densidad, estructura y composición del rodal más la supresión controlada de los árboles subordinados o en exceso. Por otra parte, O' Hara et al.

(2007) explican que análisis de alcances prolongados de manejo de masas multi edad proporcionan implicaciones para la sostenibilidad. Schütz (1997) y Zingg et al. (1999), analizaron datos a largo plazo de parcelas Plenter evaluando criterios para la sostenibilidad como la estructura del rodal, el crecimiento y la regeneración forestal. Sugieren que, a pesar de las variaciones observadas, especialmente en bosques en regeneración, la abundancia de renovales respalda la aplicación del método Plenter. Navall et al. (2013) proponen y aplican una variante del método BDq en el mismo monte del segundo estudio de caso y sus conclusiones predicen resultados alentadores. Simón (2003) concuerda en la aplicación general de la metodología, si bien más simplificada, y evidencia diferencias en la estimación de variables y coeficientes. Finalizando, pese a que la información

existente es óptima y suficiente para la planificación del manejo en los quebrachales santiagueños, es necesaria la aplicación de estos conocimientos a ensayos en escala real para su posterior ajuste, incluso aceptando que, si bien se dispone de la metodología, esta, está sujeta a variantes impidiendo el alcance de una solución universal.

AGRADECIMIENTO

Al Ministerio de Ambiente. 2015. Dirección Nacional de Bosques. Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. Cartera de proyectos INTA 2019 – 2023.

BIBLIOGRAFÍA

- ABT, M., M. BASUALDO, M. CARIGNANO & G. CARIGNANO, 2016. Acciones interinstitucionales para el desarrollo foresto industrial de la cuenca forestal Monte Quemado en Santiago del Estero. Argentina. XXX Jornadas forestales de Entre Ríos. Argentina. 5pp.
- ARAUJO, P. & J. LENCINAS, 1994. Crecimiento diamétrico y ciclo de corta para quebracho-colorado *Schinopsis quebracho-colorado*. Anuario INSIMA 1994: 1-16.
- ARAUJO, P., 2003. Bases para la gestión sostenible de bosques en regeneración del Chaco Semiárido (Santiago del Estero – Argentina). Quebracho - Revista de Ciencias Forestales 10: 87-88.
- ARAUJO, P., M. JUAREZ DE GALINDEZ & M. ITURRE, 2007. Crecimiento de las especies principales de un bosque en regeneración del Chaco Santiagueño. Quebracho - Revista de Ciencias Forestales 14: 36-46
- ARAUJO, P., M. ITURRE, V. ACOSTA & R. RENOLFI, 2008. Estructura del bosque de La María, EEA INTA, Santiago del Estero. Quebracho 16: 5-19.
- BRASSIOLO, M. & M. GRULKE, 2015. Manejo de bosques nativos de la Región Chaqueña. 1ª ed. – Reconquista: REDAF. E-Book. ISBN 978-29208-1-4. 97 pp.
- BERRILL, J. & K. O' HARA, 2014. Estimating site productivity in irregular stand structures by indexing basal area or volume increment of the dominant species. Can. J. For. Res. 44: 92–100.
- CANCINO, J. & K. GADOW, 2002: Stem number guide curves for uneven-aged forests - development and limitations. In: Gadow, K. v., Nagel, J. u. Saborowski, J. (eds.): Continuous Cover Forestry - Assessment, Analysis, Scenarios. Kluwer: 163-174.
- CANCINO, J., 2012. Dendrometría básica. Editorial Universidad de Concepción. ISBN 9568029672. 171 pp.
- GAILLARD DE BENITEZ, C., 1994. Volumen comercial de árboles en dependencia del diámetro y la altura total en cuatro especies del Parque Chaqueño Seco (Segunda parte). Universidad Nacional de Santiago del Estero. 19 pp.
- GARCIA CUEVAS, X., D. ANGEL SANTOS & J. HERNANDEZ RAMOS, 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.
- GIMENEZ, M. & N. RIOS, 1999. Crecimiento de *Schinopsis Quebracho colorado* (Schlecht.) Barkl. Et Meyer, Anacardiácea. Madera y Bosques 5 (2): 35-51.
- GORGOSO VARELA, J., 2022. Directrices para la gestión de masas irregulares de hayedos y bosques mixtos en Asturias. Montes 146: 30-35.
- GRULKE, M. 1994. propuesta de manejo silvopastoril en el Chaco Salteño. Quebracho, 2: 5-13.
- GULDIN J.M., 1991. Uneven-aged BDq regulation of Sierra Nevada mixed conifers. Western Journal of Applied Forestry 6 (2): 27-32.
- JUAREZ DE GALINDEZ, M., M. GIMENEZ, M. PECE & N. RIOS, 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.
- JUAREZ DE GALINDEZ, M., J. MOGLIA, A. GIMENEZ & M. PECE, 2006. Comparación de dos modelos de crecimiento de efectos fijos y errores independientes en quebracho blanco. Revista Forestal Venezolana 50 (1): 65-73.
- LENCINAS, J., 1993. Análisis epidométricos 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. & J. CELLINI, 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.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, 2015. Dirección Nacional de Bosques. Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.
- NAVALL, M., W. CASSINO, L. CARIGNANO & P. D'ANGELO, 2013. Un nuevo método de cortas y control en bosques irregulares. IUFROLAT-3er Congreso Forestal Latinoamericano de IUFRO. San José de Costa Rica. 9 pp.
- OGANA, F., J. GORGOSO-VARELA & A. ONEFELI, 2021. Application of BDq method to complex tropical mixed forest ecosystems in Nigeria. Bois et Forêts des Tropiques 349: 37-50. Doi: <https://doi.org/10.19182/bft2021.349.a36779>
- O' HARA, K., K. HASENAUER & H. KINDERMANN, 2007. Sustainability in multi-aged stands: an analysis of long-term Plenter systems. Forestry: An International Journal of Forest Research 80 (2): 163-181.
- PECE, M., C. GAILLARD DE BENITEZ & N. RIOS, 1997. Tabla de volumen para quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho - colorado*) utilizando el método de mínimos cuadrados ponderados. Quebracho (5): 41-45.
- SIMON, M., 2003. Áreas bajo manejo en el Chaco Argentino. 1ª ed. - Buenos Aires: Fundapaz. ISBN 987-20924-0-0. 140 pp.
- SCHÜTZ, J., 1997. Conditions of equilibrium in fully irregular, uneven-aged forests: the state-of-the-art in European Plenter forests. In Proceedings of the IUFRO Interdisciplinary Uneven-Aged Management Symposium. W.H. Emmingham (ed.). Oregon State Univ. Corvallis, Oregon, pp. 455 - 467.
- SCHÜTZ, J., 2002. Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. Forestry 75 (4): 329-337.
- ZING, A., V. ERNI & C. MOHR, 1999. Selection forests - a concept for sustainable use: 90 years of experience of growth and yield research selection forestry in Switzerland. In Emmingham WH, comp. Proceedings of The IUFRO Interdisciplinary Uneven-aged Management Symposium, September 1997. Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University; p. 415-434.

Recibido: 08/2024
Aceptado: 11/2024