

Efectos de la corta sobre la dinámica del bosque alto del Chaco húmedo Argentina

Effects of cutting on the dynamics of the high forest of the humid Chaco Argentina

Sebastian Kees ^{a*} , Miguel Brassiolo ^b ,
Santiago Toledo ^c , Pablo L Peri ^d 

*Autor de correspondencia: ^a Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Campo Anexo Estación Forestal Plaza, Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña, Chaco, Argentina, kees.sebastian@inta.gob.ar

^b Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), Santiago del Estero, Argentina

^c Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Santa Cruz, Argentina.

^d Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz, Santa Cruz, Argentina.

RESUMEN

El estudio de la dinámica forestal permite medir el impacto de las intervenciones forestales en el tiempo. El presente estudio, busca conocer la respuesta del bosque alto del Chaco húmedo (Argentina) ante diferentes intervenciones silviculturales después de 19 años de efectuada la corta en términos de la mortalidad y el reclutamiento de ejemplares arbóreos y su crecimiento. En una superficie de 5,4 hectáreas de un bosque se combinaron dos intensidades de corta (20 % y 33 % del área basal) y dos métodos de corta (método de la masa, MM y método de árbol futuro, MAF), y el testigo sin intervenir en un diseño experimental de parcela dividida completamente aleatorizada y 4 repeticiones por tratamiento. Se censaron todos los árboles vivos de especies de interés comercial presentes con DAP mayor a 10 cm en tres oportunidades. Se determinaron las tasas de mortalidad, reclutamiento, el crecimiento diamétrico y basimétrico, para estimar la duración del ciclo de corta. Los resultados muestran que los tratamientos silviculturales de corta disminuyen la tasa de mortalidad y aumentan la tasa de reclutamiento para especies de interés comercial (Guayaibí, Espina corona, Guayacán, Ibira pitá í, Urunday, Francisco Álvarez y Carandá, entre otras). Teniendo en cuenta el crecimiento de los árboles de las especies de interés comercial favorecidos, el MAF presentó mejores resultados que el MM con ciclos de corta cercanos a los 15 años.

Palabras clave: silvicultura, bosques nativos, Chaco húmedo, método.

SUMMARY

The study of forest dynamics allowed us to measure the impact of forestry interventions over time. The present study sought to understand the response of the high forest of the humid Chaco (Argentina) to different silvicultural interventions after 19 years of logging in terms of mortality and recruitment of tree specimens and their growth. In a 5.4 hectare forest area, two cutting intensities (20 % and 33 % of the basal area) and two cutting methods (mass method, MM, and future tree method, MAF) were combined, and the control was not intervened in a completely randomized split plot experimental design and four repetitions per treatment. All living trees of commercially interesting species with a DBH greater than 10 cm were censused on three occasions. Mortality rates, recruitment, diametric growth, and basimetric growth were determined to estimate the duration of the cutting cycle. The results show that silvicultural cutting treatments decrease the mortality rate and increase the recruitment rate for species of commercial interest (Guayaibí, Espina corona, Guayacán, Ibira pitá í, Urunday, Francisco Álvarez and Carandá, among others). Considering the growth of trees of favored species of commercial interest, MAF presented better results than MM with cutting cycles close to 15 years.

Keywords: forestry, native forests, humid Chaco, method.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de los conceptos del manejo forestal sustentable, y sobre todo su implementación, requieren de procesos reiterativos e interactivos. En muchos casos se parte de un bosque degradado por sobre explotación forestal con la finalidad de llegar a la situación manejo fo-

restal sustentable, proceso que conlleva mucho esfuerzo y tiempo (Grulke *et al.* 2007). Sin embargo, las nuevas propuestas de manejo deben ser analizadas considerando la composición florística, el crecimiento y la estructura, abarcando periodos de tiempo similares a la duración de los ciclos de corta teóricos propuestos para estos bosques y determinar el sistema más apropiado a cada situación (Peri

et al. 2021); en este contexto el presente estudio busca generar conocimiento que aporte información necesaria en la gestión de los bosques.

El estudio de la dinámica forestal se fundamenta en la descripción de la estructura y composición de un bosque, y en el análisis de los cambios que experimentan en el tiempo (Veblen 1992). Distintos autores concuerdan en que el método más preciso para efectuar dicho estudio es la comparación de censos repetidos en el tiempo, permitiendo determinar de modo directo las tasas de reclutamiento y mortalidad de cada especie, y los cambios netos estructurales y su composición durante el periodo de estudio (Hibbs 1983, McCune y Cottam 1985).

Rey (1997) define la dinámica como la expresión de la evolución en el tiempo y en el espacio de la composición de los ecosistemas, bajo la influencia de factores y parámetros naturales y/o antrópicos de la composición intra e interespecífica de las poblaciones que componen un espacio arbolado. Este mismo autor, establece que la dinámica, activada por parámetros y factores climáticos, edafológicos, biológicos, antrópicos y a veces fenómenos accidentales, es integrada a las decisiones de ordenación forestal y a la gestión multifuncional de los bosques. En este contexto, los bosques húmedos tropicales son grandes masas arbóreas, muy diversificadas y dinámicas. El motor de esta dinámica son las perturbaciones (mortalidad) que resultan en la formación de los claros, además de la regeneración (reclutamiento) y el crecimiento, que permiten mantener la estructura del bosque (Finegan 1992).

Según lo establecido por Aguilar (2008), resulta de importancia estudiar fenómenos ecológicos a largo plazo. En este sentido, Vallejo *et al.* (2005), enfatizan que este tipo de estudios son fundamentales para el entendimiento de los cambios ambientales que ocurren en los ecosistemas para la implementación de planes adecuados de manejo, particularmente en el caso de los bosques tropicales y subtropicales.

De acuerdo con Louman *et al.* (2001) un sistema silvicultural es una secuencia lógica de actividades que se realizan para mantener, remover o reemplazar productos forestales, mientras que, Brassiolo y Grulke (2015) definen un sistema silvicultural como la estrategia para lograr el rodal objetivo a partir de una situación inicial, dependiendo del objetivo del manejo, este puede estar relacionado no solo con el logro de productos forestales sino también, con objetivos de conservación.

Según Nyland (2016), los sistemas silvícolas en los bosques nativos se pueden clasificar en sentido amplio en monocíclicos (“uniformes” o “regulares”) o policíclicos (“selectivos” o “irregulares”).

Dentro de las clasificaciones existentes, Grulke *et al.* (2007), sugieren que los sistemas silviculturales que podrían ser aplicados a bosques nativos de la provincia del Chaco son: a) Sistemas de conversión, que están basados en que la vegetación arbórea existente va siendo modificada paulatina y gradualmente en su composición y / o

estructura (Lamprecht 1986), generando o conservando bosques irregulares, que se manejan de forma policíclica manteniendo la estructura heterogénea de bosques nativos; luego b) Sistemas de enriquecimiento, donde la vegetación arbórea existente es mantenida y manejada a la vez que se incorporan nuevas especies arbóreas mediante plantación; y c) Sistemas silvopastoriles, donde se combina el manejo de la producción ganadera con la producción de madera en la misma superficie.

Teniendo en cuenta este contexto, gran parte de las pautas de manejo recomendadas en por la mayoría de los autores para estos bosques fueron basadas en información preliminar o en experiencias con bosques de otras regiones.

Hasta el momento existen pocos trabajos basados en estudio de largo plazo (Kees *et al.* 2018, Iturre *et al.* 2020, Kees *et al.* 2024) que brindan información parcial acerca de procesos relativos a la dinámica interna de los bosques del Parque Chaqueño.

Los objetivos planteados en la presente investigación se enfocan en conocer la dinámica del bosque a través de la mortalidad, reclutamiento, el crecimiento diamétrico y basimétrico de las especies de interés comercial de un bosque Alto del Chaco húmedo, Argentina bajo diferentes tipos de manejo silvícola e intensidades de corta.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo en un bosque de la Estación Forestal Plaza, Campo Anexo de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Sáenz Peña, ubicada a los 59° 48' de Longitud O y 26° 56' de Latitud S, a 75 m s.n.m. (figura 1). Según Oyarzabal *et al.* (2018), este tipo de bosques se encuentra incluido en la provincia geográfica chaqueña, dentro de la cual los tipos de vegetación zonal dominantes son el bosque y la sabana tipo parque; siendo la unidad fisionómica de vegetación donde se encuentra el área de trabajo la que corresponde a Mosaico de Bosque de xerófitas, de mesófitas, Sabana y Selva de albardón (Chaco Húmedo con Bosques y Cañadas). Mosaico complejo de seis comunidades cuya distribución espacial depende del relieve y régimen hídrico. Las dos primeras son zonales. Se trata de una comunidad tipo Bosque de mesófitas con especies de linaje extra-chaqueño como *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill., *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub., *Pisonia zapallo* Griseb., *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, en suelos altos, francos; que hacia el norte se enriquece con *Holocalyx balansae* Micheli. El clima es cálido, subtropical con estación seca. La temperatura promedio anual es de 21,5 °C, con una media en el mes más frío, julio de 15 °C, y una mínima media, también en el mes de julio, de 7 °C. El periodo libre de heladas es de 320 a 350 días por año (INTA 2006). El bosque se encuentra sobre la serie Plaza (Pp), un Natrustalf Mólico, del orden de los Alfisoles. Sus principales problemas son escaso espesor del horizonte superficial donde se acumula la

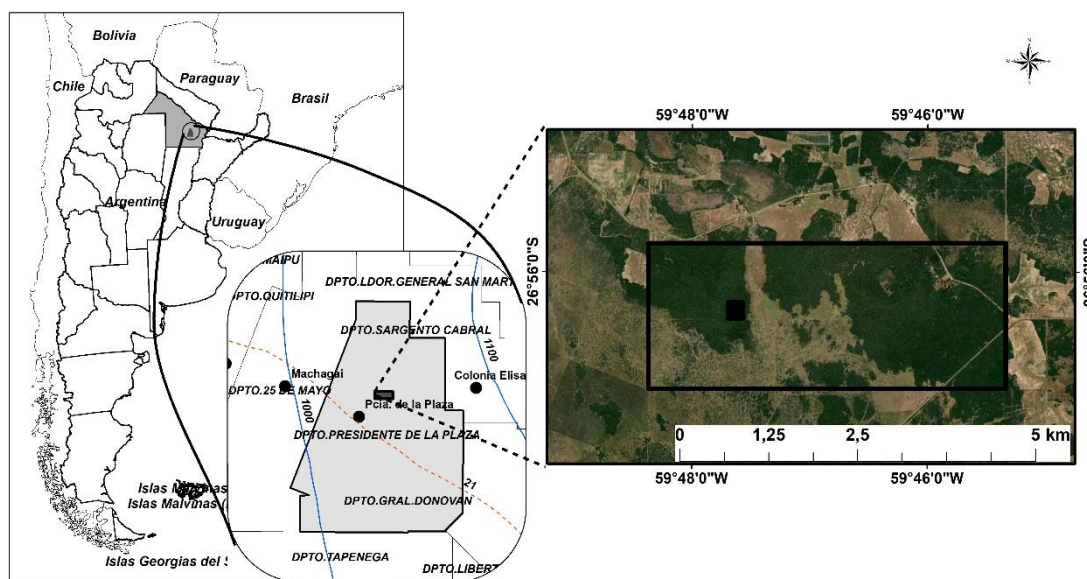


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio.

Relative location of the study area.

materia orgánica y el horizonte lixiviado que se encuentra cerca de la superficie, fuertemente sódico y moderadamente salino (Ledesma 1992).

Experimento. En el experimento (5,4 ha) se probaron dos tratamientos de corta de entresaca combinados con dos intensidades de remoción de área basal y áreas sin corta (testigo – T0), dispuestos en un diseño experimental de parcela dividida completamente aleatorizada con 4 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos son las intensidades de remoción de área basal que ocupan una parcela de 1 ha y los métodos de selección, subparcelas de 0,5 ha cada una. Las intensidades de extracción representaron 0 % (T0), 20 % (T1) y 33 % (T2) del área basal (G) de la parcela. A su vez en las subparcelas se aplicaron dos métodos diferentes para la selección de los individuos a extraer, el primero estuvo definido por la curva de distribución ideal, o método de la masa (MM), para lo cual se aplicó el procedimiento propuesto por Schütz (1989) (citado por Grulke 1994) y luego se seleccionaron los individuos de las clases diamétricas mayores, cortables; cuando fue necesario se completó el porcentaje preestablecido con pies sobrantes de las clases diamétricas inferiores. El otro método (MAF – Método del Árbol Futuro) se basó en la liberación de árboles de futura cosecha priorizando ejemplares a promocionar y cortando el competidor más cercano hasta completar el porcentaje de extracción de área basal preestablecido tomando la precaución de no abrir en demasía la masa (figura 2).

Mediciones. A fin de poder cuantificar las tasas de mortalidad y reclutamiento de los ejemplares de las especies forestales, en cada parcela y subparcela se midieron con cinta diamétrica y numeraron con pintura sintética todos

los árboles vivos de especies de interés comercial presentes con DAP mayor a 10 cm en el año 2003, inmediatamente después de la corta en el año 2004, y en el año 2022 donde se cuantificaron además los individuos muertos que estaban presentes en el año 2004 y los reclutados que alcanzaron los 10 cm de DAP. La identificación de especies se realizó in situ por personal capacitado e idóneo para la identificación de especies en la región de estudio. Para la identificación de los ejemplares muertos se emplearon los registros numéricos y su posición relativa dentro de cada subparcela, asimismo se registró también la posición relativa de los ejemplares reclutados.

Procesamiento de Datos. Para el cálculo de las tasas anuales de mortalidad y reclutamiento se emplearon los modelos sugeridos por diferentes autores para los bosques tropicales y subtropicales (Korning y Balslev 1994, Londoño y Jiménez 1999, Melo y Vargas 2003, Quesada Monge *et al.* 2012, Iturre *et al.* 2020).

- Tasa anual de mortalidad (TAM): cuya expresión matemática se presenta a continuación, es la de una tasa negativa de interés compuesto [1]:

$$TAM = \left[1 - \left(\frac{Ns}{N0} \right)^{1/t} \right] \times 100 \quad [1]$$

Donde TAM = Tasa anual de mortalidad expresada en porcentaje, N0 = Número de individuos inicialmente inventariados, Ns = Número de individuos inicialmente inventariados, sobrevivientes en un inventario posterior después de un intervalo t de tiempo y t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre las mediciones.

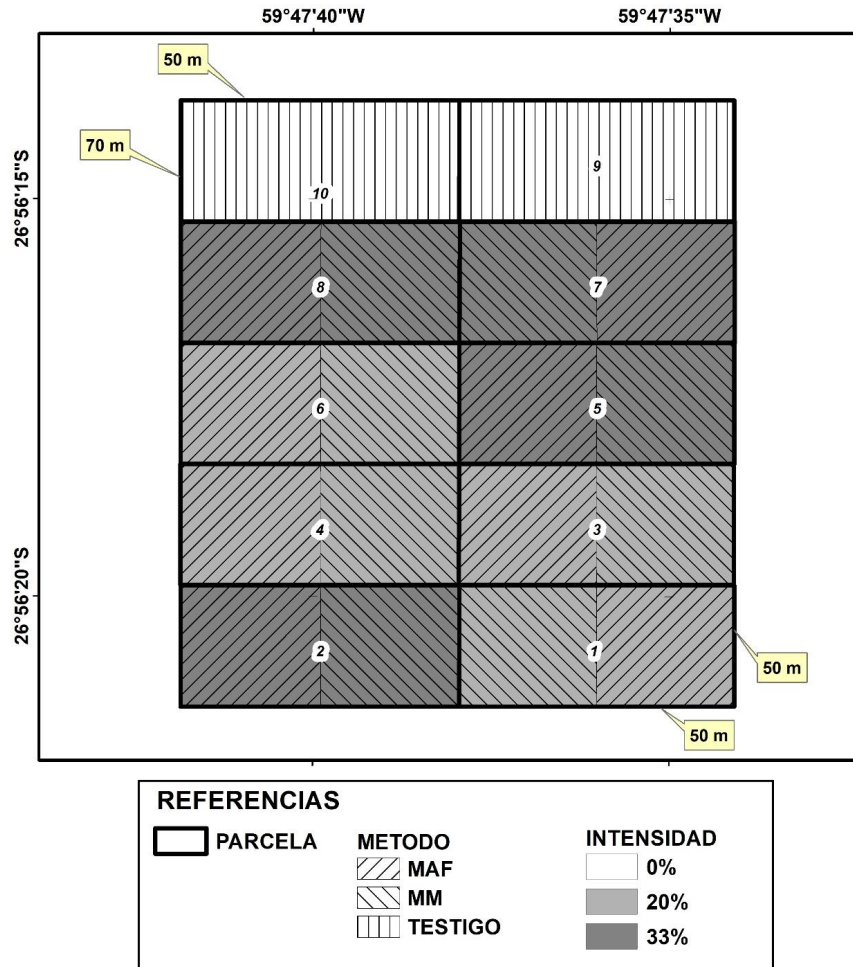


Figura 2. Croquis del diseño experimental de parcelas divididas con diferente intensidad y tipo de raleo para un bosque alto abierto del Chaco húmedo.

Sketch of the experimental design of Split plots with different intensity and type of thinning for a high open forest in the humid Chaco.

- Tasa anual de Reclutamiento (TAR): corresponde a una tasa positiva de interés compuesto cuya expresión matemática es la siguiente [2]:

$$TAR = \left[\left(\frac{Nt}{N0} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100 \quad [2]$$

Donde TAR = Tasa anual de reclutamiento expresada en porcentaje; Nt = Número de Individuos inicialmente inventariados más los reclutas durante el periodo t de tiempo, N0 = Número de individuos inicialmente inventariados y t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios.

Se calculó el área basal ($m^2 ha^{-1}$) de cada especie para cada tratamiento y periodo, a fin de detectar variaciones en el periodo y establecer su relación a la mortalidad y reclutamiento.

Para determinar el crecimiento diamétrico de las especies comerciales para el periodo 2004 y 2022, se empleó la metodología citada por Humano (2013) en la cual los

valores se agruparon por categoría diamétrica (Smithers 1949, Weaver 1979), para calcular el crecimiento con la siguiente fórmula [3]:

$$IMA_i = \left[\sum_{j=1}^k \frac{DAP_{i,j+1} - DAP_{i,j}}{K} \right] / P \quad [3]$$

Donde IPAi: Crecimiento medio anual por árbol en la clase i, DAPi = Diámetro del individuo de la clase i a 1,30 m, J = Ocasión de la medición del diámetro, P = Periodo de tiempo entre las mediciones y K = N° de individuos de la clase.

A partir de los valores de incremento diamétrico, se estimó el Tiempo de Transito (TT) o Tiempo de Paso siguiendo la metodología propuesta por Araujo e Iturre (2006) empleando una amplitud de clase de diámetro de 5 cm.

Análisis Estadístico. Consistió en la obtención de parámetros descriptivos de cada variable analizada. Se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilks modificadas a cada

conjunto de datos a evaluar. Los datos obtenidos fueron analizados con ANOVA multifactorial de medidas repetidas, siendo los factores las intensidades de extracción de área basal (0 %, 20 % y 33 %) y los métodos de selección (MM y MAF) para los periodos de años medidos (2004 y 2022). Las diferencias significativas entre medias fueron separadas con el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$. Se efectuó, además de un análisis correlacional entre las variables TAR, TAM y la variación del área basal, un análisis por medio de regresiones considerando la TAR y TAM (variables dependientes) y las variaciones de área basal (variable independiente) entre tratamientos.

Con los valores medios de incremento por clase diamétrica para cada tratamiento se ajustó un modelo polinomial de segundo grado con el fin de predecir los incrementos medios periódicos anuales (IPA) (variable respuesta) utilizando como variable predictora la clase diamétrica.

El análisis estadístico de los datos se efectuó con el software Infostat (Di Rienzo *et al.* 2020) considerando solo las especies de interés comercial dado que fueron el objeto de tratamiento silvicultural aplicado.

RESULTADOS

En primera instancia se presenta el listado de especies según interés comercial y temperamento, censadas en 2004 y 2022 en las parcelas intervenidas y no intervenidas, empleadas en los análisis de mortalidad y reclutamiento (cuadro 1).

Como *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill., *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub., *Pisonia zapallo* Griseb., *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, en suelos altos, francos; que hacia el norte se enriquece con *Holocalyx balansae* Micheli.

Las de temperamento robusto (típicamente heliófilas, colonizadoras) requieren ligera protección contra los golpes de sol y las heladas que logran con la vegetación herbácea natural y los árboles que crecen diseminados (por viento y/o animales) en áreas de regeneración. Las especies de temperamento medio requieren mayor protección en relación con las del primer grupo, condición que encuentran en bordes de bosques, caminos, chacras o bien en pequeñas abras internas que no responden a condiciones

Cuadro 1. Listado de especies de interés comercial registradas para el análisis de mortalidad y reclutamiento.

List of species of commercial interest surveyed for mortality and recruitment analysis.

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia	Mortalidad	Reclutamiento	Temperamento
Espina corona	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Fabáceas	X	X	Delicado
Francisco Álvarez	<i>Pisonia zapallo</i>	Nictagináceas	X	X	Delicado
Guayaibi	<i>Cordia americana</i>	Borraginaceas	X	X	Delicado
Ibira pita i	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	Poligonáceas	X	X	Delicado
Carandá	<i>Neltuma kuntzei</i> G.C. Mueller	Fabáceas	X	X	Robusto
Palo lanza	<i>Phillostillon rhamnoides</i> (Poiss.) Taub.	Ulmáceas	X	X	Delicado
Palo mora	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Moráceas	X	X	Delicado
Palo piedra	<i>Diplokeleba floribunda</i> N.E.Br.	Sapindáceas	X	X	Delicado
Urunday	<i>Astronum balansae</i> Engl.	Anacardiáceas	X	X	Medio
Lapacho	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Bignoniáceas	X		Delicado
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schltldl.	Apocináceas	X		Robusto
Guayacán	<i>Libidibia paraguariensis</i> (D.Parodi) G.P.Lewis	Fabáceas	X		Robusto
Algarrobo negro	<i>Neltuma nigra</i> (Griseb.) C.E.Hughes & G.P.Lewis	Fabáceas	X		Robusto
Quebracho colorado	<i>Schinopsis balansae</i> Engl.	Anacardiáceas	X		Robusto

edáficas desfavorables, sino que resultan de la eliminación del monte; y las especies de temperamento delicado que pueden ser afectadas severamente por las heladas durante los primeros años de vida (Valentini 1978, Wenzel y Hampel 1998, Gómez y Kees 2009).

Para el análisis de mortalidad se registraron 14 especies de interés comercial, pertenecientes a 10 familias, para ambos años es decir que no hubo variación en el número de especies para el periodo, mientras que para el análisis de reclutamiento se registraron reclutas pertenecientes a 8 familias botánicas y 9 especies de interés comercial (cuadro 1).

Seguidamente se muestran los valores medios de densidad y área basal de las áreas intervenidas y sin intervención del ensayo para los años 2003 (pre corta), 2004 y 2022 (post corta) (cuadro 2).

Los datos reflejan que, en las áreas intervenidas, comparando los valores de los años 2022 y 2004, se registró mayor densidad y menor de área basal para las especies de temperamento delicado; mientras que para las de temperamento medio prácticamente no hubo variaciones, sin embargo, para las de temperamento robusto hubo una disminución en ambas variables. En las áreas sin interven-

ción, se registró una disminución del área basal y la densidad para las especies de temperamento delicado y robusto, mientras que, las especies de temperamento medio registraron un leve incremento en ambas variables.

A continuación, se presentan los valores de mortalidad y reclutamiento de cada tratamiento, así como el posterior análisis estadístico para cada tratamiento, seguidamente se muestran las variaciones de área basal registradas durante el periodo y la modelación del crecimiento y su empleo en la estimación de los Tiempos de Transito de cada método de selección.

Mortalidad y Reclutamiento. Los datos presentados en el cuadro 3 corresponden al relevamiento censal de los ejemplares vivos de especies comerciales mayores de 10 cm de DAP del año 2004, como densidad inicial y los del año 2022 como densidad final, sin incluir los valores de los ejemplares reclutados de cada tratamiento.

Se registraron un total de 1.618 y 1.170 ejemplares de especies comerciales mayores de 10 cm de DAP para el 2004 y 2022, respectivamente, lo que representa una reducción del 28 % de los ejemplares respecto al inicio del

Cuadro 2. Densidad y área basal por clase diamétrica y tratamiento para los años 2003, 2004 y 2022 de las especies de interés comercial.

Density and basal area by diameter class and treatment for the years 2003, 2004 and 2022 of the species of commercial interest.

Temperamento clase diamétrica (cm)	Área intervenida						Área sin intervención					
	delicado		medio		robusto		delicado		medio		robusto	
	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	ind ha ⁻¹
10,1 - 20,0	3,11	194	0,04	3	0,01	1	2,21	126	0,00	0	0,00	1
20,1 - 30,0	3,97	84	0,08	2	0,04	1	3,42	69	0,00	0	0,03	1
30,1 - 40,0	3,98	42	0,34	3	0,40	4	4,48	46	0,08	1	0,27	3
40,1 - 50,0	1,65	11	0,12	1	0,63	4	2,72	18	0,11	1	1,16	7
> 50,1	0,36	2	0,47	2	0,45	2	0,78	4	0,00	0	1,22	4
Total 2022	13,07	333	1,05	11	1,53	12	13,61	263	0,19	2	2,68	16
10,1 - 20,0	2,39	144	0,06	3	0,03	2	2,64	152	0,00	0	0,10	4
20,1 - 30,0	3,14	65	0,15	3	0,11	2	4,37	94	0,00	0	0,39	8
30,1 - 40,0	3,38	37	0,10	1	0,47	5	5,01	54	0,16	1	0,90	9
40,1 - 50,0	1,23	8	0,11	1	0,61	4	2,77	19	0,00	0	1,46	9
> 50,1	0,48	2	0,34	1	0,40	1	1,66	6	0,00	0	1,41	4
Total 2004	10,63	256	0,75	9	1,60	14	16,46	326	0,16	1	4,28	34
10,1 - 20,0	2,53	152	0,06	3	0,03	2						
20,1 - 30,0	3,49	72	0,16	3	0,11	2						
30,1 - 40,0	4,13	45	0,15	2	0,59	6						
40,1 - 50,0	2,02	13	0,16	1	0,98	6						
> 50,1	1,40	6	0,48	2	0,86	3						
Total 2003	13,57	286	1,00	11	2,57	19						

periodo. Los valores medios de la tasa de mortalidad se encuentran dentro del rango de 1 a 5 %. El número de individuos reclutados y la TAR fue inferior en el tratamiento testigo, con magnitudes de 4 a 6 veces inferior que en los tratamientos con intervención silvicultural. El mayor porcentaje de ejemplares reclutados correspondió a las parcelas tratadas con valores que fluctuaron entre 19 % y 28 %, mientras que el conjunto de las áreas sin intervención solo presentó valores medios del 10 % (cuadro 3).

En el tratamiento testigo el promedio de árboles muertos fue de 228 árboles ha⁻¹, mientras que en las parcelas intervenidas fue solo 59 árboles ha⁻¹ para el periodo analizado. *In situ*, se observaron dos situaciones que reflejan la distribución de los árboles muertos, en la primera situación, la gran mayoría de los ejemplares muertos dentro del

área testigo y del área intervenida, fueron de especies de temperamento delicado y producto de la caída o rotura de ramas de grandes árboles enfermos, siendo su distribución generalmente agrupada y asociada a la presencia de estos fenómenos; mientras que, en la segunda situación, menos frecuente, se registraron pequeños grupos de árboles muertos de especies de temperamento delicado en sitios donde la intervención silvicultural generó grandes aperturas en el dosel con la consiguiente exposición brusca de estos árboles.

La TAM presentó una distribución de tipo normal ($P = 0,3693$) y el ANOVA determinó que existen diferencias significativas para la intensidad de la corta ($F = 9,87$; $P = 0,0054$), pero no para el método de selección de árboles a cortar ($F = 0,14$; $P = 0,7151$) respecto a la TAM (figura 3).

Cuadro 3. Valores de Mortalidad y Reclutamiento términos de número de árboles por hectárea de cada tratamiento.

Mortality and Recruitment Values in terms of number of trees per hectare of each treatment.

Tratamiento (Intensidad Método ⁻¹)	Densidad 2004 (ind ha ⁻¹)	Densidad 2022 (ind ha ⁻¹)	M (árboles ha ⁻¹)	R (árboles ha ⁻¹)	TAM (%)	TAR (%)
20 % - MAF	328	244	84	181	1,68 ± 0,87	2,4 ± 0,72
33 % - MAF	220	178	42	193	1,23 ± 0,79	3,3 ± 0,82
20 % - MM	283	234	49	225	1,02 ± 0,74	3,2 ± 0,65
33 % - MM	280	219	61	268	1,55 ± 1,23	3,8 ± 1,22
0 % -TESTIGO	362	279	151	68	2,81 ± 0,61	0,9 ± 0,29

Donde M = cantidad de ejemplares muertos por ha y R= cantidad de ejemplares reclutados por ha.

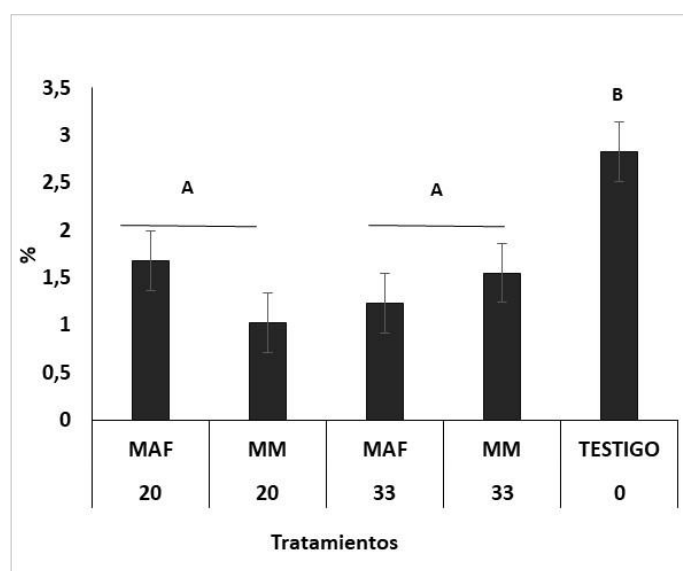


Figura 3. Comparación de medias de TAM según tratamientos e intensidad de corta. Donde MM = Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

Comparison of means of the TAM according to treatments and cutting intensity. Where MM = Mass Method and MAF = Future Harvest Tree Method. Different letters indicate significant statistical differences ($P < 0.05$).

Si bien, no se detectaron diferencias significativas en términos de mortalidad entre las parcelas intervenidas después de 19 años de realizadas las intervenciones, existe una tendencia a valores menores en las combinaciones de intensidades del 20 % con la aplicación del MM, seguida por la intensidad del 33 % con la aplicación del MAF. En los tratamientos con intervenciones, la mortalidad fue menor que en el tratamiento testigo.

Los valores de la TAR presentan una distribución de tipo normal ($P = 0,5848$) y al igual que en caso de la mortalidad, se encontraron diferencias significativas para la intensidad de corta ($F = 27,24$; $P = 0,0119$) y no para el método de selección de árboles a cortar ($F = 3,19$; $P = 0,0931$) (figura 4).

En este caso, si bien no se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en términos de reclutamiento entre las parcelas intervenidas, se observa una tendencia a valores mayores en las combinaciones de intensidades del 33 % con la aplicación del MM, seguidas por la intensidad del 33 % en combinación con el MAF y la intensidad de 20 % en combinación con el MM. En los tratamientos con intervenciones, el reclutamiento fue mayor que en el tratamiento testigo.

Respecto a la participación porcentual de las especies en el reclutamiento, las mayores proporciones fueron registradas para Guayaibí, Palo lanza, Francisco Álvarez y Espina corona en todo el ensayo (figura 5).

En términos generales, dentro del área intervenida, por apreciación visual, la distribución de los arbolitos reclutados estuvo asociada a la disponibilidad de espacio generada por la corta, dado que se observaron mayor cantidad de reclutas de especies de temperamento delicado en los bordes y áreas de influencia de los claros generados y me-

nor cantidad en las áreas entre claros, formando pequeños grupos de 2 o 3 individuos por claro. Idéntica situación se observó en el área testigo, pero asociados a los claros generados por la caída de grandes árboles.

Incrementos. El área basal promedio de las especies de interés comercial del conjunto de las parcelas intervenidas, en 2004 fue de $12,98 \pm 2,77 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y de $15,64 \pm 3,22 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en 2022, esto representa un incremento del 20,4 %. En contraste, para el tratamiento testigo, las variaciones fueron negativas (cuadro 4).

La variación del área basimétrica de especies comerciales presentó una distribución de tipo normal ($P = 0,4568$) y en el análisis de varianza de esta variable si bien no se detectaron diferencias significativas entre métodos de selección o interacciones entre tratamientos ($F = 4,18$ - $P = 0,0682$; $F = 0,05$ - $P = 0,8229$), si las hubo respecto a la intensidad de extracción ($F = 18,22$ - $P = 0,007$), destacándose en este caso las intensidades del 20 % y el 33 % (en igualdad de significación) por sobre el testigo según el test de Tukey ($P > 0,05$).

El análisis de correlación efectuado entre los valores de variación de área basal y los valores de las tasas de mortalidad y reclutamiento de especies comerciales, arrojó valores del coeficiente de Pearson de -0,92 y 0,8, respectivamente.

Gráficamente estas relaciones se visualizan como dos rectas con diferente pendiente, lo que refleja la tendencia del comportamiento de ambas variables frente a las variaciones basimétricas de las especies comerciales (figura 6).

Modelado de incremento diamétrico y su aplicación para el manejo forestal. Los valores presentados corresponden,

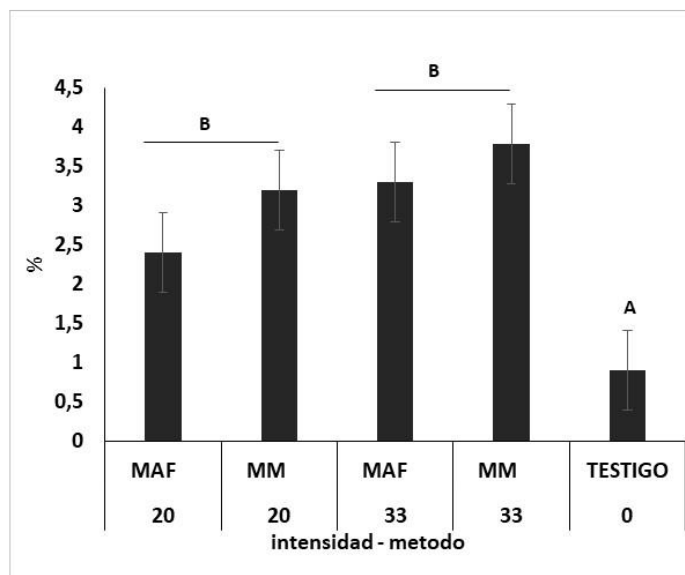


Figura 4. Comparación de medias de la TAR según método e intensidad de corta. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

Comparison of means of the TAR according to method and intensity of felling. Different letters indicate significant statistical differences ($P < 0.05$).

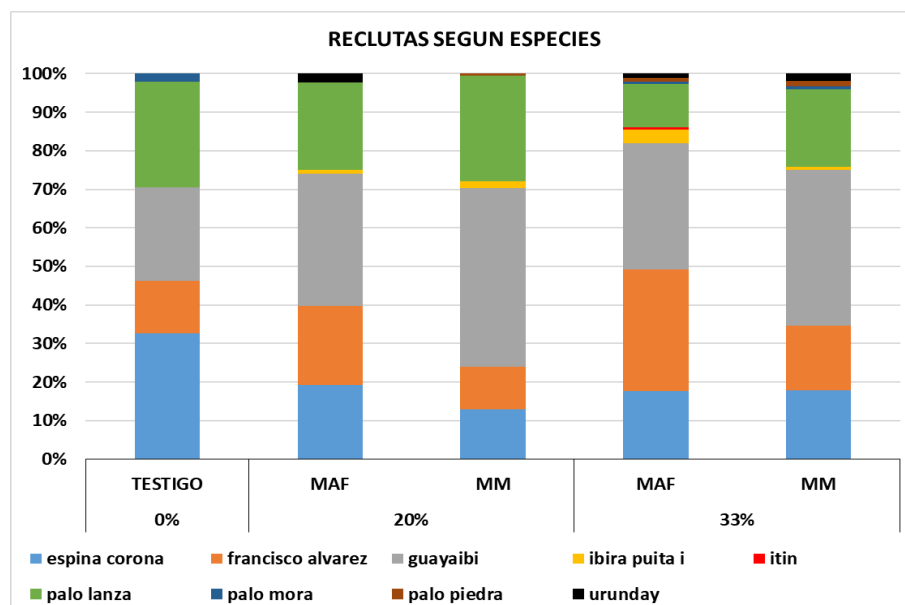


Figura 5. Participación porcentual de reclutas de especies de interés comercial según tratamiento.

Percentage participation of recruits of species of commercial interest according to treatment.

Cuadro 4. Área basal de las especies de interés comercial y su variación para el periodo según tratamiento.

Basal area of species of commercial interest and its variation for the period according to treatment.

Tratamientos	Área basal especies comerciales 2004 (m ² ha ⁻¹)	Área basal especies comerciales 2022 (m ² ha ⁻¹)	Variación especies comerciales (m ² ha ⁻¹)
MAF	13,98	15,58	1,62
20	15,88	16,99	1,00
33	12,07	14,17	2,24
MM	11,99	15,70	3,65
20	13,40	16,88	3,26
33	10,57	14,53	4,04
TESTIGO	20,89	16,48	-5,78
0	20,89	16,48	-5,78
Total general	15,62	15,92	-0,17

en el MAF a los incrementos de ejemplares de futura cosecha solamente, mientras que, en el MM, corresponden a los valores de todos los ejemplares presentes de especies comerciales; en ambos casos discriminados según su temperamento (cuadro 5).

Seguidamente se presentan, los valores de IMA agrupados por método incluyendo todas las especies comerciales solamente para generar los modelos de incremento diamétrico (cuadro 6).

A partir de los valores presentados en el cuadro 6, se ajustaron diferentes modelos de incremento diamétrico (figura 7) para MAF, MM y el Testigo.

La gráfica de los modelos refleja claramente el comportamiento de los incrementos para cada situación según el método silvícola aplicado. Para el MM y el MAF los valores fueron mayores al testigo en la mayoría de las clases diamétricas; siendo mayores en el caso del MAF los 40 cm y a partir de ese valor fueron mayores para el MM (figura 7).

Seguidamente, los valores del Tiempo de Transito se presentan en el cuadro 7, para cada clase diamétrica.

Los incrementos estimados para el MAF fueron mayores y los tiempos de tránsito menores que para el MM, hasta los 37,5 cm de diámetro aproximadamente a partir de

los 35 cm de diámetro los tiempos de tránsito para ambos métodos fueron similares.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los valores citados por Gómez y Kees (2005), Gómez *et al.* (2005) y Brassiolo *et al.* (2009), se puede observar en el cuadro 2 que se trata de un bosque con una gran cantidad de ejemplares en clases diamétricas superiores y elevada área basal reflejando una situación típica de bosques en estado de sobre madurez.

La TAM media para los tratamientos de corta y el testigo fueron de 1,4 y 2,8 %, respectivamente (cuadro 3). Es decir, en términos generales la TAM fue 2 veces menor. Esto pudo deberse, entre otras causales, al estado de competencia en el que se encuentran los árboles desarrollándose en parcelas sin intervenir, mientras que en las áreas intervenidas la competencia ha sido reducida mediante la corta. En todos los casos, estos registros fueron menores a los hallados por Montero – Flores *et al.* (2020) para dos fitosocionomías de bosques bajo manejo forestal en Brasil con valores que fluctuaron entre 5,2 y 6,3 %. Sin embargo,

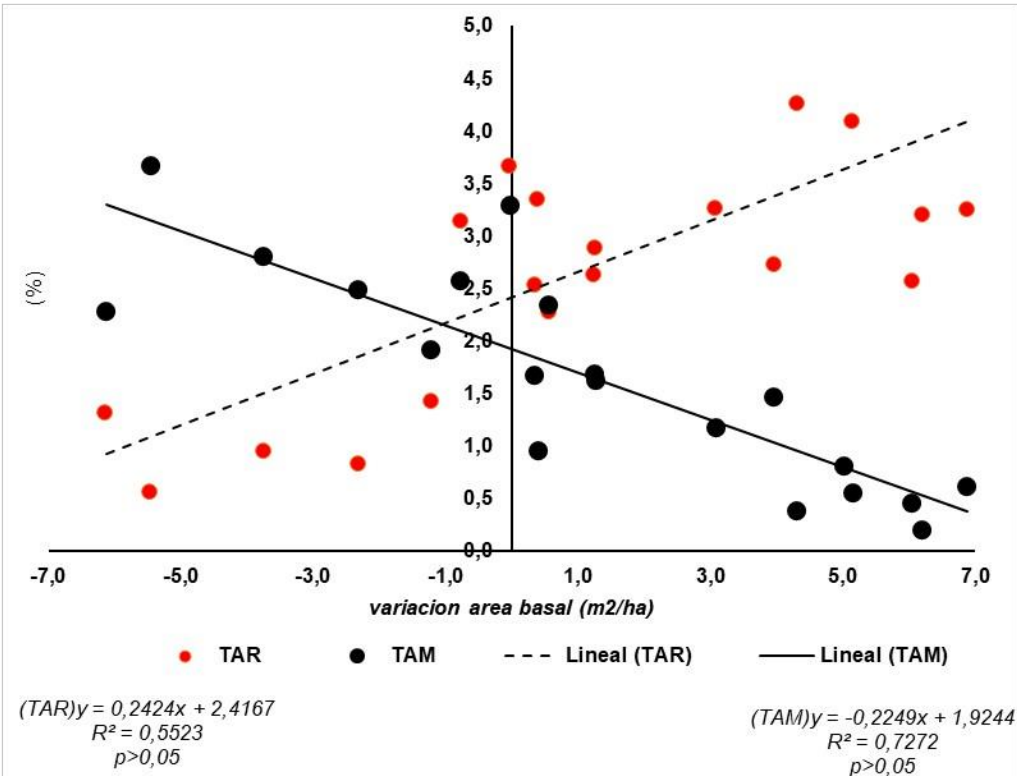


Figura 6. Relación entre variación del área basal en el periodo 2004 a 2022, TAR y TAM.
Relationship between variation in basal area in the period 2004 to 2022, TAR and TAM.

Cuadro 5. Valores de IPA según temperamento para cada tratamiento.
IPA values according to temperament for each treatment.

Tratamientos	Temperamento		
	Delicado	Medio	Robusto
0 % - TESTIGO	0,27 ± 0,20	0,20 ± 0,11	0,18 ± 0,09
20 % - MAF	0,30 ± 0,13		0,36 ± 0,12
20 % - MM	0,26 ± 0,16	0,40 ± 0,17	0,18 ± 0,09
33 % - MAF	0,30 ± 0,10	0,49 ± 0,10	0,16 ± 0,04
33 % - MM	0,32 ± 0,20		0,17 ± 0,11
Total general	0,28 ± 0,18	0,39 ± 0,17	0,19 ± 0,11

los valores de TAM del presente trabajo fueron similares a los valores de bosques secos tropicales de Costa Rica, en estadio sucesional temprano y tardío, 1,3 % y 1,5 % respectivamente, según lo determinado por Carvajal – Vanegas y Calvo – Alvarado (2013), aunque, según estos autores, dichos valores se deben al temperamento de las

especies componentes de cada estadio y no a condiciones biofísicas del sitio. En nuestro trabajo, la intervención silvicultural, deja disponible espacio de crecimiento a los árboles remanentes, reduciendo la competencia y la tasa de mortalidad, independientemente del método de selección de árboles utilizado.

Cuadro 6. Valores de IPA de las clases diamétricas según método.

IPA values of the diameter classes according to method.

Clase DAP (cm)	MAF (cm año ⁻¹)	MM (cm año ⁻¹)	TESTIGO (cm año ⁻¹)
12,5	0,27 ± 0,04	0,15 ± 0,07	0,17 ± 0,02
17,5	0,26 ± 0,10	0,25 ± 0,07	0,27 ± 0,04
22,5	0,31 ± 0,06	0,25 ± 0,06	0,28 ± 0,05
27,5	0,31 ± 0,12	0,28 ± 0,06	0,26 ± 0,05
32,5	0,32 ± 0,09	0,30 ± 0,04	0,29 ± 0,08
37,5	0,27 ± 0,07	0,33 ± 0,00	0,21 ± 0,06
42,5		0,30 ± 0,09	0,23 ± 0,03
47,5		0,29 ± 0,04	0,16 ± 0,00
52,5		0,22 ± 0,15	0,20 ± 0,08
57,5		0,31 ± 0,06	
Total general	0,29 ± 0,08	0,27 ± 0,05	0,23 ± 0,01

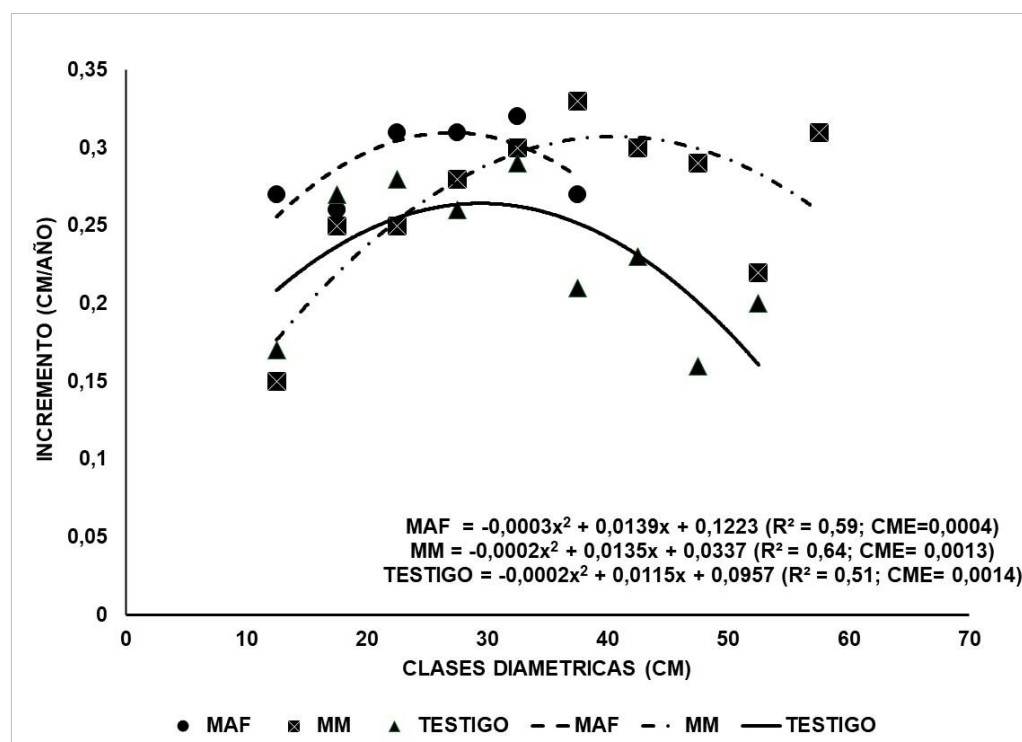


Figura 7. Grafica de los modelos seleccionados de Incremento diamétrico para las especies de interés comercial según método.

Graph of the selected models of Diametric Increase for species of commercial interest according to method.

Cuadro 7. Incrementos y Tiempo de Tránsito según método y clases diamétricas.

Increases and Transit Time according to method and diameter classes

Clases DAP (cm)	Modelo		Tiempo de Tránsito	
	MAF (cm año ⁻¹)	MM (cm año ⁻¹)	MAF (años)	MM (años)
12,5	0,25	0,18	19,6	28,3
17,5	0,29	0,22	17,1	22,4
22,5	0,31	0,25	16,0	19,5
27,5	0,31	0,28	15,7	17,7
32,5	0,30	0,29	16,1	16,7
37,5	0,29	0,30	17,2	16,2
42,5		0,30		16,2
47,5		0,30		16,6
52,5		0,28		17,5
57,5		0,26		19,2

Los valores de reclutamiento observados fueron superiores en tratamientos con intervención silvicultural respecto del tratamiento testigo (cuadro 3). Estos valores superan a los informados por Aguirre – Mendoza *et al.* (2022) quienes presentaron un valor medio de 0,13 % para un bosque andino en Ecuador, y por Trigueros – Bañuelos *et al.* (2014) con un valor medio de reclutamiento de 1,08 % para un bosque templado de pino – encino en México. Las especies con mayor cantidad de reclutas en términos de participación porcentual fueron las de temperamento delicado o esciófitas (tolerantes a la sombra) destacando a Guayaibí, Palo lanza, Espina Corona y Francisco Álvarez, seguidas por especies de temperamento medio (semi – tolerantes a la sombra) tales como Urunday, con escasos registros de especies de temperamento robusto (intolerantes a la sombra) donde destaca el Itin.

Las parcelas intervenidas presentaron una mayor TAR que las parcelas sin intervención (figura 4), lo cual concuerda con lo observado por Wenzel y Hampel (1998), respecto al comportamiento de las especies de sombra en sitios con altos valores de área basal donde disminuye la cantidad de renovales y también el desarrollo de las plantas jóvenes (reclutas). Las tasas de reclutamiento para el área intervenida fueron cercanas a lo determinado por Carvajal – Vanegas y Calvo – Alvarado (2013) para bosques secos tropicales en estadio sucesional intermedio en Costa Rica, quienes registraron valores de 4,8 %, dependiendo de las especies que componen cada estadio sucesional. En nuestro trabajo, las diferencias determinadas de reclutamiento se deben a los tratamientos de corta aplicados al bosque, que han generado condiciones de crecimiento y desarrollo favorables para los ejemplares jóvenes de las especies tolerantes y semi tolerantes de interés comercial evaluadas. En este sentido, y de acuerdo con Wenzel y Hampel (1998) las cortas leves y moderadas independien-

temente del método de selección (este trabajo) generan mayores tasas de reclutamiento en bosques dominados por especies esciófitas que en áreas sin intervención silvicultural, dado que necesitan mayor cobertura para su establecimiento y desarrollo. Este aspecto, determina que sitios con alta cobertura (o área basal) se relacionen con tasas bajas de reclutamiento y altas tasas de mortalidad debido a la competencia. La intervención silvicultural, al disminuir la competencia, genera condiciones de aprovechamiento del espacio disponible para un mejor desarrollo de ejemplares de especies comerciales aumentando la TAR y disminuyendo la TAM.

El incremento basimétrico anual medio para las especies de interés comercial en el área intervenida fue de 0,14 m² ha⁻¹ año⁻¹. Sin embargo, este valor no es suficiente para alcanzar el valor de área basal inicial antes de la corta (alrededor de 18 m² ha⁻¹). Por otro lado, las disminuciones registradas de área basal de las especies comerciales se produjeron en el tratamiento testigo a razón de -0,23 m² ha⁻¹ año⁻¹. Los valores observados en este trabajo fueron similares a los citados por Cid Lendínez *et al.* (2013) (0,12 m² ha⁻¹ año⁻¹) para un bosque del Chaco semiárido, evidenciando que la intervención ha favorecido el crecimiento en área basal del bosque. La reacción positiva de la mayoría de las parcelas con tratamiento silvicultural (cortas de entresaca) coincide con lo expresado por Quiroz (2001) en relación a que la corta estimula las tasas de crecimiento de los ejemplares remanentes, al aprovechar los espacios generados para desarrollarse y aprovechar la mayor cantidad de recursos disponibles.

El crecimiento basimétrico se asoció positivamente con la TAR y negativamente con la TAM, y viceversa (figura 6), altas tasas de mortalidad y bajas tasas de reclutamiento explican las disminuciones del área basal de especies comerciales registradas. Además, la mayor tasa

de mortalidad ocurrió en parcelas con elevada área basal inicial lo cual explicaría las menores tasas de reclutamiento y la consecuente disminución posterior en área basal debido a la competencia; esta generó condiciones adversas que disminuyeron la capacidad de reacción en términos de establecimiento y crecimiento de los ejemplares de las especies de interés comercial. Estos resultados en gran medida reflejan lo expresado por otros autores en que tanto la mortalidad como el reclutamiento afectan variables estructurales como la densidad, área basal y riqueza de especies, modificándolas con el transcurso del tiempo (Ramírez Angulo *et al.* 2002, Uslar *et al.* 2004). En este sentido es importante tener en cuenta que el área basal remanente después de la intervención, o área basal residual, determinó en gran medida, que las especies umbrófilas fueran las que mejor se comportaron frente a los tratamientos ensayados, en concordancia con lo expuesto por Donoso (2013) y por Wenzel y Hampel (1998) para bosques con estructura similar.

Analizando la variación del área basal para el periodo 2004 – 2022 (cuadro 4), si bien no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos silviculturales, si hubo diferencias respecto a la intensidad de corta para las especies comerciales. Además, se determinó diferencias entre los métodos de selección respecto del testigo, debido probablemente a que el periodo de tiempo transcurrido desde la corta fue lo suficientemente largo como para recuperar el área basal extraída, es decir, que independientemente del método e intensidad aplicado el crecimiento en área basal fue mayor en las áreas intervenidas que en las áreas sin intervención. Esta situación fue similar a la descrita por Silva de Lucena *et al.* (2018) quienes tampoco encontraron diferencias significativas después de 27 años, entre distintos sistemas silviculturales aplicados en bosques de Brasil.

En el MAF los mayores valores de incrementos de obtuvieron en las clases diamétricas inferiores a 37,5 cm (cuadro 5), correspondiendo a la respuesta de los árboles favorecidos directamente con la intervención. En contraste, en el MM el crecimiento se distribuyó de modo más uniforme en casi todas las clases diamétricas y fundamentalmente en las clases superiores dado que estos ejemplares superaron etapas de competencia principalmente por luz. Esto se debe, por un lado, a la distribución espacial de la corta en la superficie intervenida y por el otro al método de selección aplicado. En el MAF, la corta se realizó en toda la superficie, liberando primero a los árboles de futura cosecha (es decir cortando ejemplares competidores) y luego cortando los ejemplares de cosecha comercial, por lo cual la disminución de la competencia se realizó en las clases diamétricas de los árboles de futura cosecha y no en las clases diamétricas superiores. En cambio, en el MM la corta se realizó en todas las clases diamétricas sin tener en cuenta la distribución superficial de la intervención, lo que generó claros muy grandes que fueron aprovechados por los árboles dominantes y codominantes en primera instan-

cia, y luego los del estrato inferior. Además, debido a que la corta no estuvo orientada a eliminar competidores directos de ejemplares de especies comerciales, los árboles de las clases diamétricas superiores tuvieron mayores incrementos; en concordancia con lo expresado por Sarmiento *et al.* (2021). En la aplicación del MAF las especies favorecidas fueron aquellas tolerantes a la sombra y en menor medida las semi tolerantes, mientras que en las del MM fueron principalmente favorecidas las especies semitolerantes e intolerantes (Hampel 2000, Gómez *et al.* 2005, Brassiolo *et al.* 2009, Gómez *et al.* 2012, Donoso 2013).

Los indicadores de ajuste de los modelos de crecimiento ajustados dan confiabilidad y soporte a la toma de decisiones. Al respecto Louman *et al.* (2001) indicaron la necesidad de contar con modelos de crecimiento de especies basados en datos de periodos mayores a 12 años. Para todos los modelos seleccionados la proporción de variación del IPA explicada es mayor al 58 % por las variaciones del DAP.

Si se utilizan los valores de incremento diamétrico estimado por los modelos correspondientes a los recomendados por Grulke *et al.* (2007) como diámetros objetivo, la duración del Ciclo de Corta será de 16 o 17 años, independientemente del método de selección utilizado, y con una intensidad de extracción de área basal de hasta un 33 %. Estos valores son superiores a los estimados por Grulke *et al.* (2007), debido a que tanto los diámetros meta o diámetros objetivo como los tiempos de tránsito propuestos estuvieron basados no solo en otra metodología sino también en la necesidad de efectuar intervenciones más frecuentes para avanzar en el manejo del bosque. En este sentido, nuestros resultados coinciden con lo propuesto por Louman *et al.* (2004), quienes sugieren que se debe tener cuidado de no subestimar la duración del ciclo de corta, dado que con ciclos cortos el volumen permisible de corta aumenta, pero disminuye el tiempo disponible para que el bosque se recupere.

Teniendo en cuenta los diámetros mínimos de corta establecidos por la reglamentación provincial para el Chaco Húmedo en el decreto 1195/80 y sus modificatorias (decretos 896/92 y 2163/96), que en general es superior a los 40 cm para la mayoría de las especies de interés comercial, el Ciclo de Corta en este caso también ronda en torno a los 16 a 17 años dependiendo de la especie y del método de selección. Estos valores son similares a los citados por Dauber *et al.* (2005) para bosques bolivianos y a los recomendados por Donoso (2013) (10 a 20 años), y menores a los valores preliminares sugeridos por Sarmiento *et al.* (2021), para los bosques del Parque Chaqueño.

Los incrementos diametrales estimados para el MAF fueron mayores y los tiempos de tránsito menores que para el MM, hasta los 37,5 cm de diámetro aproximadamente (cuadro 7). Por lo tanto, aplicando el método MAF, mediante intervenciones más frecuentes (hasta un 30 % del área basal) se garantizan las condiciones de crecimiento favorables de los árboles remanentes manteniendo las ta-

sas de crecimiento de los individuos favorecidos por la corta. Esto admitiría reducir el Ciclo de Corta con intervenciones leves a moderadas hasta valores próximos a los 10 – 15 años recomendados por Brassiolo y Grulke (2015) para poder lograr la domesticación de los bosques mejorando las condiciones de crecimiento de los árboles de futura cosecha y la condición sanitaria del bosque, incluso admite además el uso de la curva guía como indicador para evaluar el proceso de domesticación comparando la estructura en antes y después de cada intervención.

A partir de los 35 cm de diámetro los tiempos de tránsito para ambos métodos fueron similares. Esto refleja claramente la orientación de los criterios de selección de los árboles remanentes promovidos por el método de selección, donde el MAF promueve una mejora sustancial en las condiciones de crecimiento de los ejemplares liberados de las clases diamétricas inferiores, mientras que el MM genera condiciones de menor competencia (fundamentalmente por luz) en las clases diamétricas superiores.

CONCLUSIONES

En los bosques altos del Chaco húmedo, la intervención silvicultural, con extracciones de hasta el 33 % del área basal ya sea aplicando el MAF o el MM, genera condiciones que promueven tasas de reclutamiento mayores y disminuyen las tasas de mortalidad de las especies de interés comercial en comparación con las áreas sin intervención.

La intervención silvicultural favoreció el incremento en área basal de las parcelas intervenidas y los incrementos diametrales de los individuos de especies comerciales remanentes, por lo cual se recomiendan intervenciones de este tipo para el manejo de bosques con idéntica fisonomía o similar situación fisonómica.

Los modelos de incremento diamétrico de las especies de interés comercial componentes de estos bosques, permitieron determinar que, los tiempos de tránsito para ambos métodos son similares, para intervenciones leves a moderadas, pudiendo recomendarse Ciclos de Corta cercanos a los 15 años para el manejo sostenible de estos bosques.

CONTRIBUCION DE AUTORES

Brassiolo M y Kees S; diseñaron el estudio y el análisis experimental. Kees S, realizó la toma de datos y análisis de resultados. Toledo S, Peri P y Brassiolo M; contribuyeron con la discusión e interpretación de los resultados. Los cuatro autores prepararon el manuscrito.

FINANCIAMIENTO

Fondos internos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y la colaboración parcial de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Proyecto Estructural Bases para la producción sostenible y restauración de bos-

ques nativos e implantados en las provincias de Chaco y Formosa - 2023-PE-L03-I047.

AGRADECIMIENTOS

National Institute of Agricultural Technology - Forestry Program and Faculty of Forestry Sciences - National University of Santiago del Estero.

REFERENCIAS

- Aguilar M. 2008. Evaluación de la dinámica forestal en el bosque montano de la selva Pichita. APRODES en Chanchamayo, Selva Central del Perú. Tesis Mg. Sc. Lima, Perú. UNALM. 129 p.
- Aguirre Mendoza Z, JP Merchán Granda, G Geadá López. 2022. Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vívar Castro”, Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 10(3): 292-306. Consultado el 26 sept 2023. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692022000300292&lng=es&tln=es
- Alder D. 1995. Growth modelling for mixed tropical forests. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tools-details/es/c/344586/>
- Araujo P, MC Iturre. 2006. Ordenación de Bosques Irregulares. Serie didáctica N° 28. Cátedra de Ordenación Forestal. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 63 p. ISBN 978-987-1676-39-2. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-28-Ordenacion-bosques-irregulares-ARAUJO.pdf>
- Brassiolo M y M Grulke. 2015. Manejo de bosques nativos de la región chaqueña. Fichas técnicas. 1ª. Edición. REDAF, Reconquista. 97 p. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/Manejo%20forestal%20de%20bosques%20nativos%20de%20la%20region%20chaque%C3%B1a%20-%20Brassiolo%20-%20Grulke%202015.pdf>
- Brassiolo M, C Gómez, S Kees, A Guzman. 2009. Comparación de dos métodos e intensidad de corta en un bosque alto del Chaco húmedo. Poster presentado en el XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires. Argentina
- Camacho M, B Finegan, L Orozco. 1999. Dinámica de la estructura y del crecimiento de bosques húmedos tropicales del noroeste de Costa Rica: Primera década de investigación. In Taller La dinámica de los bosques en Costa Rica y sus implicaciones en el manejo forestal. Cartago, CR, ITCR. 8 p.
- Carvajal-Vanegas D, J Calvo-Alvarado. 2013. Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 10(25): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.18845/rfink.v10i25.1371>
- Cid Lendinez D, MC Iturre, PA Araujo, C Gonzales García. 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* 21(2): 115-120. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/v21n2/v21n2a06.pdf>

- Dauber E, TS Fredericksen, M Peña. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214: 294-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.04.019>
- Di Rienzo JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada M, CW Robledo. 2020. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 17 de enero de 2025. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Donoso P. 2013. Necesidades, opciones y futuro del manejo multietápico en el centro-sur de Chile. In Donoso P, A Promis. Silvicultura en bosques nativos, avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. Editorial Marisa Cuneo. Valdivia, Chile. 55-85 p. Consultado el 12 septiembre de 2024. Disponible en: https://investigacion.conaf.cl/archivos/repositorio_documento/2018/12/034_2011-LIBRO_-CAPITULO.pdf
- Finegan B. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. CATIE, Turrialba. 170 p.
- Gómez C, S Kees. 2005. Estructura y Composición florística de un Bosque alto explotado del Chaco oriental. *Idia XXI* N° 8 - Julio de 2005 – Forestales – INTA publicaciones nacionales. p. 29-32.
- Gómez C, S Kees. 2009. Comportamiento de heliófitas y sombrívoras en el desarrollo sucesional del bosque del Chaco húmedo. El Chaco sin bosques: La Pampa o el desierto del futuro. Morello J, AF Rodríguez eds. Universidad de Buenos aires. GEPAMA – UNESCO. p. 93-107.
- Gómez C, M Brassiolo, S Kees. 2005. Respuesta de un Bosque nativo del Chaco oriental a tres intensidades de raleo. En CD Actas 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Velatorios, Trabajos voluntarios y conferencias especiales. ISSN 1669-6786.
- Gómez C, M Brassiolo, S Kees, A Guzmán. 2012. Efectos de diferentes intensidades y métodos de corta sobre la regeneración natural en el bosque alto del Chaco húmedo. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* 20: 60-67. Consultado el 12 de septiembre de 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48126071006>
- Gulke M, M Brassiolo, G Soto, F Lannes, K Obst, J Michela. 2007. Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la provincia del Chaco. Resistencia, Argentina. Ministerio de Producción, provincia del Chaco. 216 p. Consultado 21 de abril de 2025. Disponible en: https://drive.google.com/open?id=19O4Wv7DvSlxMYDRiOvCSWi6PVfO_jgl
- Gulke M. 1994. Propuesta de manejo silvopastoril en el Chaco Salteño. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* 2: 5-13. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/q2_01.pdf
- Hampel H. 2000. Investigación de los Bosques Tropicales. Conjunto de artículos. In Deutsche Gesellschaft F. Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Alemania. N° serie: TÖB FTWF 15s. 66 p.
- Hibbs DE. 1983. Forty years of forest succession in central New England. *Ecology* 64: 1394-1401. Consultado el 08 de junio de 2024. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1937493?origin=JSTOR-pdf>
- Humano CA, JM Cellini. Director. 2013. Modelado de la dinámica y producción forestal de la selva pedemontana de Yungas, Argentina. Tesis de Maestría. 143 p. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013humanocristianariel.pdf>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2006. Serie estadística 2005. 15 p.
- Iturre MC, PA Araujo, MP Rueda, CV Rueda, MG Pece. 2020. Reclutamiento y mortalidad de las principales especies arbóreas del Chaco Semiárido, Argentina. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* 28 (2): 134-144. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v28n2a05.pdf>
- Kees S, M Brassiolo, C Gómez, G Merletti. 2018. Efectos de la corta sobre el bosque alto del Chaco húmedo. Simposio “Silvicultura y conservación de los bosques nativos en Argentina: De la teoría a la práctica en el marco socio-político de los últimos 15 años”. XXVIII Reunión Argentina de Ecología. 16 p. consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: <http://www.iimyc.gob.ar/rae2018/wp-content/uploads/2018/libro/libro.pdf>
- Kees S, M Brassiolo, P Peri. 2024. Incidencia de la corta sobre la dinámica de un bosque alto abierto del Chaco húmedo. Actas de las XXXVIII Jornadas forestales de Entre Ríos. Octubre 2024. p. 133 - 137. Consultado el 21 de abril de 2025. Disponible en: https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2024/post_Kees-et-al_Dinamica-de-bosque-alto.pdf
- Korning J, H Balslev. 1994. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 10(2): 151-166. DOI: <https://doi.org/10.1017/S026646740000780X>
- Lamprecht H. 1986. Waldbau in den Tropen. Paul Parey. Hamburg und Berlin, 318 p.
- Ledesma L. 1992. Carta de suelos de los campos anexo Lote V y Estación Forestal Plaza. INTA EEA Sáenz Peña. 90 p.
- Londoño AC, EM Jiménez. 1999. Efecto del tiempo entre los censos sobre la estimación de las tasas anuales de mortalidad y de reclutamiento de árboles (períodos de 1, 4 y 5 años). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 14(1): 41-58. Consultado el 08 de junio de 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/113/11314103.pdf>
- Louman B, J Valerio, W Jiménez. 2001. “Sistemas Silviculturales”. In Louman B, D Quirós, M Nilsson eds. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Catie. Costa Rica. 265 p. Consultado el 01 de abril de 2021. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3971>
- Louman B, F Carrera, R de Camino. 2004. Planificación del manejo diversificado. In Orozco Vilchez L. ed. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Serie Técnica. Manual Técnico N° 56. p. 99-145. Consultado el 01 de abril de 2021. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Planificaci%C3%B3n%20del%20manejo%20diversificado%20de%20bosques.pdf
- McCune B, Cottam G. 1985. The successional status of a southern Wisconsin oak woods. *Ecology* 66: 1270-1278. DOI: <https://doi.org/10.2307/1939180>
- Melo O, R Vargas. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Carder. Corpocaldas, Cortolima. 235 p. ISBN: 956-9243-03-07
- Meza V, F Mora, E Chaves, W Fonseca. 2002. Crecimiento y edad del bosque natural con y sin manejo en el Trópico

- Húmedo de Costa Rica. XII Congreso Forestal Mundial: memorias voluntarias. Consultado el 10 de mayo de 2024. Disponible en: <https://www.fao.org/4/xii/0063-b4.htm>
- Montero-Flores W, EJ Hernández-Ruz, GG Alves-Santos, I Souza-Miranda, H Sánchez-Torruño. 2020. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque con manejo de impacto reducido en la región oriental de la Amazonia brasileña. *Revista mexicana de biodiversidad* 91: e913053. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3053>
- Nyland RD. 2016. *Silviculture: Concepts and Applications*, Waveland Press, Long Grove. 680 p.
- Oyarzabal M, J Clavijo, L Oakley, F Biganzoli, P Tognetti, I Barberis, HM Maturo, R Aragón, PI Campanello, D Prado, M Oesterheld, RJ León. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral* 28(1): 40–63. DOI: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>
- Pawlowski GW, R Mariaca. 2007. Estructura, composición y dinámica del bosque seco chiquitano. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) y Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED). San Ignacio de Velasco, Bolivia. 50 p. Consultado el 12 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.bivica.org/files/bosque-chiquitano.pdf>
- Peri P, L Galetto, P Villagra, N Politi, P Campanello, M Amoroso, M Sarmiento, D Lopez, M Easdale, T Slichter, L Chauchard, S Fermani, G Martínez Pastur. 2021. Recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina. In Peri PL, G Martínez Pastur, T Schlichter eds. *Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. ISBN 978-987-46815-4-6.
- Pinazo MA, NI Gasparri. 2003. Cambios estructurales causados por el aprovechamiento selectivo en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. *Ecología Austral* 13(2): 160-172. Consultado el 23 de abril de 2024. Disponible en: https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1529
- Quesada-Monge R, LG Acosta-Vargas, M Garro-Chavarría, M Castillo-Ugalde. 2012. Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha* 25(5): 55-66. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v25i5.474>
- Quirós MD. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman B, Quirós D, Nilsson M. eds. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CR, CATIE. Serie Técnica. Manual técnico N° 46. p. 131-153. Consultado el 01 de abril de 2021. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3971>
- Ramírez Angulo HC, A Torres Lezama, P Serrano, C Julio. 2002. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela. *Ecotrópicos* 15(2): 177-184. Consultado el 12 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Ramirez-et-al-2003.pdf>
- Rey B. 1997. Consideración de la dinámica forestal en el marco de la gestión multifuncional de los espacios arbolados. Volumen 2 tema 7. XI Congreso Forestal Mundial. Antalya, Turquía. p. 45-52.
- Sarmiento M, M Brassiolo, MG Senilliani, C Kunst, M Navall, S Kees, C Gómez, D López, C Carranza, F Alaggia, L Galetto, C Torres, W Cassino, L Carignano, P D'Angelo. 2021. *Parque Chaqueño. Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. PL Peri, G Martínez Pastur, T Schlichter eds. ISBN 978-987-46815-4-6
- Silva de Lucena M, A Rocha Alves, I Alves Bakke. 2018. Parámetros estructurales de la vegetación arbóreo-arbustiva del bioma Caatinga sometida a sistemas silviculturales en la región semiárida de Brasil. *Bosque* 39(3): 385-395. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300385>
- Smithers LA. 1949. The Dwight co-frequency principle in diameter growth analysis. *Journal Silviculture Research Note* 91: 24-31
- Trigueros Bañuelos AG, R Villavicencio García, AL Santiago Pérez. 2014. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales* 5(24): 160-183. DOI: <http://dx.doi.org/10.29298/rmcf.v5i24.327>
- Uslar YV, B Mostacedo, M Saldías. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 39(1): 25-43. Consultado el 27 mar 2025. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282004000700003&lng=es&tlng=es
- Valentini J. 1978. Tratamiento silvicultural de los bosques naturales. Curso de perfeccionamiento profesional. Tomo I. p. 179-218.
- Vallejo M, A Londoño, R López, G Galeano, E Alvarez, W Devia. 2005. Métodos para estudios ecológicos a largo plazo: Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá DC, Colombia. 310 p.
- Veblen TT. 1992. Regeneration dynamics. In DCG Lewin, RK Peet, TT Veblen eds. *Plants succession. Theory and Prediction*. Chapman & Hall London. p. 152-187.
- Weaver PL. 1979. The growth in several tropical forest of Puerto Rico. *United States Service Research Paper SO*. 152: 47-54
- Wenzel M, H Hampel. 1998. Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco húmedo argentino. *Quebracho Revista de Ciencias Forestales* 6: 5-18. Consultado el 27 de marzo de 2025. Disponible en: https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/q6_01.pdf

Recibido: 11.08.2024

Aceptado: 27.02.2025