



**UNSE**

Universidad Nacional  
de Santiago del Estero

# Efecto de la corta sobre la estructura y diversidad forestal de un bosque del Chaco Húmedo



**Sebastián Miguel Kees**

TESIS DOCTORAL

Facultad de Ciencias Forestales

Santiago del Estero, Argentina  
2025



Kees, Sebastián Miguel

Efecto de la corta sobre la estructura y diversidad forestal de un bosque del Chaco Húmedo : tesis doctoral Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Santiago del Estero / Sebastián Miguel Kees. - 1a ed. - Santiago del Estero : Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE. Facultad de Ciencias Forestales, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8922-57-7

1. Recursos Forestales. 2. Silvicultura. 3. Bosques Nativos. I. Título.  
CDD 511.52



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO  
Facultad de Ciencias Forestales



# **Efecto de la corta sobre la estructura y diversidad forestal de un bosque del Chaco Húmedo**

TESIS  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS FORESTALES

POR

**Sebastián Miguel Kees**

Ingeniero Forestal - Universidad Nacional de Formosa - 2014

Director de tesis: **Dr. Miguel Brassiolo**  
Codirector: **Dr. Luis Pablo Peri**

Santiago del Estero, Argentina.  
Año 2025



UNSE  
Universidad Nacional  
de Santiago del Estero

### TÉRMINO DE APROBACIÓN TESIS DOCTORAL

En la ciudad de Santiago de Estero, a los 5 días del mes de mayo de 2025, siendo las 10:00 horas, se reúne en forma híbrida, mediante el uso de medios tecnológicos sincrónicos, el Tribunal de Tesis, constituido por los profesores: Dr. José O. Bava (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagonico-CIEFAP; Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - UNPSJB - Esquel. Chubut); Dr. Víctor Pérez (Facultad de Recursos Naturales - Universidad Nacional de Formosa- UNaF); y Dr. Adrián G. Bender (Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral-UNL), para evaluar la Tesis Doctoral del Ing. Sebastián Miguel Kees, DNI N° 27.991.209, en la Defensa convocada mediante Resolución FCF N° 130/2025.

La Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias y Tecnologías Forestales se denomina "Efecto de la corta sobre la estructura y diversidad forestal de un bosque del chaco húmedo", y fue dirigida por el Dr. Miguel Brassiolo (UNSE) y codirigida por el Dr. Pablo Peri (UNPA).

Después de evaluar la Tesis e interrogar al doctorando, el Jurado deliberó por la aprobación, con la calificación: 10 (diez).

#### JURADO DE TESIS

Dr. José O. Bava  
UNPAT

Dr. Víctor Pérez  
UNaF

Dr. Ing. Agr. Adrián Gabriel Bender  
UNL

María G. Senilliani  
SECRETARÍA DE POSGRADO  
FCF - UNSE



*A mis afectos y maestros....*

*A mis padres María y José*

*A Lorena, mi compañera*

*A mis hijos, Martín y Mariano*

*Francisco y Luna*

*A los amigos y colegas, caminantes.... Coincidentes*

*A los que estuvieron, a los que vendrán, a mis ancestros.*

## AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, a las instituciones que permitieron poder transitar este proceso, por un lado, el INTA que me brindó un lugar físico y personal de trabajo junto con la financiación de la carrera y por el otro la Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE, que me acercó a profesores, guías, colegas, compañeros y brindó lo necesario para que pudiera seguir aprendiendo y desarrollándome, como persona y como profesional, a las secretarías del Posgrado, Vanina y Viviana por el aliento constante y la resolución de innumerables situaciones presentadas durante el transcurso de la carrera.

Agradezco la guía constante y el desafío continuo de mis directores Miguel Brassiolo y Pablo Peri, quienes han colaborado no solo en la redacción del documento sino en todo el cursado de la carrera, la ayuda incondicional en la toma de datos del personal técnico y de apoyo del Campo Anexo Estación Forestal Plaza, José Vargas, Juan José Joos y Mariano Vera. Asimismo, también a quienes con mucha paciencia, claridad y predisposición me ayudaron con los análisis estadísticos Santiago Toledo y Valeria Borelli. A los evaluadores, que facilitaron el proceso de mejora del trabajo, animándome a profundizar más.

A Dios, que me ha guiado y sostenido en todo el trayecto desandado, que tiene un plan perfecto que merece ser vivido.

A todos, de corazón, ¡GRACIAS!

## INDICE GENERAL

### Contenido

<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2.3. HIPÓTESIS DE TRABAJO	11
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
3.1. LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN	12
3.2. ESTRUCTURA HORIZONTAL	13
3.3. MORTALIDAD Y RECLUTAMIENTO	14
3.4. CRECIMIENTO E INCREMENTO	16
3.5. SISTEMAS SILVICULTURALES	17
3.6. TIEMPO DE TRÁNSITO, TIEMPO DE PASO Y CICLO DE CORTA	21
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
4.1. ÁREA DE ESTUDIO	23
4.1.1. Ubicación	23
4.1.2. Clima	25
4.1.3. Suelo	27
4.1.4. Vegetación	29
4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	30
4.3. METODOLOGÍA	33
4.3.1. Abundancia	33
4.3.2. Dominancia	33
4.3.3. Frecuencia	34
4.3.4. Índice de valor de importancia (IVI)	35
4.3.5. Distribución diamétrica	35
4.3.6. Mortalidad y reclutamiento	36
4.3.7. Índices de biodiversidad y análisis florístico	37
4.3.7.1. Cociente de mixtura o mezcla	38
4.3.7.2. El índice de Shannon – Wiener	38
4.3.7.3. El índice de dominancia de Simpson	39
4.3.7.4. Riqueza de especies	39
4.3.8. Modelado del crecimiento en diámetro	39

<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION:</b>	<b>41</b>
5.1.	ESTRUCTURA HORIZONTAL	41
5.1.1.	Abundancia	45
5.1.2.	Dominancia	47
5.1.3.	Frecuencia	49
5.1.4.	Índice de valor de importancia	51
5.1.5.	Distribuciones diamétricas	55
5.2.	MORTALIDAD Y RECLUTAMIENTO	65
5.2.1.	Mortalidad	65
5.2.2.	Reclutamiento	69
5.2.3.	Relaciones entre reclutamiento y mortalidad	74
5.3.	ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD	77
5.4.	INCREMENTO Y CICLO DE CORTA	84
5.4.1.	Variaciones en área basal	84
5.4.2.	Modelado de incremento diamétrico y su aplicación para el manejo	88
6.	CONCLUSIONES	99
7.	APLICACIÓN PRACTICA Y LINEAMIENTOS FUTUROS	101
8.	BIBLIOGRAFÍA	103
9.	ANEXOS	121

## INDICE DE TABLAS

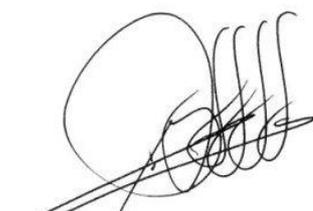
Tabla 1. Presencia de especies de valor comercial	8
Tabla 2. Listado de especies censadas y su interés comercial durante el periodo.	42
Tabla 3. Densidad y área basal por clase diamétrica de las áreas con y sin intervención para los años 2.003, 2.004 y 2.022.	43
Tabla 4. Abundancia relativa de las especies del bosque según tratamiento.	45
Tabla 5. Dominancia absoluta de las especies del bosque según tratamiento.	47
Tabla 6. Frecuencia relativa de las especies según tratamiento.	49
Tabla 7. Índice de Valor de Importancia de las especies según tratamiento.	51
Tabla 8. Índice de Valor de Importancia de las especies según intervención.	53
Tabla 9. Frecuencias por clase diamétrica para cada tratamiento y año de medición.	55
Tabla 10. Frecuencias por clase diamétrica, temperamento, tratamiento y año.	56
Tabla 11. Listado de especies de interés comercial relevadas para el análisis de mortalidad	65
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de la tasa de mortalidad de especies comerciales	66
Tabla 13. Análisis de la Varianza de la TMC para tratamientos probados	68
Tabla 14. Medidas de dispersión y tendencia central de la tasa de reclutamiento según método e intensidad.	69
Tabla 15. Especies reclutadas durante el periodo según familias botánicas.	70
Tabla 16. Análisis de la Varianza de dos métodos de raleo y tres intensidades de corta de la Tasa anual de reclutamiento de especies de interés comercial.	72
Tabla 17. Resumen estadístico de Índices de biodiversidad.	78
Tabla 18. Análisis de la Varianza de los índices según método intensidad y años de relevamiento.	80
Tabla 19. Área basal y su variación para el periodo según tratamiento.	84
Tabla 20. Análisis de varianza de la variación del área basal según tratamientos para el periodo 2.004 - 2.022.	87
Tabla 21. Incrementos diamétricos de las especies de interés comercial según tratamiento y clase diamétrica.	88
Tabla 22. Valores de IPA según clase diamétrica de las especies de interés comercial.	92
Tabla 23. Valores de IPA por clases diamétricas y método.	93
Tabla 24. Modelos de IPA de especies comerciales en rodales manejados según método.	94
Tabla 25. Incrementos y Tiempo de Transito según clases diamétricas.	96

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del departamento Presidencia de la Plaza.....</i>	24
<i>Figura 2. Ubicación del predio sobre imagen satelital.....</i>	24
<i>Figura 3. Ubicación del ensayo dentro de la Estación Forestal Plaza.....</i>	25
<i>Figura 4. Precipitaciones anuales Estación Forestal Plaza – periodo 1997/2015.....</i>	26
<i>Figura 5. Mapa Taxonómico de suelos del Campo Anexo estación Forestal Plaza.....</i>	28
<i>Figura 6. Mapa de Clases de Capacidad de Uso de los suelos del Campo Anexo estación Forestal Plaza.....</i>	28
<i>Figura 7. Dinámica de la vegetación en el Chaco Húmedo. Hampel (1997).....</i>	30
<i>Figura 8. Croquis del diseño experimental de parcelas divididas con diferente intensidad y tipo de raleo para un bosque alto abierto del Chaco húmedo.....</i>	31
<i>Figura 9. a) b) y c). Vistas parciales de parcelas del ensayo de raleo.....</i>	32
<i>Figura 10. Distribuciones diamétricas de las parcelas intervenidas por tratamiento y temperamento.....</i>	60
<i>Figura 11. Distribuciones diamétricas de los métodos de selección.....</i>	62
<i>Figura 12. Distribución diamétrica de las parcelas sin intervención para el año 2.003 y 2.022.....</i>	63
<i>Figura 13. A) y B) ejemplares de árboles muertos en parcelas testigo.....</i>	67
<i>Figura 14. Comparación de medias de TMC según tratamientos e intensidad de corta.....</i>	68
<i>Figura 15. Participación porcentual de reclutas de especies de interés comercial según método e intensidad de corta.....</i>	71
<i>Figura 16. A) y B) ejemplares de reclutas en parcelas intervenidas.....</i>	72
<i>Figura 17. Comparación de medias de TRC según método e intensidad de corta.....</i>	73
<i>Figura 18. ACP para el método MAF.....</i>	75
<i>Figura 19. ACP para el método MM.....</i>	75
<i>Figura 20. Relación entre tasa de mortalidad y tasa de reclutamiento de especies comerciales....</i>	76
<i>Figura 21. Comparación de medias según método e intensidad de corta para el índice de Shannon Wiener.....</i>	81
<i>Figura 22. Comparación de medias según método e intensidad de corta para el índice de Simpson.....</i>	82
<i>Figura 23. Distribución del número de especies por tratamiento y año.....</i>	83
<i>Figura 24. Relación entre variación del área basal en el periodo 2.004 a 2.022 y las tasas de Reclutamiento y Mortalidad de especies comerciales.....</i>	86
<i>Figura 25. a) y b) Ejemplares de especies arbóreas de temperamento delicado en parcelas intervenidas.....</i>	92
<i>Figura 26. Grafica de los modelos seleccionados de Incremento diamétrico para las especies de interés comercial según método.....</i>	95
<i>Figura 27. Tiempos de tránsito (TT) calculados e incrementos diamétricos estimados según método de selección.....</i>	97

## DECLARACION

“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en esta u otra institución”.



Sebastián Miguel Kees

## Efecto de la corta sobre la estructura y diversidad forestal de un bosque del Chaco Húmedo

### RESUMEN

En la provincia del Chaco, existen estudios relativos a la dinámica en el paisaje de la sucesión natural, propuestas de manejo de bosques que permitieron iniciar el desarrollo de la silvicultura de bosques nativos en la región chaqueña con base en experiencias analizadas durante cortos periodos de tiempo. Muchas de estas propuestas tienen una fuerte base teórica, apoyada en análisis de la estructura del bosque y prácticas de otras regiones, mientras que otras presentan resultados iniciales o preliminares; que deben ser validadas mediante ensayos de larga duración que aporten conocimiento sólido para formulación de pautas silviculturales. El presente estudio, busca conocer la respuesta del bosque ante diferentes intervenciones silviculturales después de 19 años de efectuada la corta en términos de la composición específica y sus variaciones; la mortalidad y el reclutamiento de ejemplares arbóreos y su crecimiento. En una superficie de bosque de 5,4 hectáreas se combinaron dos métodos de corta (método de la masa y método de árbol futuro) y dos intensidades de raleo (20% y 33%) en un diseño experimental de parcela dividida completamente aleatorizada y 4 repeticiones. Se censaron todos los árboles vivos presentes con DAP mayor a 10 cm en 3 oportunidades, se analizó la estructura horizontal (abundancia, frecuencia, dominancia, distribuciones diamétricas e índice de valor de importancia) y la biodiversidad forestal mediante los índices de Shannon Wiener, Simpson, el Cociente de Mixtura y la Riqueza específica para diferentes momentos respecto a la corta. Se determinaron las tasas de mortalidad, reclutamiento y el crecimiento diamétrico y basimétrico, para estimar la duración del ciclo de corta. Los resultados muestran que, por un lado, la corta se relaciona con bajas tasas de mortalidad y altas tasas de reclutamiento, mientras que no genera modificaciones importantes en la estructura horizontal del bosque y por el otro, hay mejoras en términos de biodiversidad forestal para intensidades de corta moderadas. Las especies esciófitas fueron las más favorecidas por la intervención. Teniendo en cuenta el crecimiento de los árboles favorecidos, el MAF, ha presentado mejores resultados que el MM permitiendo proponer ciclos de corta cercanos a los 15 años. De este modo el MAF, permite acelerar el proceso de domesticación del bosque.

Palabras Clave: silvicultura – bosques nativos – Chaco húmedo – método.

## Effect of felling on the forest structure and diversity of a humid Chaco forest

### ABSTRACT

In the province of Chaco, there are studies related to the dynamics in the landscape of natural succession, forest management proposals that allowed the development of native forest silviculture to begin in the Chaco region based on experiences analyzed over short periods of time. Many of these proposals have a strong theoretical basis, supported by analysis of forest structure and practices from other regions, while others present initial or preliminary results; that must be validated through long-term tests that provide solid knowledge for the formulation of silvicultural guidelines. The present study seeks to know the response of the forest to different silvicultural interventions after 19 years of cutting in terms of the specific composition and its variations; mortality and recruitment of tree specimens and their growth. In a forest area of 5.4 hectares, two felling methods (mass method and future tree method) and two thinning intensities (20% and 33%) were combined in a completely randomized split plot experimental design. and 4 repetitions. All living trees present with DBH greater than 10 cm were censused on 3 occasions, the horizontal structure (abundance, frequency, dominance, diameter distributions and importance value index) and forest biodiversity were analyzed using the Shannon Wiener, Simpson, Mixture Quotient and Specific Wealth indices for different moments with respect to cutting. Mortality rates, recruitment and diametric and basimetric growth were determined to estimate the duration of the cutting cycle. The results show that, on the one hand, thinning is related to low mortality rates and high recruitment rates, while it does not generate important modifications in the horizontal structure of the forest and on the other, there are improvements in terms of forest biodiversity. for moderate cutting intensities. The sciophyte species were the most favored by the intervention. Considering the growth of the favored trees, the MAF has presented better results than the MM, allowing cutting cycles close to 15 years to be proposed. In this way, this method allows us to accelerate the process of domestication of the forest.

Keywords: silviculture – native forests – humid Chaco – method.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Justificación**

El gran Chaco Americano abarca más de 1.000.000 de km<sup>2</sup> de superficie, extendiéndose por los territorios de Argentina, Paraguay, Bolivia y Brasil. La Región Forestal Parque Chaqueño en Argentina se extiende en las provincias de Formosa, Chaco y Santiago del Estero, el este de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca y La Rioja, norte de San Luis, Córdoba y Santa Fe, y el noroeste de Corrientes. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (MAyDS, 2.020), esta región forestal equivale al territorio fitogeográfico descrito por Cabrera (1.971) como Provincia Chaqueña, y pertenece al dominio Chaqueño de la Región Neotropical.

Los resultados del 2º Inventario Nacional de Bosques Nativos (MAyDS, 2.020) arrojan una superficie estimada de bosques nativos para la región Parque Chaqueño de 31.945.135 hectáreas, que representa una 67% de los bosques nativos del país, donde las provincias de Chaco, Formosa, Salta y Santiago del Estero concentran el 65% de los bosques. En particular, en la provincia del Chaco existe una alta concentración de la superficie

forestal en la ecoregión semiárida con 3.244.866 de hectáreas, donde la cobertura forestal presenta continuidad; mientras que en la ecoregión húmeda, se observa una gran fragmentación de la cobertura forestal, abarcando, 1.794.234 hectáreas.

De acuerdo con un estudio realizado por la Red Agro Forestal Chaco Argentina (REDAF, 1.999) (citado por Gómez y Kees, 2.009), los bosques cumplen una función esencial de protección de otros recursos naturales como el suelo, protegiéndolos de la erosión y la flora y la fauna silvestre asociadas a la estructura boscosa. Un estudio de Caballero et al. (2.020) en el Chaco Húmedo paraguayo registró mediante muestreos con cámaras trampa alrededor de 15 especies de mamíferos y 20 de aves, entre ellas el maitú (*Crax fasciolata*), el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) y la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) que están globalmente amenazadas en diferentes grados; mientras que el portal [www.argentinat.org](http://www.argentinat.org) para esta región cita 1107 registros confirmados de especies de animales vertebrados e invertebrados; por otro lado el trabajo de Gustafson et al. (2.023), establece que entre los mamíferos más representativos de esta ecorregión se encuentra al carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), el loboipe (*Lontra longicaudis*) y al aguará guasú (*Chrysocyon brachyurus*).

El estado de los recursos naturales manifiesta tendencias preocupantes debido a las actuales políticas económicas, sociales y ambientales, vinculadas a áreas boscosas nativas. De acuerdo con la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (SAyDS, 2.005) para la Región del Parque Chaqueño los principales problemas son: aumento de áreas agrícolas en secano de medianas y grandes empresas con producción y tecnología tradicional en detrimento del bosque nativo y de relativo valor social y económico regional; importantes pérdidas de bosques y pastizales debido al mal manejo y altas frecuencias de incendios por la escasa prevención e inadecuadas prácticas de quema de pastizales. Esta situación es concordante con algunos de los escenarios prospectivos analizados recientemente por Mosciaro et al. (2.022), quienes encontraron que la magnitud de los cambios en el uso de la tierra en el Gran Chaco es variable según la prospección geopolítica, con patrones espaciales comunes de cambio en las áreas adyacentes a las zonas previamente deforestadas. Además, el inadecuado manejo del ganado aumenta aún más la degradación del bosque nativo, generando peladares y pérdida de la regeneración por el ramoneo de los renuevos por parte de los animales (Gómez y Kees, 2.009). Diferentes autores (Brown, 2.009; Martínez Pastur et al., 2.021a) señalan que la superficie boscosa en la Ar-

gentina sufre una continua disminución y degradación, debido a la expansión de la ganadería extensiva de monte, explotaciones forestales intensivas sin planificación y cambio de uso de la tierra para actividades productivas pecuarias y agrícolas.

En la provincia del Chaco, la superficie boscosa en relación con la superficie total provincial pasó del 82% en el año 1915 al 45% en el año 1986 (Hampel, 1.997). Según Bonfanti y Sanchez, (20.19), los motivos de degradación de la cubierta forestal fueron y siguen siendo variados y, a veces, concurrentes como las decisiones políticas para liberar tierras potencialmente cultivables, emplazar industrias, extender la ganadería, y acrecentar el valor inmobiliario de ciertas áreas, entre otros. Por otro lado, son los propios intereses particulares, corporativos o empresariales los que ejercen una presión directa sobre los recursos boscosos o sobre las autoridades gubernamentales para hacer uso del suelo con fines lucrativos o de subsistencia. Estos mismos autores, mencionan que el reemplazo de áreas forestales por áreas agropecuarias en la provincia de Chaco presentó su núcleo de avance en el área productiva de la dorsal agrícola chaqueña y se extendió luego hacia el sector oeste de la provincia hasta fusionarse con otros núcleos de avance en Santiago del Estero. En la actualidad los nuevos frentes de avance de la frontera agropecuaria indican una tendencia hacia el sector noroeste del territorio, en dirección a la provincia de Salta. Mónaco et al. (2.020) analizaron los cambios de superficie entre los años 2.010 y 2.017 de las categorías de uso del suelo en el Gran Chaco Argentino y entre las principales causales citan la expansión y diversificación de la empresa agropecuaria (principalmente la agricultura y ganadería intensiva y en menor medida la agricultura de subsistencia), los incendios, el sobrepastoreo, el desarrollo de infraestructura, la sobreexplotación de los recursos forestales, la deficiente aplicación de la legislación y la falta de controles. Además, los mismos autores determinaron que existe superficie de desmontes donde no se puede sostener una actividad agrícola en el tiempo, debido a la aplicación de prácticas agropecuarias no sostenibles, que por avanzar en áreas con limitantes naturales para ese uso (con mayores riesgos ante el contexto de cambio climático), no logran sostener el uso agropecuario en el tiempo, teniendo que abandonar tierras de cultivo y buscar nuevas áreas. En este sentido, citan valores de incorporación (desmontes) de 4,5 millones de hectáreas para la actividad agrícola y pecuaria y valores de abandono de tierras de cultivo del orden de 2,8 millones de hectáreas para dicho periodo.

Entre 2.007 (año de la promulgación de la ley 26.331) y junio de 2.017 se han desmontado aproximadamente en la provincia del Chaco un total de 349.091 hectáreas (RE-

DAF, 2.018). Según datos del Departamento de Geo información de la Dirección de Bosques de la provincia del Chaco (2.017, 2.018, 2.019a, 2.019b, 2.019c, 2.019d), se deforestaron más de 49.000 hectáreas en toda la provincia entre 2.017 y 2.019.

En el contexto de constante presión sobre los bosques nativos, adquiere gran importancia el manejo de bosques a perpetuidad, garantizando la provisión continua de servicios. Este manejo forestal, por lo tanto, debe estar fundamentado en pautas con base científicas sólidas y criterios silviculturales que permitan cumplir con objetivos de producción y conservación que a su vez sean compatibles y posibles.

Según Gadow et al. (2.013), el manejo de los bosques irregulares mediante criterios sostenibles próximos a la naturaleza y basados fundamentalmente en el mantenimiento permanente de una cubierta forestal, es una alternativa a los sistemas de manejo forestal de turno de corta que son aquellos que aplican ciclos repetitivos de silvicultura (plantación o regeneración natural, habitualmente claras u otros tratamientos de mejora, y una corta final) caracterizados por la existencia de una edad determinada de corta final o turno, y repitiéndose entonces el mismo esquema de forma sucesiva.

A medida que aumenta la importancia de los sistemas de manejo de los bosques nativos en muchas partes del mundo, se incrementa el interés en evaluar escenarios alternativos para ecosistemas de bosques irregulares mixtos con una base científica (Gadow et al., 2.007). En este sentido, los aprovechamientos deben seguir normas sencillas que aseguren una cantidad suficiente de bosque con interés económico para futuras cortas. Los aprovechamientos de bosques no sostenibles, basados solamente en intereses comerciales a corto plazo, provocan la degradación de los ecosistemas naturales y los sistemas socio-ecológicos.

Además, el manejo forestal del bosque nativo debe contemplar aspectos como el cambio climático. Barros Asenjo (2.011), presenta varias alternativas del concepto de cambio climático, entre las que se puede definir como una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, normalmente decenios o más. Martínez Pastur et al. (2.021b), explican que el cambio climático y las variaciones en el clima son factores de gran incidencia sobre el desarrollo de los diferentes ecosistemas a lo largo del tiempo, donde las tendencias indican un aumento

en la temperatura y cambios sustanciales en los patrones de precipitación. En este contexto, es necesario cambiar los paradigmas silvícolas, desde esquemas estáticos y poco plásticos hacia esquemas dinámicos que se adapten a estos cambios potenciales. Los silvicultores y los gestores responsables del manejo forestal consideran a los bosques nativos como sistemas estables en el tiempo, siendo las propuestas que se implementan poco flexibles ante los potenciales cambios que puedan ocurrir dentro del período de duración de uno o más turnos de corta (Martínez Pastur et al. 2.004). En este marco, Peri et al. (2.021a), entienden por silvicultura al cuidado de los bosques o montes y a las técnicas que se les aplican para obtener una producción continua y sostenible de los servicios demandados por la sociedad, cuyo objetivo es garantizar la persistencia y la mejora de la masa dándole continuidad en el tiempo, aumentando su calidad y asegurando su uso múltiple. Es decir, la silvicultura de los bosques nativos se puede definir como la práctica de controlar el establecimiento, el crecimiento, la composición, la sanidad y la calidad de los bosques naturales con objeto de responder a diversas necesidades y valores, mediante prácticas silvícolas para obtener bienes, madera, leña, frutos, calidad ambiental u otros servicios ecosistémicos que brinda el bosque, así como de conservación de la biodiversidad.

Según Martínez Pastur et al. (2.021b) es necesario pensar en una silvicultura de precisión adaptada a cada región, lo suficientemente plástica como para adaptarse a una gran amplitud de situaciones posibles en el corto y largo plazo, para formular recomendaciones de manejo y conservación a escala regional, provincial o zonal, en relación con los ecosistemas que la componen. Con relación a eso, también dejan establecido que no solo la cobertura de los bosques y los diferentes tipos forestales se modifican naturalmente, sino también la dinámica y el crecimiento son afectados por el cambio climático, los que llevan a generar modificaciones en la estructura forestal de los bosques (p. ej. cambios en las tasas de crecimiento), composición florística y productividad primaria neta (PPN).

Por el otro lado, la capacidad de los ecosistemas forestales de almacenar dióxido de carbono, favorecen considerablemente a mitigar el cambio climático. Por lo tanto, es importante contar con estrategias que aumenten las posibilidades de adaptación de los bosques nativos bajo los impactos de diferentes esquemas de manejo silvícola donde la silvicultura promueva una mayor resiliencia de los rodales a estos cambios, adecuando la intensidad y tipos de tratamientos silvícolas de raleo o cosecha bajo esquemas de manejo irregular (Peri, 2.021).

Se debe resaltar que, en la provincia del Chaco, y particularmente en el Chaco Húmedo si bien hay estudios parciales, relativos a la dinámica en el paisaje de la sucesión natural, propuestas de manejo y estudios acerca de la respuesta de la regeneración natural a distintos tratamientos (Hampel, 2.000; Wenzel y Hampel, 1.998, Gómez et al., 2.012, Kees et al. 2.018 a, b) los mismos tienen como base temporal cortos periodos de tiempo. Por lo tanto, el presente estudio constituye el primero en el abordaje con enfoque experimental de los tratamientos silviculturales recomendados para los bosques nativos de la región con una base temporal similar a la duración de un ciclo de corta (19 años). Se debe destacar que el desarrollo de la silvicultura de bosques nativos en la región chaqueña aún está en fases iniciales y, si bien existen algunas propuestas técnicas destinadas a mejorar el manejo del bosque, algunas de ellas tienen un fuerte basamento teórico, apoyadas en análisis de la estructura del bosque y experiencias de otras regiones (Gulke et al. 2.007, Brassiolo y Abt, 2.013); por otra parte, otras propuestas presentan resultados iniciales o preliminares (Brassiolo et al. 2.009; Gómez et al. 2.012); no obstante, no existen estudios que evalúen el efecto del manejo sobre la estructura y crecimiento del bosque en tiempos compatibles con un ciclo de corta.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Según Peri et al. (2.021c), durante los últimos años los bosques nativos de Argentina aportaron alrededor de aproximadamente 3,75 millones de toneladas por año de materia prima principalmente de la región chaqueña (93%), donde en promedio el 65,5% de esta producción fue leña (para su uso como carbón o consumo directo), el 31,2% para rollizos, 1,8% para postes y 0,8% durmientes. Además, estos autores establecen que gran parte de estos bosques nativos tienen un uso ganadero con un escaso manejo y planificación silvo-pastoril como la ganadería a monte, que consiste simplemente en hacer pastar o ramonear los animales en el bosque nativo; constituyendo estas prácticas y su aplicación durante décadas, factores de alteración de la estructura del bosque por su efecto directo negativo sobre la regeneración, la calidad del suelo y el funcionamiento del ecosistema. Asimismo, Brassiolo y Abt (2.013), resaltan que esta situación toma relevancia en el Parque Chaqueño húmedo por la provisión de los servicios ecosistémicos, su alto valor de biodiversidad con una gran cantidad de especies endémicas y también por la fragilidad del ecosistema. Respecto al secuestro de carbono, destacan que estos bosques retienen más del 50% del

stock de carbono del contenido total de los bosques de Argentina considerando cuatro provincias (Salta, Santiago del Estero, Chaco y Formosa). Por otro lado, estos bosques reflejan su función estratégica en la mantención del balance hídrico, la calidad del agua y en la reducción del impacto de las inundaciones. Atendiendo a la función social, Brasiolo y Abt (2.013) resaltan que su impacto es mayor dado que en esta región vive el 10 % de la población nacional, de esta manera, la relación entre las comunidades locales campesinas e indígenas y el bosque cobra importancia, teniendo en cuenta que hay asociación entre los porcentajes más altos de población rural en el país con altos valores de índices de pobreza. Por lo tanto, para estas comunidades, los bosques son una importante fuente de materias primas, brindando madera, leña y carbón, así como múltiples frutos comestibles, fibras y productos medicinales y ganadería de subsistencia (Brasiolo y Abt, 2.013). La mezcla de especies forestales de alto valor comercial con otras de limitado o nulo valor es una característica típica de los bosques nativos de las regiones tropicales y subtropicales, sin embargo, esta situación se agravó en el parque Chaqueño por las prácticas de aprovechamiento no sostenibles implementadas.

Según Grulke et al. (2.007), la gran mayoría de las prácticas silviculturales en la provincia del Chaco son cortas que comienzan con las especies de mayor diámetro y valor tecnológico, que se repiten hasta agotar completamente las existencias maderables del bosque. Según lo informado por el Gobierno de la Provincia del Chaco (2.006) en el inventario forestal del año 2.005, la proporción y las especies de valor comercial en los bosques presentan valores bastante diferentes (**Tabla 1**).

Tabla 1. Presencia de especies de valor comercial

Clase de presencia de especies de valor comercial	Especies de alto valor comercial
Muy baja: presente en menos del 5% de las parcelas inventariadas	Mora amarilla ( <i>Maclura tinctoria</i> ), Urunday ( <i>Astronium balansae</i> ), Viraró ( <i>Pterogyne nitens</i> ), Ibirá pitá guazú ( <i>Peltophorum dubium</i> ).
Baja: presentes en 5 a 10% de las parcelas inventariadas	Lapacho negro ( <i>Handroanthus heptaphyllus</i> )
Media Baja: presentes en 10 a 20% de las parcelas inventariadas	Guayacán ( <i>Libidibia paraguariensis</i> ), Quebracho colorado chaqueño ( <i>Schinopsis balansae</i> ), Algarrobo blanco ( <i>Neltuma alba</i> ), y negro ( <i>Neltuma nigra</i> ), Palo santo ( <i>Gonopterodendron sarmiento</i> )
Media Alta: presentes en 20 a 40% de las parcelas inventariadas	Guayaibí ( <i>Cordia americana</i> ) e Itin o Carandá ( <i>Neltuma kuntzei</i> )
Alta: presentes en 40 a 60% de las parcelas inventariadas	Quebracho colorado santiagueño ( <i>Schinopsis lorentzii</i> )

Según Gómez y Kees (2.009), estos resultados muestran, por un lado, que las especies de alto valor comercial todavía están presentes en el bosque, y por otro, que la continua pérdida de superficie boscosa es una parte importante del proceso de degradación del recurso forestal, sobre todo para las especies componentes de los bosques del Chaco subhúmedo. Por ejemplo, para las especies Mora amarilla, Urunday, Viraró, Ibirá pitá guazú, Lapacho negro, Guayacán, Quebracho colorado chaqueño, Algarrobo blanco y negro que se encuentran en las clases de presencia muy baja, baja y media baja dadas por el inventario forestal de la provincia.

Tradicionalmente en la provincia de Chaco la normativa propuso como práctica silvicultural el manejo según diámetro mínimo de corta y si bien se establecía la posibilidad de realizar cortas intermedias basadas en la distribución ideal para bosques irregulares, estas cortas normalmente no se ejecutarían. Por lo tanto, bajo estas prácticas de aprovechamiento no estarían aseguradas las condiciones necesarias que garantizan la productividad futura del bosque, tal cual lo señalan Miller y Smith (1.993), Wadsworth (2.000) y Peri et al.

(2.021c), dado que no estaría protegido ni promocionado el desarrollo de los individuos inmaduros y tampoco se realizaría un buen control de la intensidad del aprovechamiento.

Por otro lado, en la legislación actual vigente, no existe una regulación sobre la intensidad de cortas lo cual permitiría que las cortas se puedan realizar con fuertes intensidades, provocando modificaciones de la estructura y composición del bosque por debajo de umbrales críticos, comprometiendo la provisión de los servicios ecosistémicos en el tiempo. En este sentido, Donoso (2.013) menciona tres condiciones necesarias o variables a manejar para lograr el rendimiento sostenido en la aplicación de cortas de entresaca: (i) diámetro mínimo de corta, (ii) el área basal residual o la intensidad de extracción y (iii) la estructura residual del bosque.

En la provincia del Chaco existen pocas experiencias locales e insuficiente conocimiento sobre un manejo racional y sustentable de bosques nativos chaqueños; especialmente en el Parque Chaqueño Húmedo.

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 de manejo forestal sustentable, proceso que conlleva mucho esfuerzo y tiempo. En consecuencia, Grulke et al. (2.007), han sugerido una serie de pautas aplicables para cambiar esta situación estableciendo límites a las intensidades de las cortas y proponiendo como alternativa silvicultural la implementación del Método del Árbol de Futura cosecha.

Posteriormente Brassiolo et al. (2.009), analizaron la respuesta del crecimiento del estrato superior del bosque alto con la aplicación de las diferentes propuestas de manejo existentes en el manual de buenas prácticas provincial, después de 5 años de realizada la corta, encontrando diferencias significativas en el crecimiento de los árboles de futura cosecha. Por otro lado, Gómez et al. (2.012) estudiaron la respuesta de la regeneración natural frente a estos sistemas, hallando respuesta diferencial en la aplicación de ambos sistemas de manejo.

Sin embargo, las nuevas propuestas de manejo deben ser analizadas tomando como base lo establecido en el espíritu de la Ley 26.331, la cual regula las actividades permitidas dentro de cada categoría de conservación de bosques. En tal sentido, además es importante tener en cuenta la composición florística, el crecimiento y la estructura, abarcando

periodos de tiempo similares a la duración de los ciclos de corta teóricos propuestos para bosques del Chaco Húmedo, que faciliten la implementación del sistema más apropiado a cada situación.

En resumen, las prácticas de aprovechamiento que se realizan en la actualidad son generalmente extractivas y degradan los bosques en términos estructurales y de biodiversidad. Es decir, el proceso de degradación del bosque nativo por sobre explotación genera una disminución de biodiversidad del ecosistema forestal y de su capacidad de brindar servicios ecosistémicos en el mediano plazo. Si bien hay propuestas de sistemas silviculturales con gran base teórica de intervención para los bosques del Parque chaqueño (Gulke et al., 2007 y Brassiolo y Abt, 2013), particularmente en el Chaco Húmedo, existen escasas experiencias de manejo sostenible del bosque en el Parque chaqueño húmedo con base científica, que deben ser validadas en periodos de tiempo de larga duración que aporten conocimiento para formulación de pautas silviculturales.

Para cubrir este vacío de información, la presente tesis, aporta información y conocimiento técnico, tanto para los tomadores de decisiones como para profesionales del sector forestal, a fin de facilitar tareas de formulación de pautas de manejo de los bosques, políticas de conservación y producción forestal encuadradas en el marco de la Ley 26.331, atendiendo a su rol económico, social y ambiental en el ámbito de la provincia de Chaco.

El presente estudio busca conocer la respuesta del bosque ante diferentes intervenciones silviculturales en términos de: (i) conocer la composición específica del bosque y sus variaciones como respuesta a la intervención silvicultural, (ii) evaluar la mortalidad y el reclutamiento de ejemplares arbóreos ( $DAP > 10$  cm) y su crecimiento como parámetros descriptores de la dinámica del bosque.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la respuesta de un bosque del Chaco húmedo a diferentes intervenciones silviculturales después de 19 años de efectuada una corta.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la influencia de la corta sobre los ingresos y mortalidad de árboles de especies forestales nativas de interés comercial.
- Cuantificar los efectos de la corta forestal sobre la composición florística y la participación de especies forestales nativas en los rodales intervenidos.
- Evaluar los efectos de los tratamientos silvícolas sobre el crecimiento diamétrico de las especies de interés comercial.

### **2.3. Hipótesis de trabajo**

Intervenciones silviculturales de baja intensidad permiten el aprovechamiento forestal sin afectar significativamente la estructura, composición florística y favorecen el crecimiento de la masa remanente en el bosque alto abierto del Chaco húmedo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. La estructura de la vegetación**

De acuerdo con Matteucci y Colma (1.982), la vegetación resulta de la interacción de factores ambientales, los disturbios y los individuos de distintas especies que cohabitan en un espacio. Estos factores que incluyen al clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, la acción antrópica y la interacción biótica, están inter e intra relacionados entre sí resultando en una interacción bidireccional entre el ambiente (y sus variaciones) y la vegetación, presentando diferente velocidad de cambio según proximidad a estados estables. La interacción de estos factores y sus variaciones intrínsecas, posibilitan el estudio sistemático de las comunidades vegetales, incluyendo los bosques, ya sea para determinar patrones espaciales horizontales y verticales de los individuos o las especies, como así también, detectar tendencias o variaciones de relaciones de similitud o disimilitud entre comunidades, o bien para establecer correlaciones o asociaciones entre patrones de comunidades, grupos de especies y variables ambientales. Esto permite formular hipótesis acerca de relaciones causales entre los factores ambientales y la respuesta de la vegetación, interactuando con factores antrópicos como las intervenciones silviculturales.

En este contexto, el concepto de estructura como uno de los caracteres de la vegetación, facilita el abordaje del estudio de comunidades boscosas. Acosta et al. (2.006) de-

finen el término estructura de un bosque como la organización que presentan sus componentes y la forma en que interactúan entre sí, incluyendo la distribución de los elementos (estructura) y los procesos. En este sentido, la estructura es la distribución de los individuos en términos de edad, tamaño, u otras características. Además, establecen que los elementos primarios de esta estructura son la forma de crecimiento, la estratificación y la cobertura.

Acosta et al. (2006), también destacan la importancia del estudio de la estructura como punto de partida para definición y evaluación de aplicación de pautas silviculturales ya que permite tener una idea del grado de uniformidad del bosque y prescribir el sistema silvicultural a aplicar; constituyendo una base para un manejo orientado a la calidad y continuidad de la producción. Conocer las características estructurales de un rodal, es decir, las especies que están presentes, cantidad, distribución, dimensiones, el proceso de regeneración y datos de producción permiten definir las técnicas silviculturales adecuadas, para un aprovechamiento forestal sostenible. También, estos autores, recomiendan además de un análisis fitosociológico y estudios de distribución diametral, análisis de conglomerados de parcelas, especies y asociación interespecífica.

El desconocimiento de la estructura del bosque y las leyes que rigen su dinámica poblacional dificultan los trabajos de manejo y conservación. Por esto, se hace necesario conocer más profundamente la ecología de las especies, su crecimiento y las necesidades de hábitat, entre otros, para poder determinar un método de manejo del bosque adecuado para cada situación (Scolforo, 1997).

### **3.2. Estructura horizontal**

El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente. Este aspecto puede ser determinado por los índices de densidad, dominancia y frecuencia. Para una determinación objetiva se necesitan mediciones y definir índices que expresen la cantidad de árboles, su tamaño y su distribución espacial (Acosta et al., 2006).

Diferentes autores (Lamprecht, 1964; Fournier, 1970; Mateucci y Colma, 1982; Scolforo, 1997) coinciden que los índices más utilizados en estudios fitosociológicos para el análisis de estructura horizontal son: densidad o abundancia; área basal o dominancia,

valor de cobertura, frecuencia, homogeneidad e índice de valor de importancia (IVI) junto a la distribución diamétrica. Para el análisis de la biodiversidad y composición florística se utilizan el cociente de mixtura (CM), e índices como el de Shannon Wiener y Simpson (Acosta et al., 2.006). La distribución diamétrica es un factor importante para caracterizar las propiedades de un rodal. El diámetro generalmente está correlacionado con otras variables de interés como volumen, valor y tipificación de productos (Arce et al., 1.999). La cuantificación de la distribución diamétrica y su relación con el sitio, la composición del rodal, la edad y la densidad, son elementos valiosos tanto para fines económicos como biológicos (Bailey y Dell, 1.973).

Existen trabajos previos acerca de la diversidad florística y estructura de bosques del Chaco Húmedo, entre los que podemos citar los trabajos de Gómez y Kees (2005) que al estudiar un bosque primario, sobremaduro y con gran presencia de árboles muertos, encontraron 25 especies forestales correspondientes a 16 familias, con bajos valores de CM y los índices de Shannon – Wiener y Simpson en comparación con bosques tropicales y subtropicales, y un área basal de  $20,7 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y densidad de  $408 \text{ individuos} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Por otro lado, Ramírez (2.005), para un bosque del departamento San Martín (Chaco), relevaron 10 familias botánicas y 14 especies forestales, con un área basal de  $17,5 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  distribuida en  $261 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$ . En otro estudio de Gómez et al. (2.013), sobre un bosque secundario joven, en el Departamento Presidencia de la Plaza (Chaco), encontraron 14 especies forestales de 10 familias botánicas, con un área basal y la densidad de  $13,9 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $395 \text{ individuos} \cdot \text{ha}^{-1}$ , respectivamente, siendo las especies con mayores valores de IVI son las de temperamento medio y temperamento delicado o umbrofitas (esciófitas).

Existen otras experiencias de estudios de bosques de la zona (Hampel, 2.000; Pérez et al. 2.002) que presentan datos de algunos parámetros estructurales tales como densidad y área basal.

### **3.3. Mortalidad y reclutamiento**

Atendiendo a lo planteado por Carey et al. (1.994) y Valderrama (2.019), la mortalidad, sobrevivencia y reclutamiento de los árboles son factores claves que influyen en el dinamismo del bosque, constituyendo eventos que afectan la dinámica de la vegetación, las tasas de recambio de la biomasa. Además, influyen en el desarrollo de la masa forestal por ser determinantes de la cantidad de individuos y de la demografía arbórea (Aguilar y

Reynel, 2.011). Además, la mortalidad y reclutamiento producen cambios en la distribución diamétrica y en la distribución espacial de las especies (Iturre et al., 2.020).

Por un lado, según Londoño Vega y Jiménez (1.999) la mortalidad juega un papel importante en la regulación de la población en diferentes escalas de espacio y de tiempo como consecuencia de procesos endógenos y exógenos, variando en función de las condiciones del bosque. Por otro lado, el reclutamiento es una expresión de la capacidad del bosque para aumentar el número de individuos que se promueven desde la regeneración natural hasta alcanzar el diámetro mínimo inventariable. Junto a la producción y dispersión de semillas, el reclutamiento es un proceso que define la estructura y la dinámica de la población vegetal (Clark et al., 1.999; Nathan y Muller-Landau, 2.000).

El balance entre ambos procesos influye sobre la estructura de los bosques en términos de densidad, área basal y riqueza de especies, modificándolas con el transcurso del tiempo (Ramírez Angulo et al., 2.002; Uslar et al., 2.004). Según Moser (1.972), la mortalidad en rodales irregulares depende en gran medida de la estructura poblacional. Es decir, rodales con gran número de árboles pequeños y pocos árboles grandes tendrán tasas de mortalidad más altas que rodales con pocos árboles. Como los rodales disetáneos o irregulares se caracterizan por una disminución en el número de árboles a medida que aumentan los diámetros, se espera que la mortalidad sea más alta en las clases de diámetro inferiores. Carvalho (1.997) define el reclutamiento como la admisión de un individuo en una determinada población o comunidad. El reclutamiento (también denominado ingreso) es el proceso por el cual se incorporan plántulas que alcanzan o superan un tamaño umbral específico en un período determinado, como resultado de diferentes procesos como el establecimiento, el crecimiento y la mortalidad de las plántulas (Lexerød y Eid, 2.005). La muerte de un solo árbol, o de un grupo de árboles del dosel, libera espacio de crecimiento disponible y crea un claro (gap). Con el tiempo, este claro será ocupado nuevamente por el crecimiento lateral de los árboles circundantes, por una mayor regeneración o por nuevos reclutamientos (Oliver y Larson, 1.996). Debido a ello, Lewis et al. (2.004) y Mosquera et al. (2.009) añaden que los estudios de mortalidad y reclutamiento de los árboles tropicales son de gran importancia para definir estrategias de uso y conservación de los bosques.

### 3.4. Crecimiento e incremento

Según Thren (1.993) para poder comprender claramente el concepto de crecimiento del bosque se debe conocer primero el crecimiento de los árboles. De acuerdo con Louman et al. (2.001a), el crecimiento de un árbol es su aumento de tamaño en el tiempo y se lo puede expresar en términos de alguna variable que se pueda medir o estimar, ya sea el diámetro normal, altura, área basal, volumen o biomasa. La magnitud de este crecimiento, en un periodo de tiempo, es decir, un aumento específico en alguna medida, como el diámetro del tronco o el volumen de madera es lo que representa el incremento. Desde el punto de vista silvicultural, el crecimiento es el proceso principal que se pretende manejar respondiendo a una producción sostenible en el tiempo.

La evaluación del crecimiento arbóreo tiene gran relevancia para comprender la fisiología, ecología, ecofisiología, anatomía y longevidad de las especies, predeterminar las abundancias de las plantas en los ecosistemas, evaluar el requerimiento ambiental para su desarrollo, determinar las respuestas de los árboles frente a factores bióticos (fotosíntesis, asignación de carbono, patógenos, asociaciones micorrizales, estrés) y abióticos (radiación solar, temperatura, humedad, suelos, nutrientes), reconstruir la influencia del clima sobre el desarrollo de los árboles mediante anillos de crecimiento, mejorar procesos de manejo y aprovechamiento forestal, cuantificar el efecto de los tratamientos silviculturales, determinar la captura de carbono, definir la productividad primaria neta y el papel de los bosques en la mitigación del cambio climático global (Clark et al., 1.999, Melo y Vargas, 2.003, Rüger et al., 2.011; Baribault et al., 2.012, Quesada Monge et al., 2.012, Büntgen et al., 2.019). Desde el punto de vista silvicultural, y en concordancia con lo expresado por Quinto (2.020), el crecimiento de las plantas puede ser evaluado a nivel de población, especies, grupos ecológicos (pioneras y climácicas), tamaños, estadios de desarrollo, hábito de crecimiento, edades, comunidad, o tipo de bosque.

El estudio del crecimiento de los rodales forestales es básico y fundamental para la planificación del aprovechamiento y administración del recurso forestal de los bosques. En un bosque, el crecimiento está dado por la actividad de los árboles vivos. Sin embargo, la sumatoria de los crecimientos individuales no refleja directamente el crecimiento del rodal, por el hecho de que existen árboles que mueren, que son cortados y otros que ingresan en las clases diamétricas inferiores durante el período de tiempo considerado (Gauto et al. 1.996). El crecimiento de los árboles es considerado como el producto de dos fuerzas,

anabolismo y catabolismo (Melo y Vargas 2.003). La primera fuerza tiende a potenciar la construcción de tejidos y está dominado por procesos como la actividad fotosintética y absorción de nutrientes; mientras que la segunda, está representada por factores restrictivos del crecimiento, como la respiración vegetal, limitación de recursos, competencia, estrés, mecanismos autorregulatorios y envejecimiento (Melo y Vargas, 2.003; Lambers et al. 2.008). Debido a la interacción de estas fuerzas, el crecimiento presenta una amplia variación entre individuos de la misma especie, tamaños y sitios (Turner, 2.001).

Varios autores (Thren, 1.993; Louman et al., 2.001a; Gadow et al., 2.007) hacen referencia a que la gráfica del crecimiento en función del tiempo corresponde a una curva sigmoidea o en forma "S". Del análisis de dicha curva se pueden obtener las gráficas de los incrementos medios, periódicos o corrientes. Para el caso de bosques naturales o nativos, se suele utilizar el tamaño de los árboles como indicador del paso del tiempo. Algunos autores han estudiado el crecimiento de los bosques y sus especies en el Chaco Húmedo. Por ejemplo, Perez et al. (2.002), analizaron datos de crecimiento de varias especies, provenientes de parcelas de medición permanente de un bosque alto aprovechado que fueron relevados durante un periodo de ocho años. Los resultados les permitieron clasificar a las especies según el ritmo de crecimiento (crecimiento muy rápido, rápido, moderadamente rápido, lento y muy lento). En otros trabajos, Kees et al. (2.018a, b) presentaron resultados de estudios de crecimiento de un bosque alto en situación de manejo por un período de 13 años; los resultados permitieron determinar incrementos diamétricos y basimétricos por especies y clase diamétrica. Los resultados permitieron determinar incrementos diamétricos y basimétricos por especies y clase diamétrica.

### **3.5. Sistemas silviculturales**

De acuerdo con Louman et al. (2001b), un sistema silvicultural es una secuencia lógica de actividades que se realizan para mantener, remover o reemplazar productos forestales. Por ejemplo, para la producción de madera se efectúan tratamientos para favorecer a ciertos árboles y eliminar otros, de manera que se obtenga un bosque con mayor proporción de especies de interés comercial y más vigorosos. La clasificación de estos sistemas depende de varias características de los bosques a manejar entre las que se puede mencionar la composición florística, la estructura y la dinámica. Para Souza y Soares (2.013), los sistemas silviculturales son instrumentos necesarios para el manejo sostenible de los bosques y son definidos como herramientas orientadas a la realización del manejo

forestal, abarcando procesos de cosecha, tratamientos silviculturales aplicados al stock remanente, reducción de daños al sitio y mejora de la productividad del bosque, con la finalidad de garantizar producciones sostenibles de servicios proporcionados por los bosques. Según Brassiolo y Grulke (2015), un sistema silvicultural se puede definir como la estrategia para lograr el rodal objetivo a partir de una situación inicial, dependiendo del objetivo del manejo, el cual, puede estar relacionado no solo con el logro de productos forestales sino también con objetivos de conservación.

Según Nyland (2016), los sistemas silvícolas en bosque nativo deben elaborarse como respuesta a la necesidad práctica de equilibrar los requisitos comerciales, socioeconómicos, el entorno institucional, el marco normativo y aspectos ecológicos de forma técnicamente viable. Los sistemas silvícolas en los bosques naturales se pueden clasificar en sentido amplio en monocíclicos (“uniformes” o “regulares”) o policíclicos (“selectivos” o “irregulares”). Los sistemas monocíclicos conllevan el aprovechamiento de toda la madera comercializable en una única operación de corta, y la duración del turno es aproximadamente igual a la edad de rotación de las especies que se están extrayendo. Existen muchas variaciones de estos los sistemas monocíclicos y policíclicos, en función de las condiciones biológicas, ecológicas, económicas y administrativas, así como de las metas silvícolas. Por su lado, mientras los sistemas policíclicos se basan en las reservas existentes de plántulas, árboles jóvenes y latizales en el bosque para generar la siguiente cosecha aprovechable, los sistemas monocíclicos no utilizan por lo general las reservas existentes, sino las plántulas seleccionadas después de la corta para producir las próximas cosechas de árboles.

Según Louman et al. (2001b), el éxito de los sistemas monocíclicos depende del establecimiento de una nueva regeneración mediante la manipulación de la densidad del dosel superior. Dicho sistema es poco compatible con bosques compuestos por especies con producción irregular de semillas o de poca cantidad sumado a la presencia de malezas competidoras que aumentan los costos de instalación y mantenimiento de la regeneración natural. Generalmente estos sistemas son recomendados para bosques secundarios, menos diversos, puros o plantaciones, donde hay predominancia de una o pocas especies comerciales, es decir la composición específica es más homogénea, la producción de semillas es abundante y frecuente, las especies componentes son de crecimiento rápido y ciclo de vida relativamente corto.

Para el caso de los bosques del Parque Chaqueño, los sistemas silvícolas policíclicos son los más adecuados. De acuerdo con Louman et al. (2.001b), los sistemas policíclicos se pueden clasificar en:

- Sistemas de enriquecimiento, que manejan masa en pie y pretenden aumentar la proporción de especies comerciales.
- Sistemas de mejoramiento o refinamiento, que manejan también la masa en pie tendiendo a homogeneizar la composición florística.
- Sistemas de entresaca, que manejan la masa en pie, buscando favorecer el desarrollo de ejemplares selectos de especies comerciales deseables sin eliminar especies no deseables.

Los sistemas de entresaca también son conocidos como sistemas de selección. Se caracterizan por el aprovechamiento (o 'la selección') de unos pocos árboles en una unidad de bosque manejado, dejando la mayoría de los árboles inmaduros en pie. Después de un determinado tiempo, se aprovechan los árboles comerciales, mientras que tanto en los claros dejados por el aprovechamiento anterior como en el resto del bosque ya estará establecida la regeneración natural necesaria para cosechas futuras. Dado que los claros abiertos por el aprovechamiento de tan pocos árboles son pequeños, la silvicultura policíclica no cambia drásticamente la estructura de la vegetación y no deja expuestas grandes superficies de suelo.

Dentro de las clasificaciones existentes, Grulke et al. (2.007), sugieren para los bosques de la provincia del Chaco los sistemas silviculturales que podrían ser aplicados a bosques nativos, los mismos son:

- Sistemas de conversión: Basados en que la vegetación arbórea existente va siendo modificada paulatina y gradualmente en su composición y / o estructura (Lamprecht, 1.990). De este sistema de conversión generalmente surgen bosques irregulares, que se manejan de forma policíclica manteniendo la estructura heterogénea de bosques nativos.

- Sistemas de enriquecimiento: Basados en que la vegetación arbórea existente es mantenida y manejada, se le incorpora nuevas especies arbóreas mediante plantación.
- Sistemas silvopastoriles: Combinan el manejo de la producción ganadera con la producción de madera en la misma superficie.

En este contexto, diferentes autores han desarrollado una serie de propuestas de manejo para los bosques del Chaco húmedo. Por ejemplo Hampel (2.000), a partir de observaciones de la dinámica y estructura, propone para bosques dominados por especies heliófilas (bosques bajos, bosques en formación), fomentar la regeneración de estas a través de pequeñas aperturas (aclareos sucesivos fuertes, pequeñas talas rasas dejando semilleros de las heliófilas), en casos de bosques regulares o semiregulares se consideran favorables para un uso silvopastoril y para los bosques dominados por especies umbrófilas (bosques altos), considerando que la mayoría de las especies componentes son más competitivas que las heliófilas, es conveniente realizar entresacas leves para mejorar las condiciones de crecimiento para los árboles restantes de alta calidad. Por su parte, Wenzel y Hampel (1.998), con base en estudios de regeneración natural indican que es necesario evitar grandes aperturas de dosel porque existe gran competencia por plantas cicatrizantes (lianas y arbustivas). Además, debido al riesgo de incendios; es recomendable reducir el área basal y la cobertura de los árboles viejos sin abrir demasiado el estrato superior. Las intervenciones recomendadas son la aplicación de aclareo sucesivo con corta final muy lenta, o entresaca selectiva, con intensidades que permitan una reducción moderada del área basal y de la cobertura, en combinación con una corta de liberación para favorecer a los árboles prometedores. Asimismo, Gómez et al. (2.012), también a partir de estudios de regeneración recomiendan la liberación de árboles de futura cosecha con intensidades moderadas de extracción de área basal de hasta el 30%. Brassiolo et al. (2.009) también recomiendan aplicar el MAF, mediante liberación de árboles con intensidades en la corta leves a intermedias teniendo en cuenta la mortalidad post tratamiento y el crecimiento después de dos años de la corta en comparación con la utilización de diámetros mínimos de corta.

En general, los métodos de corta implementados en la provincia del Chaco y particularmente en el Chaco húmedo se corresponden con dos sistemas silviculturales propuestos por Grulke et al. (2.007), (i) el Método del Árbol Futuro el cual basa las intervenciones en

la liberación de los árboles jóvenes con mejor potencial para producir productos forestales de mayor valor y promoviendo su mejor desarrollo en primera instancia y finalmente los árboles que alcanzaron el tamaño de cosecha y (ii) el Método del Diámetro Mínimo de Corta, este último, se basa en la idea de que por medio de los aprovechamientos se produce la liberación de individuos oprimidos, por lo cual no es necesario realizar cortas selectivas y extrayendo solo los productos que han llegado a su madurez se logra la renovación del vuelo arbóreo. Para este método, los valores mínimos para cada ecorregión y especie se encuentran reglamentados por el decreto 1195/80 y sus modificatorias (decretos 896/92 y 2163/96).

Retomando el contexto y sosteniendo el marco legal establecido en la ley 26.331, gran parte de las pautas de manejo recomendadas por la mayoría de los autores para estos bosques fueron basadas en información preliminar o en experiencias con bosques de otras regiones.

### **3.6. Tiempo de tránsito, tiempo de paso y ciclo de corta**

En las masas irregulares (como la mayoría de los bosques del Parque Chaqueño), el ciclo de corta y el tipo de corta obedecen a criterios que consideran las dimensiones y calidad de los productos demandados por los mercados, el tipo de organización fijada como meta y el saneamiento de la masa residual. En este caso no hay una corta final ni turno de renovación, sino que se aprovecha solo una parte de la masa, reteniendo parte de la población para que complete su madurez, produzca semillas y conserve la estructura del bosque. El vuelo está siempre presente y el tiempo transcurrido entre cortas en un mismo rodal recibe el nombre de ciclo de corta (Hosokawa y Souza, 1989, citado por Araujo et al., 2006).

Según Araujo (1993), el estudio del crecimiento diamétrico permite analizar cómo ocurre el movimiento de los árboles a través de las sucesivas clases de diámetro y estimar el número de años necesarios para que los individuos que se encuentran en una clase de tamaño pasen a la siguiente. Tales estimaciones sirven para calcular el tiempo de tránsito y el ciclo de corta, determinación fundamental para la obtención de un rendimiento sostenido y para la organización de la masa forestal en el tiempo y en el espacio. En este contexto, el tiempo de tránsito es el número de años que se necesita para que todos los indi-

viduos de una clase diamétrica pasen a la siguiente, mientras que el ciclo de corta es equivalente al tiempo de tránsito de la clase diamétrica anterior a la de cortabilidad, constituyendo el tiempo que transcurre entre dos cortas sucesivas en un bosque.

Ambos conceptos se aplican en la metodología propuesta por Louman et al. (2.001b), para la determinación de la tasa de cosecha sostenible o intensidad de corta, con base en el crecimiento diamétrico y el diámetro mínimo de corta; no obstante, en esta propuesta es necesario incluir los raleos, que son intervenciones fundamentales y necesariamente deben ser incluidas en el manejo de bosque orientado por curvas de distribución ideal para asegurar la productividad futura del bosque. Esto nos permite establecer o calcular la tasa de cosecha sostenible o la intensidad de corta permisible para la gestión sostenible de los bosques naturales, y a la vez proyectar el volumen o área basal de la futura cosecha durante el siguiente ciclo de corta.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

#### 4.1.1. Ubicación

Este trabajo se realizó en un Bosque Alto Abierto situado dentro de la Estación Forestal Plaza a 59°46' O, 26°56' O; Campo Anexo de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Sáenz Peña, Chaco. La Estación Forestal Plaza se encuentra ubicada a 13 km al NE de la localidad de Presidencia De La Plaza. (**Figuras 1, 2 y 3**). El sitio se sitúa en la región Oriental de la Provincia de Chaco, a 100 km de Resistencia. Es necesario destacar, debido a las particularidades y las implicancias de los resultados de la presente tesis, que el bosque bajo estudio no se encuentra bajo situación de pastoreo o con presencia habitual de animales domésticos, salvo excepciones puntuales debido a cortes de alambrados perimetrales que eventualmente permitieron el ingreso de ganado bovino desde predios vecinos, es decir que su uso es solamente forestal y no agropecuario o ganadero. En este sentido tampoco ha sido objeto de aprovechamiento forestal en los últimos 60 años.

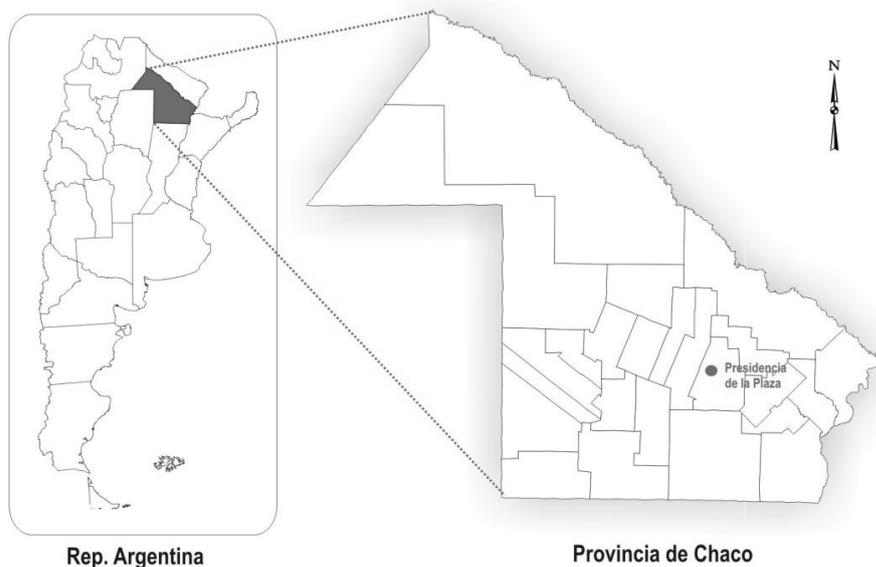


Figura 1. Ubicación del departamento Presidencia de la Plaza.

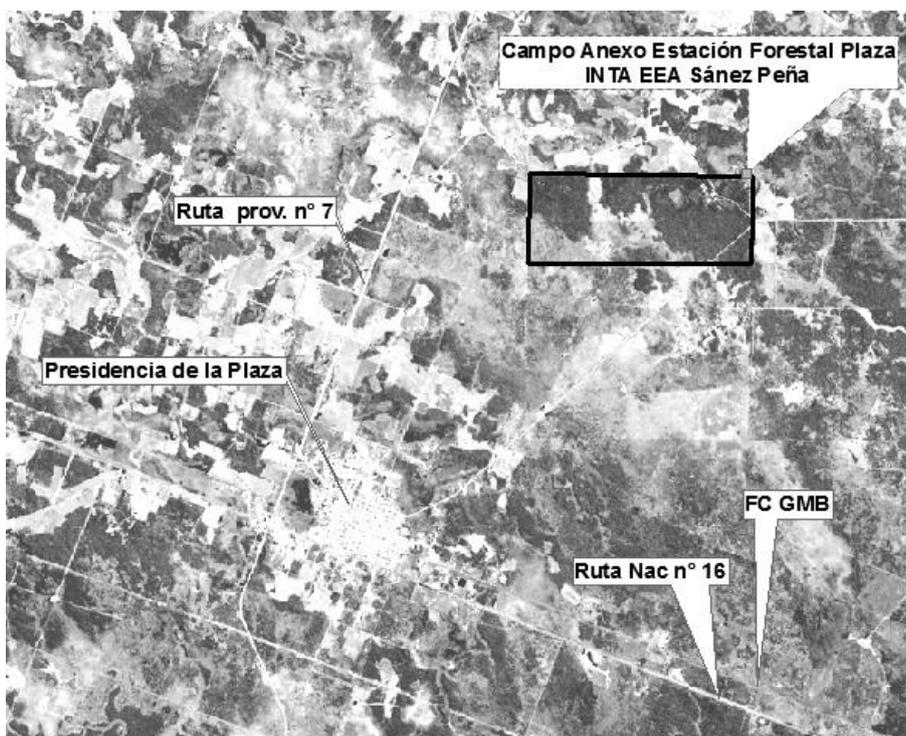
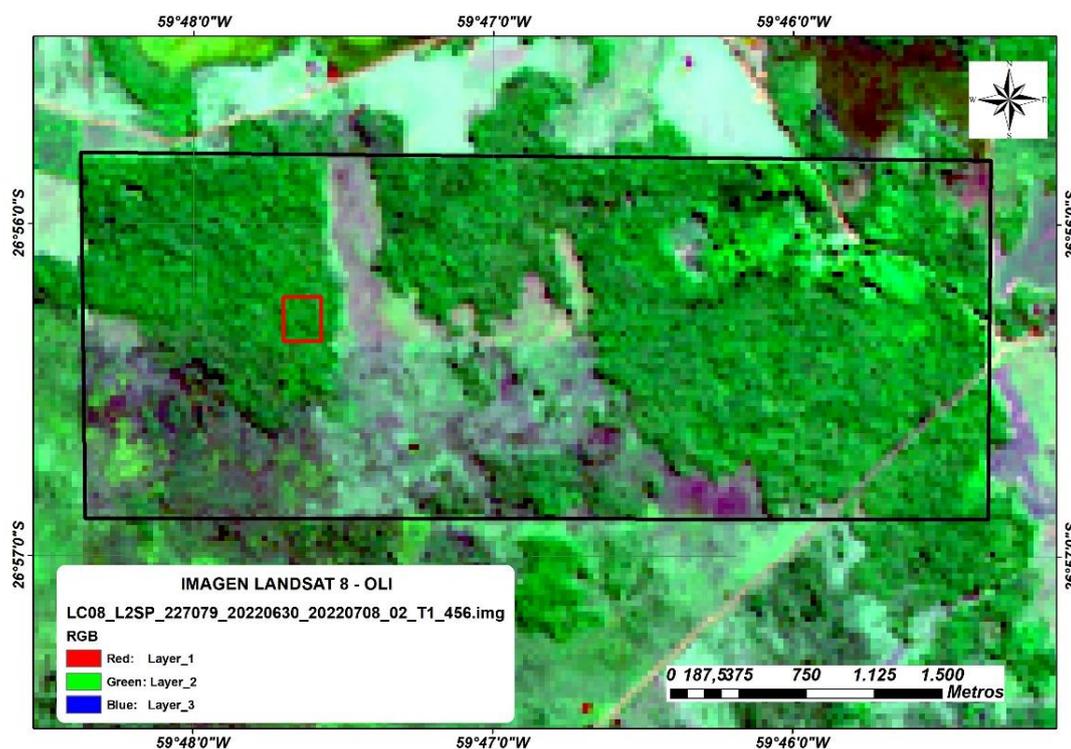


Figura 2. Ubicación del predio sobre imagen satelital.

A continuación, en la **Figura 3**, se presenta la ubicación del ensayo de raleo en 5,4ha de un bosque nativo instalado en el año 2.003 por la cátedra de Silvicultura de la UNSE y el INTA, el cual es objeto de la presente tesis.



**Figura 3.** Ubicación del ensayo dentro de la Estación Forestal Plaza.

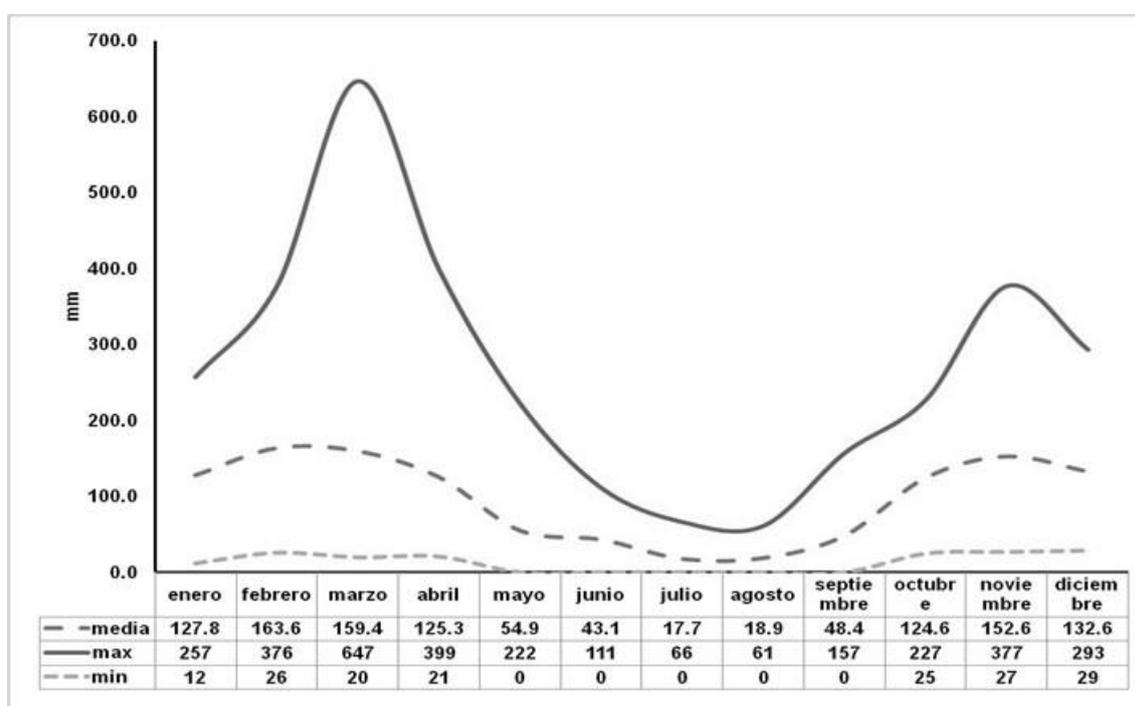
El rectángulo rojo indica la ubicación del ensayo y su extensión dentro del predio.

#### 4.1.2. Clima

El clima del Parque Chaqueño puede considerarse del tipo subtropical, con vientos húmedos provenientes del Océano Atlántico que determinan que el sector oriental reciba un nivel mayor de precipitaciones y, en consecuencia, que resulte más húmedo que la porción occidental, la que muestra una marcada estación seca en el invierno. Los niveles promedios de precipitaciones alcanzan los 1.300 mm anuales hacia el este, y 650 mm anuales hacia el oeste. El carácter desigual de las precipitaciones entre el Este y el Oeste permite dividir a la región en dos subregiones: el Parque Chaqueño Central, que se extiende al oeste del Chaco, desde los 60° LO, y el Parque Chaqueño Oriental que se extiende desde este meridiano hasta los ríos Paraguay y Paraná (Gobierno de la provincia del Chaco, 2.006).

El Departamento de Presidencia de la Plaza se encuentra dentro de la Región Sub - húmeda seca subtropical, (Parque Chaqueño Oriental), caracterizado por cambios estacionales de temperatura (Ledesma, 1.992). 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. La mínima absoluta se registró en el mes de julio, con una temperatura de - 5,6 °C. La media del mes más cálido (enero), es de 27,5 °C, con una máxima media de 36 °C, registrada en el mismo mes. La máxima absoluta, registrada también en el mes de enero, fue de 45,7 °C.

El periodo libre de heladas es de 320 a 350 días por año (INTA, 2006). El Departamento Plaza es atravesado por la isohieta de 1.000 mm. La distribución de las lluvias registradas en la Estación Forestal Plaza se muestra a continuación en la **Figura 4**, donde se puede observar que la precipitación anual se concentra en dos periodos definidos: principios de primavera fin de septiembre - octubre y mediados y fin de verano, marzo - abril. Olivares (2007) destaca que en general en ambos periodos se agrupa el 80-85 % del total anual de precipitaciones, quedando de esta manera el invierno como una estación seca.



**Figura 4.** Precipitaciones anuales Estación Forestal Plaza – periodo 1997/2015.

### 4.1.3. Suelo

En el área de estudio, las series de suelos presentes son:

- La serie **Martina – Mh**: es un Natrustalf típico que se encuentra en lomas cerradas, evolucionadas, de relieve normal (**Figura 5**). Tiene un horizonte superficial lixiviado, color gris parduzco claro, textura media; un subsuelo gris oscuro, textura pesada, que descansa sobre un material pardo grisáceo oscuro, textura pesada. Moderado contenido de materia orgánica. Buena a alta capacidad de retención de agua hasta los 145 cm de profundidad estudiados. Fuertemente ácido hasta los 45 cm, luego neutro; muy rico en calcio, bueno en magnesio, muy rico en potasio, mediano contenido en fósforo, fuertemente sódico, moderadamente alta capacidad de intercambio catiónico; mediano porcentaje de saturación de bases.

Sus problemas principales son que carece de horizonte arable (horizonte E en superficie) y fuertemente sódico. Es un suelo forestal, que sería aconsejable no desmontar, sino utilizarlo con adecuados turnos de manejo. De no ser así su Clase de capacidad de uso sería VI y VII, para ganadería (ver **Figura 6**). (Ledesma, 1992).

- La serie **Plaza – Pp**: es un Natrustalf mólico que se encuentra en albardones semi-fósiles con forma de loma tendida, evolucionada, de relieve normal (**Figura 5**). Tiene un horizonte superficial color parduzco, con su base lixiviada por procesos de pseudo podsolización; un subsuelo pardo rojizo claro, que descansa sobre un material rosado. Perfil completo de textura media. Moderadamente alto contenido de materia orgánica, buena capacidad de retención de agua hasta los 120 cm de profundidad estudiados; moderadamente salino, fuertemente sódico, bueno en calcio y magnesio, muy rico en potasio; alto contenido de fósforo, moderadamente alta capacidad de intercambio catiónico; mediano porcentaje de saturación de bases. Sus principales problemas son escaso espesor de horizonte superficial donde se acumula la materia orgánica; el horizonte lixiviado que se encuentra cerca de la superficie, fuertemente sódico; moderadamente salino. Es un suelo forestal que no debe desmontarse; procurar mantener su vegetación natural con adecuados turnos de manejo. Capacidad de uso Clases III y IV (**Figura 6**) (Ledesma, 1992).

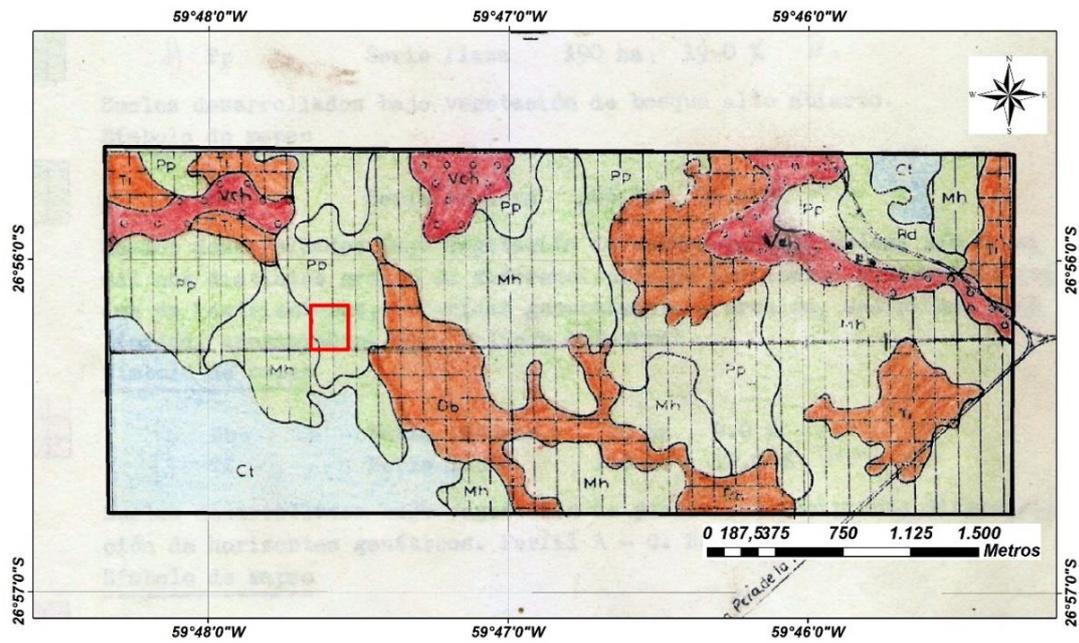


Figura 5. Mapa Taxonómico de suelos del Campo Anexo estación Forestal Plaza.

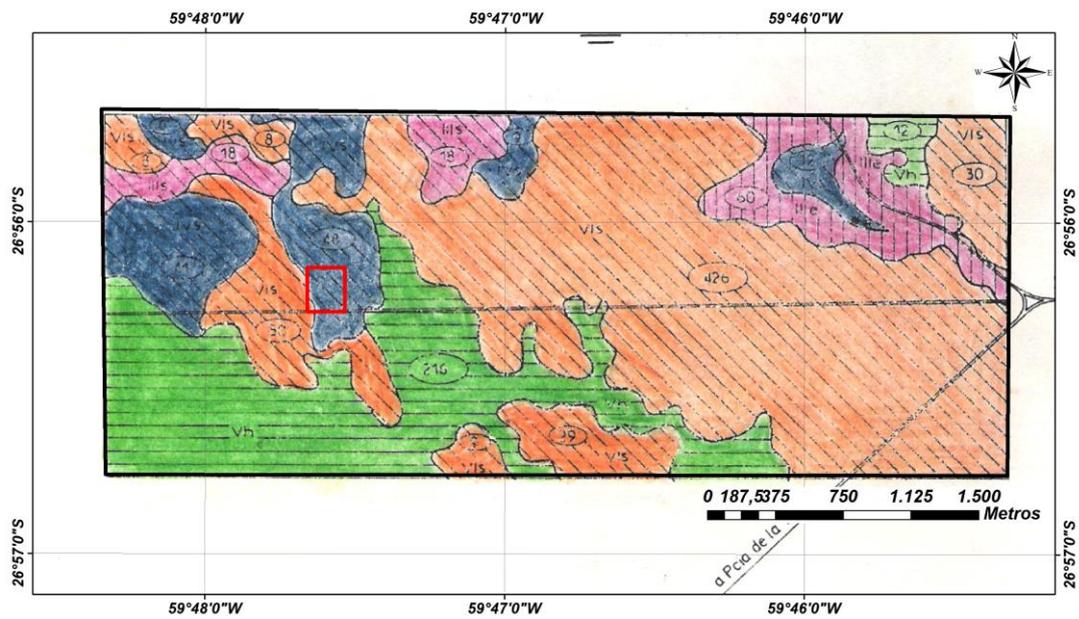


Figura 6. Mapa de Clases de Capacidad de Uso de los suelos del Campo Anexo estación Forestal Plaza.

#### 4.1.4. Vegetación

Según Cabrera (1971), el bosque se encuentra dentro de la gran Región denominada Distrito Chaqueño Oriental. Este último ocupa la mitad oriental de Chaco y Formosa, NO de Corrientes y el extremo N de Santa Fe.

El área corresponde a la subregión de Esteros, Cañadas y Selvas de Ribera descrita en la clasificación de Morello y Adámoli (1974) y dentro de esta subregión como la zona ecológica de Río de Oro. La zona de Río de Oro contiene cinco formaciones distintas: las Selvas de Ribera, el Monte Alto, el Monte Fuerte, las Raleras (bosques bajos y abiertos) y los Palmares, siendo la totalidad de esta zona sometida a periódicos sucesos de inundaciones e incendios. Según Oyarzabal et al. (2018), se trata de una comunidad tipo Bosque de mesófitas con especies de linaje extra-chaqueño como *Cordia americana* (Guayaibí), *Gleditsia amorphoides* (Espina corona), *Pisonia zapallo* (Francisco Álvarez), *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho negro), en suelos altos, francos; que hacia el norte se enriquece con *Holocalyx balansae* (Alecrín).

El bosque estudiado corresponde al tipo "Monte Alto o Bosque Alto", en el cual predomina el tipo de vegetación de bosque caducifolio con presencia de numerosas bromeliáceas, gramíneas y cactáceas en menor cantidad. Se caracteriza como masas forestales discontinuas, en forma de isletas que emergen en áreas deprimidas ocupadas por pajonales (Morello y Adámoli, 1974); que fue levemente explotado para la extracción de tanino hasta finales de la década del 30 (Gómez y Kees, 2005).

Hampel (1997), realizó un amplio estudio sobre la estructura y dinámica de la vegetación en bosques húmedos del Chaco (**Figura 7**), y sostiene que el reemplazo de especies heliófitas por especies umbrófitas es parte de la evolución natural de estos bosques, observó una expansión de las especies de temperamento delicado, en varios rodales, mientras que las especies de temperamento robusto o heliófitas se instalaban en lugares muy abiertos como bordes de chacras abandonadas, caminos o bordes de bosques.

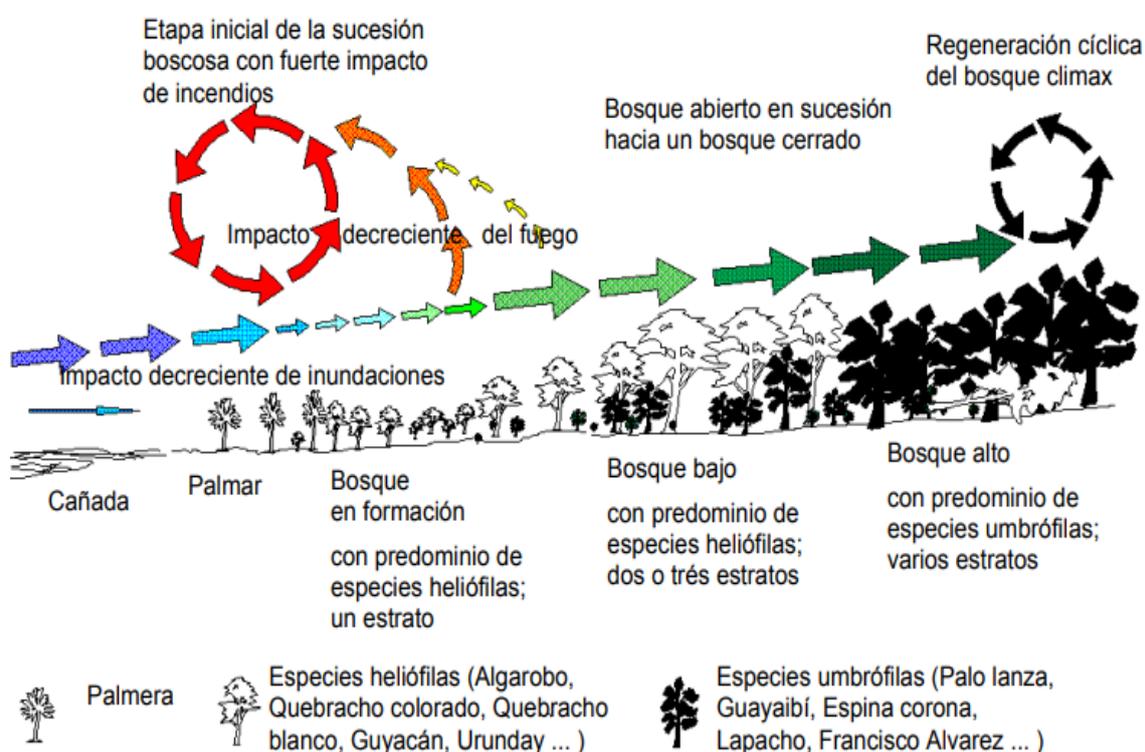
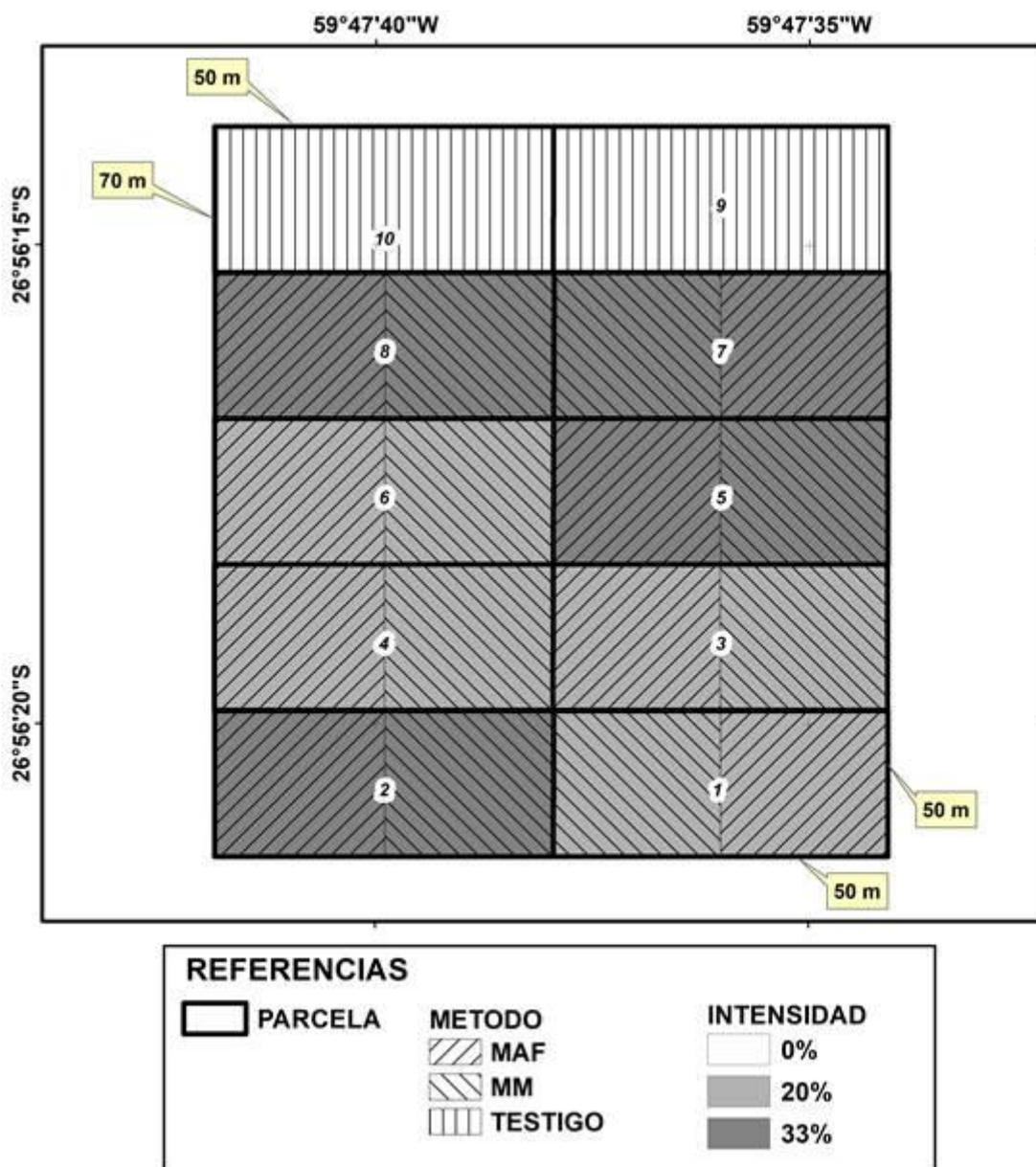


Figura 7. Dinámica de la vegetación en el Chaco Húmedo. Hampel (1997)

#### 4.2. Diseño experimental

La superficie del sitio de estudio es de 5,4 ha. El experimento sobre el cual se trabajó se instaló en el año 2.003, y consistió en dos intensidades de raleo combinado con dos métodos de raleo dispuesto en un diseño experimental de parcela dividida completamente aleatorizada con 4 repeticiones (**Figura 8**). Cada uno de los tratamientos silvícolas principales (corta o raleo) ocupan una parcela de 1 ha, y otra parcela de 1,4 ha correspondiente a un área sin intervención (testigo). Las intensidades de extracción establecidas en las subparcelas de 0,5 ha representaron 20% y 33% de extracción del área basal (G) de la parcela. Los dos tratamientos de corta fueron definidos según el método para elección de los individuos a extraer. Uno de ellos fue definido por el Método de la Masa (MM) que estuvo orientado por la curva de distribución ideal, para lo cual se aplicó el procedimiento propuesto por Schütz 1989 (citado por Grulke, 1994). Para esto, se seleccionaron los individuos de las clases diamétricas mayores correspondiente a árboles cortables. Cuando fue necesario se completó el porcentaje preestablecido con individuos de las clases diamétricas inferiores. El otro tipo de corta se basó en el Método del Árbol Futuro (MAF) descrito por Grulke et. al., (2007) y Brassiolo y Abt. (2013), que consiste en la extracción de los

árboles de cosecha, definidos como los ejemplares que superan un diámetro meta (prefijado), de especies comerciales con buena sanidad y altura de fuste superior a los 3 m y la liberación de árboles de futura cosecha priorizando ejemplares a promocionar, extrayéndose el individuo competidor más cercano hasta completar el porcentaje de extracción de área basal preestablecido.



**Figura 8.** Croquis del diseño experimental de parcelas divididas con diferente intensidad y tipo de raleo para un bosque alto abierto del Chaco húmedo.

Las parcelas 1 a 8 representan parcelas intervenidas con raleos, y las parcelas 9 y 10 representan al testigo. En porcentaje se expresa la intensidad de corta extracción respecto al área basal (G) original de la parcela. MM: método de la masa, MAF: método del

árbol futuro. En cada parcela y subparcela se midieron con cinta diamétrica y numeraron con pintura sintética todos los árboles vivos de todas las especies presentes con DAP mayor a 10 cm en el año 2.003, inmediatamente después de la corta en el año 2.004, y en el año 2.022. 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.

En la **Figura 9**, se pueden visualizar diferentes situaciones de cobertura y densidad del área del ensayo.



a) Vista de picada limítrofe entre tratamientos



b) Ejemplares adultos de especies comerciales



c) Vista de la Parcela 9 - Testigo

**Figura 9.** a) b) y c). Vistas parciales de parcelas del ensayo de raleo.

### 4.3. Metodología

#### 4.3.1. Abundancia

El concepto de densidad está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer, pudiendo existir densidades normales, excesivas o defectivas (Husch et al., 1993).

La abundancia absoluta se define como el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie.

$$Aa = \frac{ni}{ha}$$

Dónde: Aa = Abundancia absoluta; ni/ha = Número de árboles por hectárea de la especie i

Con la abundancia relativa puede indicarse la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de árboles de la comunidad que se considera como el 100 %.

$$Ar = \frac{ni}{N} \times 100$$

Dónde: Ar = Abundancia relativa; ni = Número de árboles por hectárea de la especie i; N= Número total de árboles por hectárea.

#### 4.3.2. Dominancia

De acuerdo con Finol (1971) y Daubenmire (1968) el área basal no solo expresa la calidad de sitio, entendida como potencialidad productiva de una especie, sino que también es utilizada para establecer la influencia que cada especie tiene sobre las demás dentro de un bosque.

La dominancia absoluta se calcula por la suma de las secciones normales de los individuos pertenecientes a cada especie.

$$Da = \frac{g_i}{ha}$$

Dónde: Da = Dominancia absoluta;  $g_i/ha$  = área basal de la especie i por ha.

La participación porcentual de cada especie en relación al área basal total define lo que denomina dominancia relativa.

$$Dr = \frac{D_i}{G} \times 100$$

Dónde: Dr = Dominancia relativa;  $D_i$  = dominancia la especie i; G= área basal total del bosque por hectárea.

#### 4.3.3. Frecuencia

Según Acosta et al. (2006), la frecuencia revela el grado de dispersión horizontal de las especies. Para determinarla se dividen las parcelas de inventario en subparcelas de igual tamaño, donde se verifica la presencia o ausencia de las especies; la frecuencia absoluta, que se determina por el número de subparcelas en que está presente una especie. El número total de subparcelas representa el 100 % es decir, que la frecuencia absoluta indica el porcentaje de ocurrencia de una especie en una determinada área.

$$F_{ai} = \frac{P_i}{P_t} \times 100$$

Dónde:

$F_{ai}$ = Frecuencia absoluta de la especie i;  $P_i$ = número de parcelas con ocurrencia o presencia de la especie i;  $P_t$ = número total de parcelas.

Por otro lado, la frecuencia relativa es la suma total de las frecuencias absolutas de las especies de un bosque, que se considera igual al 100 %, indica el porcentaje de ocurrencia de una especie en relación con las demás.

$$F_{ri} = \frac{F_{ai}}{\sum_{i=1}^n F_{ai}} \times 100$$

Dónde:  $F_{ri}$ = frecuencia relativa de la especie i;  $F_{ai}$ = Frecuencia absoluta de la especie i.

#### 4.3.4. Índice de valor de importancia (IVI)

Para tener una visión más amplia, que señale la importancia de cada especie en el conjunto, se combinan los índices anteriores en una sola expresión, denominada Índice de Valor de Importancia (IVI), cuyo resultado es la suma de los valores relativos de Abundancia o Densidad, Dominancia y Frecuencia de cada especie.

$$IVI = Ar + Dr + Fr$$

Mientras que para su expresión porcentual se utiliza la siguiente formula:

$$IVI = \frac{Ar + Dr + Fr}{3}$$

#### 4.3.5. Distribución diamétrica

Según Loetsch et al. (1973), la distribución diamétrica es un indicador de la estructura del stock de crecimiento y permite elaborar conclusiones respecto a la estructura del rodal. El manejo forestal sustentable requiere información referente a la distribución del número de árboles por clase diamétrica del rodal, la cual es necesaria para predecir el volumen y su distribución por tipo de productos. Además, provee información sobre la estabilidad y estructura del rodal, características útiles en la prescripción de tratamientos silvícolas. (Gorgoso-Varela et al., 2020). Para graficar la estructura horizontal se utilizaron curvas de distribución de frecuencias diamétricas para diferentes años (Lamprecht, 1990), las cuales son una representación muy potente para describir un stand de árboles (Pond y Froese, 2015) y se utiliza como sustituto de la tabla de vida de una comunidad arbórea para evaluar su dinámica y sustentabilidad. Para caracterizar los diferentes momentos respecto a la corta del bosque se agrupó la densidad de los ejemplares arbóreos (>10 cm DAP) de las especies presentes en el ensayo en clases diamétricas de 5 cm de amplitud según método e intensidad de corta para los años 2.003 (pre corta), 2.004 y 2.022 (post corta).

#### 4.3.6. Mortalidad y reclutamiento

A fin de poder cuantificar las tasas de mortalidad y reclutamiento de los ejemplares de las especies forestales, en cada parcela y subparcela se censaron todos los árboles vivos de especies de interés comercial presentes con DAP mayor a 10 cm en el año 2.003 inmediatamente después de la corta, en el año 2.004, y en el año 2.022 donde se cuantificaron además los individuos muertos que estaban presentes en el año 2.004 y los reclutados que alcanzaron los 10 cm de DAP.

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, 2.003; Quesada Monje et al., 2012; Iturre et al., 2020).

- **Tasa anual de mortalidad:** cuya expresión matemática se presenta a continuación, es la de una tasa negativa de interés compuesto

$$TMC = \left[ 1 - \left( \frac{N_s}{N_0} \right)^{1/t} \right] \times 100$$

Donde:

TMC= Tasa anual de mortalidad expresada en porcentaje.

N<sub>0</sub> =Número de individuos inicialmente inventariados

N<sub>s</sub> = Número de individuos inicialmente inventariados, sobrevivientes en un inventario posterior después de un intervalo t de tiempo,

N<sub>s</sub> =N<sub>0</sub> -Mu

Mu = Número de individuos muertos durante el intervalo t de tiempo

t = Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre las mediciones

- **Tasa anual de Reclutamiento:** corresponde a una tasa positiva de interés compuesto cuya expresión matemática es la siguiente

$$TRC = \left[ \left( \frac{N_t}{N_0} \right)^{1/t} - 1 \right] \times 100$$

Donde:

TRC=Tasa anual de reclutamiento expresada en porcentaje

N<sub>t</sub>=Número de Individuos inicialmente inventariados más los reclutas durante el periodo t de tiempo, N<sub>t</sub> = N<sub>0</sub> + I

$N_0$ =Número de individuos inicialmente inventariados

$R$ =Número de individuos reclutados durante el intervalo  $t$  de tiempo.

$t$ =Intervalo de tiempo en años, transcurrido entre los dos inventarios

Los resultados obtenidos de las tasas de mortalidad y reclutamiento se promediaron con el fin de obtener tasas anuales para cada método e intensidad de corta. Se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilks modificadas para comprobar la distribución normal de cada conjunto de datos a evaluar y un análisis de varianza con los residuos absolutos de cada grupo de datos para comprobar homocedasticidad (homogeneidad en las varianzas). Luego, se realizó un análisis de varianzas y pruebas Tukey para cada variable, con el fin de determinar diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre tratamientos. También se realizó un análisis de componentes principales para determinar potenciales combinaciones lineales de las variables originales que representen la variabilidad presente en los datos según lo establecido por Sánchez (2009). Es decir, se efectuó un análisis factorial de componentes principales para encontrar correlación entre las variables de mortalidad y reclutamiento con las intensidades de corta y métodos aplicados.

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

#### **4.3.7. Índices de biodiversidad y análisis florístico**

Se calcularon para cada subparcela los índices de Shannon Wiener, Simpson y Cociente de mezcla a fin de caracterizar la biodiversidad forestal y sus variaciones dentro del periodo analizado. También se calcularon parámetros descriptivos de la estructura horizontal (Abundancia, Dominancia, Frecuencia e Índice de Valor de Importancia) para las diferentes especies y años de relevamiento. Se utilizaron los datos de los censos efectuados en los años 2.004 y 2.022; de los ejemplares vivos de especies forestales con DAP mayor a 10 cm; y se consideraron todas las especies presentes en las parcelas.

El análisis estadístico de los datos se efectuó con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2020), mediante análisis de varianza y un análisis de comparación de medias, previa comprobación de supuestos de normalidad de las variables o transformación de las mismas

en caso de no cumplirse para determinar existencia de diferencias significativas entre tratamientos.

#### 4.3.7.1. Cociente de mixtura o mezcla

Este índice, conocido también como Cociente de Mixtura de Jentsch, demuestra la relación entre el número de individuos y el número de especies de un bosque, el mismo se obtiene a partir de datos de muestreo. (Pereira de Carvalho, 1982 citado por Lopez Cristóbal et al., 1996).

$$CM = Sp/N$$

Dónde:

CM= Cociente de Mixtura o Mezcla; Sp= número de especies; N= número total de individuos, es decir densidad total del bosque.

#### 4.3.7.2. El índice de Shannon – Wiener

El índice de biodiversidad (H') de Shannon-Wiener (1976), se desarrolló con base en la teoría de informaciones. El Índice aumenta con el incremento del número de especies y con la distribución equitativa de los individuos a las especies.

$$H' = \frac{N \times \text{Log} (N) - \sum_{i=1}^n [ni \times \log (ni)]}{N}$$

o bien

$$H' = \frac{N \times \text{Ln} (N) - \sum_{i=1}^n [ni \times \ln (ni)]}{N}$$

Dónde:

N= n° total de individuos; ni= número de individuos de la especie i; n= número de especies; log= logaritmo de base 10; ln= logaritmo neperiano.

#### 4.3.7.3. El índice de dominancia de Simpson

El índice de Simpson es un índice de dominancia más que de diversidad y representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie (Moreno, 2001). Su inverso se considera como un buen indicador de diversidad (Feinsinger, 2.004). Varios estudios relacionan la riqueza y la diversidad de especies con los niveles de perturbación en ecosistemas boscosos (Mishra et al. 2.004, Kumar y Ram 2005, Sahu et al. 2008). Se calcula a partir de:

$$DS = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n ni \times (ni - 1)}{N \times (N - 1)} \right]$$

Donde:

Ds= Índice de diversidad o dominancia de Simpson; ni= número de individuos de la i-ésima especie; N= número total de individuos de la comunidad.

#### 4.3.7.4. Riqueza de especies

La diversidad y la composición florística son atributos de las comunidades que permiten su comprensión y comparación. Uno de los componentes principales de la diversidad es la riqueza de especies (McIntosh 1967), la cual se refiere al número de especies en una comunidad o parcela.

Riqueza específica (S): número total de especies obtenido por un censo de las parcelas.

#### 4.3.8. Modelado del crecimiento en diámetro

Para determinar el crecimiento diamétrico de las especies comerciales componentes del bosque, se utilizaron datos censales de relevamientos de DAP y especies en los años 2.004 y 2.022. El incremento periódico anual es el incremento promedio anual en diámetro del individuo y de una clase diamétrica sobre un período determinado.

Debido a la alta variabilidad de los crecimientos individuales, 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:

$$IPA_i = \left[ \sum_1^k \frac{DAP_{i,j+1} - DAP_{i,j}}{K} \right] / P$$

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: Período de tiempo entre las mediciones

K: N° de individuos de la clase.

Obtenidos los datos de crecimiento diamétrico de las especies de interés comercial se ajustó un modelo mediante una función no lineal con el software Infostat (Di Rienzo et al, 2020), con el fin de predecir los IPA (variable respuesta) utilizando como variable predictora la clase diamétrica. Con estos valores promedios por clase diamétrica se ajustó un modelo polinomial de segundo grado ( $IPA = B * (DAP) + C * (DAP)^2$ ) utilizado por Meza et al., (2002). La evaluación del modelo se hizo de acuerdo con parámetros estadísticos como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y Cuadrado Medio del Error de Estimación (CME).

## **5. RESULTADOS Y DISCUSION:**

### **5.1. Estructura horizontal**

En la **Tabla 2** se presenta el listado de especies según interés comercial, censadas en 2.004 y 2.022 en las parcelas intervenidas y no intervenidas, de acuerdo a lo citado por distintos autores (Valentini, 1978; Wenzel y Hampel 1998; Gómez y Kees 2009) respecto al temperamento de las mismas.

Tabla 2. Listado de especies censadas y su interés comercial durante el periodo.

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia	Interés comercial	Temperamento
Espina corona	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Fabáceas	Si	Delicado
Francisco Álvarez	<i>Pisonia zapallo</i>	Nictagináceas	Si	Delicado
Guayaibí	<i>Cordia americana</i>	Borraginaceas	Si	Delicado
Ibira pitá í	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Poligonáceas	Si	Delicado
Carandá	<i>Neltuma Kuntzei</i>	Fabáceas	Si	Robusto
Palo lanza	<i>Phillostillon rhamnoides</i>	Ulmáceas	Si	Delicado
Palo mora	<i>Maclura tinctoria</i>	Moráceas	Si	Delicado
Palo piedra	<i>Diplokeleba floribunda</i>	Sapindáceas	Si	Delicado
Urunday	<i>Astronum balansae</i>	Anacardiáceas	Si	Medio
Tembetará	<i>Zanthoxylum hyemalis</i>	Rutáceas	No	
Garabato	<i>Senegalia praecox</i>	Leguminosas	No	
Ñangapirí	<i>Eugenia uniflora</i>	Mirtáceas	No	
Cocu	<i>Allophylus edulis</i>	Sapindáceas	No	
Lapacho	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Bignoniáceas	Si	Delicado
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	Apocináceas	Si	Robusto
Tala	<i>Celtis tala</i>	Cannabáceas	No	
Catiguá	<i>Trichilia Catiguá</i>	Meliáceas	No	
Guayacán	<i>Libidibia paraguariensis</i>	Fabáceas	Si	Robusto
Saucillo	<i>Acanthosyris falcata</i>	Cervantesiáceas	No	
Algarrobo negro	<i>Neltuma nigra</i>	Fabáceas	Si	Robusto
Arachichú	<i>Rollinia emarginata</i>	Anonáceas	No	
Canelón	<i>Myrsine laetevirens</i>	Primuláceas	No	
Coronillo	<i>Scutia buxifolia</i>	Rhamnáceas	No	
Molle	<i>Schinus fasciculatus</i>	Anacardiáceas	No	
Naranjillo	<i>Zanthoxylum naranjillo</i>	Rutáceas	No	
Ombú	<i>Phytolacca dioica</i>	Fitolaccáceas	No	
Palo borracho	<i>Ceiba speciosa</i>	Malváceas	No	
Palo tinta	<i>Achatocarpus praecox</i>	Achatocarpáceas	No	
Quebracho colorado	<i>Schinopsis balansae</i>	Anacardiáceas	Si	Robusto
Sacha membrillo	<i>Capparicordis tweediana</i>	Capparáceas	No	

Seguidamente en la **Tabla 3**, se muestran los valores de densidad y área basal de las áreas intervenidas y sin intervención del ensayo para los años 2.003 (pre corta), 2.004 y 2.022 (post corta).

**Tabla 3.** Densidad y área basal por clase diamétrica de las áreas con y sin intervención para los años 2.003, 2.004 y 2.022.

Año	clase diamétrica											Total	Unidades
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5		
<b>Testigo</b>													
2.003	158	73	62	39	41	24	21	6	5	1	4	434	Ind/ha
	1,94	1,75	2,47	2,29	3,38	2,68	2,94	1,14	1,08	0,37	1,10	21,14	m <sup>2</sup> /ha
2.022	84	61	34	36	26	24	17	9	6		1	297	Ind/ha
	1,03	1,46	1,33	2,12	2,13	2,68	2,43	1,52	1,24	0,00	0,31	16,26	m <sup>2</sup> /ha
<b>Con intervención</b>													
2.003	137	68	47	34	32	21	11	9	4	4	3	368	Ind/ha
	1,68	1,63	1,87	2,02	2,65	2,26	1,56	1,64	0,76	0,97	0,84	17,89	m <sup>2</sup> /ha
2.004	125	58	43	30	28	15	8	5	1	2	2	315	Ind/ha
	1,53	1,40	1,69	1,78	2,30	1,68	1,10	0,84	0,22	0,45	0,46	13,46	m <sup>2</sup> /ha
2.022	159	73	53	35	30	21	10	6	2	1	2	389	Ind/ha
	1,95	1,75	2,09	2,06	2,45	2,29	1,35	1,06	0,43	0,13	0,61	16,17	m <sup>2</sup> /ha

Teniendo en cuenta los valores citados por Gómez y Kees (2005), Gómez et al. (2005) y Brassiolo et al. (2009), considerando los valores de la **Tabla 3** podemos encontrar que como situación inicial se trata de un bosque con una gran cantidad de ejemplares en clases diamétricas superiores y elevada área basal. Asimismo, también, se observa que, en las áreas intervenidas, los valores medios de densidad final (2.022) son mayores que los registrados incluso antes de la corta, particularmente en las primeras tres clases diamétricas como respuesta de los ejemplares jóvenes a la intervención, mientras que en términos de área basal media todavía son sensiblemente menores a los valores pre corta, debido a que los ejemplares de las clases diamétricas superiores no incrementaron su densidad (disminuyo de un 8% a un 5%). Respecto a las áreas sin intervención, en ambos parámetros, se ha registrado una fuerte disminución de los valores respecto al año 2.003, posiblemente debido a los efectos de la fuerte competencia.

La presencia de ejemplares de gran tamaño (> 50 cm de DAP) en el año 2.022, muchos de ellos de especies de interés comercial, se debe a que no se ha raleado dentro del periodo analizado, consecuentemente todos aquellos ejemplares que no fueron removidos en el año 2.004 ya sea, para no sobrepasar el porcentaje de extracción propuesto para cada intensidad o bien, para no dañar los ejemplares seleccionados como árboles de futura cosecha, han sido reservados para su remoción mediante aprovechamiento o anillado en una segunda oportunidad de raleo a futuro.

### 5.1.1. Abundancia

En la **Tabla 4** se presentan los valores de Abundancia relativa de las especies presentes en cada combinación de método e intensidad de corta.

**Tabla 4.** Abundancia relativa de las especies del bosque según tratamiento.

Especies	TESTIGO		MAF20		MM20		MAF33		MM33	
	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022
Guayaibí	22,0	22,6	27,2	24,9	17,4	32,0	23,1	21,9	28,1	31,1
Espina corona	26,5	32,2	21,1	20,5	7,3	12,7	21,2	19,8	26,2	21,4
Palo lanza	12,4	19,0	18,9	24,1	10,1	26,9	15,4	14,1	21,9	20,2
Francisco Álvarez	1,5	4,8	0,3	6,6	3,5	7,0	1,5	12,6	0,7	7,1
Ibirá pitá í	10,7	8,2	10,8	7,1	21,5	8,9	10,8	6,9	11,6	6,6
Tembetarí	6,4	1,4	1,7	0,8	3,3	0,5	1,5	3,6	0,7	2,4
Garabato	3,1	0,2	1,1	0,8	0,8	2,2	2,7	2,7	1,7	1,9
Ñangapirí	3,1	2,6	3,6	4,2	4,1	3,6	5,0	4,2	3,3	1,9
Cocú	2,0	1,2	1,4	0,3	1,9	0,5	3,8	1,2	0,7	1,6
Palo piedra	1,0	1,0	0,8		17,9	1,2	3,8	3,0	1,7	1,6
Lapacho	0,2	0,2	0,0		2,4	0,2	0,4	0,3	1,0	0,7
Quebracho blanco	4,1	3,1	2,8	2,1	1,9	1,4	4,2	3,0	1,0	0,7
Tala		0,2		0,5		0,2	0,4	0,3		0,7
Urunday	0,3	0,5	5,8	6,0	2,2	1,2	2,3	2,4		0,7
Catiguá		0,2								0,5
Carandá	2,3	0,5	0,6	0,3	0,3	0,2		0,3	0,3	0,2
Guayacán	1,3	1,0	1,4	1,0	2,7	1,0	1,5	1,2	0,3	0,2
Palo mora		0,5					0,4	0,6		0,2
Saucillo			0,3					0,3		0,2
Algarrobo negro			0,6	0,3						
Arachichú				0,3						
Canelón			0,3							
Coronillo	0,2							0,3		
Molle			0,3							
Naranjillo		0,2						0,3		
Ombú	0,3				1,9			0,3	0,3	
Palo borracho						0,2		0,3		
Palo tinta	2,3		0,3		0,3		1,9	0,6	0,7	
Quebracho colorado	0,3	0,2	0,8	0,3						
Sacha membrillo	0,2				0,5					

Los resultados muestran que las mayores densidades relativas registradas en el 2.004 y 2.022 fueron para especies de temperamento delicado (Guayaibí, Espina corona; Francisco Álvarez, Ibirá pitá í y Palo lanza), siendo representativas de este tipo de bosques. De este grupo de especies, Francisco Álvarez es la especie que, si bien tiene menores valores, en todos los casos registró un fuerte aumento en su densidad. Las variaciones registradas para Palo lanza fueron positivas en los casos sin intervención o con intervenciones leves, disminuyendo con intervenciones medias (33 % del área basal) concordando con lo observado por Valentini (1978) acerca del temperamento umbrófilo de esta especie. Tanto Espina Corona como Guayaibí, presentaron variaciones similares respecto a los tratamientos, siendo positivas con el MM; mientras que Ibirá pitá í ha registrado reducciones en su densidad en todos los casos. Las especies de temperamento robusto (heliófilas) en general han sufrido disminución en términos de abundancia en todos los casos, lo cual comprensiblemente se deba a que las intensidades de extracción no han superado el 33% del área basal, según lo sugerido por Hampel (2000), se necesitan intervenciones fuertes (40% o más del área basal) para promover el desarrollo de las especies heliófilas e intervenciones leves para las especies umbrófilas.

### 5.1.2. Dominancia

A continuación, se presenta la **Tabla 5** con los valores de dominancia absoluta de las especies para cada tratamiento.

**Tabla 5.** Dominancia absoluta de las especies del bosque según tratamiento.

Especies	TESTIGO		MAF20		MM20		MAF33		MM33	
	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022
Guayaibí	16,4	11,6	24,4	17,7	14,0	28,6	17,9	14,7	23,2	26,5
Espina corona	24,8	30,0	18,3	18,8	9,0	12,8	20,7	17,5	28,8	22,1
Palo lanza	10,2	18,9	15,8	22,6	7,3	22,7	10,8	14,5	15,6	18,7
Ibirá pitá í	18,0	15,0	16,7	12,8	29,9	13,9	11,9	9,1	21,8	16,3
Francisco Álvarez	2,0	3,0	0,1	4,1	4,0	4,1	1,3	8,1	0,2	5,6
Palo piedra	1,5	2,1	1,3		12,3	0,8	6,0	5,8	2,7	2,9
Quebracho blanco	11,3	10,7	6,1	6,7	4,4	4,8	14,4	11,7	2,3	2,0
Lapacho	0,4	0,8			3,1	0,2	0,1	0,3	0,9	1,3
Garabato	1,0	0,1	0,6	0,5	0,4	2,1	1,0	1,1	0,9	0,7
Tembetará	4,3	0,3	0,3	0,2	0,8	0,1	0,4	0,8	0,4	0,7
Ñangapirí	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	0,6
Cocú	0,4	0,2	0,4	0,1	0,5	0,2	0,8	0,9	0,2	0,6
Carandá	2,7	1,4	0,5	0,5	0,7	0,6		0,1	0,5	0,6
Urunday	0,7	1,1	6,5	11,3	5,8	5,3	8,3	8,7		0,4
Guayacán	4,3	3,2	6,1	3,3	4,7	2,9	4,2	4,2	0,4	0,3
Palo mora		0,1					0,2	0,7		0,2
Tala				0,1			0,2	0,1		0,2
Saucillo			0,4					0,1		0,1
Algarrobo negro			0,2	0,2						
Canelón			0,1							
Coronillo								0,1		
Molle			0,1							
Ombú	0,1				0,5			0,2	0,8	
Palo tinta	0,5		0,2		0,1		0,7	0,2	0,1	
Quebracho colorado	0,7	0,7	1,2	0,1						
Sacha membrillo					1,6					
Naranjillo								0,1		
Catiguá		0,1							0,1	
Arachichú				0,1						
Palo borracho						0,1		0,1		

Las especies que mayores valores de dominancia relativa registraron fueron las de temperamento delicado, mientras que las de temperamento robusto e intermedio han registrado valores bajos y sus variaciones dentro del periodo de tiempo analizado fueron ínfimas, mostrando claramente su respuesta a condiciones de alta competencia como producto de intensidades leves e intermedias de corta.

Los árboles de temperamento robusto estudiados en el presente ensayo se caracterizan por ser especies de muy lento crecimiento diamétrico bajo cualquier condición de espesura. Obviamente el manejo de la densidad del rodal puede afectar el valor del crecimiento, pero no sería suficiente para modificar esta condición o carácter cultural de las mismas; siendo el límite del crecimiento, es decir el rango superior de esta condición, un aspecto que se podría evaluar en futuros trabajos.

Comparando los valores de área basal entre tratamientos, a simple vista, el que más coincide con el testigo es MAF 20% y el que mayores diferencias registra es MM 33%.

Dentro de las 5 especies de mayor dominancia en respuesta a los tratamientos, Guayaibí registró aumentos en los casos donde se aplicó el MM, registrándose una disminución en los demás tratamientos (incluido el testigo). Mientras que las especies Francisco Álvarez y Palo lanza aumentaron sus valores de dominancia independientemente del tratamiento aplicado, Espina Corona incrementó sus valores de dominancia con intervenciones leves y en el testigo, disminuyendo con intervenciones del 33%. Por su lado, Ibirá pitá í registró una disminución de dominancia en todos los tratamientos durante el periodo evaluado; lo cual explica que hay especies de temperamento delicado cuya respuesta en términos de variación de dominancia dependen del método de raleo, mientras que otras reaccionan a las intensidades de corta, como así también hay especies que son indiferentes a los tratamientos evaluados. Sin embargo, se debe considerar que se trata de una primera corta en un bosque en proceso de domesticación, si bien desde el punto de vista ecológico, estos resultados son admisibles, posiblemente con las siguientes cortas se pueda obtener mejores conclusiones sobre la reacción de las diferentes especies a diferentes tipos e intensidades de corta en términos de variaciones en la dominancia. Estos resultados muestran que la respuesta a la intervención no solo depende del temperamento sino también de las características y requerimientos de las especies para su desarrollo, revistiendo importancia aquí factores como la disponibilidad de luz, tamaños de los claros, cubierta del suelo, etc. Desde el punto de vista económico, dado el uso industrial actual de las especies en la provincia, estos resultados fomentan oportunidades de desarrollo de industrias productoras de bienes (muebles, aberturas, construcciones) alternativos.

### 5.1.3. Frecuencia

En la **Tabla 6**, se detallan los valores de frecuencia relativa de las especies en cada tratamiento.

**Tabla 6.** Frecuencia relativa de las especies según tratamiento.

Especies	TESTIGO		MAF20		MM20		MAF33		MM33	
	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022
Espina corona	7,3	8,2	8,5	9,5	6,5	8,7	9,1	7,7	11,4	8,3
Francisco Álvarez	7,3	8,2	2,1	9,5	8,7	6,5	6,8	7,7	5,7	8,3
Guayaibí	7,3	8,2	8,5	9,5	6,5	8,7	9,1	7,7	11,4	8,3
Ibirá pitá í	7,3	8,2	8,5	9,5	8,7	8,7	9,1	7,7	11,4	8,3
Palo lanza	7,3	8,2	8,5	9,5	6,5	8,7	9,1	7,7	11,4	8,3
Tembetarí	7,3	6,1	4,3	2,4	6,5	4,3	4,5	5,8		8,3
Garabato	5,5	2,0	6,4	7,1	4,3	6,5	4,5	3,8	5,7	6,3
Ñangapirí	7,3	6,1	8,5	7,1	6,5	8,7	6,8	7,7	8,6	6,3
Palo piedra	3,6	4,1	2,1		6,5	6,5	4,5	3,8	5,7	6,3
Quebracho blanco	7,3	8,2	6,4	7,1	8,7	8,7	6,8	5,8	8,6	6,3
Cocú	5,5	6,1	6,4	2,4	6,5	4,3	6,8	3,8	2,9	4,2
Lapacho	1,8	2,0			2,2	2,2	2,3	1,9	5,7	4,2
Urunday	1,8	2,0	4,3	7,1	4,3	4,3	4,5	3,8		4,2
Carandá	3,6	4,1	4,3	2,4	2,2	2,2		1,9	2,9	2,1
Catiguá		2,0								2,1
Guayacán	7,3	6,1	6,4	7,1	8,7	6,5	6,8	5,8	2,9	2,1
Palo mora		4,1					2,3	3,8		2,1
Saucillo			2,1					1,9		2,1
Tala		2,0		2,4		2,2	2,3	1,9		2,1
Algarrobo negro			4,3	2,4						
Arachichú				2,4						
Canelón			2,1							
Coronillo	1,8							1,9		
Molle			2,1				2,3			
Naranjillo		2,0						1,9		
Ombú	1,8				2,2			1,9	2,9	
Palo borracho						2,2		1,9		
Palo tinta	5,5		2,1		2,2		2,3	1,9	2,9	
Quebracho colorado	1,8	2,0	2,1	2,4						
Sacha membrillo	1,8				2,2					

La frecuencia relativa de las especies de interés comercial de temperamento delicado fue mayor en términos generales que las de las especies robustas o intermedias, probablemente debido a la mortalidad registrada en parcelas donde la competencia genera condiciones no favorables tanto para la instalación como para el desarrollo de estas especies. En este sentido, las especies Guayaibí, Palo lanza, Ibirá pitá í y Espina Corona han incrementado la frecuencia solamente en los tratamientos con nula o leve intensidad de corta, mientras que a excepción del MAF con una intensidad del 33% de extracción del área basal Francisco Álvarez ha registrado incrementos en la frecuencia relativa.

En comparación con el tratamiento testigo, podemos notar que, aumentó la frecuencia de palo mora y disminuyó la de varias especies sin interés comercial como el garabato o el palo tinta. A simple vista, tal vez la mayor diferencia se presente respecto al MM 33% donde aumenta la frecuencia de Urunday, pero disminuye la frecuencia de otras varias especies importantes, que en el testigo se mantienen.

Esto pudo ser causado por la distribución de la corta dentro del bosque, que ha permitido que las especies de temperamento delicado y mayor crecimiento aledañas a los claros generados ocupen esos espacios disponibles rápidamente favoreciendo el desarrollo de procesos como el reclutamiento y la regeneración natural; cicatrizando dichas superficies con mayor velocidad.

#### 5.1.4. Índice de valor de importancia

A continuación, se presentan los valores del Índice de Valor de Importancia en la **Tabla 7** para cada especie según el tratamiento.

**Tabla 7.** Índice de Valor de Importancia de las especies según tratamiento.

Especies	TESTIGO		MAF20		MM20		MAF33		MM33	
	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022	2.004	2.022
Guayaibí	15,2	14,1	20,0	17,4	12,6	23,1	16,7	14,8	20,9	22,0
Espina corona	19,5	23,5	16,0	16,3	7,6	11,4	17,0	15,0	22,1	17,3
Palo lanza	9,9	15,4	14,4	18,8	8,0	19,4	11,8	12,1	16,3	15,8
Ibirá pitá í	12,0	10,4	12,0	9,8	20,0	10,5	10,6	7,9	14,9	10,4
Francisco Álvarez	3,6	5,3	0,8	6,7	5,4	5,9	3,2	9,4	2,2	7,0
Tembetará	6,0	2,6	2,1	1,1	3,5	1,6	2,2	3,4	0,4	3,8
Palo piedra	2,0	2,4	1,4			2,8	4,8	4,2	3,4	3,6
Quebracho blanco	7,6	7,3	5,1	5,3	5,0	5,0	8,5	6,8	4,0	3,0
Garabato	3,2	0,8	2,7	2,8	1,8	3,6	2,8	2,5	2,7	2,9
Ñangapirí	3,7	3,1	4,3	4,1	3,9	4,4	4,3	4,3	4,3	2,9
Cocú	2,6	2,5	2,7	0,9	3,0	1,7	3,8	2,0	1,3	2,1
Lapacho	0,8	1,0			2,6	0,9	0,9	0,8	2,5	2,1
Urunday	0,9	1,2	5,5	8,2	4,1	3,6	5,1	5,0		1,8
Tala		0,8		1,0		0,8	0,9	0,8		1,0
Carandá	2,9	2,0	1,8	1,0	1,0	1,0		0,8	1,2	1,0
Catiguá		0,8								0,9
Guayacán	4,3	3,4	4,6	3,8	5,4	3,4	4,2	3,7	1,2	0,9
Palo mora		1,6			12,3		0,9	1,7		0,8
Saucillo			0,9					0,8		0,8
Algarrobo negro			1,7	1,0						
Arachichú				0,9						
Canelón			0,8							
Coronillo	0,7							0,8		
Molle			0,8				0,8			
Naranjillo		0,8						0,8		
Ombú	0,8				1,5			0,8	1,3	
Palo borracho						0,8		0,8		
Palo tinta	2,8	0,0	0,9		0,8		1,6	0,9	1,2	
Quebracho colorado	0,9	1,0	1,4	0,9						
Sacha membrillo	0,7				1,5					

Al igual que en los casos de la frecuencia, dominancia y abundancia, las especies con mayor IVI en cada tratamiento fueron especies de temperamento delicado, mostrando que son las especies características de este tipo de bosques y determinan en gran parte la respuesta de estos frente a los tratamientos evaluados. Dentro de este grupo, los valores calculados para Guayaibí no tuvieron una distribución que se pueda atribuir a la intensidad de corta, aunque si para el método MM en el que incrementó sus valores. Sin embargo, Palo lanza tuvo incrementos sustanciales en todos los casos a excepción del MM con el 33% de extracción del área basal. Espina corona por otro lado, incrementó los valores de IVI solo en el testigo y en los tratamientos con intensidades de corta leves reforzando de este modo lo observado por otros autores (Wenzel y Hampel, 1998; Valentini, 1978) que es propia de estados sucesionales avanzados; mientras que Ibirá pitá í disminuyó su participación porcentual en todos los tratamientos. Francisco Álvarez por su parte registró incrementos de IVI en todas las situaciones.

Tanto Guayaibí como Espina corona e Ibirá pitá í son especies características de un bosque secundario aledaño, pero ocupan posiciones de menor importancia ecológica (Gómez et al., 2013). En este sentido, estas especies son predominantes en los bosques de la región donde está incluido el área de estudio (MAyDS, 2020) Es decir, que, si bien se incluyeron en el análisis del presente trabajo áreas sin intervención silvicultural, la contribución de las especies no fue afectada de modo diferencial, aportando mayor evidencia de que el bosque se encuentra en estadios sucesionales avanzados.

Para poder tener una cuantificación general, se presenta en la **Tabla 8** los valores de IVI calculados para las situaciones intervenidas y sin intervención; es decir agrupando los datos del tratamiento testigo por un lado y por el otro los valores de las parcelas intervenidas.

**Tabla 8.** Índice de Valor de Importancia de las especies según intervención.

Especies	Intervenida		Testigo	
	2.004	2.022	2.004	2.022
Guayaibí	17,4	19,4	15,2	14,1
Palo lanza	12,4	16,7	9,9	15,4
Espina corona	15,1	14,9	19,5	23,5
Ibirá pitá í	14,5	9,6	12,0	10,4
Francisco Álvarez	2,9	7,1	3,6	5,3
Quebracho blanco	5,5	4,9	7,6	7,3
Urunday	3,9	4,6	0,9	1,2
Ñangapirí	4,1	3,9	3,7	3,1
Guayacán	4,0	2,9	4,3	3,4
Garabato	2,4	2,9	3,2	0,8
Palo piedra	5,6	2,6	2,0	2,4
Tembetará	2,5	2,5	6,0	2,6
Cocú	2,7	1,7	2,6	2,5
Tala	0,2	1,1		0,8
Lapacho	1,6	1,0	0,8	1,0
Carandá	1,0	0,9	2,9	2,0
Palo mora	0,2	0,7		1,6
Saucillo	0,3	0,4		
Palo borracho		0,4		
Palo tinta	1,1	0,2	2,8	0,0
Catiguá		0,2		0,8
Algarrobo negro	0,5	0,2		
Ombú	0,7	0,2	0,8	
Coronillo		0,2	0,7	
Quebracho colorado	0,6	0,2	0,9	1,0
Arachichú		0,2		
Naranjillo		0,2		0,8
Canelón	0,2			
Molle	0,2			
Sacha membrillo	0,4		0,7	

Desde el punto de vista estructural, Humano et al. (2011), afirman que las diferentes especies tienen baja importancia ecológica cuando presentan un IVI inferior a 5%, importancia media cuando el IVI está comprendido entre 5 y 14 %, e importancia alta cuando es igual o superior a 15%. Atendiendo a este criterio, y con base a los valores calculados en

el presente trabajo, las especies de temperamento delicado fueron las que presentaron mayor importancia ecológica, destacándose Guayaibí, Palo lanza, Francisco Álvarez, Ibirá pitá í y Espina corona, acompañadas por Urunday (temperamento intermedio) y Quebracho blanco (temperamento robusto). Los valores del IVI en este caso muestran que para el grupo de especies de temperamento delicado la intervención generó respuestas dispares. En este sentido, la especie Guayaibí registró mayores valores en las áreas cortadas, mientras que Palo lanza y Francisco Álvarez incrementaron sus valores en ambas situaciones e Ibirá pitá í presentó disminución en todos los casos, lo cual merece especial atención, dado que, para este parámetro, estas situaciones estarían indicando que las variaciones se deben a otras causales distintas a la corta. Espina corona disminuyó solo en áreas cortadas. Las especies de temperamento intermedio (Urunday) y robusto (quebracho blanco) presentaron variaciones poco marcadas.

Estos resultados, en términos estructurales, indican que la situación inicial del bosque es concordante con la de un estado de sobremadurez, con altas densidades en clases diamétricas superiores y elevada área basal, con gran competencia entre individuos en todo el rango de dispersión diamétrica; y señalan, además, que la corta ha favorecido el incremento de individuos al regular la competencia en general y ha promovido la recuperación de gran parte del área basal extraída después de 19 años de la intervención. No obstante, la ausencia de cortas ha generado una disminución tanto en densidad como en área basal, reflejando algunos efectos nocivos de la elevada competencia sobre la estructura y crecimiento de los bosques sobremaduros. En este contexto, y desde el punto de vista de la respuesta del bosque a las intervenciones silviculturales, fueron concordantes con los obtenidos por Wenzel y Hampel (1998) en el sentido de la reacción negativa respecto de la regeneración y crecimiento de las especies de temperamento robusto frente a intervenciones de intensidad moderadas. Es decir, estas especies, frente a los métodos e intensidades probadas, no fueron favorecidas teniendo en cuenta los parámetros de estructura horizontal analizados. Además, con base en las propuestas de manejo formuladas por Hampel (2000), con intervenciones moderadas de hasta el 30% de extracción del área basal, este bosque estaría conservando su estructura y manteniendo su productividad. Estos resultados son similares a los reportados por otros autores en estudios realizados en bosques húmedos de América tropical, donde se determinó que las cortas de entresaca estimulan la producción sin detrimento de la biodiversidad (Mejía, 1994; Silva et al. 1995; Quirós, 2001;).

### 5.1.5. Distribuciones diamétricas

En la **Tabla 9**, se presentan las frecuencias por clase diamétrica de cada tratamiento para los años 2.003 (pre corta), 2.004 y 2.022 (post corta).

**Tabla 9.** Frecuencias por clase diamétrica para cada tratamiento y año de medición.

Año	Clase diamétrica (cm)											Suma	Tratamiento
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5		
2.003	151	61	55	41	32	22	11	11	5	5	2	396	MAF 20%
2.004	146	58	53	32	28	19	10	6	2	4	2	360	
2.022	145	65	54	41	27	23	12	8	3		3	381	
2.003	127	73	32	34	33	24	10	10	5	4	4	356	MAF 33%
2.004	102	51	24	29	21	12	7	7	1	3	3	260	
2.022	142	55	49	22	28	17	5	10	2		4	334	
2.003	128	60	59	32	32	17	14	7	3	5	2	359	MM 20%
2.004	127	59	56	31	31	15	12	5	1		1	338	
2.022	158	86	51	41	37	21	12	3	3	2	1	415	
2.003	141	77	42	29	31	19	9	9	1	1	3	362	MM 33%
2.004	123	65	37	28	31	15	2	1				302	
2.022	189	85	56	35	26	22	9	3				425	
2.003	158	73	62	39	41	24	21	6	5	1	4	434	TES- TIGO
2.022	84	61	34	36	26	24	17	9	6		1	297	

La **Tabla 9** muestra que, para el MAF en ambas intensidades, los valores de densidad final (2.022) fueron menores a los relevados antes de la corta (4% a 6%), aunque si fueron superiores a los registrados al año 2.004 luego de la corta. Por su lado, para el MM en ambas intensidades, las densidades al año 2.022 fueron mucho mayores a las registradas en los años 2.003 y 2.004 (15%). Para las intensidades del 33% se refleja una mayor cantidad de ejemplares en las clases diamétricas inferiores y valores menores a los iniciales en las clases diamétricas superiores.

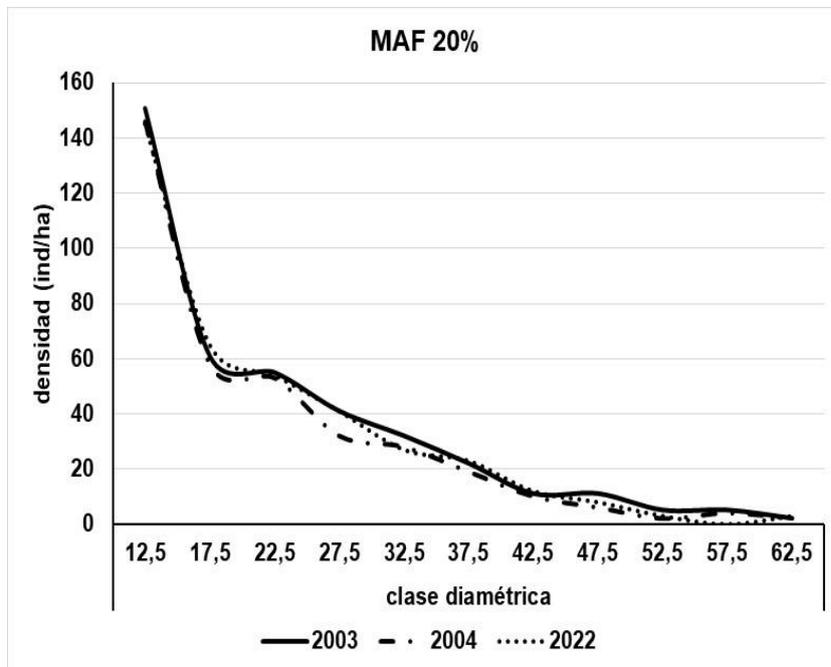
En la **Tabla 10** se presentan los valores de frecuencias registradas por clase diamétrica de las especies de interés comercial según temperamento y tratamiento para los años 2.004 y 2.022.

**Tabla 10.** Frecuencias por clase diamétrica, temperamento, tratamiento y año.

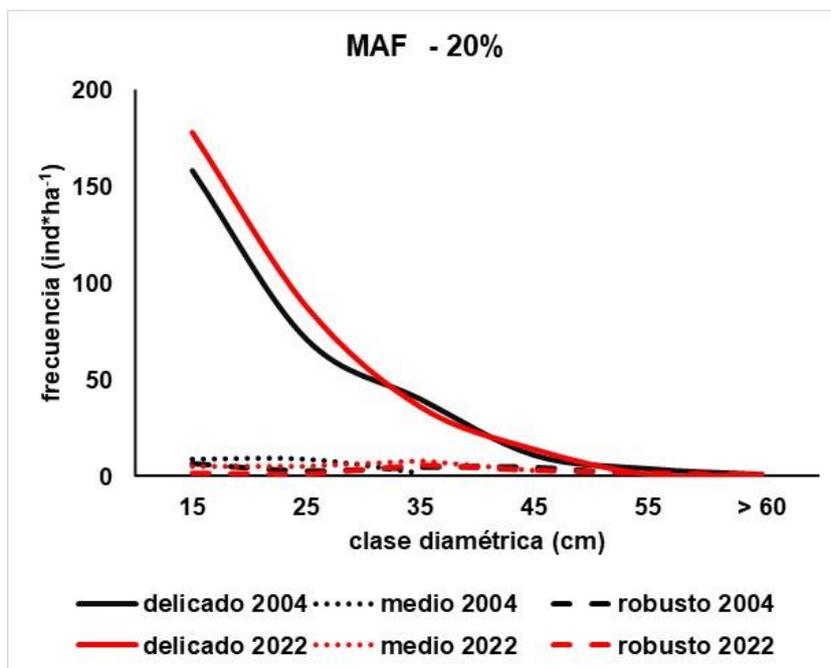
Año	Tratamiento	Temperamento	Clases diamétricas (cm)					
			15	25	35	45	55	> 60
2004	MAF 20%	delicado	158	71	40	11	4	1
		medio	9	9	2		1	
		robusto	7	3	5	5	1	1
	MM 20%	delicado	133	81	38	10	1	
		medio	2	2		3		1
		robusto		1	7	4		
	MAF 33%	delicado	115	48	26	8	2	
		medio	1	1	2			2
		robusto		1	5	6	2	1
	MM 33%	delicado	169	60	43	3		
		medio						
		robusto		3	2			
	Testigo 0%	delicado	151	93	54	18	4	1
		medio			1			
		robusto	4	8	9	9	2	2
2022	MAF 20%	delicado	178	88	36	14	1	1
		medio	5	5	8	3		1
		robusto	2	1	6	3	2	1
	MM 20%	delicado	218	87	53	9	2	
		medio		1	1		2	1
		robusto		1	3	6	1	
	MAF 33%	delicado	149	70	36	8	1	
		medio	2		4			2
		robusto	1		4	7	1	2
	MM 33%	delicado	232	90	44	12	1	
		medio	3					
		robusto		1	4			
	Testigo 0%	delicado	126	69	46	18	4	
		medio			1	1		
		robusto		1	3	7	2	1

Los valores presentados en la **Tabla 10**, reflejan que las especies componentes del bosque, en su mayoría umbrófilas de temperamento delicado, han respondido satisfactoriamente a la intervención silvícola mediante la incorporación de mayor cantidad de reclutas, latizales y fustales; con mayor crecimiento que los registrados en las parcelas no intervenidas debido a que las intensidades de corta han sido intermedias o leves. Ahora bien, para el testigo las densidades finales fueron mucho menores en general y particularmente

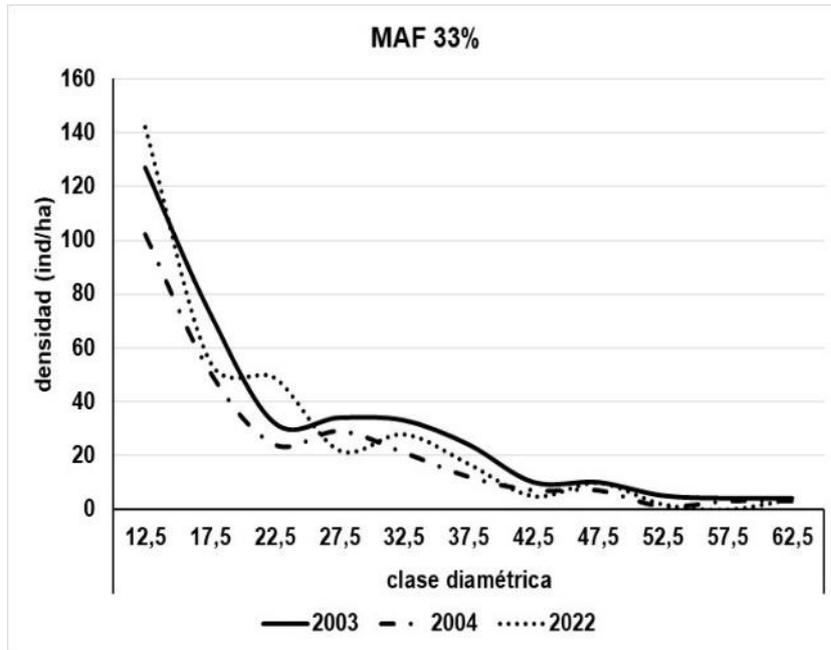
en casi todas las clases diamétricas. Seguidamente, se presentan las distribuciones diamétricas por cada tratamiento, teniendo en cuenta todas las especies y también el templeto (especies de interés comercial) para cada año en la **Figura 10**.



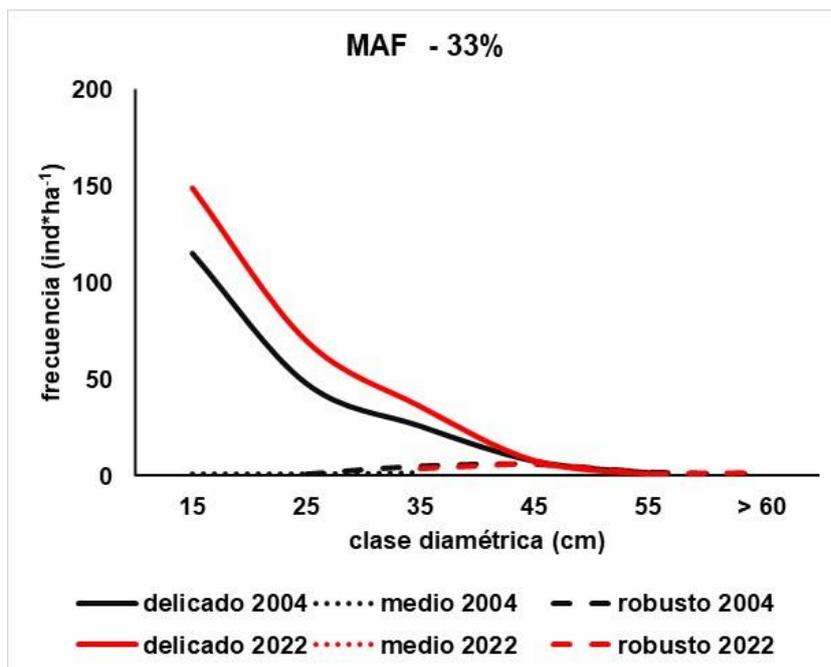
a)



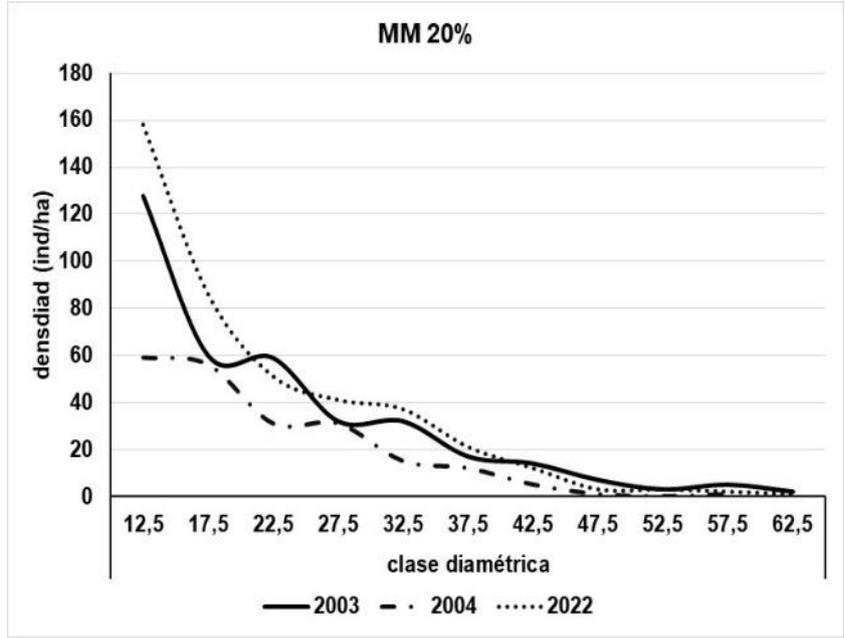
b)



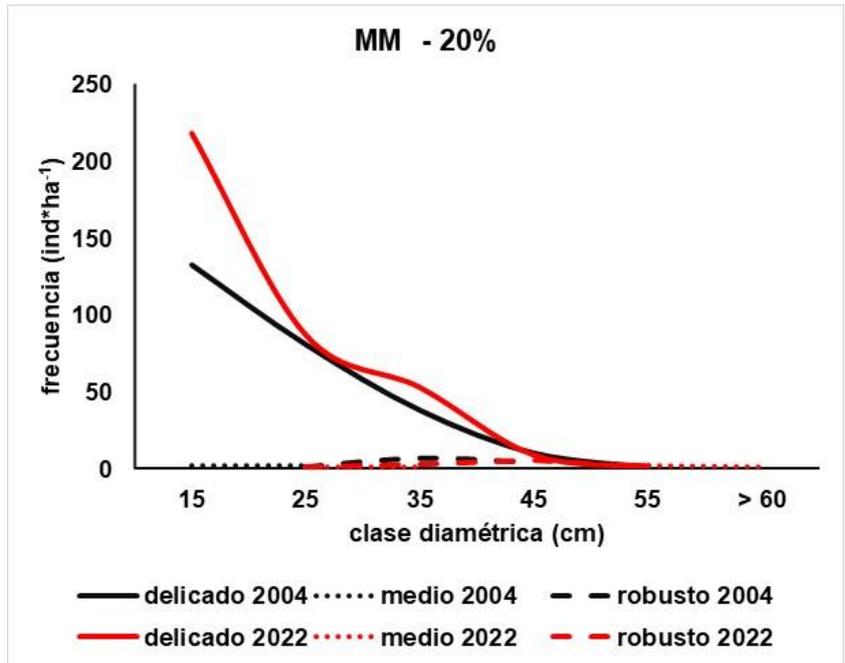
c)



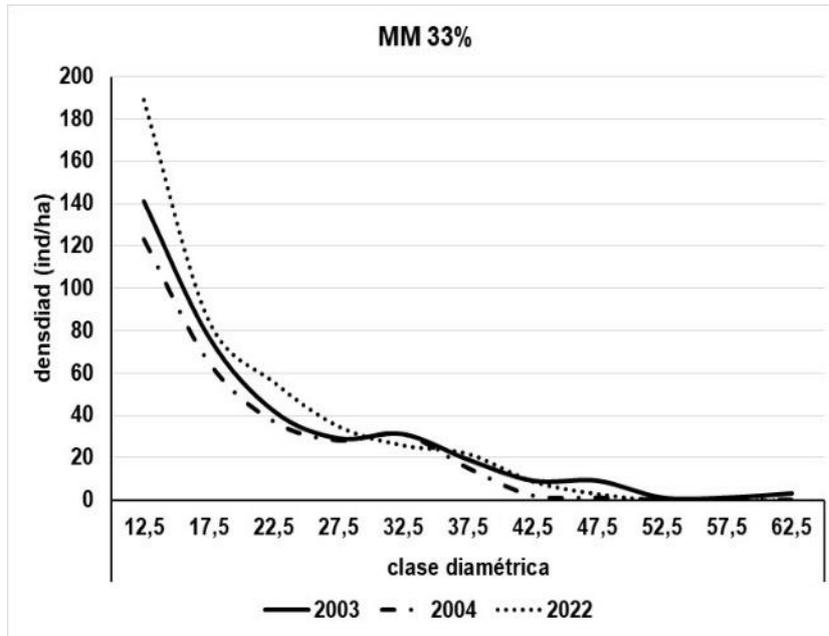
d)



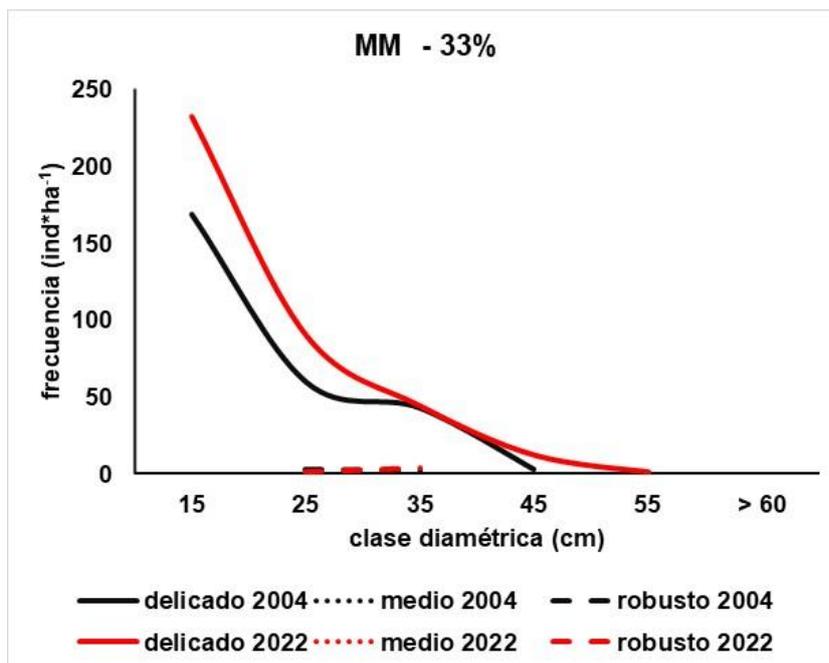
e)



f)



g)



h)

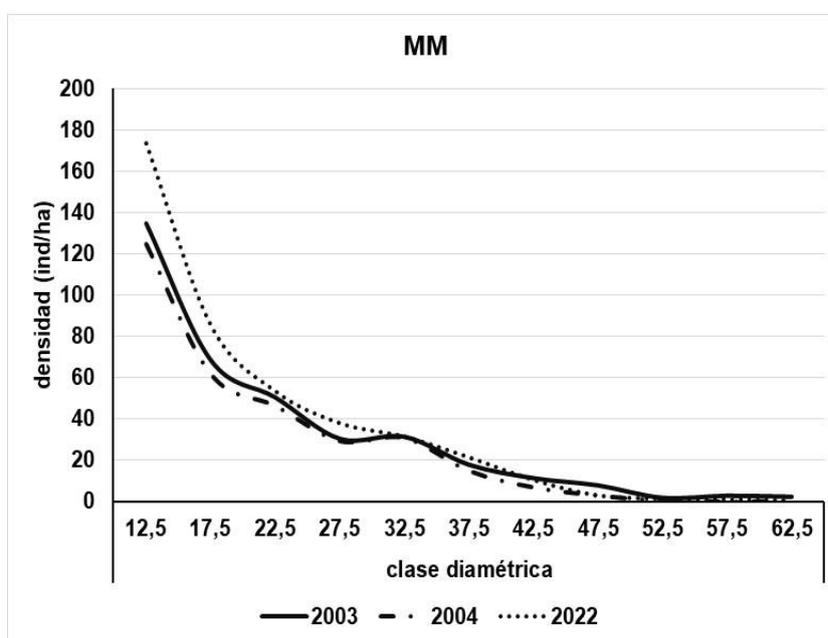
**Figura 10.** Distribuciones diamétricas de las parcelas intervenidas por tratamiento y temperamento.

Se puede inferir que, en todas parcelas intervenidas (**Figura 10 a, b, c, d, e, f, g y h**), se ha conservado una distribución de tipo “J” invertida, es decir que todas presentaron

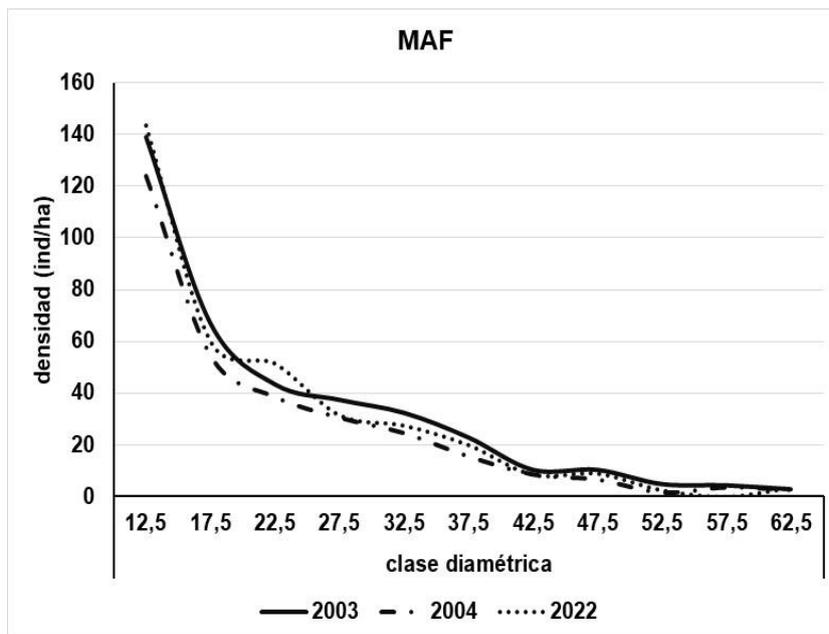
una estructura de tipo irregular, manteniendo variaciones positivas en las densidades de las clases diamétricas durante el periodo analizado, en las que existen mayor cantidad de individuos en las clases diamétricas inferiores, disminuyendo gradualmente hacia las clases diamétricas superiores, mostrando que en estos casos luego del aprovechamiento las curvas siguen aproximadamente la distribución inicial. Las gráficas por temperamento muestran que las grandes variaciones registradas se dieron fundamentalmente para las especies de temperamento delicado, mientras que las de temperamento medio o robusto registraron variaciones positivas leves

Los resultados muestran lo señalado anteriormente respecto a la gran incorporación de reclutas y la respuesta de los árboles remanentes en términos de mayor crecimiento diamétrico en las clases diamétricas inferiores (**Figura 10**). Considerando la composición específica de este bosque, podemos observar que las especies de temperamento delicados respondieron satisfactoriamente a la intervención forestal con intensidades de hasta el 33% de extracción del área basal.

En la **Figura 11**, se presentan las distribuciones diamétricas por método de selección sin tener en cuenta la intensidad de extracción.



a)

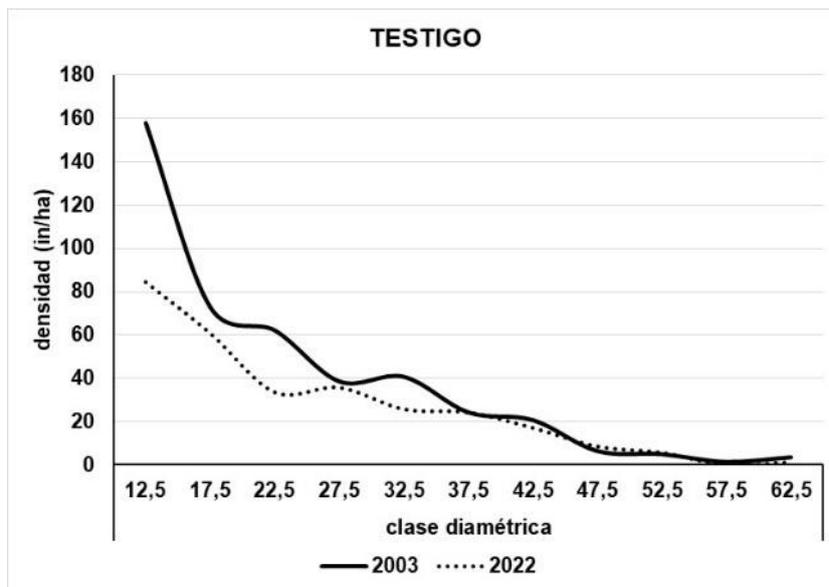


b)

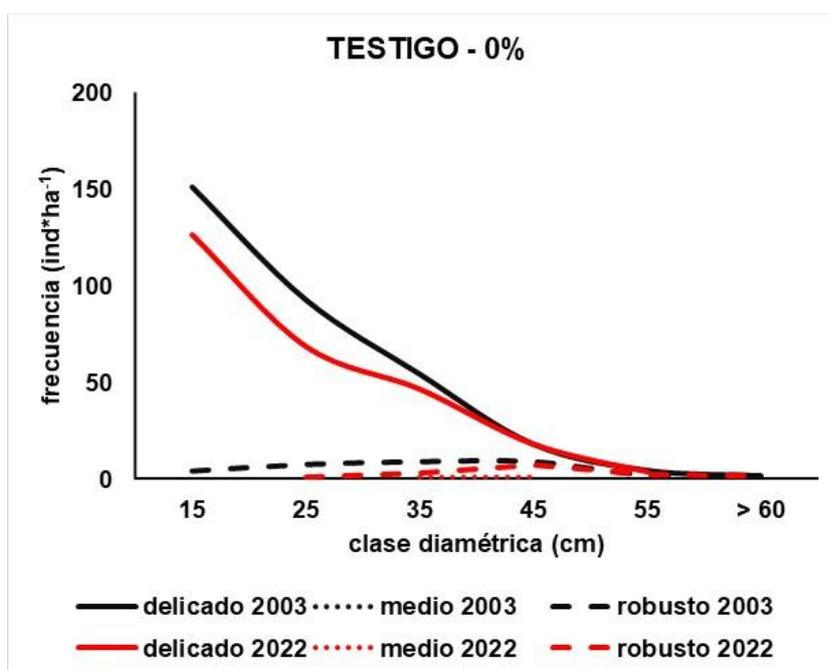
**Figura 11.** Distribuciones diamétricas de los métodos de selección.

Ambas distribuciones reflejaron una estructura de bosque irregular, con independencia del método de selección aplicado. Sin embargo, los resultados también determinaron que para lograr la domesticación de este bosque se deben realizar varias cortas sucesivas, ya que por ser un bosque en general sobremaduro, que fue intervenido en este ensayo con cortas de intensidad leve a moderada, el proceso podría tener una duración de 2 a 3 ciclos de corta. En todos los casos de parcelas intervenidas, la distribución diamétrica, muestra que el bosque se encuentra en estadios sucesionales avanzados de acuerdo con Arteaga (1987) citado por Ramírez Quirama y Grajales (2005).

La distribución diamétrica para los años 2.003 y 2.022 de las parcelas testigo según el temperamento de las especies comerciales se presentan en la **Figura 12**.



a)



b)

**Figura 12.** Distribución diamétrica de las parcelas sin intervención para el año 2.003 y 2.022.

La **Figura 12** muestra una clara disminución en las frecuencias por clase diamétrica en las parcelas no intervenidas, aunque manteniendo una estructura irregular todavía representativa de un bosque natural heterogéneo y disetáneo según lo expresado por Fonseca y Serret (2020). En este caso, la diferencia entre ambas curvas, significa una disminución de densidad, que se presentó en general para todas las especies comerciales y

particularmente para las especies de temperamento delicado. Estas variaciones, reflejan sintéticamente la dinámica poblacional, la cual contempla los procesos de reclutamiento, crecimiento y mortalidad por clase diamétrica, esta última variable particularmente tuvo sus mayores efectos en las clases diamétricas menores e intermedias ( $\leq 32,5$  cm de DAP).

Esto muestra la enorme influencia de la gran mortalidad registrada en estas parcelas que junto al bajo impacto en la densidad por parte del proceso de reclutamiento no logran sostener la densidad inicial del bosque. Esto es posiblemente debido a las condiciones de elevada competencia a la cual están sometidos los individuos de estas parcelas, donde disminuye el crecimiento de los árboles, constituyendo la respuesta de las especies umbrófilas a la falta de intervención silvicultural. Por lo tanto, teniendo en cuenta los tratamientos probados, para mantener este tipo de estructuras disminuyendo la alta mortalidad y promoviendo el reclutamiento es necesario implementar cortas selectivas o de entresaca con intensidades moderadas (hasta el 33% del área basal) en cada ciclo de corta.

Se debe destacar que, en este bosque, sobre todo en las áreas sin intervención, se presenta una condición de sobremadurez, la cual, no contribuye a mejorar la productividad del bosque sino todo lo contrario, dado que la elevada competencia disminuye las tasas de crecimiento y aumenta la cantidad de ejemplares enfermos y muertos.

## 5.2. Mortalidad y reclutamiento

### 5.2.1. Mortalidad

Los resultados correspondientes al relevamiento censal de los ejemplares vivos de especies comerciales mayores de 10 cm de DAP del año 2.004 y los del año 2.022, se presentan en el Anexo (**Tabla A1** y **Tabla A2**), con previo descuento de los ejemplares reclutados de cada método de raleo e intensidad de corta.

Las especies de interés comercial relevadas en cada oportunidad y su nomenclatura se presenta a continuación, en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Listado de especies de interés comercial relevadas para el análisis de mortalidad

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia
Algarrobo negro	<i>Neltuma nigra</i>	Leguminosas
Espina corona	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Leguminosas
Francisco Álvarez	<i>Pisonia zapallo</i>	Nictagináceas
Guayacán	<i>Libidibia paraguariensis</i>	Leguminosas
Guayaibí	<i>Cordia americana</i>	Borraginaceas
Ibirá pitá í	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Poligonáceas
Itin o Carandá	<i>Neltuma Kuntzei</i>	Leguminosas
Lapacho	<i>Handroantus impetiginosus</i>	Bignoneaceas
Palo lanza	<i>Phillostillon rhamnoides</i>	Ulmáceas
Palo mora	<i>Maclura tinctoria</i>	Moráceas
Palo piedra	<i>Diplokeleba floribunda</i>	Sapindáceas
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho - blanco</i>	Apocináceas
Quebracho colorado chaqueño	<i>Schinopsis balansae</i>	Anacardiáceas
Urunday	<i>Astronim balansae</i>	Anacardiáceas

Se registraron un total de 1.725 y 1.170 ejemplares de especies comerciales mayores de 10 cm de DAP para el 2.004 y 2.022, respectivamente, lo que representa una reducción del 32% de los ejemplares respecto al inicio del periodo. Se registraron 14 especies pertenecientes a 10 familias, en ambos años, es decir que no hubo variación en el número de especies durante el transcurso del periodo.

En la **Tabla 12**, se puede observar que los valores medios de la tasa de mortalidad son similares a las del bosque seco de Bolivia (1,4 a 3,2 %) (Pawlowski y Mariaca, 2.007),

y a los citados por Asquith (2.002) y Nebel et al. (2.001) con valores entre 1 y 3% para bosques tropicales.

Los valores medios de las parcelas sin intervención (3,77 %) fueron similares a los registrados por Camacho et al. (1.999) para bosques tropicales con tratamientos de liberación, y por Iturre et al. (2.020) para bosques secos en Santiago del Estero.

**Tabla 12.** Estadísticos descriptivos de la tasa de mortalidad de especies comerciales

Tratamiento	n	Densidad	Densidad	Muertos (ind*ha <sup>-1</sup> )	TMC	CV (%)
		2.004 (ind*ha <sup>-1</sup> )	2.022 (ind*ha <sup>-1</sup> )			
20% - MAF	4	328	244	84	1,7±0,87	52,13
33% - MAF	4	220	178	42	1,2±0,79	64,75
20% - MM	4	283	234	49	1,0±0,74	72,3
33% - MM	4	280	219	61	1,6±1,63	79,28
TESTIGO	4	362	279	151	2,8±0,61	21,17

En las parcelas no intervenidas el total de muertos / ha fue de 151 mientras que en las parcelas intervenidas el promedio fue de 59 ejemplares\*ha<sup>-1</sup> para el periodo analizado. La TMC media para las parcelas intervenidas y parcelas testigo fueron de 1,4 y 2,8 %, respectivamente, dichos valores se encuentran dentro del rango citado por Alder (1.995) (1% a 5%) para bosques subtropicales y tropicales que han sufrido disturbios en periodos de tiempo recientes. Es decir, en términos generales la TMC fue 2 veces menores que en el tratamiento testigo, lo cual se debe, entre otras causales, al estado de competencia en el que se encuentran los árboles en estas parcelas, 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. (2.020) para dos fitosocionomías de bosques bajo manejo forestal en Brasil con valores que fluctuaron entre 5,2 y 6,3%.

En la **Figura 13** se presentan ejemplos de árboles muertos en parcelas sin intervención y con intervenciones moderadas.



A) Ejemplar de espina corona muerto y descopado – parcela testigo

B) ejemplar de Espina corona muerto y con el fuste roto – parcela 8 / MM

**Figura 13.** A) y B) ejemplares de árboles muertos en parcelas testigo.

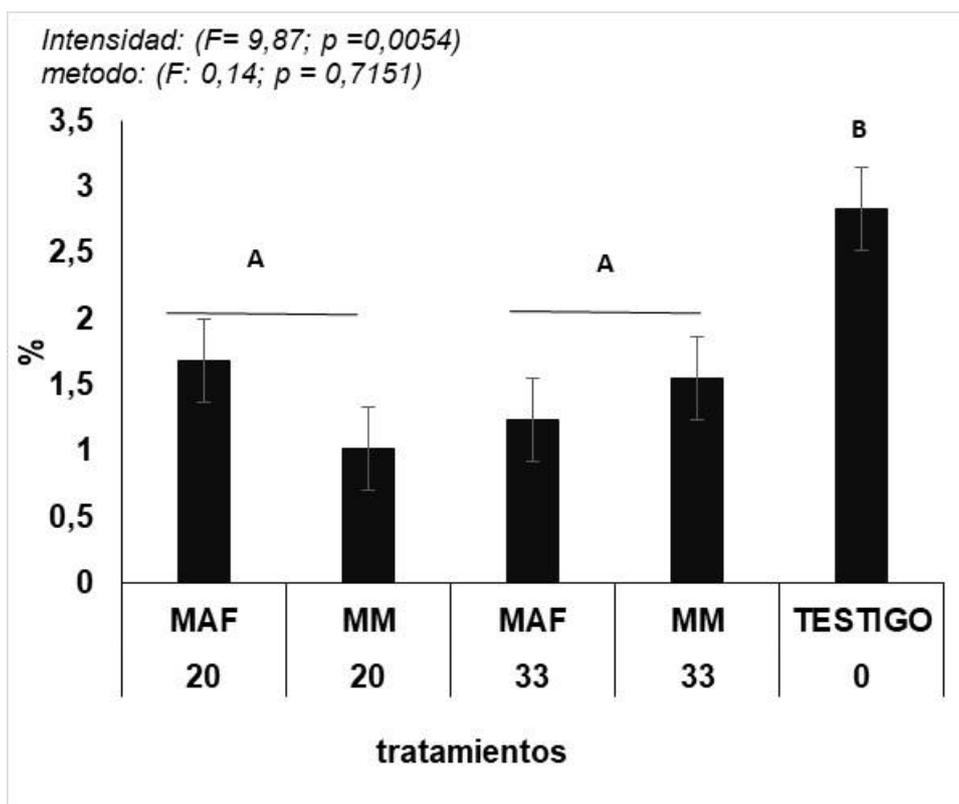
La prueba de Shapiro-Wilks (modificado) arrojó un valor de p (unilateral) de 0,3693, por lo tanto, los datos de la tasa anual de mortalidad de las especies de interés comercial (TMC) presentaron una distribución de tipo normal.

El análisis de varianza, presentado en la **Tabla 13**, muestra que existen diferencias significativas para la intensidad de la corta, pero no para el método de selección de árboles a cortar respecto a la TMC.

**Tabla 13.** Análisis de la Varianza de la TMC para tratamientos probados

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,53	13	1,35	1,8	0,178
INTENSIDAD	11,32	2	5,66	9,87	0,0054
INTENSIDAD>Bloque	5,16	9	0,57	0,77	0,6509
Método	0,11	1	0,11	0,14	0,7151
INTENSIDAD*Método	0,95	1	0,95	1,27	0,2862
Error	7,49	10	0,75		
Total	25,02	23			

La **Figura 14** muestra que no hay diferencias en términos de mortalidad entre las parcelas intervenidas, sin embargo, 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.



**Figura 14.** Comparación de medias de TMC 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).

En todos los casos la mortalidad en las parcelas intervenidas fue menor que en las parcelas sin intervención. Las medias de las parcelas raleadas se diferencian de la parcela testigo registrando menor TMC. Los valores de la tasa de mortalidad de las áreas intervenidas 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 (2.013). Sin embargo, estos autores establecen que dichos valores se deben al temperamento de las especies componentes de cada estadio y no a condiciones biofísicas del sitio. En este trabajo, la corta 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, permitiendo que el bosque no llegue a estados de sobremadurez con los consecuentes efectos nocivos sobre la estructura y distribución diamétrica.

### 5.2.2. Reclutamiento

Los valores de reclutamiento hallados fueron en todos los casos superiores en el área bajo intervención silvicultural (**Tabla 13**). Estos valores superan a los hallados por Aguirre – Mendoza et al. (2.022) quienes presentaron un valor medio de 0,13% para un bosque andino en Ecuador, y por Trigueros - Bañuelos et al., (2.014) con un valor medio de 1,08% para un bosque templado de pino – encino en México.

La **Tabla 14**, a continuación, presenta los valores estadísticos descriptivos de la tasa de reclutamiento.

**Tabla 14.** Medidas de dispersión y tendencia central de la tasa de reclutamiento según método e intensidad.

Tratamiento	n	Densidad 2.004 (ind*ha <sup>-1</sup> )	Densidad 2.022 (ind*ha <sup>-1</sup> )	Reclutas (ind*ha <sup>-1</sup> )	TRC	CV %
20% - MAF	4	328	244	181	2,4±0,72	29,85
33% - MAF	4	220	178	193	3,3±0,82	24,74
20% - MM	4	283	234	225	3,2±0,65	20,25
33% - MM	4	280	219	268	3,8±1,22	32,33
TESTIGO	4	362	279	68	0,9±0,29	32,71

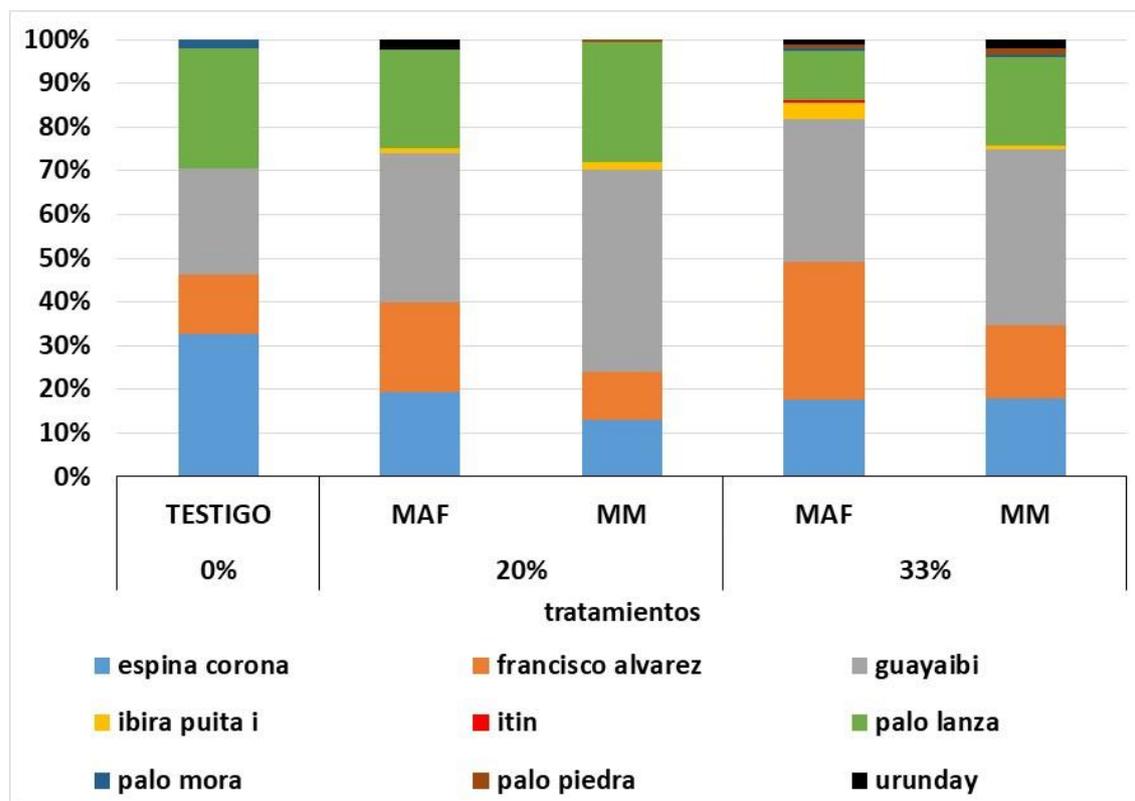
En términos generales la cantidad de individuos de especies de interés comercial, reclutados  $\text{ha}^{-1}$ , y consecuentemente la TRC para el tratamiento testigo representó entre el 25% al 38% de los valores de los tratamientos con intervención. Los mayores porcentajes de ejemplares reclutados correspondieron a las parcelas cortadas con valores que fluctuaron entre 19% y 28% del total de ejemplares reclutados  $\text{ha}^{-1}$ , mientras que el conjunto de las áreas sin intervención solo presentó valores medios del 7%. Teniendo en cuenta la composición botánica de los reclutas de interés comercial, en la **Tabla 15** se presentan las especies relevadas.

**Tabla 15.** Especies reclutadas durante el periodo según familias botánicas.

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia
Espina corona	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Leguminosas
Francisco Álvarez	<i>Pisonia zapallo</i>	Nictagináceas
Guayaibí	<i>Cordia americana</i>	Borraginaceas
Ibira pitá í	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Poligonáceas
Carandá	<i>Neltuma kuntzei</i>	Leguminosas
Palo lanza	<i>Phillostillon rhamnoides</i>	Ulmáceas
Palo mora	<i>Maclura tinctoria</i>	Moráceas
Palo piedra	<i>Diplokeleba floribunda</i>	Sapindáceas
Urunday	<i>Astronuim balansae</i>	Anacardiáceas

Se registraron reclutas pertenecientes a 8 familias botánicas y 9 especies, fundamentalmente en su mayoría de temperamento delicado o umbrófilas. Se destaca que no se registraron reclutas de otras especies de temperamento robusto e interés comercial como Guayacán, Quebracho blanco, Quebracho colorado chaqueño y Algarrobo negro.

En la **Figura 15**, se grafica la participación porcentual de los reclutas de las especies de interés comercial registradas en cada tratamiento.



**Figura 15.** Participación porcentual de reclutas de especies de interés comercial según método e intensidad de corta.

Las especies con mayor cantidad de reclutas en términos de participación porcentual correspondieron a especies de temperamento delicado o esciófitas, seguidas por especies de temperamento medio, con escasos registros de especies de temperamento robusto. La cantidad de reclutas obtenidos en el presente estudio fue significativamente mayor para MM y MAF respecto a las parcelas no intervenidas (**Figura 15**).



A) Recluta de Palo piedra – Parcela 5 /MM

B) Reclutas de Palo lanza – Parcela 5/MAF

**Figura 16.** A) y B) ejemplares de reclutas en parcelas intervenidas.

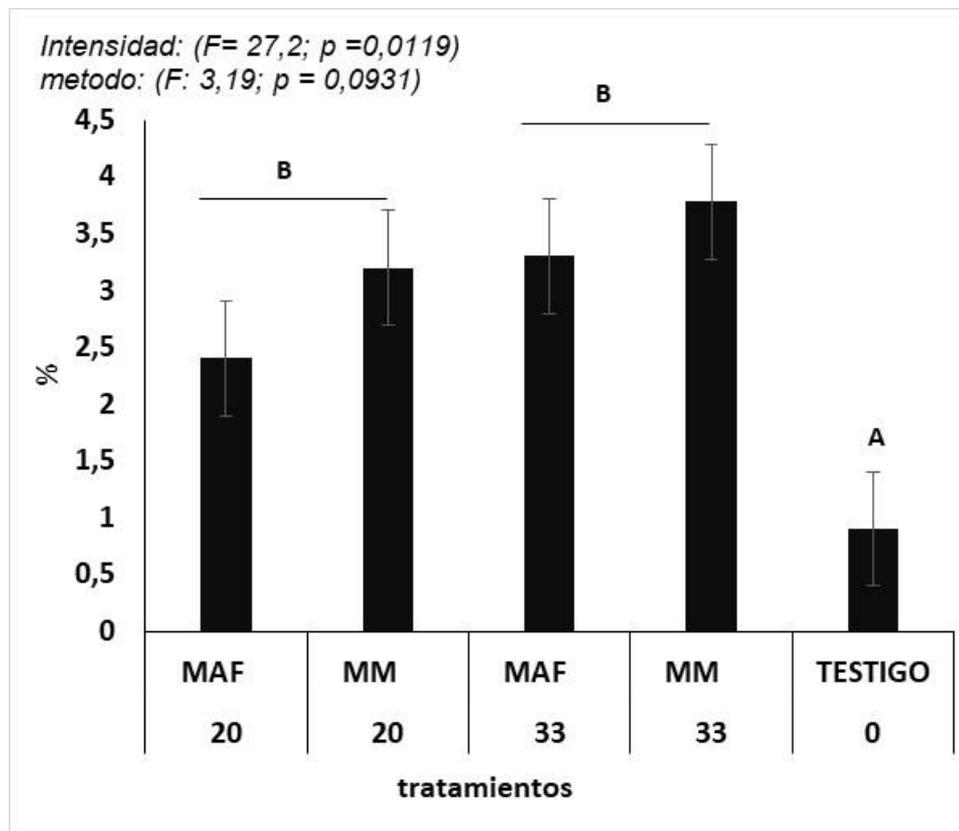
La prueba de Shapiro-Wilks (modificado) arrojó un valor de p (unilateral) de 0,5848, por lo tanto, corrobora que los datos de la TRC presentan una distribución de tipo normal.

A continuación, en la **Tabla 16** se muestran los resultados del ANOVA de la TRC.

**Tabla 16.** Análisis de la Varianza de dos métodos de raleo y tres intensidades de corta de la Tasa anual de reclutamiento de especies de interés comercial.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,99	7	4,71	9,25	0,0001
INTENSIDAD	29,63	2	14,81	27,24	0,0119
INTENSIDAD>Bloque	1,63	3	0,54	1,07	0,3909
Método	1,63	1	1,63	3,19	0,0931
INTENSIDAD*Método	0,11	1	0,11	0,21	0,6551
Error	8,16	16	0,51		
Total	41,15	23			

El análisis de varianza, (**Tabla 16**), muestra que, al igual que en caso de la mortalidad, existen diferencias significativas para la intensidad de la corta y no para el método de selección de árboles a cortar respecto a la TRC.



**Figura 17.** Comparación de medias de TRC según método e intensidad de corta. Donde MM= Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

Comparando las medias del método de selección en la **Figura 17**, se puede observar que las parcelas intervenidas presentaron una mayor tasa de reclutamiento que las parcelas sin intervención, lo que concuerda con lo observado por Wenzel y Hampel (1998) al comportamiento de las especies de sombra en sitios con altos valores de área basal donde disminuye la cantidad de renovales y aparentemente también el desarrollo de las plantas jóvenes.

Las tasas de reclutamiento para el área intervenida fueron cercanas a lo determinado por Carvajal – Vanegas y Calvo – Alvarado (2.013) 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; mientras que en este caso

las diferencias determinadas en la **Tabla 15** se deben a los métodos e intensidades de corta aplicados al bosque, que han generado condiciones de crecimiento y desarrollo favorables para los ejemplares jóvenes de especies comerciales. En este sentido, las cortas leves y moderadas independientemente del método de selección generan mayores tasas de reclutamiento en bosques dominados por especies umbrófilas que en áreas sin intervención silvicultural, de este modo contribuyen a sostener la estructura y el stock necesario de individuos que podrán aprovechar todas las condiciones de competencia generadas por la intervención.

### 5.2.3. Relaciones entre reclutamiento y mortalidad

Comparando ambas tasas (**Tablas 12 y 14**), para la mayoría de las parcelas intervenidas, la tasa de reclutamiento superó en promedio 1,8 veces a la tasa de mortalidad, mientras que, en las parcelas sin intervención la tasa de mortalidad fue mayor a la de reclutamiento en casi tres veces; este mayor dinamismo es propio de los bosques manejados según lo establecido por Delgado et al. (1.997) como consecuencia de la recuperación del bosque por medio de un proceso de reclutamiento masivo en sitios perturbados. Estos autores también observaron que ambientes no perturbados no favorecen el proceso de reclutamiento.

Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) para los métodos MAF (**Figura 18**) y MM (**Figura 19**) indicaron que la primera componente (CP1) separó la TMC de TRC, y que la intensidad de raleo estuvo fuertemente asociada a TRC.

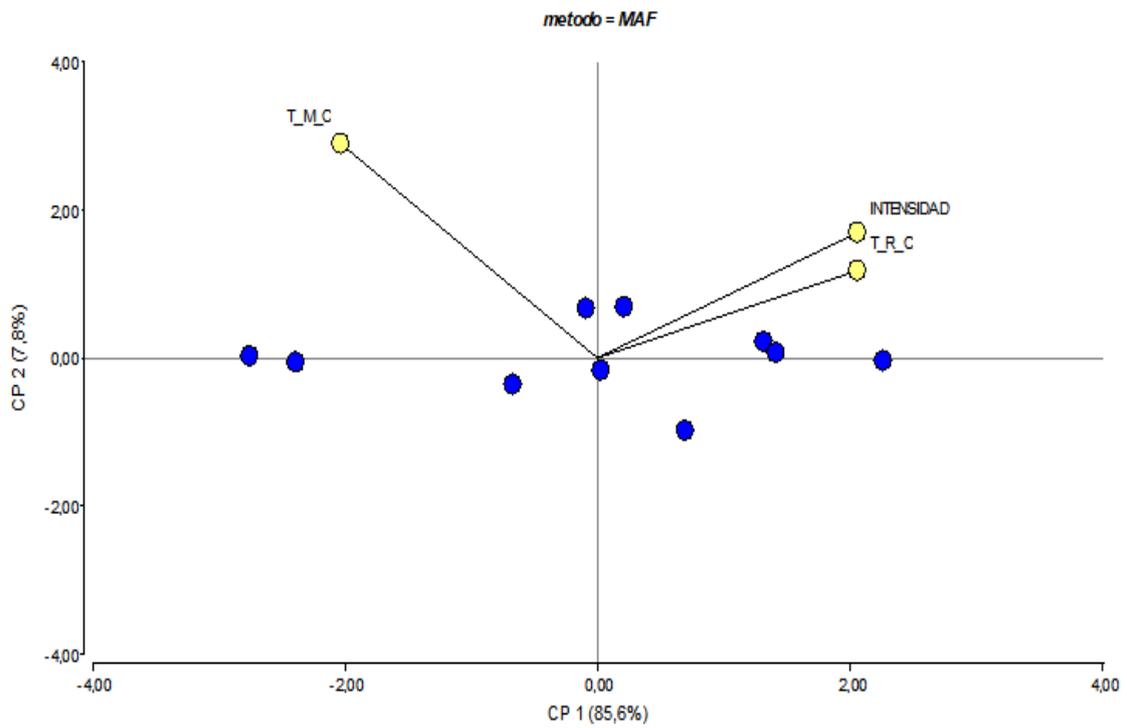


Figura 18. ACP para el método MAF.

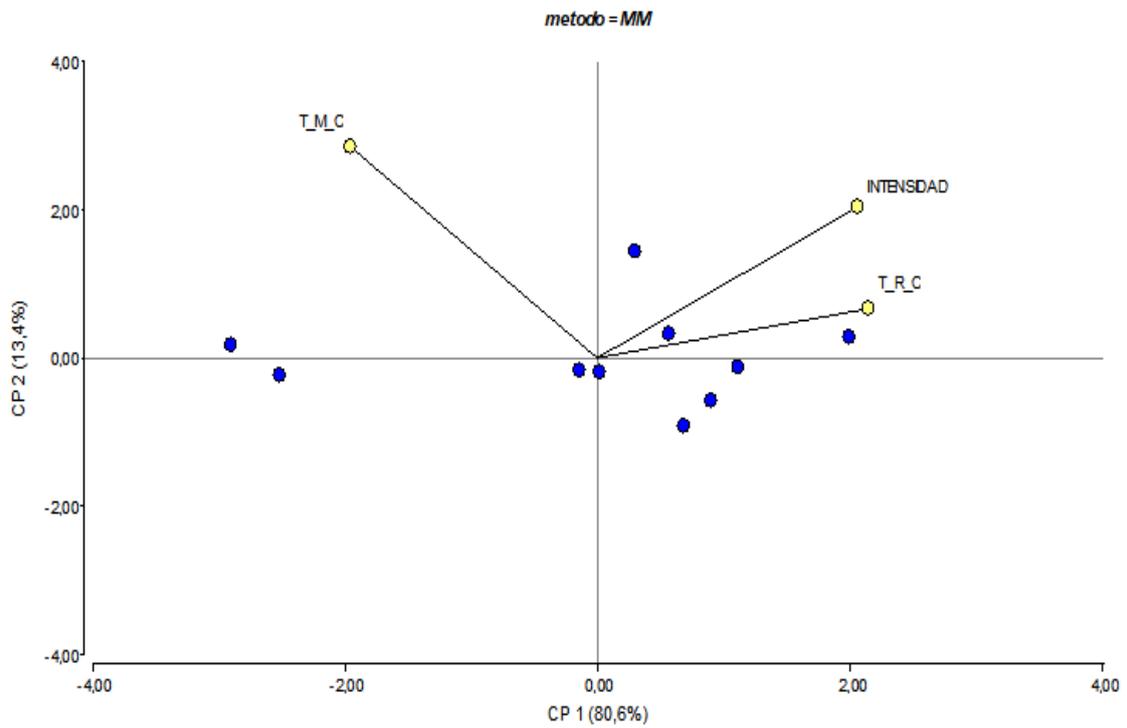
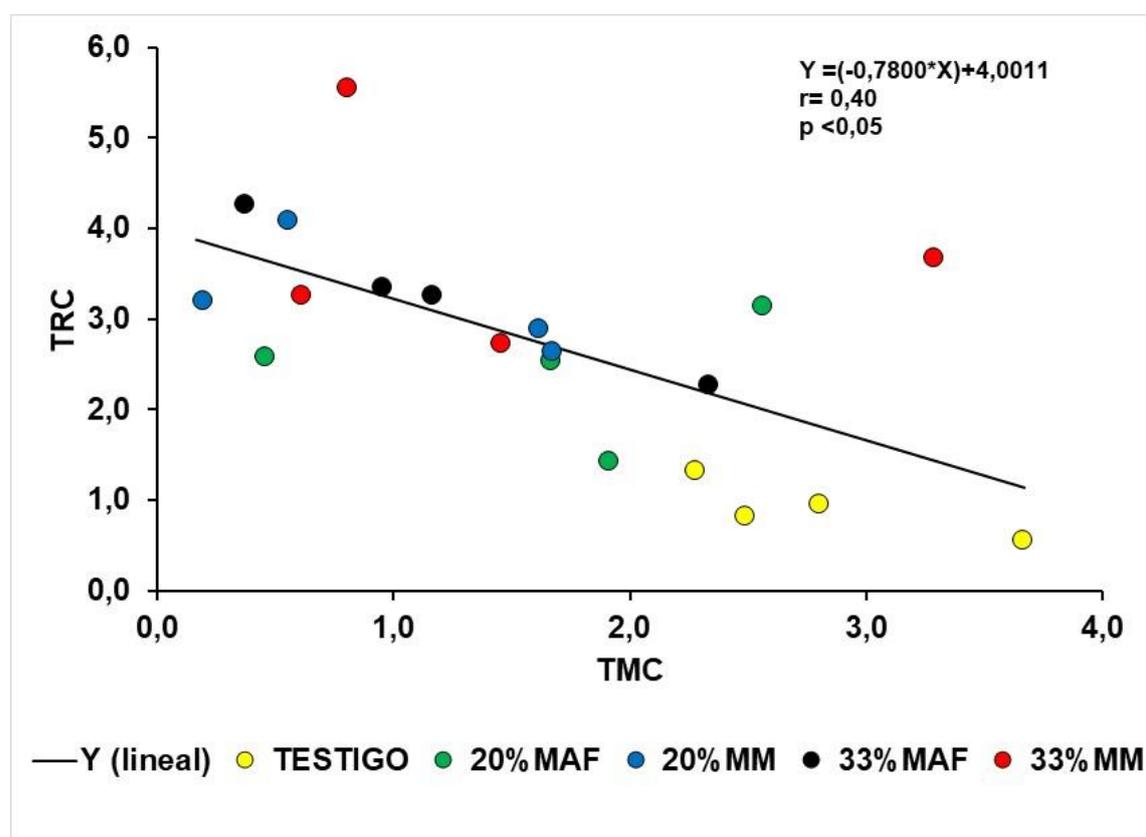


Figura 19. ACP para el método MM.

La primera componente (CP1) separó la TMC de TRC y la intensidad de la corta, se encuentra fuertemente asociada a TRC. Los resultados señalan que con las dos primeras componentes es posible explicar el 94% de la variación total. Los auto vectores (e1 y e2) reportados muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada para conformar las CP1 y CP2. Se puede visualizar que, al construir la CP1, la variable "TMC" recibe los pesos negativos más altos y la variable "TRC" el peso positivo más alto. La variable INTENSIDAD también tiene peso con coeficientes positivos relativamente altos. Luego se puede interpretar que la CP1, en el método MM separa u opone claramente las tasas de mortalidad y reclutamiento en especies comerciales. La ortogonalidad de las componentes principales garantiza que la CP2 provee nueva información sobre variabilidad respecto a la provista por la CP1. Desde el punto de vista silvicultural, los tratamientos de raleo se asocian en mayor medida a la tasa de reclutamiento, es decir que la corta determina la mayor tasa de reclutamiento en bosques dominados por especies de temperamento delicado.

Seguidamente, se presenta en la **Figura 20** la relación entre ambas tasas.



**Figura 20.** Relación entre tasa de mortalidad y tasa de reclutamiento de especies comerciales.

Con base en el coeficiente de correlación de Pearson (-0,6), y observando la **Figura 20** se puede afirmar que existe una correlación negativa entre ambas tasas, es decir, a medida que aumenta la tasa de mortalidad disminuye la tasa de reclutamiento. Esto se puede explicar teniendo en cuenta el temperamento delicado de las especies con mayor cantidad de reclutas, dado que necesitan mayores densidades de individuos vivos o menores cantidades de ejemplares muertos que proporcionen protección para su establecimiento y posterior desarrollo, aspecto característico de bosques dominados por especies esciófitas y en estadios sucesionales avanzados. En forma similar, Louman et al. (2.001a), argumentaron que la mayoría de los bosques primarios húmedos tienen una composición florística diversa, estructura disetánea donde generalmente los claros tanto de origen natural como los originados por aprovechamiento son pequeños o medianos en términos de superficie (< 300 m<sup>2</sup>), y con lo establecido por Wenzel y Hampel (1.998) acerca de la necesidad de cierto nivel de protección de los renovales establecidos en función al temperamento delicado de muchas de las especies reclutadas.

Diferentes autores han determinado en sus estudios valores de tasa de mortalidad mayores a los de la tasa de reclutamiento (Trigueros – Bañuelos et al., 2.014; Iturre et al., 2.020; Aguirre – Mendoza et al., 2.022; Perales – Vargas et al., 2.023) para las parcelas intervenidas, siendo concordantes con los resultados del presente trabajo para las áreas sin intervención; una de las razones que posiblemente expliquen esta situación quizás esté relacionada al temperamento delicado de la mayoría de las especies que componen este bosque y su crecimiento rápido, lo cual les permite adaptarse rápida y favorablemente a las condiciones ambientales que generan intervenciones leves a moderadas.

En resumen, sitios con alta cobertura o área basal se relacionan a tasas bajas de reclutamiento y altas tasas de mortalidad como producto de situaciones de alta 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 TRC y disminuyendo la TMC.

### 5.3. Índices de biodiversidad

A continuación, en la **Tabla 17** se presenta el resumen estadístico descriptivo de los índices de biodiversidad analizados según métodos, intensidad de corta y año de relevamiento.

Tabla 17. Resumen estadístico de Índices de biodiversidad.

Método	Intensidad	Año	Índice	Media
MAF	20	2.004	Shannon -Wiener	1,76±0,32
			Simpson	0,73±0,1
			CM	0,14±0,04
			S	12±2,83
		2.022	Shannon -Wiener	1,78±0,35
			Simpson	0,77±0,1
			CM	0,09±0,03
			S	10,75±2,5
	33	2.004	Shannon -Wiener	2±0,32
			Simpson	0,83±0,04
			CM	0,16±0,04
			S	10,75±3,4
		2.022	Shannon -Wiener	2,08±0,17
			Simpson	0,84±0,03
			CM	0,13±0,05
			S	12,5±2,38
MM	20	2.004	Shannon -Wiener	1,95±0,15
			Simpson	0,8±0,04
			CM	0,15±0,05
			S	12,25±1,5
		2.022	Shannon -Wiener	1,73±0,19
			Simpson	0,75±0,05
			CM	0,1±0,04
			S	11,5±1,91
	33	2.004	Shannon -Wiener	1,65±0,2
			Simpson	0,76±0,04
			CM	0,13±0,05
			S	9,25±2,06
		2.022	Shannon -Wiener	1,84±0,23
			Simpson	0,78±0,06
			CM	0,1±0,03
			S	12,5±1,73
TESTIGO	0	2.004	Shannon -Wiener	2,06±0,15
			Simpson	0,82±0,03
			CM	0,09±0,02
			S	14±2,0
		2.022	Shannon -Wiener	1,71±0,15
			Simpson	0,74±0,05
			CM	0,11±0,05
			S	11,5±1,73

Los valores hallados en todos los tratamientos del índice Shannon Wiener fueron sensiblemente superiores a los citados por Gómez et al. (2.013) (1,76) para un bosque secundario aledaño al área de estudio, mientras que para el índice de Simpson y el CM los resultados del presente trabajo fueron muy superiores a los citados en el mismo trabajo para ese bosque (0,22 y 0,03 respectivamente). Además, mientras que los resultados hallados en esta tesis se encuentran dentro del rango citado por Giménez et al. (2.011) (rango: 0,63 - 2,07), los mismos fueron inferiores a los hallados por Mereles et al. (2.020) con valores de 3,69 y Torres (2.016) con valor medio de 4,23 para bosques tropicales del Chaco Húmedo. Respecto a la riqueza, si comparamos entre los años de medición, podemos ver que los valores disminuyeron tanto para el testigo como para el MAF 20%, para MM 20% prácticamente no hubo variación mientras que para MAF 33% y MM 33% los valores de riqueza han aumentado entre los años de medición. Comparando los valores finales de riqueza entre los tratamientos, MAF 33% y MM33% registraron mayores valores que el testigo, en cambio en MM 20% y MAF 20% se registraron valores similares al testigo.

La prueba de Shapiro Wilks (modificado) arrojó valores de p (unilateral) de 0,8218; 0,1068; 0,0190 y 0,0218 para el índice de Shannon Wiener, índice de Simpson, el Cociente de Mixtura (CM) y la Riqueza (S), respectivamente. Por lo tanto, se procedió a la transformación de la variable CM mediante la aplicación del logaritmo natural de la misma (LN\_CM) para obtener finalmente un valor de 0,258 en la prueba de normalidad. Para el caso de la Riqueza y por tratarse de una variable de conteo, se realizó el análisis no paramétrico de Kruskal – Wallis. El análisis de varianza de los índices se presenta en la **Tabla 18**.

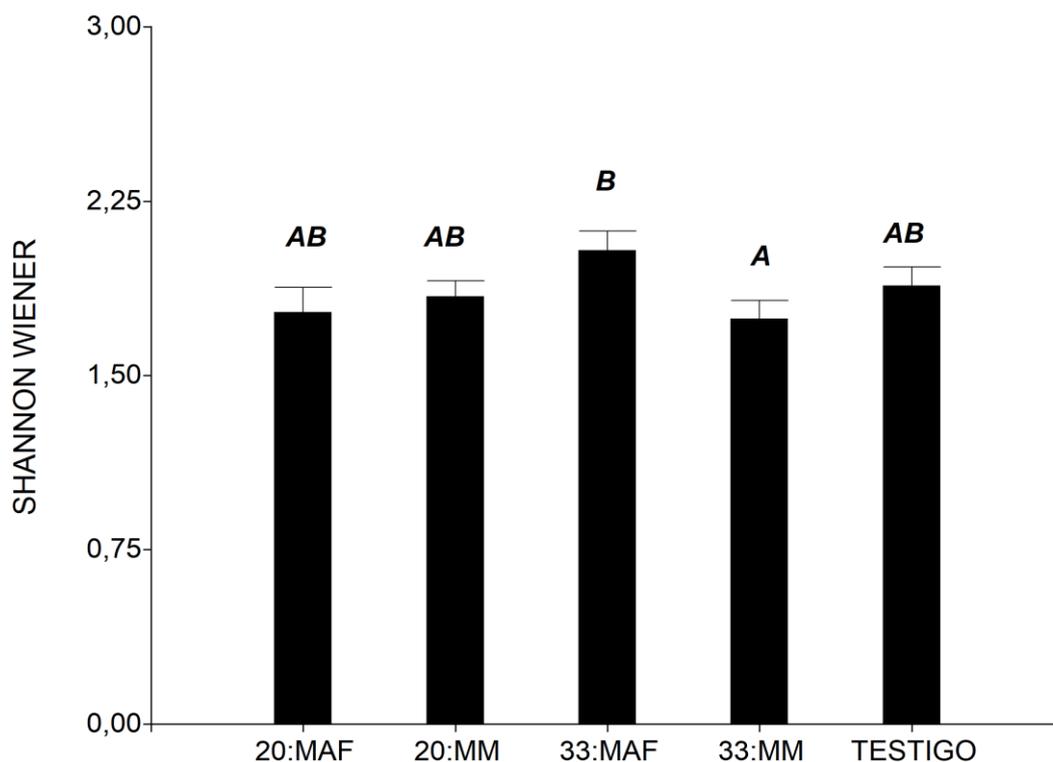
**Tabla 18.** Análisis de la Varianza de los índices según método intensidad y años de relevamiento.

Fuente de Variación	Índice		
	Shannon Wiener	Simpson	LN_CM
<b>Intensidad</b>	F:0,63; p-valor: 0,53	F:4,37; p-valor: 0,22	F:1,19; p-valor: 0,32
0	1,89 a	0,78 a	-2,35 a
20	1,80 a	0,76 a	-2,18 a
33	1,89 a	0,8 a	-2,12 a
<b>Método</b>	F:0,63; p-valor: 0,53	F:1,43; p-valor: 0,24	F:0,65; p-valor: 0,43
Testigo	1,89 a	0,78 a	-2,35 a
MAF	1,90 a	0,79 a	-2,10 a
MM	1,79 a	0,77 a	-2,20 a
<b>Años</b>	F:0,63; p-valor: 0,53	F:0,48; p-valor: 0,49	F:4,31; p-valor: 0,05
2.004	1,88 a	0,79 a	-2,08 a
2.022	1,83 a	0,77 a	-2,30 b
<b>Interacciones</b>			
Intensidad*Método	F:4,81; p-valor: 0,04	F:4,37; p-valor: 0,04	F:1,66; p-valor: 0,21
Intensidad*Años	F:3,0; p-valor: 0,06	F:2,00; p-valor: 0,15	F:1,93; p-valor: 0,16
Método*Años	F:0,17; p-valor: 0,68	F:0,8; p-valor: 0,38	F:0,01; p-valor: 0,97
Intensidad*Método*Años	F:1,09; p-valor: 0,30	F:1,16; p-valor: 0,29	F:0,13; p-valor: 0,72

Donde MM= Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

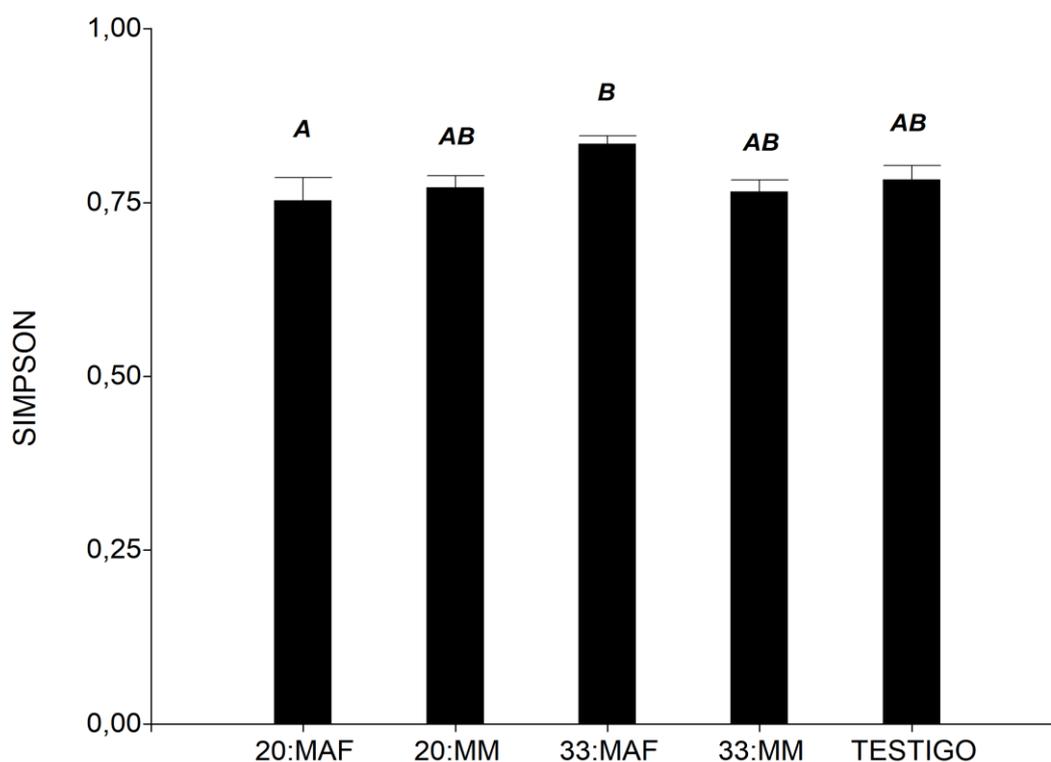
La **Tabla 18**, muestra que se encontraron diferencias significativas respecto a la interacción entre Intensidad y Método de corta para los índices de Shannon Wiener y Simpson, presentando mayores valores de biodiversidad en las áreas intervenidas respecto al tratamiento testigo. Para el Coeficiente de mezcla las diferencias halladas no correspondieron a la intervención silvícola, sino para los años de medición, mientras que, para S las diferencias encontradas se dieron en la interacción entre años e intensidades, incrementando sus valores en 2.022 respecto del 2.004 para intensidades del 33%. Para el caso de la Riqueza, el análisis no paramétrico de Kruskal – Wallis no encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $H: 10,40$ ;  $p$ -valor: 0,3193). Se puede interpretar que las diferencias encontradas en el análisis de varianza paramétrica para el LN\_CM no responden a los tratamientos aplicados sino al momento o estadio sucesional del bosque, donde el número de especies y su densidad cambian de modo paulatino en tiempo y espacio; es decir que el número de especies en general ha disminuido mientras que las densidades han aumentado tanto en las áreas intervenidas como en las no intervenidas.

Cabe destacar que estos resultados también fueron concordantes con lo observado en otros estudios llevados a cabo en bosques templados y tropicales, donde rodales manejados presentaron valores más altos de diversidad de especies de árboles que aquellos sin intervenir (Iida y Nakashizuka, 1.995, Kammesheidt et al., 1.999, Torras y Saura, 2.008). A continuación, en las **Figuras 21, 22 y 23** se muestran las comparaciones de medias de los índices de Shannon Wiener, Simpson y S para cada tratamiento o combinación.



**Figura 21.** Comparación de medias según método e intensidad de corta para el índice de Shannon Wiener.

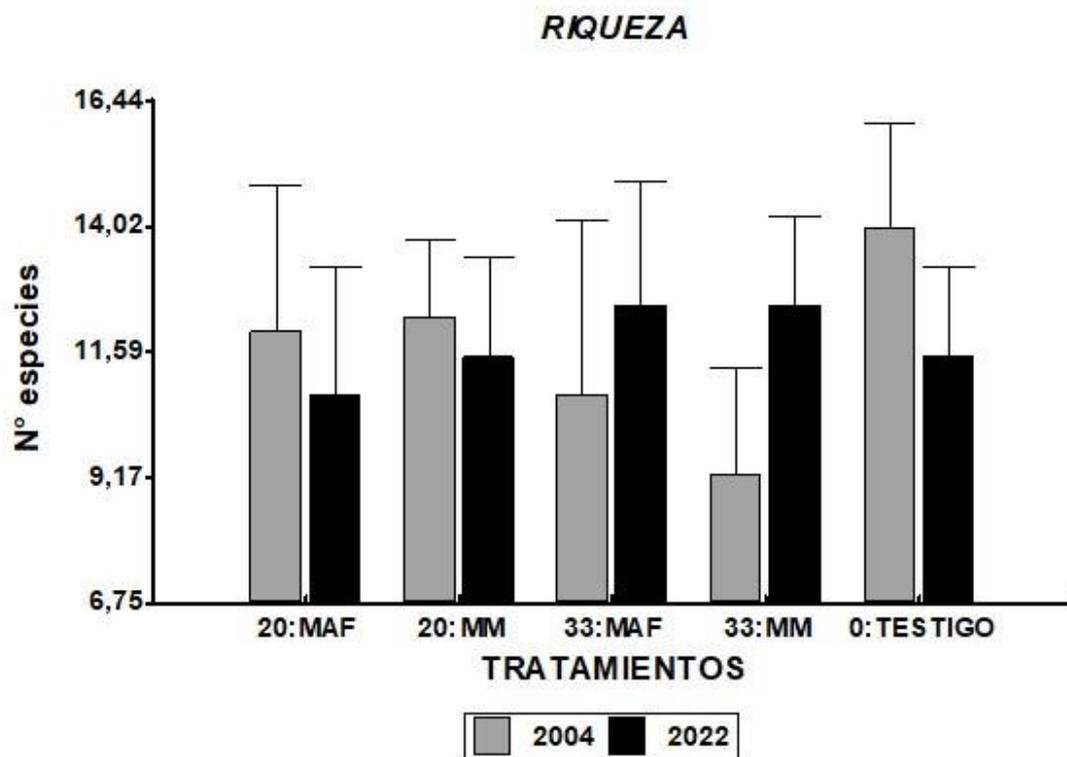
Donde MM= Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 22.** Comparación de medias según método e intensidad de corta para el índice de Simpson. Donde MM= Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

Las **Figuras 21** y **22** muestran que para la combinación del método MAF y la intensidad del 33% de extracción del área basal, los índices de biodiversidad analizados fueron levemente mayores, incluso respecto a las parcelas no intervenidas. Es decir, la biodiversidad fue significativamente mayor para MAF con el 33% de extracción. Esto se puede explicar desde el punto de vista silvicultural argumentando que la combinación de este método y la mayor intensidad de extracción genera mayor variabilidad espacial en la distribución y tamaño de claros en el bosque los cuales son aprovechados por la mayoría de las especies de acuerdo con su temperamento.

En la **Figura 23** se presenta la cantidad de especies por tratamiento para los años 2004 y 2022.



**Figura 23.** Distribución del número de especies por tratamiento y año.

En la **Figura 23**, se observa que para los tratamientos de testigo o con intensidades de extracción del 20% (leves) hubo una reducción en el número de especies censadas mientras que para los tratamientos con intensidades de extracción del 33% (moderadas) el número de especies aumentó. Esto corrobora lo señalado precedentemente respecto a que intensidades moderadas de extracción generan mayor variabilidad espacial en la distribución y tamaño de claros en el bosque los cuales son aprovechados por la mayoría de las especies de acuerdo con su temperamento.

## 5.4. Incremento y ciclo de corta

### 5.4.1. Variaciones en área basal

En la **Tabla 19** se presentan los valores de área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) de cada parcela para las especies comerciales y para todas las especies relevadas en 2.004 y 2.022 y la variación correspondiente al periodo analizado.

**Tabla 19.** Área basal y su variación para el periodo según tratamiento.

Parcela	Intensidad	Método	2.004		2.022		Variación área basal	
			Todas	Comerciales	Todas	Comerciales	Comerciales	Todas
1	20	MAF	14,08	13,59	13,68	12,82	-0,8	-0,40
	20	MM	13,00	11,55	19,21	17,75	6,2	6,21
2	33	MAF	9,29	8,83	12,73	11,92	3,1	3,44
	33	MM	12,39	11,93	19,10	18,81	6,9	6,71
3	20	MAF	17,62	17,39	23,62	23,44	6,1	6,00
	20	MM	12,15	11,75	17,20	16,91	5,2	5,05
4	20	MAF	17,73	17,05	15,97	15,83	-1,2	-1,76
	20	MM	17,43	16,71	18,33	17,96	1,2	0,90
5	33	MAF	14,41	13,02	14,36	13,59	0,6	-0,06
	33	MM	8,43	7,78	13,57	12,80	5,0	5,14
6	20	MAF	15,94	15,49	16,07	15,85	0,4	0,14
	20	MM	14,28	13,61	15,18	14,88	1,3	0,89
7	33	MAF	13,80	13,51	14,75	13,91	0,4	0,96
	33	MM	12,72	12,60	16,78	16,57	4,0	4,06
8	33	MAF	12,94	12,94	17,57	17,26	4,3	4,63
	33	MM	10,25	9,97	10,51	9,95	0,0	0,25
9a	0	Testigo	24,48	20,79	17,45	17,05	-3,7	-7,04
9b	0	Testigo	20,41	19,54	17,44	17,23	-2,3	-2,97
10a	0	Testigo	22,32	21,28	15,37	15,14	-6,1	-6,95
10b	0	Testigo	22,73	21,96	16,58	16,51	-5,5	-6,15

Donde MM= Método de la Masa y MAF = Método del Árbol de futura cosecha.

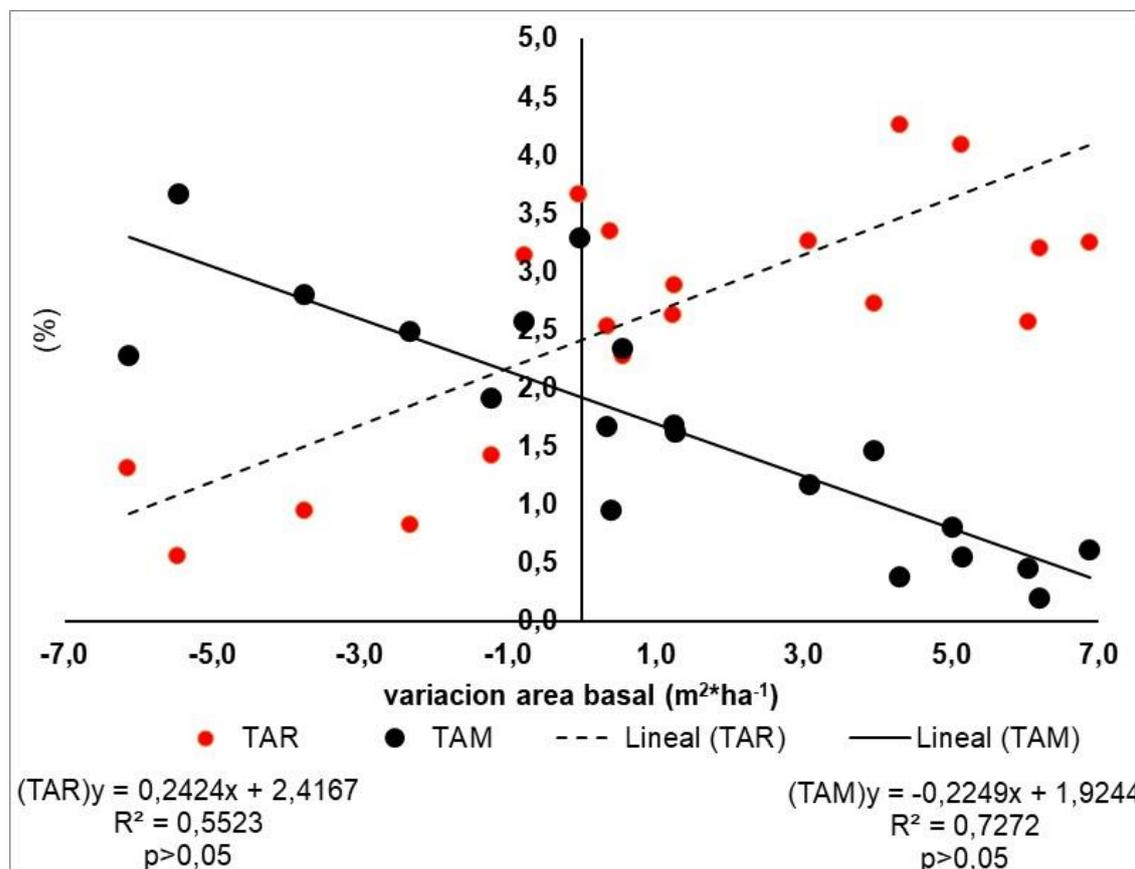
El área basal media de las especies de interés comercial en el área intervenida en 2.004 fue de  $12,98 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y de  $15,64 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en 2.022, representando un incremento del 20,5%. En el caso del conjunto de todas las especies (comerciales y no comerciales) el área basal fue de  $13,53 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $16,16 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  para los años 2.004 y 2.022, respectivamente, correspondiéndose a un aumento del 19,4% para el periodo evaluado. En contraste, para el área no intervenida (parcelas testigo), las variaciones fueron negativas, lo cual, pudo ocurrir debido a la fuerte competencia y mortalidad, que provocó una fuerte disminución en la densidad de árboles. Resultados similares en términos de disminución de área basal, en bosques montanos de Salta con aprovechamiento de cortas selectivas han sido descritos por Pinazo y Gasparri (2.003) al comparar rodales aprovechados con rodales sin intervención.

El promedio de incremento anual en área basal registrado para las especies de interés comercial en el área intervenida fue de  $0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ , sin embargo, este valor no es suficiente para alcanzar el valor de área basal inicial antes de la corta (alrededor de  $18 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Por otro lado, las disminuciones registradas de área basal de las especies comerciales fundamentalmente se dieron en las parcelas sin intervención a razón de  $-0,23 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ , situación similar se registra para el conjunto de todas las especies con valores de  $0,13$  y  $0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ , respectivamente. Los valores hallados en este trabajo son similares a los citados por Cid Lendínez et al. (2.013) ( $0,12 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ ) para un bosque del Chaco semiárido. Esto permite afirmar que la intervención forestal 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 Quirós (2.001) y Camacho y Finegan (1.997) en relación con que la corta estimula las tasas de crecimiento de los ejemplares remanentes en áreas de producción, al aprovechar los espacios generados para desarrollarse y aprovechar la mayor cantidad de recursos disponibles.

Teniendo en cuenta los valores iniciales marcadamente superiores (10% a 27%) de las parcelas testigo respecto de las parcelas con tratamiento raleo, previo al ensayo se aclara que las parcelas raleadas no tuvieron aprovechamiento forestal previo. Las parcelas testigo fueron instaladas durante el año 2.004 (en que se efectuó la corta) y su ubicación se realizó bajo la premisa de mantener la continuidad de la fisonomía de la vegetación dentro del ensayo. No obstante, esta situación no influyó desde la perspectiva de la ejecución del experimento y tampoco en su análisis estadístico.

El análisis de correlación efectuado entre los valores de variación de área basal (**Tabla 19**) y los valores de las tasas de mortalidad y reclutamiento de especies comerciales

(Tablas 12 y 14), arrojó valores del coeficiente de Pearson de -0,85 y 0,74, respectivamente. En la Figura 24 se presenta la gráfica de las relaciones entre estas variables.



**Figura 24.** Relación entre variación del área basal en el periodo 2.004 a 2.022 y las tasas de Reclutamiento y Mortalidad de especies comerciales.

La Figura 24, muestra que los crecimientos en área basal se asocian positivamente con la TRC y negativamente con la TMC, y viceversa 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 consecuentemente con la sobremadurez del bosque. La causa se puede explicar argumentando que las condiciones de elevada competencia y densidad generan condiciones adversas que disminuyen la capacidad de reacción en términos de establecimiento y crecimiento de los ejemplares de 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., 2.002; Uslar et al., 2.004). En este sentido es importante tener en cuenta que el área basal remanente después de la corta de selección, 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 (2.013) y por Wenzel y Hampel (1.998) para un bosque con estructura similar.

Estos resultados indican que a partir de la aplicación de tratamientos orientados a disminuir la mortalidad y aumentar la tasa de reclutamiento se podría incrementar el crecimiento en área basal del bosque.

La prueba de Shapiro-Wilks arrojó un valor de p (unilateral) de 0,4568 y 0,1029 respectivamente, para la variación del área basal de especies comerciales y para la variación del área basal de todas las especies, por lo tanto, la distribución de estos datos sigue una distribución de tipo normal. El ANOVA de estas variables se presenta en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.** Análisis de varianza de la variación del área basal según tratamientos para el periodo 2.004 - 2.022.

Variación del Área basal		
F.V.	Especies comerciales	Todas las especies
<b>Intensidad</b>	F:18,22; p-valor: 0,007	F:23,03; p-valor: 0,0003
0	-4,40 a	-5,78 a
20	2,30 b	2,13 b
33	3,04 b	3,14 b
<b>Método</b>	F:4,18; p-valor: 0,0682	F:3,88; p-valor: 0,0773
Testigo	-4,40 a	-5,78 a
MAF	1,61 b	1,62 b
MM	3,73 b	3,65 b
<b>Interacciones</b>		
Intensidad*Método	F:0,05; p-valor: 0,8229	F:4,37; p-valor: 0,04

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

Analizando la variación del área basal para el periodo 2.004 – 2.022, si bien no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sí hubo diferencias respecto a la intensidad de los mismos, ya sea considerando las variaciones de todas las especies presentes o bien considerando solo las especies comerciales (**Tabla 20**). Esta situación fue similar a la descrita por Silva de Lucena et al. (2.018) quienes tampoco encontraron diferencias significativas, después de 27 años, entre distintos sistemas silviculturales aplicados en bosques de Brasil. Además, el test de comparación de medias determinó diferencias

entre los métodos de selección respecto del testigo. Esto se fundamenta, considerando que el periodo de tiempo transcurrido desde la corta fue lo suficientemente largo como para diluir las posibles diferencias entre los tratamientos aplicados en la respuesta del bosque en términos de crecimiento de área basal; es decir que independientemente del método e intensidad aplicado el crecimiento en área basal es mayor al de las áreas sin corta.

#### 5.4.2. Modelado de incremento diamétrico y su aplicación para el manejo

En la **Tabla 21** se presentan los valores de incremento diamétrico según clases diamétricas para cada especie de valor comercial y tratamiento.

**Tabla 21.** Incrementos diamétricos de las especies de interés comercial según tratamiento y clase diamétrica.

Tratamiento Especie	0% - TESTIGO cm/año	20% - MAF cm/año	20% - MM cm/año	33% - MAF cm/año	33% - MM cm/año
<b>Carandá</b>	<b>0,28±0,00</b>				<b>0,32±0,03</b>
27,5					0,28±0,00
32,5					0,35±0,00
47,5	0,28±0,00				
<b>Espina corona</b>	<b>0,17±0,05</b>	<b>0,24±0,07</b>	<b>0,17±0,06</b>	<b>0,32±0,14</b>	<b>0,18±0,09</b>
12,5	0,14±0,00	0,28±0,00	0,30±0,00		0,12±0,00
17,5	0,19±0,00	0,19±0,00	0,11±0,00	0,19±0,00	0,16±0,00
22,5	0,18±0,00	0,34±0,00	0,11±0,00	0,29±0,00	0,14±0,00
27,5	0,09±0,00	0,16±0,00	0,22±0,00	0,26±0,00	0,18±0,00
32,5	0,22±0,00		0,17±0,00		0,16±0,00
37,5	0,10±0,00		0,15±0,00	0,56±0,00	0,36±0,00
42,5	0,24±0,00		0,16±0,00		0,27±0,00
47,5	0,22±0,00				0,04±0,00
52,5	0,15±0,00				
<b>Fco. Álvarez</b>	<b>0,63±0,29</b>		<b>0,78±0,18</b>		
12,5	0,31±0,00				
17,5	0,42±0,00				
22,5	1,05±0,00		0,60±0,00		
27,5			0,95±0,00		
57,5	0,74±0,00				
<b>Guayacán</b>	<b>0,12±0,00</b>		<b>0,17±0,10</b>		<b>0,06±0,00</b>
22,5					0,06±0,00
27,5			0,30±0,00		
37,5	0,10±0,00		0,14±0,00		
42,5	0,16±0,00		0,08±0,00		
47,5	0,10±0,00				
57,5	0,12±0,00				
<b>Guayaibí</b>	<b>0,24±0,14</b>	<b>0,42±0,11</b>	<b>0,31±0,08</b>	<b>0,35±0,04</b>	<b>0,49±0,16</b>

12,5		0,27±0,00	0,17±0,00	0,35±0,00	0,23±0,00
17,5	0,18±0,00	0,35±0,00	0,25±0,00	0,28±0,00	0,40±0,00
22,5	0,34±0,00	0,44±0,00	0,37±0,00	0,36±0,00	0,47±0,00
27,5	0,49±0,00	0,44±0,00	0,35±0,00		0,41±0,00
32,5	0,37±0,00	0,59±0,00	0,40±0,00	0,39±0,00	0,55±0,00
37,5	0,21±0,00		0,34±0,00		0,68±0,00
42,5	0,19±0,00		0,45±0,00		0,72±0,00
47,5	0,28±0,00		0,22±0,00		
52,5	0,04±0,00		0,26±0,00		
57,5	0,08±0,00		0,31±0,00		
<b>Ibirá pitá í</b>	<b>0,13±0,08</b>	<b>0,15±0,09</b>	<b>0,15±0,06</b>	<b>0,20±0,00</b>	<b>0,18±0,07</b>
12,5	0,06±0,00		0,28±0,00		0,10±0,00
17,5	0,31±0,00		0,06±0,00		0,11±0,00
22,5	0,10±0,00	0,05±0,00	0,12±0,00		0,17±0,00
27,5	0,09±0,00	0,28±0,00	0,12±0,00		0,13±0,00
32,5	0,11±0,00	0,13±0,00	0,16±0,00	0,20±0,00	0,20±0,00
37,5	0,15±0,00		0,19±0,00		0,19±0,00
42,5	0,11±0,00		0,18±0,00		0,22±0,00
47,5	0,04±0,00				0,34±0,00
52,5	0,17±0,00		0,10±0,00		
<b>Lapacho</b>	<b>0,12±0,00</b>				<b>0,37±0,21</b>
12,5					0,11±0,00
17,5					0,30±0,00
22,5					0,39±0,00
27,5					0,30±0,00
32,5					0,75±0,00
37,5	0,12±0,00				
<b>Palo lanza</b>	<b>0,35±0,16</b>	<b>0,30±0,08</b>	<b>0,27±0,08</b>	<b>0,28±0,05</b>	<b>0,36±0,16</b>
12,5	0,22±0,00	0,19±0,00	0,14±0,00		0,13±0,00
17,5	0,22±0,00	0,38±0,00	0,19±0,00	0,28±0,00	0,23±0,00
22,5	0,31±0,00	0,32±0,00	0,28±0,00	0,27±0,00	0,25±0,00
27,5	0,36±0,00	0,43±0,00	0,36±0,00	0,32±0,00	0,34±0,00
32,5	0,74±0,00	0,28±0,00	0,37±0,00	0,35±0,00	0,46±0,00
37,5	0,37±0,00	0,22±0,00	0,28±0,00	0,19±0,00	0,57±0,00
42,5	0,34±0,00				0,63±0,00
47,5					0,28±0,00
52,5	0,24±0,00				
<b>Palo mora</b>					<b>0,76±0,00</b>
17,5					0,76±0,00
<b>Palo piedra</b>	<b>0,34±0,08</b>		<b>0,19±0,08</b>	<b>0,13±0,00</b>	<b>0,33±0,16</b>
12,5			0,14±0,00		
17,5			0,18±0,00		0,25±0,00
22,5	0,44±0,00		0,33±0,00		
27,5	0,37±0,00		0,11±0,00		0,25±0,00
32,5	0,38±0,00				0,21±0,00
37,5	0,34±0,00			0,13±0,00	0,60±0,00

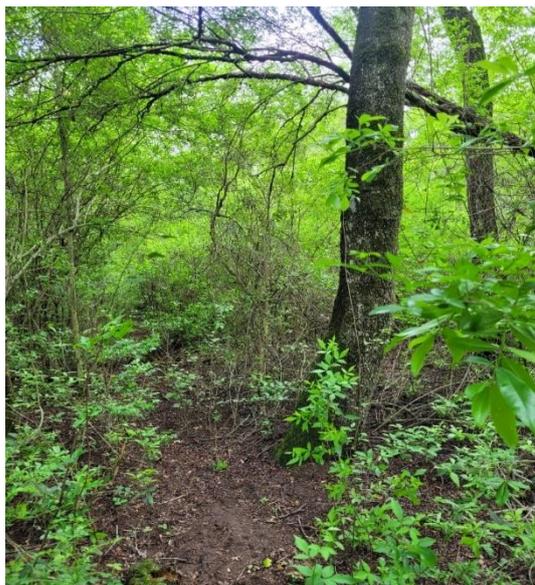
42,5	0,19±0,00				
<b>Qcho. blanco</b>	<b>0,20±0,11</b>	<b>0,36±0,12</b>	<b>0,18±0,09</b>	<b>0,16±0,04</b>	<b>0,11±0,05</b>
27,5		0,23±0,00		0,12±0,00	0,05±0,00
32,5	0,11±0,00	0,48±0,00	0,26±0,00	0,20±0,00	0,12±0,00
37,5	0,14±0,00		0,14±0,00		
42,5	0,07±0,00		0,30±0,00		0,17±0,00
47,5	0,28±0,00		0,14±0,00		
52,5	0,22±0,00		0,07±0,00		
57,5	0,38±0,00				
<b>Qcho. colorado</b>	<b>0,17±0,00</b>				
42,5	0,17±0,00				
<b>Urunday</b>	<b>0,20±0,11</b>		<b>0,40±0,17</b>	<b>0,49±0,10</b>	
17,5			0,18±0,00		
22,5			0,64±0,00		
27,5			0,53±0,00	0,62±0,00	
32,5			0,43±0,00	0,48±0,00	
37,5	0,08±0,00		0,15±0,00	0,38±0,00	
42,5	0,31±0,00		0,25±0,00		
47,5			0,62±0,00		
52,5			0,48±0,00		
57,5			0,35±0,00		
<b>Media</b>	<b>0,25±0,18</b>	<b>0,30±0,13</b>	<b>0,27±0,17</b>	<b>0,31±0,13</b>	<b>0,30±0,19</b>

En términos generales, todos los tratamientos de raleo registraron mayores valores de IPA que el testigo.

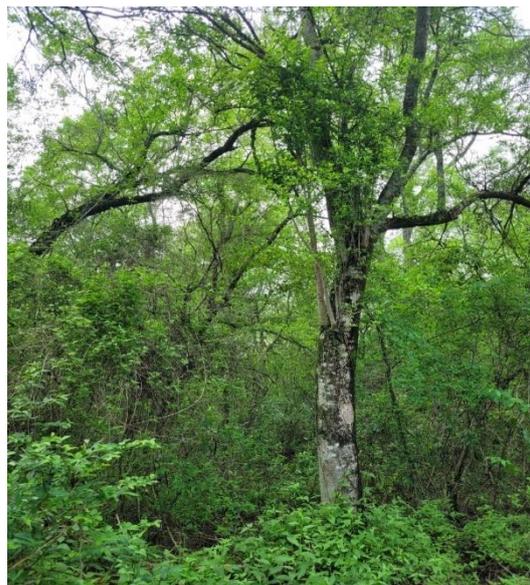
teniendo en cuenta los valores registrados para las especies de interés comercial, en el caso de Carandá, que solo tuvo ejemplares en el área testigo y donde se aplicó el MM con 33% de intensidad de extracción; los mayores incrementos se dieron en las áreas raleadas para las clases inferiores a 32,5 cm. Espina corona, registro los mayores valores de incremento en las clases diamétricas inferiores e intermedias favorecidas por la aplicación del MAF, mientras que donde se aplicó el MM se registraron valores similares al testigo. Francisco Álvarez, por su parte registro valores elevados de IPA, en comparación con las demás especies y solo registro ejemplares en el tratamiento testigo y MM 20% donde los valores de incremento fueron similares. Para Guayacán, los mayores incrementos se registraron en clases diamétricas inferiores a 37,5 cm, donde se aplicó MM, en comparación con los valores registrados en el testigo. Tanto Guayaibí como Ibirá pitá í, registraron a nivel general mayores valores de incremento en las parcelas raleadas y en la mayoría de las clases diamétricas respecto al testigo, destacándose los mayores valores donde se aplicó el MAF 33%. Para el caso de Lapacho, se registraron mayores incrementos en general en las parcelas raleadas que en el testigo, debido a los mayores valores de IPA en las clases inferiores para el MM 33%. Palo lanza presenta valores similares de IPA entre

el testigo y el MM 33%; registrando valores menores que el testigo en las demás parcelas raleadas en la clase diamétrica menor; en las clases inferiores a los 30 cm; no obstante, presenta mayores valores donde se aplicó el MAF 20% y eventualmente en otros tratamientos de raleo; y para los diámetros mayores a 35 cm los valores más altos se registraron donde se aplicó el MM 33%. Palo mora, solo presentó ejemplares en el MM 33%, y su alto valor de IPA responde a los datos registrados en las clases diamétricas inferiores. En el caso de Palo piedra, los valores de IPA fueron similares para el tratamiento testigo y el MM 33%, en la mayoría de las clases diamétricas los valores de IPA fueron mayores para el tratamiento testigo a excepción de la clase de 37,5 cm donde el mayor valor corresponde al MM 33%. Los valores de IPA de Quebracho blanco en términos generales solo fueron mayores con la aplicación del MAF 20% respecto al testigo, sin embargo, para las clases diamétricas inferiores (hasta 35 cm) todos los tratamientos de raleo registraron mayores valores que el testigo y luego solo MM 20% y MM 33% tuvieron valores superiores o iguales al testigo. En el caso de Quebracho colorado chaqueño, solo estuvo representado en el tratamiento testigo. Para Urunday, los valores de IPA fueron registrados por MAF 33% seguidos en orden decreciente por MM 20% y luego el testigo. Respecto a los incrementos por clase diamétrica se destacan los del MAF 33% dado que son elevados.

Mayormente, casi todas las especies de interés comercial han respondido satisfactoriamente a la intervención silvicultural, registrando mayores incrementos en las parcelas raleadas y las clases diamétricas intermedias e inferiores. Esto se puede explicar considerando, por un lado, a los individuos remanentes después de la corta, dado que en ambos métodos de selección los ejemplares a cortar han sido seleccionados en primera instancia por su interés industrial y luego se atendió a los otros criterios de selección, por lo cual es lógico y muy probable que después del raleo hayan quedado ejemplares en pie bajo condiciones de crecimiento no favorables, sobre todo en las clases diamétricas superiores e intermedias; y por el otro, que se efectuaron cortas selectivas (entresaca) con intensidades leves y moderadas, las cuales principalmente favorecieron a casi todas especies del colectivo umbrófilo y esciófitas. Si bien los valores presentados en este estudio, en algunos casos, son menores a los establecidos por Pérez et al. (2002), estas diferencias pueden ser producto de distintas condiciones de sitio, no obstante, si hay concordancia respecto a las diferencias en velocidad de crecimiento que presentan las especies. En este sentido se puede establecer que Francisco Álvarez supera en términos de incremento diamétrico a Urunday y las demás especies. En la **Figura 25**, se muestran ejemplos de especies de temperamento delicado o umbrófilas dentro del ensayo.



a) Ejemplar de Guayaibí – Parcela 2  
/MAF



b) Ejemplar de Francisco Álvarez – Par-  
cela 8/MM

**Figura 25.** a) y b) Ejemplares de especies arbóreas de temperamento delicado en parcelas intervenidas.

A partir de los datos de IPA de las especies de interés comercial de las parcelas intervenidas se estimaron los valores medios ( $\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}$ ) por clase diamétrica (**Tabla 22**).

**Tabla 22.** Valores de IPA según clase diamétrica de las especies de interés comercial.

<b>Clases DAP (cm)</b>	<b>IPA DAP (<math>\text{cm} \cdot \text{año}^{-1}</math>)</b>
12,5	0,15±0,07
17,5	0,24±0,08
22,5	0,27±0,06
27,5	0,29±0,05
32,5	0,29±0,05
37,5	0,29±0,01
42,5	0,30±0,06
47,5	0,25±0,02
52,5	0,24±0,06
57,5	0,24±0,09
<b>Promedio general</b>	<b>0,26±0,04</b>

Los valores de IPA en diámetro por clase diamétrica oscilaron entre 0,15 y 0,30  $\text{cm}/\text{año}$ . El mayor incremento se obtuvo para la clase de 42,5 cm y el menor en la primera clase de 12,5 cm de diámetro.

En la **Tabla 23** se presentan los valores de IPA en diámetro, empleados en el ajuste de cada modelo para cada método.

**Tabla 23.** Valores de IPA por clases diamétricas y método.

Clases DAP (cm)	MAF	MM
	IPA DAP (cm*año <sup>-1</sup> )	IPA DAP (cm*año <sup>-1</sup> )
12,5	0,27±0,04	0,15±0,07
17,5	0,26±0,10	0,25±0,07
22,5	0,31±0,06	0,25±0,06
27,5	0,31±0,12	0,28±0,06
32,5	0,32±0,09	0,30±0,04
37,5	0,27±0,07	0,33±0,00
42,5		0,30±0,09
47,5		0,29±0,04
52,5		0,22±0,15
57,5		0,31±0,06
<b>Promedio general</b>	<b>0,29±0,08</b>	<b>0,27±0,05</b>

Los valores presentados en el MAF corresponden a los incrementos registrados por los árboles de futura cosecha solamente, mientras que para el MM se presentan los valores de todos los ejemplares presentes de especies comerciales. Se puede observar (valores sombreados) que en el MAF los mayores valores de incrementos de obtuvieron en las clases diamétricas inferiores a 37,5 cm, 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 por luz principalmente. Esto se explica atendiendo por un lado a la distribución de la corta en la superficie intervenida y por el otro al método de selección. 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 de modo directo solamente en las clases diamétricas de los árboles de futura cosecha (inferiores e intermedias). En cambio, en el MM la corta se realizó en todas las clases diamétricas principalmente en las superiores, sin tener en cuenta la distribución superficial de la intervención, lo que generó claros muy gran-

des que fueron aprovechados por los árboles dominantes y codominantes en primera instancia y luego los del estrato inferior, y además, la corta frecuentemente no estuvo orientada a eliminar competidores directos de ejemplares de especies comerciales, por eso, los árboles de las clases diamétricas superiores tienen mayores incrementos; en concordancia con lo expresado por Sarmiento et al. (2021). Al comparar los valores de las **Tablas 22 y 23** se observa que los incrementos registrados para el MAF fueron superiores a la media e incluso a los de MM (16% en ambos casos) hasta los 35 cm de DAP, mientras que los IPA del MM fueron mayores a la media en algunas clases inferiores (17,5 cm), algunas clases intermedias (32,5 cm y 37,5 cm) y algunas clases superiores (47,5 cm y 57,5 cm). De esta manera, se puede interpretar que se han cumplido los objetivos del manejo orientado a ambos métodos, principalmente en el MAF.

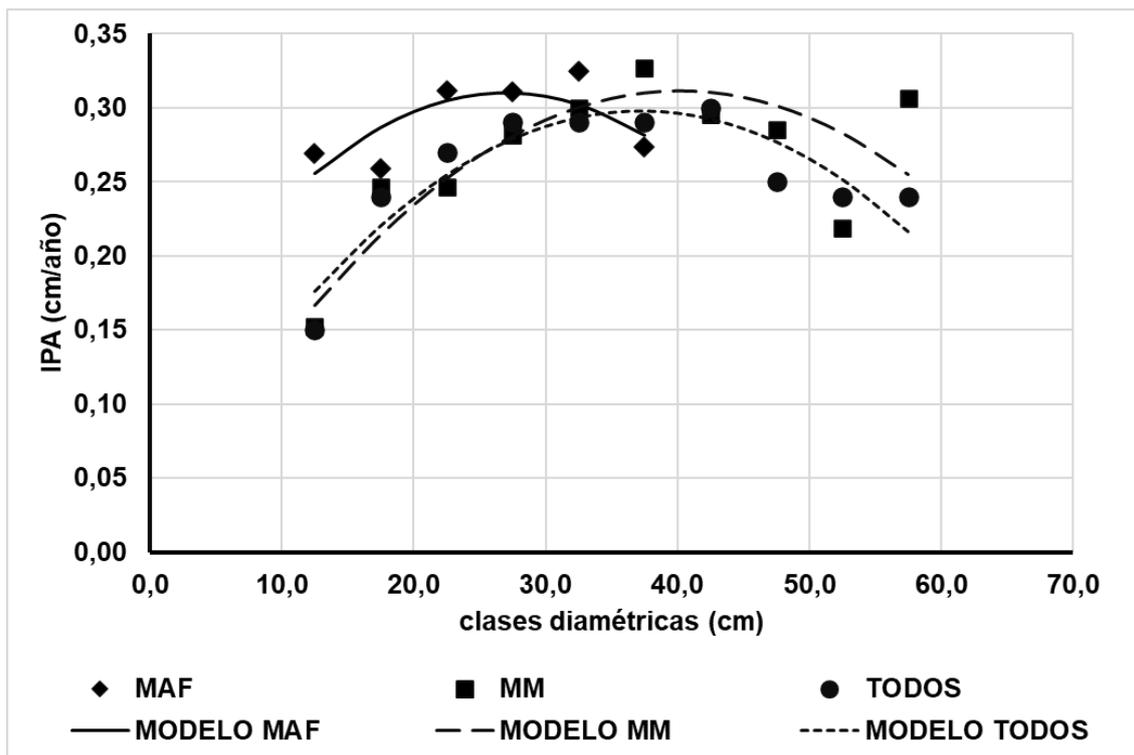
En la **Tabla 24**, se muestran los modelos de crecimiento diamétrico evaluados y los estadísticos de ajuste de los mismos.

**Tabla 24.** Modelos de IPA de especies comerciales en rodales manejados según método.

Método	Modelo	R <sup>2</sup>	CME
Todos	$0,02239962+0,01479091*DAP-0,00019848*DAP^2$	91,16	0,0004
MAF	$0,12232143+0,013885714*DAP-0,00025714286*DAP^2$	76,80	0,0005
MM	$0,0069691825+0,015133386*DAP-0,00018818138*DAP^2$	94,70	0,0012

Los estadísticos de ajuste obtenidos (**Tabla 24**) les confieren a los modelos de crecimiento ajustados la solidez que requiere según lo expresado por Louman et al. (2001a), quienes 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 en diámetro explicada el modelo es mayor al 76%.

A continuación, se presentan las gráficas de los modelos ajustados en la Figura 25 junto a la dispersión de datos de base.



**Figura 26.** Grafica de los modelos seleccionados de Incremento diamétrico para las especies de interés comercial según método.

Podemos observar que los modelos reflejan claramente el comportamiento de los incrementos para cada situación según el método silvícola aplicado. Para el caso del MM y para el conjunto de todas las especies comerciales, los modelos presentaron un comportamiento similar siendo levemente mayor los incrementos estimados para MM para los diámetros mayores a 40 cm. Para el modelo MAF, los mayores incrementos se determinaron para las clases diamétricas menores a 30 cm, mientras que en el caso del MM los mayores valores de incremento se alcanzan en las clases diamétricas intermedias y superiores reflejando las mejores condiciones de crecimiento probablemente debido a situaciones de menor competencia entre los árboles (**Figura 26**). En general los 3 modelos, indican una tendencia a mayores incrementos para los diámetros intermedios. En el caso del MAF, la liberación de los árboles de futura cosecha promueve mejores condiciones de crecimiento disminuyendo la alta competencia por lo cual los ejemplares liberados responden mejor al tratamiento. Esto concuerda con lo expuesto por varios autores (Hampel, 2.000; Gómez et al., 2.005; Brassiolo et al., 2.009; Gómez et al., 2.012; Donoso, 2.013) acerca de que en las cortas de selección de árbol individual en general las especies favorecidas son aquellas tolerantes a la sombra y en menor medida las semitolerantes, mientras que en las de selección en grupos también se ven principalmente favorecidas las especies semitolerantes

e intolerantes. Las curvas, permiten visualizar que las cortas han influido positivamente sobre los incrementos y que es posible combinar raleos promoviendo el desarrollo de los árboles jóvenes y cortas de aprovechamiento para obtener cosecha y liberar espacio, mejorando, además, la estructura y composición florística del bosque.

Con base en los valores de incremento obtenidos por los modelos ajustados para cada método los valores del tiempo calculados siguiendo la metodología propuesta por Araujo e Iturre (2006), para cada clase diamétrica se presentan en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.** Incrementos y Tiempo de Transito según clases diamétricas.

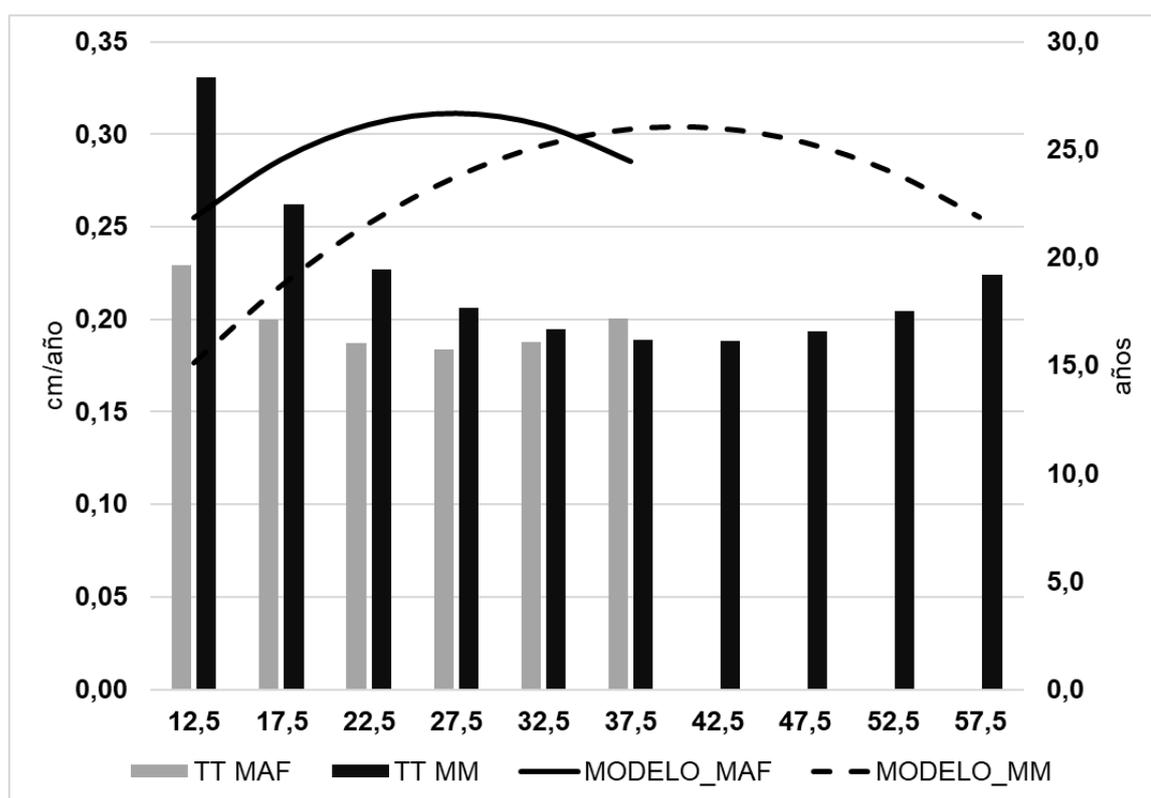
<b>Clases DAP (cm)</b>	<b>Modelo MAF (cm*año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Modelo MM (cm*año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Tiempo de Transito MAF (años)</b>	<b>Tiempo de Transito MM (años)</b>
12,5	0,25	0,18	19,6	28,3
17,5	0,29	0,22	17,1	22,4
22,5	0,31	0,25	16,0	19,5
27,5	0,31	0,28	15,7	17,7
32,5	0,30	0,29	16,1	16,7
37,5	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

Se puede observar que los tiempos calculados para cada método permiten determinar un Ciclo de Corta (CC) que varía entre los 16 y 17 años; y si se tiene en cuenta los valores de incremento correspondientes a los diámetros meta recomendados por Grulke et al. (2007), el CC calculado tiene una duración similar; independientemente del método de selección utilizado, y con una intensidad de extracción de área basal de hasta un 33% del valor inicial. Estos valores de CC son superiores a los propuestos por Grulke et al. (2007), debido a que tanto los diámetros meta 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 la domesticación del bosque. En este sentido, coincidiendo 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. No obstante, 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 establecidos por Sarmiento et al. (2021), para los bosques de la zona.

En la **Figura 27** se puede observar la comparación de los tiempos de tránsito calculado y los incrementos diametrales estimados entre los métodos aplicados.



**Figura 27.** Tiempos de tránsito (TT) calculados e incrementos diamétricos estimados según método de selección.

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 (**Figura 27**), 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 tasas 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 años recomendados por Grulke et al. (2.007) y Brassiolo y Grulke (2.015) para poder lograr la domesticación de los bosques mejorando las condiciones de crecimiento de los árboles de futura cosecha, 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. Estos resultados refuerzan lo expresado por Grulke et al. (2.007) respecto a la recomendación de extraer no más del 30% del área basal en este tipo de bosques.

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, mientras que el MM genera condiciones de menor competencia (fundamentalmente por luz) en las clases diamétricas superiores.

## 6. CONCLUSIONES

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. Independientemente del método y la intensidad los valores de biodiversidad no han disminuido, incluso han aumentado sensiblemente con intensidades moderadas de extracción del 33% del área basal.

Los tratamientos aplicados no provocaron modificaciones significativas en la estructura del bosque respecto a bosques sin intervenir, manteniéndose el predominio de las especies umbrófilas y la distribución diamétrica típica de bosques irregulares disetáneos.

La intervención silvicultural favoreció el incremento en área basal de las parcelas intervenidas y los incrementos diametrales de los individuos de especies comerciales remanentes; siendo estos últimos significativamente mayores en situaciones donde la corta se combinó con la liberación de árboles de futura cosecha; por lo tanto para obtener altos valores de incrementos de área basal las cortas deben estar orientadas de tal modo que se disminuya la mortalidad, se favorezca el crecimiento de árboles remanentes y aumente el reclutamiento.

Los modelos de incremento diamétrico de las especies de interés comercial permitieron estimar Ciclos de Corta cercanos a los 15 años para estos bosques para ambos métodos con intensidades leves a moderadas.

Si bien ambos métodos son adecuados para su aplicación en bosques altos del Chaco húmedo, el MAF, presentó varias ventajas respecto al MM. la primera ventaja radica en que los crecimientos son mayores en los árboles de futura cosecha como respuesta a la intervención, la segunda ventaja radica que este método facilita la aplicación de raleos y el fomento de individuos jóvenes de características destacadas, la tercera es que permite la realización de cortas más frecuentes y de mediana intensidad dado que el bosque responde satisfactoriamente en términos de productividad, y la cuarta es que favorece el proceso de domesticación del bosque con mayor rapidez sin alteración de la estructura ni la diversidad del mismo.

El uso de la curva guía se puede ser incorporar para evaluar la evolución estructural de los bosques durante el periodo de domesticación. En este sentido, si bien se abordó el estudio de los efectos de una primera intervención, ésta marca el inicio de un proceso de domesticación que implica varios ciclos de corta, por lo cual es difícil calificar en esta instancia los impactos de las técnicas aplicadas en la selección de especies. Este proceso de domesticación demandará varias intervenciones y posiblemente luego de ellas se pueda ver con mayor claridad el efecto de las intervenciones. Esto demuestra la necesidad de mantener este ensayo y continuar con las mediciones.

## 7. APLICACIÓN PRACTICA Y LINEAMIENTOS FUTUROS

Si bien la implementación de técnicas de manejo sustentable del bosque no depende solamente de la disponibilidad de modelos silviculturales probados a campo, consideramos que la disposición de mayor información científica ayudará tanto a los tomadores de decisiones referidas al manejo de bosque como a los técnicos que implementen el manejo a campo.

Por esto es importante que al revisarse las normativas provinciales se consideren los aportes de este trabajo. A futuro es deseable la incorporación del aporte de la tesis en la reglamentación provincial y en la de otras provincias vecinas para la formulación de planes de manejo de bosques.

En este sentido, también es sumamente necesario determinar la influencia de las variaciones climáticas como el aumento de eventos de sequía debido al cambio climático, como aspectos a ser incluidos en estudios de la dinámica interna del bosque, es decir en las tasas de mortalidad, reclutamiento y el crecimiento del bosque y las especies de interés comercial, o bien a nivel de gremios ecológicos. Del mismo modo, como líneas futuras de investigación, es fundamental modelar el crecimiento diamétrico de estas especies o grupos ecológicos, incorporando estos aspectos para poder establecer pautas de manejo más ajustadas.

Por otro lado, también es importante la determinación de umbrales de extracción en términos de área basal a cortar y área basal residual para cada método de selección ensayado para el establecimiento de los límites que marcan el inicio de modificaciones en la estructura y la dinámica de estos bosques. Asimismo, es sustancial encontrar si existen

diferencias en la respuesta tanto de este tipo de bosque como de otros tipos forestales de la provincia del Chaco frente a otros sistemas silviculturales, principalmente el DMC, los sistemas silvopastoriles y esquemas de manejo de bosques con ganadería integrada, repitiendo este trabajo para definir umbrales de intervención en los modelos de estados y transiciones, incorporando otras variables como por ejemplo el estado sanitario de los ejemplares remanentes.

Respecto a la Silvicultura y su relación con otras disciplinas, es esencial el entendimiento y la cuantificación de los daños producidos por aprovechamiento forestal, con aplicación y sin aplicación de técnicas de impacto reducido, para la detección de aquellas tareas que permitan la disminución de los daños al bosque, la comprensión de la dinámica del mismo en las calles de extracción y playas de acopio, y el establecimiento de las relaciones con procesos de mortalidad, reclutamiento, regeneración y sus efectos sobre el crecimiento.

Teniendo como base los resultados obtenidos y considerando la composición del bosque es preciso continuar y profundizar estudios relativos al uso de maderas claras para los diversos productos que demanda el mercado.

Desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos, es necesario complementar el presente estudio con trabajos que busquen la determinación de los efectos de la extracción sobre la biodiversidad de origen animal, fúngica y otros organismos y como ello impacta en la dinámica de sus poblaciones. Estudios fundamentales, cómo la cuantificación de la captura de carbono de bosques manejados en la región, particularmente en la provincia del Chaco, se deben llevar adelante para evaluar herramientas de financiamiento económico para inversión en la región. Entender o cuantificar los límites de extracción en el aprovechamiento forestal permiten conocer cuáles son los parámetros a tener en cuenta para definir necesidades de restauración para mantenimiento o incremento de provisión de servicios ecosistémicos en esquemas de manejo forestal diversificado y multipropósito.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, V.; Araujo, P. e Iturre, M. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie Didáctica No 22. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 35 pp E-Book ISBN 978-987-1676-34-7.

Aguilar, M. y C. Reynel. 2011. Dinámica forestal y regeneración de un bosque montano nublado de la selva central del Perú. Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima, Perú.

Aguirre Mendoza, Z. H.; Merchán Granda, J. P. y Geada López, G. 2022. Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(3), 292-306. Epub 02 de septiembre de 2022. Recuperado en 26 de septiembre de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692.022000300292&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692.022000300292&lng=es&tlng=es)

Alder, D. 1995. Growth modelling for mixed tropical forests. Oxford Forestry Institute, University of Oxford.

Araujo, A. P. e Iturre, M. C. 2006. Ordenación de Bosques Irregulares. Serie didáctica N°. 27. Cátedra de Ordenación Forestal. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 35 p E-Book ISBN 978-987-1676-39-2.

Araujo, P. A. 1993. Idade relativa como subsídio á determinação de ciclo de corte no manejo sustentável de povoamentos florestais nativos. Tesis de M. Sc. Universidad Federal de Viçosa, Viçosa. Brasil. 119 pp.

Arce, J.; Bratovich, R.; Marquina, J. L.; Marlats, R. M. 1999. Modelos dinámicos de distribuciones diamétricas en *Populus deltoides* Marsh. Conferencia Internacional Estadística en Estudios Medioambientales EMA'99, La Plata, 15 de Octubre. Pp. 21-32.

Asquith, N. 2002. La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. En M. Guariguata y G. Kattan (Eds.), Ecología y conservación de bosques neotropicales. (Primera Edición, pp. 377-406). Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinksyref=000101ypid=S0304-2847200900010001300002yIng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinksyref=000101ypid=S0304-2847200900010001300002yIng=en)

Bailey, R. L.; Dell, T. R. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. For. Sci. 19: 97-104.

Baribault, T. W.; Kobe R. K.; Finley A. O. 2012. Tropical tree growth is correlated with soil phosphorus, potassium, and calcium, though not for legumes. Ecological Monographs 82(2): 189-203.

Barros Asenjo, S. 2011. El cambio climático. En Ipinza, R., y Barros, S. El cambio climático, los bosques y la silvicultura. Chile. 139 pp. ISBN N°956-318

Blanco, J. A. 2008. Modelos forestales: una importante herramienta para predecir el desarrollo de los ecosistemas forestales. Conference: 5° Simposio Internacional sobre el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales (SIMFOR). 10 pp

Bonfanti, F. y Sánchez, M. 2019. Dinámica de la deforestación en el noroeste del Chaco entre 1995 y 2018. Boletín geográfico, 41(1), 29-49 - e-ISSN 2313-903X

Brassiolo, M. y Grulke, M. 2015. Manejo de bosques nativos de la región chaqueña. Fichas técnicas. 1ª. Edición. REDAF, Reconquista.

Brassiolo, M y Abt, M. 2013. Capítulo 3. Silvicultura en bosques nativos de la región chaqueña Argentina. Educación e investigación forestal para un equilibrio vital: cooperación binacional Argentina Brasil / Ana María Giménez, Graciela Inés Bolzón (editoras) . pp 77 – 109. ISBN: 987-1925-26-3

Brassiolo, M.; Gómez, C.; Kees, S.; Guzman, A. 2009. Comparación de dos métodos e intensidad de corta en un bosque alto del Chaco húmedo. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires. Argentina

Brown, A. 2009. Bosques Nativos de Argentina ¿seguimos lamentando lo perdido o vemos que hacemos con lo que tenemos? (Escrito con motivo del Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Octubre 2009). Disponible en: [http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/bosques\\_nativos\\_argentina.pdf](http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/bosques_nativos_argentina.pdf)

Büntgen, U.; Krusic, P.; Piermattei, A.; Coomes, D.; Esper, J.; Myglan, V.; Kirilyanov, A. V.; Camarero, J.; Crivellaro, A.; Körner, C. 2019. Limited capacity of tree growth to mitigate the global greenhouse effect under predicted warming. *Nature Communications*. 10. 1234567890. 10.1038/s41467-019-10174-4.

Caballero, A.; Bueno Villafañe, D.; Laino, R.; Musalem, K. 2020. Diversity of mammals and birds recorded with camera-traps in the Paraguayan Humid Chaco. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay*. 24. 5-14

Cabrera, A. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* XIV: 1-42

Calama, R. 2011. Herramientas estadísticas para la modelización forestal. Material docente de la asignatura: Evaluación y Modelización Forestal. Máster en Investigación Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales. Universidad de Valladolid.

Camacho, M.; Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noroeste de Costa Rica. El Crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Unidad de Manejo de Bosques. Colección de Manejo Diversificado de Bosques Naturales. CATIE: 54.

Camacho, M; Finegan, B; Orozco, L. 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 pp

Carey, E. V.; S. Brown; A. J. R. Gillespie y A. E. Lugo. 1994. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. *Biotropica* 255-265.

Carvajal-Vanegas, D. y Calvo-Alvarado, J. 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), Pág. 1 – 12. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v10i25.1371>

Carvalho, J. O. P. 1997. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: Embrapa-CNPQ. p. 43-55

Cid Lendínez, D.; Iturre, M. C.; Araujo, P. A. y Gonzales Garcia, C. 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 21(2), 115-120. Recuperado en 25 de octubre de 2023, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262013000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262013000200006&lng=es&tlng=es)

Clark, J. S.; B. Beckage; P. Camill; B. Cleveland; J. Hille Ris Lambers; J. Lichter y P. Wyckoff. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86(1): 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/2656950>.

Daunbenmire, R. 1968. *Plant communities; a textbook of plant synecology*. New York, Harper & Row. 300p.

Dauber, E, T.S. Fredericksen; M. Peña. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214: 294-304

Delgado, D.; Finegan, B. G.; Zamora, N.; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: Cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Unidad de Manejo de Bosques Naturales.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada M.; Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Diéguez-Aranda, U.; Rojo, A. A.; Castedo-Dorado, F.; Álvarez, G. J. G.; Barrio-Anta, M.; Crecente-Campo, F.; Sánchez, R. F. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Ed. Dirección Xeral de Montes, Consellería de Medio Rural, Xunta de Galicia. 259 pág. Santiago de Compostela, España. ISBN: 978-84-692-7395-1

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2017. Informe cambio de Cobertura boscosa año 2017. 4 pp. Disponible en: [https://drive.google.com/open?id=1YEJoV\\_VdCIA0b0fRoIn6dGK84DM09JfD](https://drive.google.com/open?id=1YEJoV_VdCIA0b0fRoIn6dGK84DM09JfD)

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2018. Informe cambio de Cobertura boscosa año 2018. 4 pp. Disponible en: [https://drive.google.com/open?id=1xeulMu\\_domDfol1IMniT-v5q48rUKgS](https://drive.google.com/open?id=1xeulMu_domDfol1IMniT-v5q48rUKgS)

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2019a. Informe cambio de Cobertura boscosa primer trimestre año 2019. 5 pp. Disponible en: <https://drive.google.com/open?id=1qe8h3ZV6QCiuioMPvsOZeMHlyk5wYoMc>

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2019b. Informe cambio de Cobertura boscosa segundo trimestre año 2019. 5 pp. Disponible en: [https://drive.google.com/open?id=1\\_nzWMYthVHUfiUTlJfQj\\_OhWLbsMPM](https://drive.google.com/open?id=1_nzWMYthVHUfiUTlJfQj_OhWLbsMPM)

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2019c. Informe cambio de Cobertura boscosa tercer trimestre año 2019. 5 pp. Disponible en: [https://drive.google.com/open?id=1B3Vr1ECcS3mswJ5W1qsP9YXmh2e\\_PTaE](https://drive.google.com/open?id=1B3Vr1ECcS3mswJ5W1qsP9YXmh2e_PTaE)

Dirección de bosques de la provincia del Chaco. 2019d. Informe cambio de Cobertura boscosa cuarto trimestre año 2019. 5 pp. Disponible en: <https://drive.google.com/open?id=1sEE6vbbvAO0pCnNZpPCVSz7rmM34gFSO>

Donoso, P. 2013. Necesidades, opciones y futuro del manejo multietáneo en el centro-sur de Chile. In: Donoso P y A Promis. *Silvicultura en bosques nativos, avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*. Editorial Marisa Cuneo. Valdivia, Chile. 55-85p.

Feinsinger, P. 2004. El diseño de estudios de Campo para la conservación de la Biodiversidad. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Editorial FAN. 242 p.

Finol, U. H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*, 14 (21): 29-42.

Fonseca, J. y Serret, M. 2020. Valoración ecológica y estructural del bosque de Miombo afectado por disturbios antrópicos. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. 7. 10.26495/icti.v7i1.1359

Fournier, L. A. 1970. *Fundamentos de Ecología Vegetal*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. II parte, Sinecología. p. 135-142 (mimeo)

Gadow, K. V.; Perez Antelo, A.; Rojo Alboreca, A; y Corral Rivas, J. 2013. Definiendo Estructuras Sostenibles en Bosques Irregulares. In: Vargas Larreta, B., 2013: *Presente y Futuro de los Bosques*; Sierke Verlag: 43-53

Gadow, K.V.; Sánchez Orois, S.; Álvarez González, J.G. 2007. *Estructura y crecimiento del bosque*. 287 p. UNICOPIA. Lugo. ISBN: 978-84-690-7535-7

Gauto, A.O.; L. A. Grance; D. C. Maiocco y A. Figueiredo Filho. 1996. Crecimiento de la masa de bosque nativo en la reserva forestal Guaraní (Misiones). *Yvyrareta* 7: 5-10.

Giménez A. M.; Hernández P.; Figuero M. E.; Barrionuevo I. 2011. Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido. *Quebracho* 19: 24-37.

Gobierno de la provincia de Chaco. Ministerio de la Producción. 2006. Inventario Forestal 2005. 1ra ed. 148 pp.

Gómez, C.; Brassiolo, M.; Kees, S. 2005. Respuesta de un Bosque nativo del Chaco oriental a tres intensidades de raleo. Actas 3º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Velatorios, Trabajos voluntarios y conferencias especiales. ISSN 1669-6786.

Gómez, C.; Brassiolo, M.; Kees, S. y Guzmán, A. 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, vol. 20, pp. 60-67

Gómez, C. y Kees, S. 2005. Estructura y Composición florística de un Bosque alto explotado del Chaco oriental. *Idia XXI* N° 8 - Julio de 2005 – Forestales – INTA publicaciones nacionales.

Gómez, C.; Kees, S. 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, Jorge y Andrea F. Rodríguez (editores). Universidad de Buenos aires. GEPAMA – UNESCO.

Gómez, C.; Kees, S.; Brassiolo, M. 2013. Florística y Estructura de un bosque secundario del Chaco Húmedo. Presentado en el 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Poster N° 86 Ponencias del Congreso ISSN: 1669-6786

Gorgoso-Varela, J. J.; F. N. Ogana y P. O. Ige. 2020. A comparison between derivative and numerical optimization methods used for diameter distribution estimation. *Scandinavian Journal of Forest Research* 35(3-4):1-9. Doi: 10.1080/02827581.2020.1760343.

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 pp.

Gulke, M. 1994. "Propuesta de manejo silvopastoril en el Chaco Semiárido". *Revista Quebracho* 2: 5-13.

Gustafson, A.; Núñez, K.; Peris, S.; Silla, F.; Wood, A.; González de Weston, K.; Cubilla, G.; Salinas, F.; Valiente, P.; Zaldivar Chavez, B.; Ramos Tabilo, K. Y.; Albertini Paz D. 2023. Guía para la identificación de mamíferos medianos y grandes del Chaco.

Hampel, H. 1997. Estudio de la Estructura y Dinámica de Bosques Naturales del Chaco Húmedo. Investigación de los Bosques Tropicales. Conjunto de artículos pp 3-21.

Hampel, H. 2000. Investigación de los Bosques Tropicales. Conjunto de artículos. En: Deutsche Gesellschaft, F. Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Postfach 5180, D-65726 Eschborn Alemania. Número de la serie: TÖB FTWF 15s. 66 p.

Hasenauer, H. 2006. Concepts within tree growth modeling. In Hasenauer H ed. Sustainable forest Management: Growth models for Europe. Berlin, Germany. Springer. p. 3-17

Humano, C.; Oswald, D.; Candeloro, B.; Herrera, M.; Moreno, C. y Céspedes, S. 2011. Composición y estructura arbórea de un rodal disetáneo característico del ecotono Yungas Bosque chaqueño semiárido, de la provincia de Jujuy, Argentina. dspace.universia.net. 14 p

Humano, C. A. A. y J. M. Cellini Director. 2013. Modelado de la dinámica y producción forestal de la selva pedemontana de Yungas, Argentina. Tesis de Maestría.

Husch, B.; Miller, C. and Beers, T. 1993. Forest Mensuration. Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.

Ibáñez, J. 2008. Concepto y Tipos de Modelos Científicos. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/05/10/91441>

Iida, S. y T. Nakashizuka. 1995. Forest fragmentation and its effect on species diversity in suburban coppice forests in Japan. Forest Ecology and Management 73:197-210.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2006. Serie estadística 2005. 15 pp.

Iturre, M. C.; P.A. Araujo; M.P. Rueda; C.V. V. Rueda; M.G. Pece. 2020. Reclutamiento y mortalidad de las principales especies arbóreas del Chaco Semiárido, Argentina. *Revista Quebracho (Santiago del Estero)*, Volume: 28, Issue: 2, Pages: 134-144

Kammesheidt, L.; Torres A.; Franco W. 1999. Impacto de la explotación selectiva sobre la diversidad de especies arbóreas en un bosque de los Llanos Occidentales de Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 43: 59-67

Kees, S. M.; Merletti, J. G.; Brassiolo, M. M.; Gómez, C. A. 2018a. Efectos de la corta sobre el crecimiento de un bosque alto del Chaco húmedo. Poster presentado en las 7° Jornadas Forestales del NOA Actualidad y Prospectiva del sector forestal de la región

Kees, S. M.; Merletti, J. G.; Gómez, C. A.; Brassiolo, M. M. 2018b. Efectos de la corta sobre 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". Reunión Argentina de Ecología.

Korning, J. y 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

Kumar, A.; J. Ram. 2005. Anthropogenic disturbances and plant biodiversity in forests of Uttaranchal, central Himalaya. *Biodiversity and Conservation* 14(2): 309-331

Lambers, H.; Chapin III. S.; Pons T. 2008. *Plant physiological ecology*. 2nd ed. Springer Science Business Media, Spring Street, New York, USA

Lamprecht, H. 1964. Ensayo sobre la estructura florística de la parte Sur-Oriental del bosque universitario: "El Caimital", Estado Barinas. *R. For, Venez.*, 7(10/11):77-119.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Rossford, Alemania, Deutsche Gessellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). 335 p.

Ledesma, L. L. 1992. Carta de suelos de los campos anexos Lote V, Colonia Pastoral y Estación Forestal Plaza, Colonia Santa Elena INTA EEA Sáenz Peña. 90 pp.

Lewis, S.; Phillips, O.; Sheil, D., Barbara, V.; Baker, T.; Brown, S.; Graham, A.; Higuchi, N.; Hilbert, D.; Laurance, W.; Lejoly, J.; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Vargas, P.; Sonké, B.; Muhammad N.; Nur S.; Terborgh, J. Vásquez Martínez, R. 2004. Tropical Forest Tree Mortality, Recruitment and Turnover Rates: Calculation, Interpretation and Comparison when Census Intervals Vary. *Journal of Ecology*. 92. 10.1111/j.0022-0477.2.004.00923.x.

Lexerød, N. and Eid, T. 2005. Recruitment models for Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in young growth forests in Norway. *Silva Fennica*, Helsinki, v. 39, n. 3, p. 391-406

Loetsch, F.; K. E. Haller and F. Zöhner. 1973. Forest inventory 2. Inventory data collected by terrestrial measurements and observations, data processing in forest inventory. The sample plot, plotless sampling and regeneration survey. List sampling with unequal probabilities and planning, performan. Verlagsgesellschaft BLV. Munich, BY, Germany. 469 p.

Londoño Vega, A.C. y E.M. 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

López Cristobal, L.; Grance, L.; Maiocco, D.; Eibl, B. 1996. Estructura y composición florística del bosque nativo, en el predio Guaraní. *Yvyretá Revista Forestal País de Árboles*, 7(7), 30-37. (Impresa)

Louman B.; F. Carrera; de Camino, R. 2004. Planificación del manejo diversificado. In Orozco Vílchez, L. ed. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. pp. 99-145. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 56)

Louman, B.; J. Valerio y W. Jiménez. "Bases ecológicas", en Louman, B., D. Quirós y M. Nilsson (eds.). 2001a. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. *Catie*. Costa Rica.

Louman, B.; J. Valerio y W. Jiménez. "Sistemas Silviculturales", en Louman, B., D. Quirós y M. Nilsson (eds.). 2001b. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Catie. Costa Rica.

Martínez Pastur, G.; Huertas Herrera, A.; Rosas. Y. M.; Barrera, M. D.; Amoroso, M. M.; Alcobé, M. F.; Díaz Delgado, R.; Roig, F. A.; Matteucci, S. D.; Peri, P. L. 2021b. Capítulo 12. Influencia del cambio climático y variaciones en el clima sobre los bosques nativos de Argentina: ¿qué estrategias de manejo y conservación deberían considerarse?. *Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Pablo Luis Peri; Guillermo Martínez Pastur; Tomás Schlichter Editores. ISBN 978-987-46815-4-6

Martínez Pastur, G.; Lencinas, M.V.; Vukasovic, R.; Peri, P.L.; Diaz, B.; Cellini, J.M. 2.004. Turno de corta y posibilidad de los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Tierra del Fuego (Argentina). *Bosque* 25(1), 29-42.

Martínez Pastur, G.; T. Schlichter; J. H. Gowda; A. Huertas Herrera; M.Toro Manríquez; M.V. Lencinas; E. Manghi; S. D. Matteucci; J. M. Cellini; P. L. Peri. Peri. 2021a. Capítulo 5. Beneficios e impactos de la promulgación de la ley n° 26.331, y factores de cambio que influyen sobre su implementación. *Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Pablo Luis Peri; Guillermo Martínez Pastur; Tomás Schlichter Editores. ISBN 978-987-46815-4-6

Matteucci S.D., Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Vol. 22. Washington, DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. ISBN: 0-8270-1611-5

MAYDS 2020. Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Informe región forestal parque chaqueño - primera revisión. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe\\_region\\_forestal\\_parque\\_cha-queño\\_primera\\_revisión\\_0.rar](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_region_forestal_parque_cha-queño_primera_revisión_0.rar)

McIntosh, R. I. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48: 392-404.

Mejía Casco, A. 1994. Análisis del efecto inicial de un tratamiento de liberación sobre la regeneración establecida de un bosque húmedo tropical aprovechado en Río San Juan, Nicaragua. [S.l.]: Turrialba, C. R. .

Melo, O. y R. Vargas. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, Carder. Corpocaldas, Cortolima. 235 p.

Mereles, F.; Céspedes, G.; Egea-Elsam, J. D. y Spichiger, R. 2020. Estudios fitosociológicos en el Gran Chaco: estructura, composición florística y variabilidad del bosque de *Schinopsis balansae* en el Chaco Húmedo Boreal, Paraguay. *Bonplandia*, 29(1), 39-55. <http://dx.doi.org/10.30972/bon.2914108>

Meza, V.; F. Mora; E. Chaves y 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

Miller, G. W. y Smith, H. C. 1993. ¿A practical alternative to single – tree selection? *Northern Journal of Applied Forestry*. Society of American Foresters. 10 pp 32-38.

Mishra, B.P.; O.P. Tripathi; R.S. Tripathi, H.N. Pandey. 2004. Effects of anthropogenic disturbance on plant diversity and community structure of a sacred grove in Meghalaya, northeast India. *Biodiversity and Conservation* 13(2): 421-436.

Mónaco, M. H.; Peri, P. L.; Medina, F. A.; Colomb, H. P.; Rosales, V. A.; Berón, F.; Manghi, E.; Miño, M. L.; Bono, J.; Silva, J. R.; González Kehler, J. J.; Ciuffoli, L.; Presta, F.; García Collazo, A.; Navall, M.; Carranza, C.; Lopez, D. R.; Gómez Campero, G. 2020. Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas. 60 pp. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/desmontes\\_y\\_alternativas-julio27\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/desmontes_y_alternativas-julio27_0.pdf)

Monserud, R.A. 2003. Evaluating forest models in a sustainable forest management context. *Forest Biometry, Modelling and Information Sciences* 1: 35-47

Montero-Flores, W.; Hernández-Ruz, E. J.; Alves-Santos, G. G.; Souza-Miranda, I. y Sánchez-Toruño, H. 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. Epub 02 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3053>

Morello, J. y Adámoli, J. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del chaco argentino. Segunda parte: vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación. INTA, Serie Fitogeográfica N° 13. Buenos Aires. 130 pp.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España. MyT-Manuales y Tesis SEA. 84 p.

Mosciaro, M.J.; Calamari, N.C.; Peri, P.L.; Flores Montes, N.; Seghezzo, L.; Ortiz, E.; Rejalaga, L.; Barral, P.; Villariño, S.; Mastrangelo, M.; Volante, J. 2022 Future scenarios of land use change in the Gran Chaco: how far is zero deforestation?. *Regional Environmental Change* 22: 115. DOI: 10.1007/s10113-022-01965-5

Moscovich, F. A. 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal. Montecarlo (Mnes.): INTA EEA Montecarlo – Informe Técnico N° 55, 39 p.

Moser, JR. J. W. 1972. Dynamics of an uneven-aged forest stand. *Forest Science*, Bethesda, v. 18, n. 3, p. 184-191. 312 p

Mosquera, H. Q.; Ibargüen, R. R. y Palacios, Y. A. 2009. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque pluvial tropical de Chocó, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62, 4855–4868.

Nebel, G.; L. P. Kvist; J. K. Vanclay y H. Vidaurre. 2001. Forest dynamics in flood plain forests in the Peruvian Amazon: effects of disturbance and implications for management. *Forest Ecology and Management* 150(1-2): 79-92.

Nathan, R. y H. C. Muller-Landau. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology y Evolution* 15(7): 278-285. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01874-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01874-7).

Nyland, R.D. 2016. *Silviculture: Concepts and Applications*, Waveland Press, Long Grove, 680 p

Olivares, R. 2007. Dirección de Suelo y Agua Rural. Precipitación anual en Presidencia de la Plaza, Chaco. Periodo 1956-2007.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest stand dynamics*. Ed. John Wiley. New York. 520pp.

Oyarzabal, M.; Clavijo, J.; Oakley, L.; Biganzoli, F.; Tognetti, P., Barberis, I.; Maturo, H. M.; Aragón, R.; Campanello, P. I.; Prado, D.; Oesterheld, M. y León, R. J. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28(1), 040–063. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>

Pawłowski, G. W. y 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)

Perales-Vargas, C.; Giacomotti, J.; Ortiz, L.; Reynel Rodríguez, C. 2023. Evaluación de la dinámica forestal en bosques premontanos de Satipo, Perú. *Folia Amazónica*. 32. e32609. 10.24841/fa.v32i1.609

Perez, V. R.; R. C. Oviedo; P. Del Valle; M. C. Cañete; G. R. Rhiner y C. A. Gomez. 2002. Crecimiento de especies nativas del bosque alto explotado del Chaco Oriental. *Novenas Jornadas Técnicas*. 15 al 17 de mayo de 2002, El Dorado, Misiones.

Peri, P.; Martínez Pastur, G.; Chauchard, L.; Schlichter, T. 2021a. Capítulo 1. Introducción y Enfoque del Manejo de los Bosques Nativos. En *Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Pablo Luis Peri; Guillermo Martínez Pastur; Tomás Schlichter Editores. ISBN 978-987-46815-4-6

Peri P.L. 2021. El cambio climático en los bosques. En: Ciencia y Tecnología Forestal en la Argentina (Area ,C.; Lupi, A.M., Escobar, P.). Capítulo 2.4, pp 215-217. Ed. REDFOR.ar – Argentina Forestal - CONICET. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-950-692-181-1.

Peri, P.; Chauchard, L.; Brown, A.; La Rocca, S.; Fernández, N.; Amoroso, M., Campanello, P.; Hilgert, N.; Bergesio, L.; Malizia, M.; García Moritán, M.; Balducci, E.; Politi, N.; Rojas, F.; Castillo, L.; Martínez Pastur, G. 2021c. Capítulo 4. Historia y situación actual del uso del bosque nativo y principales técnicas silvícolas. En *Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Pablo Luis Peri; Guillermo Martínez Pastur; Tomás Schlichter Editores. ISBN 978-987-46815-4-6

Pinazo, M. y Gasparri, N. 2003. Cambios estructurales causados por el aprovechamiento selectivo en el Bosque Montano del norte de Salta, Argentina. *Ecología Austral*. 13

Pond, N. and Froese, R. 2015. Interpreting Stand Structure through Diameter Distributions. *Forest Science* 61: 429-437.

Quesada-Monge, R.; Acosta-Vargas, L. G.; Garro-Chavarría, M. y Castillo-Ugalde, M. 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), pág. 55–66. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i5.474>

Quinto, H. 2020. Tasas de crecimiento de árboles en bosques lluviosos tropicales del Pacífico colombiano. Fundación Biodiversidad, Cambio Climático y Bienestar Social. Universidad Tecnológica del Chocó “DLC”. Quibdó, Colombia. 160 pp

Quirós, M. D. 2001. Tratamientos silviculturales. In Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. Eds. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CR , CATIE. p.131-153. (Serie Técnica. Manual técnico no. 46)

Ramírez Angulo, H. C.; A. Torres Lezama; P. Serrano y C. Julio. 2002. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la cordillera de los Andes, Venezuela. *Ecotropicos*, 15(2): 177-184.

Ramírez Quirama, J. y Grajales, A. 2005. Caracterización diamétrica de las especies maderables en bosques primarios del cerro Murrucucú. 10.13140/RG.2.1.2798.9200.

Ramírez, S.S. 2005. Estructura y Composición florística de un Bosque Alto chaqueño, con posible aprovechamiento silvícola. Actas 3º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Relatorios, Trabajos voluntarios y conferencias especiales. ISSN 1669-6786

REDAF. 2018. Monitoreo de Deforestación en los Bosques Nativos de la Región Chaqueña Argentina. Bosque Nativo en la provincia del Chaco. Análisis de deforestación y situación del Bosque chaqueño en la provincia. 54 pp Disponible en: <https://redaf.org.ar/descargas/?did=189>

Rüger, N.; Berger, U.; Hubbell, S.P.; Vieilledent, G., Condit, R. 2011. Growth strategies of tropical tree species: disentangling light and size effects. PLoS ONE 6(9): e25330

Sahu, P.K.; R. Sagar; J.S. Singh. 2008. Tropical forest structure and diversity in relation to altitude and disturbance in a Biosphere Reserve in central India. Applied Vegetation Science 11(4): 461-470.

Salas, C.; Gregoire, T. G.; Craven, D. J. y Gilabert, H. 2016. Modelación del crecimiento de bosques: estado del arte. Bosque (Valdivia), 37(1), 03-12. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000100001>

Sánchez, C. 2009. Análisis de componentes principales. Recuperado de: [http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOSPHP/MATERIALESMAS-TER/Mat\\_14\\_master0809multi-tema5.pdf](http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOSPHP/MATERIALESMAS-TER/Mat_14_master0809multi-tema5.pdf)

Sarmiento, M.; Brassiolo, M.; Senilliani, M. G.; Kunst, C.; Navall, M.; Kees, S.; Gómez, C.; López, D.; Carranza, C.; Alaggia, F.; Galetto, L.; Torres, C.; Cassino, W.; Carignano, L. y D'Angelo, P. 2021. Capítulo 10. Parque Chaqueño. Uso Sostenible del Bosque Nativo: Aportes desde la Silvicultura Argentina. Pablo Luis Peri; Guillermo Martínez Pastur; Tomás Schlichter Editores. ISBN 978-987-46815-4-6

SAyDS. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Buenos Aires, Argentina: SAyDS, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. <https://www.argentina.gov.ar/ambiente/bosques/primer-inventario-nacionalbosques-nativos>

Scolforo, J.R.S. 1997. Biometria florestal 2: técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira. Lavras: UFLA/FAEPE. 292p. (Curso de Post grado "Lato Sensu" (Especialización) a Distância: Manejo de Florestas Plantadas e Florestas Nativas).

Shannon, C. E.; Wiener, H. 1976: Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg-Verlag. München, Wien.

Silva de Lucena, M.; Rocha Alves, A. y Alves Bakke, I. 2018. Parámetros estructurales de la vegetación arbóreo-arbustiva del bioma Caatinga sometida a sistemas silviculturales en la región semiárida de Brasil. Bosque (Valdivia), 39(3), 385-395. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300385>

Silva, J. N. M.; de Carvalho, J. O. P.; Lopes, J. do C. A.; de Almeida, B. F.; Costa, D. H. M.; de Oliveira, L. C., Vanclay, J. K.; Skovsgaard, J. P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging, Forest Ecology and Management, Volume 71, Issue 3, Pages 267-274, ISSN 0378-1127, [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)06106-S](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)06106-S)

Smithers, L. A. 1949. The Dwight co-frequency principle in diameter growth analysis. Journal Silviculture Research Note, 91: 24-31

Souza, A. L. y C. P. B. Soares. 2013. Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa, Brasil. Ed. UFV. 322 p

Thren, M. 1993. Dasometría. Serie técnica Forestal. Vol. 1. Santiago del Estero, Argentina. Proyecto GTZ/UNSE, Facultad de Cs. Forestales, UNSE. 250 p

Torras, O. y S. Saura. 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. Forest Ecology and Management 255:3322-3330

Torres, M. 2016. Los retos de conservación en el del Bosque Atlántico y los esfuerzos del INFONA. Instituto Forestal Nacional, Paraguay. 32 pp

Trigueros Bañuelos, A. G.; Villavicencio García, R., y Santiago Pérez, A. L. 2014. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(24), 160-183. Recuperado en 26 de septiembre de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322014000400013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000400013&lng=es&tlng=es).

Turner, I. M. 2001. *The ecology of trees in the tropical rain forest*. Cambridge: Cambridge University Press.

Uslar, Y. V.; B. Mostacedo y M. Saldias. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 39(1): 25-43.

Valderrama, J. A. 2019. *Dinamismo del bosque del arboreto "El Huayo" del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR), Iquitos, Perú, periodo 2000-2018*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Valentini, J. 1978. *Tratamiento silvicultural de los bosques naturales. Curso de perfeccionamiento profesional. Tomo I*. 179-218 pp

Vanclay J. K. 1994. *Modelling forest growth and yield: Applications to mixed tropical forests*. Wallingford, England. CAB International. 312 p.

Wadsworth, F. H. 2000. *Producción Forestal para América Tropical*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Manual de Agricultura 710 p

Weaver, P. L. 1979. *The growth in several tropical forest of Puerto Rico*. United States Service Research Paper SO, 152: 47 54

Wenzel, M. y Hampel, H. 1998. *Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco húmedo argentino*. *Quebracho* N° 6: 5-18. 14 pp

## **9. ANEXOS**

**Tabla A1.** Individuos especies forestales comerciales discriminado según método de raleo e intensidad de corta en el año 2.004

Año 2.004	PARCELAS																				Suma
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9a	9b	10a	10b	
Método intensidad	MAF - 20%	MM - 20%	MAF - 33%	MM - 33%	MAF - 20%	MM - 20%	MAF - 20%	MM - 20%	MAF - 33%	MM - 33%	MAF - 20%	MM - 20%	MAF - 33%	MM - 33%	MAF - 33%	MM - 33%	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	
Algarrobo negro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0					2
Espina corona	5	11	21	25	10	2	37	14	10	12	24	11	18	31	6	11	68	42	30	23	411
Francisco alvarez	1	0	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	0	0	1	0	1	2	3	3	19
Guayacan	1	0	1	1	1	1	3	1	1	0	0	2	0	0	2	0	2	2	2	2	22
Guayaibí	31	15	12	24	11	15	28	25	13	16	28	24	20	27	15	18	46	28	32	29	457
Ibira pitá í	8	7	7	5	7	22	8	16	3	9	16	10	8	6	10	15	20	27	9	10	223
Itin (Carandá)	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6		6	2	18
Lapacho	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0		1			6
Palo lanza	6	45	3	47	53	4	8	25	10	1	1	8	10	11	17	7	5	8	18	45	332
Palo mora	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					1
Palo piedra	0	2	7	4	0	0	0	1	0	0	3	2	0	1	3	0			2	4	29
Quebracho blanco	6	2	0	1	2	2	0	2	3	1	2	1	4	1	4	0	10	3	8	4	56
Quebracho colorado	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0				2	5
Urunday	0	0	3	0	0	2	13	6	3	0	8	0	0	0	0	0				2	37
suma	60	82	55	109	84	51	101	91	52	42	84	60	60	78	58	53	190	141	138	145	1734

**Tabla A2.** Individuos de especies comerciales según método e intensidad en el año 2.022.

Año 2.022	PARCELAS																				Suma
	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9a	9b	10a	10b	
Método intensidad	MAF – 20%	MM – 20%	MAF – 33%	MM – 33%	MAF - 20%	MM – 20%	MAF – 20%	MM – 20%	MAF – 33%	MM – 33%	MAF – 20%	MM – 20%	MAF – 33%	MM – 33%	MAF – 33%	MM – 33%	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	TESTIGO	
Algarrobo negro							1														1
Espina corona	5	9	18	15	8	2	25	12	5	12	18	9	17	19	6	9	50	25	19	9	292
Francisco Álvarez	1		1	1		1		1	2	1		1					1	2	2	2	16
Guayacan	1		1	1	1	1	2	1	1			2			2		1	2		1	17
Guayaibí	11	15	8	24	9	13	19	20	7	11	22	17	14	26	15	5	20	16	23	12	307
Ibira pitá í	6	7	4	5	5	19	4	4	1	8	11	5	6	4	9	10	12	15	3	4	142
Itin (Carandá)	1					1								1					1	1	5
Lapacho				1					1	2		1						1			6
Palo lanza	6	45	3	45	52	4	6	23	6	1	1	6	9	7	16	3	4	7	16	26	286
Palo mora									1												1
Palo piedra		1	6	4				1				2		1	3				2	2	22
Quebracho blanco	5	2		1	2	2		1	3	1	1	1	4	1	3		4	2	5	2	40
Quebracho colorado							1													1	2
Urunday			3			2	12	3	3		8									2	33
suma	36	79	44	97	77	45	70	66	30	36	61	44	50	59	54	27	92	70	71	62	1170

**Tabla A3.** Análisis de Varianza de la Tasa de Mortalidad de individuos de especies comerciales.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	17,53	13	1,35	1,8	0,178	
INTENSIDAD	11,32	2	5,66	9,87	0,0054	(INTENSIDAD>bloque)
INTENSIDAD>bloque	5,16	9	0,57	0,77	0,6509	
metodo	0,11	1	0,11	0,14	0,7151	
INTENSIDAD*metodo	0,95	1	0,95	1,27	0,2862	
Error	7,49	10	0,75			
Total	25,02	23				

**Tabla A4.** Análisis de Varianza de la Tasa de Reclutamiento de individuos de especies comerciales.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	32,99	7	4,71	9,25	0,0001	
INTENSIDAD	29,63	2	14,81	27,24	0,0119	(INTENSIDAD>Bloque)
INTENSIDAD>Bloque	1,63	3	0,54	1,07	0,3909	
metodo	1,63	1	1,63	3,19	0,0931	
INTENSIDAD*metodo	0,11	1	0,11	0,21	0,6551	
Error	8,16	16	0,51			
Total	41,15	23				

**Tabla A5.** Análisis de componentes principales método MAF.

Datos estandarizados

metodo = MAF

Casos leídos 10

Casos omitidos 0

#### Variabes de clasificación

Caso

metodo = MAF

#### Matriz de correlación/Coeficientes

	T	M	C	T	R	C	INTENSIDAD
T_M_C	1,00						
T_R_C	-0,78	1,00					
INTENSIDAD	-0,77	0,80	1,00				

#### Matriz de correlación/Probabilidades

	T	M	C	T	R	C	INTENSIDAD
T_M_C							
T_R_C	0,0081						
INTENSIDAD	0,0090	0,0053					

#### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	2,57	0,86	0,86
2	0,24	0,08	0,93
3	0,20	0,07	1,00

#### Autovectores

Variables	e1	e2
T_M_C	-0,57	0,82
T_R_C	0,58	0,33
INTENSIDAD	0,58	0,47

#### Correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
T_M_C	-0,92	0,40
T_R_C	0,93	0,16
INTENSIDAD	0,93	0,23

**Tabla A6.** Análisis de componentes principales método MM

Datos estandarizados

metodo = MM

Casos leídos 10

Casos omitidos 0

**Variables de clasificación**

Caso

metodo = MM

**Matriz de correlación/Coeficientes**

	T_M_C	T_R_C	INTENSIDAD
T_M_C	1,00		
T_R_C	-0,71	1,00	
INTENSIDAD	-0,61	0,80	1,00

**Matriz de correlación/Probabilidades**

	T_M_C	T_R_C	INTENSIDAD
T_M_C			
T_R_C	0,0216		
INTENSIDAD	0,0605	0,0052	

**Autovalores**

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	2,42	0,81	0,81
2	0,40	0,13	0,94
3	0,18	0,06	1,00

**Autovectores**

Variables	e1	e2
T_M_C	-0,55	0,80
T_R_C	0,60	0,18
INTENSIDAD	0,58	0,57

**Correlaciones con las variables originales**

Variables	CP 1	CP 2
T_M_C	-0,86	0,51
T_R_C	0,94	0,12
INTENSIDAD	0,90	0,36

**Tabla A7.** Análisis de varianza Índice de Shannon Wiener.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,87	9	0,1	1,77	0,1173
INTENSIDAD	0,07	2	0,03	0,63	0,5395
metodo	0,1	1	0,1	1,9	0,1788
año	0,03	1	0,03	0,53	0,4706
INTENSIDAD*metodo	0,26	1	0,26	4,81	0,0361
INTENSIDAD*año	0,33	2	0,17	3,06	0,0616
metodo*año	0,01	1	0,01	0,17	0,6858
INTENSIDAD*metodo*año..	0,06	1	0,06	1,09	0,3049
Error	1,64	30	0,05		
Total	2,51	39			

**Tabla A8.** Análisis de varianza Índice de Simpson

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	9	0,01	1,72	0,1286
INTENSIDAD	0,01	2	0,01	1,61	0,2168
metodo	0,01	1	0,01	1,43	0,2415
año	1,70E-03	1	1,70E-03	0,48	0,4926
INTENSIDAD*metodo	0,02	1	0,02	4,37	0,0451
INTENSIDAD*año	0,01	2	0,01	2	0,1536
metodo*año	2,80E-03	1	2,80E-03	0,8	0,3773
INTENSIDAD*metodo*año..	4,10E-03	1	4,10E-03	1,16	0,2907
Error	0,11	30	3,50E-03		
Total	0,16	39			

**Tabla A9.** Análisis de varianza Cociente de Mixtura.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	9	2,60E-03	1,51	0,191
INTENSIDAD	3,90E-03	2	1,90E-03	1,11	0,3432
metodo	1,00E-03	1	1,00E-03	0,58	0,4512
año	0,01	1	0,01	4,35	0,0456
INTENSIDAD*metodo	4,10E-03	1	4,10E-03	2,33	0,1373
INTENSIDAD*año	0,01	2	3,40E-03	1,97	0,1564
metodo*año	1,20E-05	1	1,20E-05	0,01	0,933
INTENSIDAD*metodo*año..	2,00E-04	1	2,00E-04	0,12	0,7368
Error	0,05	30	1,70E-03		
Total	0,08	39			

**Tabla A10.** Parámetros estructurales de las especies para el método MAF y 20% de intensidad de extracción para el año 2.004.

METODO/INTENSIDAD: MAF 20%					
Especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
algarrobo negro	0,56	0,22	4,26	5,03	1,7
Canelón	0,28	0,09	2,13	2,49	0,8
caranda	0,56	0,52	4,26	5,34	1,8
Cocu	1,39	0,40	6,38	8,17	2,7
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	21,11	18,26	8,51	47,88	16,0
francisco alvarez	0,28	0,06	2,13	2,47	0,8
Garabato	1,11	0,59	6,38	8,09	2,7
guayacan	1,39	6,14	6,38	13,91	4,6
Guayaibí	27,22	24,39	8,51	60,12	20,0
ibira pitá í	10,83	16,70	8,51	36,04	12,0
lapacho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Molle	0,28	0,05	2,13	2,46	0,8
Ñangapiri	3,61	0,83	8,51	12,95	4,3
Ombu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo lanza	18,89	15,81	8,51	43,21	14,4
Palo mora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	0,83	1,25	2,13	4,22	1,4
Palo tinta	0,28	0,16	2,13	2,56	0,9
Quebracho blanco	2,78	6,15	6,38	15,31	5,1
quebracho colorado	0,83	1,21	2,13	4,17	1,4
sacha membrillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
saucillo	0,28	0,36	2,13	2,76	0,9
Tala	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tembetari	1,67	0,33	4,26	6,25	2,1
Urunday	5,83	6,47	4,26	16,56	5,5
	100,00				

**Tabla A11.** Parámetros estructurales de las especies para el método MM y 20% de intensidad de extracción para el año 2.004.

METODO/INTENSIDAD: MM 20%					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
algarrobo negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Canelón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
caranda	0,27	0,66	2,17	3,11	1,0
Cocu	1,90	0,55	6,52	8,97	3,0
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	7,34	8,96	6,52	22,82	7,6
francisco alvarez	3,53	4,03	8,70	16,26	5,4
Garabato	0,82	0,36	4,35	5,52	1,8
guayacan	2,72	4,69	8,70	16,10	5,4
Guayaibí	17,39	13,95	6,52	37,86	12,6
ibira pitá í	21,47	29,88	8,70	60,04	20,0
lapacho	2,45	3,07	2,17	7,69	2,6
Molle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	4,08	1,04	6,52	11,64	3,9
Ombu	1,90	0,47	2,17	4,54	1,5
Palo lanza	10,05	7,31	6,52	23,89	8,0
Palo mora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	17,93	12,34	6,52	36,79	12,3
Palo tinta	0,27	0,06	2,17	2,50	0,8
Quebracho blanco	1,90	4,42	8,70	15,02	5,0
quebracho colorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
sacha membrillo	0,54	1,64	2,17	4,36	1,5
saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tembetari	3,26	0,84	6,52	10,62	3,5
Urunday	2,17	5,76	4,35	12,28	4,1
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

**Tabla A12.** Parámetros estructurales de las especies para el método MAF y 33% de intensidad de extracción para el año 2.004.

METODO/INTENSIDAD: MAF 33%					
Especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
algarrobo negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Canelón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
caranda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Cocu	3,85	0,85	6,82	11,51	3,8
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	21,15	20,66	9,09	50,90	17,0
francisco alvarez	1,54	1,33	6,82	9,69	3,2
Garabato	2,69	1,03	4,55	8,27	2,8
guayacan	1,54	4,21	6,82	12,57	4,2
Guayaibí	23,08	17,85	9,09	50,02	16,7
ibira pitá í	10,77	11,91	9,09	31,77	10,6
lapacho	0,38	0,10	2,27	2,76	0,9
Molle	0,00	0,00	2,27	2,27	0,8
Nangapiri	5,00	1,12	6,82	12,94	4,3
Ombu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo lanza	15,38	10,80	9,09	35,27	11,8
Palo mora	0,38	0,18	2,27	2,84	0,9
Palo piedra	3,85	5,97	4,55	14,36	4,8
Palo tinta	1,92	0,70	2,27	4,89	1,6
Quebracho blanco	4,23	14,42	6,82	25,47	8,5
quebracho colorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
sacha membrillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,38	0,17	2,27	2,83	0,9
Tembetari	1,54	0,39	4,55	6,47	2,2
Urunday	2,31	8,30	4,55	15,15	5,1
	100,00		100,00	300,00	100,00

**Tabla A13.** Parámetros estructurales de las especies para el método MM y 33% de intensidad de extracción para el año 2.004.

METODO/INTENSIDAD: MM 33%					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
algarrobo negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Canelón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
caranda	0,33	0,54	2,86	3,73	1,2
Cocu	0,66	0,24	2,86	3,76	1,3
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	26,16	28,81	11,43	66,40	22,1
francisco alvarez	0,66	0,21	5,71	6,59	2,2
Garabato	1,66	0,87	5,71	8,24	2,7
guayacan	0,33	0,40	2,86	3,59	1,2
Guayaibí	28,15	23,24	11,43	62,81	20,9
ibira pitá í	11,59	21,81	11,43	44,83	14,9
lapacho	0,99	0,89	5,71	7,60	2,5
Molle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	3,31	0,98	8,57	12,86	4,3
Ombu	0,33	0,82	2,86	4,01	1,3
Palo lanza	21,85	15,63	11,43	48,92	16,3
Palo mora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	1,66	2,71	5,71	10,08	3,4
Palo tinta	0,66	0,15	2,86	3,67	1,2
Quebracho blanco	0,99	2,30	8,57	11,86	4,0
quebracho colorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
sacha membrillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tembetari	0,66	0,40	0,00	1,06	0,4
Urunday	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

Tabla A14. Parámetros estructurales de las especies para el método testigo para el año 2.004.

METODO/INTENSIDAD: TESTIGO					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
algarrobo negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Canelón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
caranda	2,28	2,65	3,64	8,57	2,9
Cocu	1,95	0,40	5,45	7,81	2,6
Coronillo	0,16	0,03	1,82	2,02	0,7
Espina corona	26,55	24,76	7,27	58,58	19,5
francisco alvarez	1,47	1,99	7,27	10,73	3,6
Garabato	3,09	1,01	5,45	9,56	3,2
guayacan	1,30	4,35	7,27	12,93	4,3
Guayaibí	21,99	16,45	7,27	45,71	15,2
ibira pitá í	10,75	17,97	7,27	35,99	12,0
lapacho	0,16	0,36	1,82	2,34	0,8
Molle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	3,09	0,62	7,27	10,98	3,7
Ombu	0,33	0,11	1,82	2,26	0,8
Palo lanza	12,38	10,18	7,27	29,83	9,9
Palo mora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	0,98	1,49	3,64	6,10	2,0
Palo tinta	2,28	0,54	5,45	8,28	2,8
Quebracho blanco	4,07	11,33	7,27	22,68	7,6
quebracho colorado	0,33	0,69	1,82	2,83	0,9
sacha membrillo	0,16	0,03	1,82	2,02	0,7
saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tembetari	6,35	4,34	7,27	17,97	6,0
Urunday	0,33	0,69	1,82	2,84	0,9
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

**Tabla A15.** Parámetros estructurales de las especies para el método MAF y 20% de intensidad de extracción para el año 2.022.

METODO/INTENSIDAD: MAF 20%					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
Algarrobo	0,26	0,22	2,38	2,86	1,0
Arachichu	0,26	0,08	2,38	2,72	0,9
Caranda	0,26	0,49	2,38	3,13	1,0
Catiguá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Cocu	0,26	0,12	2,38	2,77	0,9
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	20,47	18,77	9,52	48,77	16,3
Francisco alvarez	6,56	4,05	9,52	20,14	6,7
Garabato	0,79	0,53	7,14	8,46	2,8
Guayacan	1,05	3,30	7,14	11,49	3,8
Guayaibí	24,93	17,68	9,52	52,14	17,4
Ibira pitá í	7,09	12,82	9,52	29,43	9,8
Lapacho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Naranjillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	4,20	1,02	7,14	12,36	4,1
Ombu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo borracho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo lanza	24,15	22,59	9,52	56,26	18,8
Palo mora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo tinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Quebracho blanco	2,10	6,65	7,14	15,90	5,3
Quebracho colorado	0,26	0,10	2,38	2,74	0,9
Saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,52	0,11	2,38	3,01	1,0
Tembetari	0,79	0,16	2,38	3,33	1,1
Urunday	6,04	11,30	7,14	24,48	8,2
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

**Tabla A16.** Parámetros estructurales de las especies para el método MM y 20% de intensidad de extracción para el año 2.022.

METODO/INTENSIDAD: MM 20%					
especies	dom_rel	frec_abs	frec_rel	IVI	IVI/3
Algarrobo	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Arachichu	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Caranda	0,58	25,0	2,17	3,00	1,0
Catiguá	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Cocu	0,17	50,0	4,35	5,00	1,7
Coronillo	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Espina corona	12,77	100,0	8,70	34,21	11,4
Francisco alvarez	4,12	75,0	6,52	17,62	5,9
Garabato	2,08	75,0	6,52	10,76	3,6
Guayacan	2,86	75,0	6,52	10,34	3,4
Guayaibí	28,57	100,0	8,70	69,23	23,1
Ibira pitá í	13,94	100,0	8,70	31,53	10,5
Lapacho	0,20	25,0	2,17	2,61	0,9
Naranjillo	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	0,97	100,0	8,70	13,27	4,4
Ombu	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Palo borracho	0,07	25,0	2,17	2,49	0,8
Palo lanza	22,68	100,0	8,70	58,30	19,4
Palo mora	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Palo piedra	0,78	75,0	6,52	8,50	2,8
Palo tinta	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Quebracho blanco	4,77	100,0	8,70	14,90	5,0
Quebracho colorado	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Saucillo	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Tala	0,05	25,0	2,17	2,46	0,8
Tembetari	0,10	50,0	4,35	4,93	1,6
Urunday	5,29	50,0	4,35	10,84	3,6
	100,00	1150,00	100,00	300,00	100,00

**Tabla A17.** Parámetros estructurales de las especies para el método MAF y 33% de intensidad de extracción para el año 2.022.

METODO/INTENSIDAD: MAF 33%					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
Algarrobo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Arachichu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Caranda	0,30	0,10	1,92	2,33	0,8
Catiguá	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Cocu	1,20	0,89	3,85	5,94	2,0
Coronillo	0,30	0,12	1,92	2,34	0,8
Espina corona	19,76	17,52	7,69	44,97	15,0
Francisco alvarez	12,57	8,08	7,69	28,35	9,4
Garabato	2,69	1,07	3,85	7,61	2,5
Guayacan	1,20	4,20	5,77	11,16	3,7
Guayaibí	21,86	14,73	7,69	44,27	14,8
Ibira pitá í	6,89	9,08	7,69	23,66	7,9
Lapacho	0,30	0,31	1,92	2,54	0,8
Naranjillo	0,30	0,07	1,92	2,29	0,8
Ñangapiri	4,19	1,05	7,69	12,93	4,3
Ombu	0,30	0,16	1,92	2,38	0,8
Palo borracho	0,30	0,12	1,92	2,34	0,8
Palo lanza	14,07	14,49	7,69	36,26	12,1
Palo mora	0,60	0,66	3,85	5,11	1,7
Palo piedra	2,99	5,81	3,85	12,65	4,2
Palo tinta	0,60	0,17	1,92	2,69	0,9
Quebracho blanco	2,99	11,69	5,77	20,45	6,8
Quebracho colorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Saucillo	0,30	0,08	1,92	2,30	0,8
Tala	0,30	0,08	1,92	2,30	0,8
Tembetari	3,59	0,81	5,77	10,17	3,4
Urunday	2,40	8,71	3,85	14,95	5,0
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

**Tabla A18.** Parámetros estructurales de las especies para el método MM y 33% de intensidad de extracción para el año 2.022.

METODO/INTENSIDAD: MM 33%					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
Algarrobo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Arachichu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Caranda	0,24	0,58	2,08	2,90	1,0
Catiguá	0,47	0,11	2,08	2,66	0,9
Cocu	1,65	0,59	4,17	6,40	2,1
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	21,41	22,08	8,33	51,83	17,3
Francisco alvarez	7,06	5,57	8,33	20,97	7,0
Garabato	1,88	0,72	6,25	8,85	2,9
Guayacan	0,24	0,32	2,08	2,64	0,9
Guayaibí	31,06	26,54	8,33	65,94	22,0
Ibira pitá í	6,59	16,29	8,33	31,22	10,4
Lapacho	0,71	1,30	4,17	6,17	2,1
Naranjillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Ñangapiri	1,88	0,62	6,25	8,76	2,9
Ombu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo borracho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo lanza	20,24	18,72	8,33	47,29	15,8
Palo mora	0,24	0,22	2,08	2,54	0,8
Palo piedra	1,65	2,85	6,25	10,75	3,6
Palo tinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Quebracho blanco	0,71	2,05	6,25	9,00	3,0
Quebracho colorado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Saucillo	0,24	0,13	2,08	2,45	0,8
Tala	0,71	0,19	2,08	2,98	1,0
Tembetari	2,35	0,69	8,33	11,38	3,8
Urunday	0,71	0,41	4,17	5,28	1,8
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00

Tabla A19. Parámetros estructurales de las especies para el Testigo para el año 2.022.

METODO/INTENSIDAD: TESTIGO					
especies	ab_rel	dom_rel	frec_rel	IVI	IVI/3
Algarrobo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Arachichu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Caranda	0,48	1,43	4,08	5,99	2,0
Catiguá	0,24	0,06	2,04	2,34	0,8
Cocu	1,20	0,23	6,12	7,56	2,5
Coronillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Espina corona	32,21	30,01	8,16	70,39	23,5
Francisco alvarez	4,81	3,01	8,16	15,98	5,3
Garabato	0,24	0,09	2,04	2,38	0,8
Guayacan	0,96	3,23	6,12	10,32	3,4
Guayaibí	22,60	11,56	8,16	42,32	14,1
Ibira pitá í	8,17	14,95	8,16	31,29	10,4
Lapacho	0,24	0,78	2,04	3,06	1,0
Naranjillo	0,24	0,03	2,04	2,32	0,8
Ñangapiri	2,64	0,60	6,12	9,37	3,1
Ombu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo borracho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Palo lanza	18,99	18,92	8,16	46,08	15,4
Palo mora	0,48	0,12	4,08	4,69	1,6
Palo piedra	0,96	2,10	4,08	7,14	2,4
Palo tinta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Quebracho blanco	3,13	10,71	8,16	22,00	7,3
Quebracho colorado	0,24	0,67	2,04	2,95	1,0
Saucillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Tala	0,24	0,04	2,04	2,32	0,8
Tembetari	1,44	0,30	6,12	7,86	2,6
Urunday	0,48	1,13	2,04	3,65	1,2
	100,00	100,00	100,00	300,00	100,00



4MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		4MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	
algarrobo neg	1	0,009009009	-0,0424282	8,11622E-05		Cocu	4	0,038461538	-0,125311405	0,00147929	
Cocu	1	0,009009009	-0,0424282	8,11622E-05		Espina corona	14	0,134615385	-0,26994875	0,018121302	
Espina corona	37	0,333333333	-0,366204096	0,111111111		francisco alva	1	0,009615385	-0,044657605	9,24556E-05	
Garabato	2	0,018018018	-0,072367262	0,000324649		Garabato	1	0,009615385	-0,044657605	9,24556E-05	
guayacan	3	0,027027027	-0,097592376	0,00073046		guayacan	1	0,009615385	-0,044657605	9,24556E-05	
guayaibi	28	0,252252252	-0,347433508	0,063631199		guayaibi	25	0,240384615	-0,342671893	0,057784763	
ibira pita i	8	0,072072072	-0,189555939	0,005194384		ibira pita i	16	0,153846154	-0,287969566	0,023668639	
Itin	1	0,009009009	-0,0424282	8,11622E-05		Ñangapiri	3	0,028846154	-0,102282075	0,000832101	
Ñangapiri	3	0,027027027	-0,097592376	0,00073046		Palo lanza	25	0,240384615	-0,342671893	0,057784763	
Palo lanza	8	0,072072072	-0,189555939	0,005194384		Palo piedra	1	0,009615385	-0,044657605	9,24556E-05	
quebracho co	2	0,018018018	-0,072367262	0,000324649		Quebracho bl	2	0,019230769	-0,075985456	0,000369822	
saucillo	1	0,009009009	-0,0424282	8,11622E-05		Tembetari	5	0,048076923	-0,145911201	0,002311391	
Tembetari	3	0,027027027	-0,097592376	0,00073046		Urunday	6	0,057692308	-0,16457489	0,003328402	13
Urunday	13	0,117117117	-0,251167126	0,013716419					<b>2,035957549</b>	<b>0,833949704</b>	<b>0,125</b>
	111		<b>1,95114106</b>	<b>0,797987176</b>	<b>0,12612613</b>				SW	SIMPSON	CM
			SW	SIMPSON	CM						
5MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		5MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	
Cocu	4	0,056338028	-0,162049888	0,003173973		Cocu	2	0,037735849	-0,123665839	0,001423994	
Espina corona	10	0,14084507	-0,276069688	0,019837334		Espina corona	12	0,226415094	-0,336313645	0,051263795	
francisco alva	2	0,028169014	-0,100550217	0,000793493		francisco alva	1	0,018867925	-0,074911168	0,000355999	
Garabato	3	0,042253521	-0,133692997	0,00178536		Garabato	3	0,056603774	-0,162547903	0,003203987	
guayacan	1	0,014084507	-0,060037745	0,000198373		guayaibi	16	0,301886792	-0,361570775	0,091135635	
guayaibi	13	0,183098592	-0,310852067	0,033525094		ibira pita i	9	0,169811321	-0,301086906	0,028835885	
ibira pita i	3	0,042253521	-0,133692997	0,00178536		lapacho	2	0,037735849	-0,123665839	0,001423994	
lapacho	1	0,014084507	-0,060037745	0,000198373		Ñangapiri	5	0,094339623	-0,222722076	0,008999964	
Ñangapiri	9	0,126760563	-0,261818277	0,01606824		Palo lanza	1	0,018867925	-0,074911168	0,000355999	
Palo lanza	10	0,14084507	-0,276069688	0,019837334		Quebracho bl	1	0,018867925	-0,074911168	0,000355999	
Palo mora	1	0,014084507	-0,060037745	0,000198373		Tembetari	1	0,018867925	-0,074911168	0,000355999	11
Palo tinta	5	0,070422535	-0,186848026	0,004959333			53		<b>1,931217655</b>	<b>0,81238875</b>	<b>0,20754717</b>
Quebracho bl	3	0,042253521	-0,133692997	0,00178536					SW	SIMPSON	CM
Tembetari	3	0,042253521	-0,133692997	0,00178536							
Urunday	3	0,042253521	-0,133692997	0,00178536							
	71		<b>2,422836069</b>	<b>0,892283277</b>	<b>0,21126761</b>						
			SW	SIMPSON	CM						
6MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		6MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	
algarrobo neg	1	0,010526316	-0,047935546	0,000110803		Cocu	2	0,026315789	-0,095725952	0,000692521	
Canelón	1	0,010526316	-0,047935546	0,000110803		Espina corona	11	0,144736842	-0,279752878	0,020948753	
Cocu	2	0,021052632	-0,08127852	0,000443213		francisco alva	1	0,013157895	-0,056983333	0,00017313	
Espina corona	24	0,252631579	-0,347576352	0,063822715		Garabato	2	0,026315789	-0,095725952	0,000692521	
guayaibi	28	0,294736842	-0,36007186	0,086869806		guayacan	2	0,026315789	-0,095725952	0,000692521	
ibira pita i	16	0,168421053	-0,300006429	0,028365651		guayaibi	24	0,315789474	-0,364004056	0,099722992	
Molle	1	0,010526316	-0,047935546	0,000110803		ibira pita i	10	0,131578947	-0,266861611	0,017313019	
Ñangapiri	4	0,042105263	-0,133371896	0,001772853		lapacho	1	0,013157895	-0,056983333	0,00017313	
Palo lanza	1	0,010526316	-0,047935546	0,000110803		Ñangapiri	9	0,118421053	-0,252652354	0,014023546	
Palo piedra	3	0,031578947	-0,109113619	0,00099723		Palo lanza	8	0,105263158	-0,236978084	0,011108032	
Quebracho bl	2	0,021052632	-0,08127852	0,000443213		Palo piedra	2	0,026315789	-0,095725952	0,000692521	
quebracho co	1	0,010526316	-0,047935546	0,000110803		Quebracho bl	1	0,013157895	-0,056983333	0,00017313	
Tembetari	3	0,031578947	-0,109113619	0,00099723		Tembetari	3	0,039473684	-0,127583726	0,001558172	13
Urunday	8	0,084210526	-0,208373503	0,007091413			76		<b>2,081686515</b>	<b>0,832063712</b>	<b>0,17105263</b>
	95		<b>1,969862049</b>	<b>0,808642659</b>	<b>0,14736842</b>				SW	SIMPSON	CM
			SW	SIMPSON	CM						

7MAF				7MM						
ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2			
Cocu	3	0,045454545	-0,14050193	0,002066116	Espina corona	31	0,382716049	-0,367584203	0,146471574	
Espina corona	18	0,272727273	-0,354349905	0,074380165	guayaibi	27	0,333333333	-0,366204096	0,111111111	
guayaibi	20	0,303030303	-0,361794687	0,091827365	ibira pita i	6	0,074074074	-0,192791829	0,005486968	
ibira pita i	8	0,121212121	-0,255783418	0,014692378	ltin	1	0,012345679	-0,054252459	0,000152416	
Ñangapiri	2	0,03030303	-0,105954775	0,000918274	Ñangapiri	3	0,037037037	-0,122068032	0,001371742	
Palo lanza	10	0,151515152	-0,285919644	0,022956841	Palo lanza	11	0,135802469	-0,271136947	0,018442311	
Quebracho bl	4	0,060606061	-0,169900629	0,003673095	Palo piedra	1	0,012345679	-0,054252459	0,000152416	
Tembetari	1	0,015151515	-0,063479617	0,000229568	8 Quebracho bl	1	0,012345679	-0,054252459	0,000152416	
	66		<b>1,737684605</b>	<b>0,789256198</b>	<b>0,12121212</b>	81		<b>1,482542483</b>	<b>0,716659046</b>	<b>0,09876543</b>
		SW		SIMPSON	CM		SW		SIMPSON	CM
8MAF				8MM						
ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2			
Espina corona	6	0,103448276	-0,234691401	0,010701546	Espina corona	11	0,196428571	-0,319678939	0,038584184	
francisco alva	1	0,017241379	-0,070007638	0,000297265	guayaibi	18	0,321428571	-0,364814978	0,103316327	
guayacan	2	0,034482759	-0,116113649	0,001189061	ibira pita i	15	0,267857143	-0,352848613	0,071747449	
guayaibi	15	0,25862069	-0,349756761	0,066884661	Ñangapiri	2	0,035714286	-0,119007304	0,00127551	
ibira pita i	10	0,172413793	-0,303078951	0,029726516	Palo lanza	7	0,125	-0,259930193	0,015625	
Palo lanza	17	0,293103448	-0,359705247	0,085909631	Palo tinta	2	0,035714286	-0,119007304	0,00127551	
Palo piedra	3	0,051724138	-0,153198141	0,002675386	Tembetari	1	0,017857143	-0,07188128	0,000318878	
Quebracho bl	4	0,068965517	-0,184424045	0,004756243	8	56		<b>1,607168612</b>	<b>0,767857143</b>	<b>0,125</b>
	58		<b>1,770975833</b>	<b>0,797859691</b>	<b>0,13793103</b>		SW		SIMPSON	CM
		SW		SIMPSON	CM		SW		SIMPSON	CM
9A				9B						
ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2			
Cocu	6	0,031578947	-0,109113619	0,00099723	Cocu	5	0,035460993	-0,118415673	0,001257482	
Coronillo	1	0,005263158	-0,027615916	2,77008E-05	Espina corona	42	0,29787234	-0,360750294	0,088727931	
Espina corona	68	0,357894737	-0,3677427	0,128088643	francisco alva	2	0,014184397	-0,060363301	0,000201197	
francisco alva	1	0,005263158	-0,027615916	2,77008E-05	guayacan	2	0,014184397	-0,060363301	0,000201197	
Garabato	4	0,021052632	-0,08127852	0,000443213	guayaibi	28	0,19858156	-0,32101809	0,039434636	
guayacan	2	0,010526316	-0,047935546	0,000110803	ibira pita i	27	0,191489362	-0,316517175	0,036668176	
guayaibi	46	0,242105263	-0,343397911	0,058614958	lapacho	1	0,007092199	-0,035097588	5,02993E-05	
ibira pita i	20	0,105263158	-0,236978084	0,011080332	Ñangapiri	9	0,063829787	-0,175629914	0,004074242	
ltin	6	0,031578947	-0,109113619	0,00099723	Palo lanza	8	0,056737589	-0,162798204	0,003219154	
Ñangapiri	2	0,010526316	-0,047935546	0,000110803	Palo tinta	6	0,042553191	-0,134304443	0,001810774	
Palo lanza	5	0,026315789	-0,095725952	0,000692521	Quebracho bl	3	0,021276596	-0,081918034	0,000452694	
Quebracho bl	10	0,052631579	-0,154970473	0,002770083	sacha membri	1	0,007092199	-0,035097588	5,02993E-05	
Tembetari	19	0,1	-0,230258509	0,01	13 Tembetari	7	0,04964539	-0,149077647	0,002464665	
	190		<b>1,879682311</b>	<b>0,786038781</b>	<b>0,06842105</b>	141		<b>2,011387251</b>	<b>0,821387254</b>	<b>0,09219858</b>
		SW		SIMPSON	CM		SW		SIMPSON	CM
10A				10B						
ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2			
Espina corona	30	0,217391304	-0,33175137	0,047258979	Cocu	1	0,00690	-0,03432	0,00005	
francisco alva	3	0,02173913	-0,083231335	0,00047259	Espina corona	23	0,15862	-0,29206	0,02516	
Garabato	7	0,050724638	-0,151227571	0,002572989	francisco alva	3	0,02069	-0,08024	0,00043	
guayacan	2	0,014492754	-0,061363862	0,00021004	Garabato	8	0,05517	-0,15985	0,00304	
guayaibi	32	0,231884058	-0,338902674	0,053770216	guayacan	2	0,01379	-0,05908	0,00019	
ibira pita i	9	0,065217391	-0,178045377	0,004253308	guayaibi	29	0,20000	-0,32189	0,04000	
ltin	6	0,043478261	-0,136325835	0,001890359	ibira pita i	10	0,06897	-0,18442	0,00476	
Ñangapiri	4	0,028985507	-0,102636502	0,00084016	ltin	2	0,01379	-0,05908	0,00019	
Palo lanza	18	0,130434783	-0,265680251	0,017013233	Ñangapiri	4	0,02759	-0,09905	0,00076	
Palo piedra	2	0,014492754	-0,061363862	0,00021004	Ombu	2	0,01379	-0,05908	0,00019	
Palo tinta	7	0,050724638	-0,151227571	0,002572989	Palo lanza	45	0,31034	-0,36313	0,09631	
Quebracho bl	8	0,057971014	-0,165090559	0,003360639	Palo piedra	4	0,02759	-0,09905	0,00076	
Tembetari	10	0,072463768	-0,190193376	0,005250998	13 Palo tinta	1	0,00690	-0,03432	0,00005	
	138		<b>2,217040146</b>	<b>0,860323461</b>	<b>0,0942029</b>	Quebracho bl	4	0,02759	-0,09905	0,00076
		SW		SIMPSON	CM	quebracho co	2	0,01379	-0,05908	0,00019
						Tembetari	3	0,02069	-0,08024	0,00043
						Urunday	2	0,01379	-0,05908	0,00019
						145		<b>2,143024644</b>	<b>0,82654</b>	<b>0,11724138</b>
							SW		SIMPSON	CM

**Tabla A21.** Cálculos de índices de biodiversidad forestal por subparcela para el año 2.022.

1MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		1MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		
Caranda	1	0,009434	-0,043995	0,000089		Cocu	1	0,006098	-0,031097	0,000037		
Cocu	1	0,009434	-0,043995	0,000089		Espina corona	10	0,060976	-0,170566	0,003718		
Espina corona	18	0,169811	-0,301087	0,028836		Garabato	8	0,048780	-0,147338	0,002380		
Francisco alva	8	0,075472	-0,195019	0,005696		Guayaibi	41	0,250000	-0,346574	0,062500		
Garabato	1	0,009434	-0,043995	0,000089		Ibira pita i	9	0,054878	-0,159291	0,003012		
Guayacan	1	0,009434	-0,043995	0,000089		Ñangapiri	9	0,054878	-0,159291	0,003012		
Guayaibi	25	0,235849	-0,340699	0,055625		Palo lanza	82	0,500000	-0,346574	0,250000		
Ibira pita i	6	0,056604	-0,162548	0,003204		Palo piedra	2	0,012195	-0,053740	0,000149		
Ñangapiri	16	0,150943	-0,285411	0,022784		Quebracho bli	2	0,012195	-0,053740	0,000149		9
Palo lanza	18	0,169811	-0,301087	0,028836			164		<b>1,46821126</b>	<b>0,675045</b>	<b>0,05487805</b>	
Quebracho bli	5	0,047170	-0,144057	0,002225				SW		SIMPSON	CM	
Tala	2	0,018868	-0,074911	0,000356								
Tembetari	3	0,028302	-0,100891	0,000801								
Urunday	1	0,009434	-0,043995	0,000089	14							
	106		<b>2,12568335</b>	<b>0,851193</b>	<b>0,13207547</b>							
			SW	SIMPSON	CM							
2MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		2MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		
Caranda	1	0,009346	-0,043671	0,000087		Espina corona	29	0,146465	-0,281354	0,021452		
Coronillo	1	0,009346	-0,043671	0,000087		Francisco alva	9	0,045455	-0,140502	0,002066		
Espina corona	29	0,271028	-0,353836	0,073456		Garabato	6	0,030303	-0,105955	0,000918		
Francisco alva	15	0,140187	-0,275436	0,019652		Guayacan	1	0,005051	-0,026708	0,000026		
Garabato	9	0,084112	-0,208228	0,007075		Guayaibi	51	0,257576	-0,349386	0,066345		
Guayacan	1	0,009346	-0,043671	0,000087		Ibira pita i	5	0,025253	-0,092900	0,000638		
Guayaibi	20	0,186916	-0,313476	0,034938		Lapacho	1	0,005051	-0,026708	0,000026		
Ibira pita i	10	0,093458	-0,221518	0,008734		Ñangapiri	1	0,005051	-0,026708	0,000026		
Ñangapiri	4	0,037383	-0,122861	0,001398		Palo lanza	84	0,424242	-0,363767	0,179982		
Palo lanza	3	0,028037	-0,100212	0,000786		Palo piedra	4	0,020202	-0,078828	0,000408		
Palo piedra	6	0,056075	-0,161555	0,003144		Quebracho bli	1	0,005051	-0,026708	0,000026		
Tala	2	0,018692	-0,074387	0,000349		Tala	1	0,005051	-0,026708	0,000026		
Tembetari	1	0,009346	-0,043671	0,000087		Tembetari	2	0,010101	-0,046415	0,000102		
Urunday	5	0,046729	-0,143149	0,002184		Urunday	3	0,015152	-0,063480	0,000230		
	107	14,000000	<b>2,14934374</b>	<b>0,847934</b>	<b>0,13084112</b>		198	14,000000	<b>1,65612878</b>	<b>0,727732</b>	<b>0,07070707</b>	
			SW	SIMPSON	CM				SW	SIMPSON	CM	
3MAF	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		3MM	ABUNDANCIA	P	PXLNP	P2		
Espina corona	11	0,084615	-0,208969	0,007160		Caranda	1	0,009091	-0,042732	0,000083		
Francisco alva	5	0,038462	-0,125311	0,001479		Cocu	1	0,009091	-0,042732	0,000083		
Garabato	1	0,007692	-0,037443	0,000059		Espina corona	17	0,154545	-0,288578	0,023884		
Guayacan	1	0,007692	-0,037443	0,000059		Francisco alva	5	0,045455	-0,140502	0,002066		
Guayaibi	35	0,269231	-0,353281	0,072485		Guayacan	1	0,009091	-0,042732	0,000083		
Ibira pita i	6	0,046154	-0,141959	0,002130		Guayaibi	47	0,427273	-0,363324	0,182562		
Palo lanza	69	0,530769	-0,336204	0,281716		Ibira pita i	19	0,172727	-0,303316	0,029835		
Quebracho bli	2	0,015385	-0,064221	0,000237		Ñangapiri	7	0,063636	-0,175291	0,004050		
	130	8,000000	<b>1,30483122</b>	<b>0,634675</b>	<b>0,06153846</b>	Palo lanza	8	0,072727	-0,190621	0,005289		
			SW	SIMPSON	CM	Quebracho bli	2	0,018182	-0,072861	0,000331		
						Urunday	2	0,018182	-0,072861	0,000331		
							110	11,000000	<b>1,73554776</b>	<b>0,751405</b>	<b>0,1</b>	
									SW	SIMPSON	CM	



7MAF	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2		7MM	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2			
Cocu	3	0,026087	-0,095121	0,000681	Caranda	1	0,008403	-0,040161	0,000071		
Espina corona	24	0,208696	-0,327001	0,043554	Espina corona	25	0,210084	-0,327783	0,044135		
Francisco alva	10	0,086957	-0,212378	0,007561	Francisco alva	6	0,050420	-0,150623	0,002542		
Guayaibi	35	0,304348	-0,362047	0,092628	Guayaibi	55	0,462185	-0,356710	0,213615		
Ibira pita i	7	0,060870	-0,170375	0,003705	Ibira pita i	4	0,033613	-0,114045	0,001130		
Ñangapiri	6	0,052174	-0,154079	0,002722	Ñangapiri	2	0,016807	-0,068672	0,000282		
Palo lanza	22	0,191304	-0,316396	0,036597	Palo lanza	15	0,126050	-0,261060	0,015889		
Quebracho bl	4	0,034783	-0,116822	0,001210	Palo piedra	4	0,033613	-0,114045	0,001130		
Tembetari	4	0,034783	-0,116822	0,001210	Quebracho bl	1	0,008403	-0,040161	0,000071		
	115	9,000000	1,87104188	0,810132	0,07826087	Tembetari	6	0,050420	-0,150623	0,002542	
			SW	SIMPSON	CM		119	10,000000	1,62388201	0,718593	0,08403361
									SW	SIMPSON	CM
8MAF	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2		8MM	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2			
Cocu	2	0,014815	-0,062402	0,000219	Cartigua	2	0,022222	-0,084592	0,000494		
Espina corona	18	0,133333	-0,268654	0,017778	Cocu	2	0,022222	-0,084592	0,000494		
Francisco alva	27	0,200000	-0,321888	0,040000	Espina corona	13	0,144444	-0,279480	0,020864		
Garabato	4	0,029630	-0,104266	0,000878	Francisco alva	15	0,166667	-0,298627	0,027778		
Guayacan	2	0,014815	-0,062402	0,000219	Garabato	1	0,011111	-0,049998	0,000123		
Guayaibi	36	0,266667	-0,352468	0,071111	Guayaibi	26	0,288889	-0,358717	0,083457		
Ibira pita i	9	0,066667	-0,180537	0,004444	Ibira pita i	12	0,133333	-0,268654	0,017778		
Ñangapiri	3	0,022222	-0,084592	0,000494	Palo lanza	7	0,077778	-0,198637	0,006049		
Palo lanza	23	0,170370	-0,301518	0,029026	Palo piedra	1	0,011111	-0,049998	0,000123		
Palo mora	1	0,007407	-0,036335	0,000055	Saucillo	2	0,022222	-0,084592	0,000494		
Palo piedra	5	0,037037	-0,122068	0,001372	Tala	3	0,033333	-0,113373	0,001111		
Quebracho bl	3	0,022222	-0,084592	0,000494	Tembetari	4	0,044444	-0,138378	0,001975		
Saucillo	2	0,014815	-0,062402	0,000219	Urunday	2	0,022222	-0,084592	0,000494		
	135	13,000000	2,04412455	0,833690	0,0962963		90	13,000000	2,09423137	0,838765	0,14444444
			SW	SIMPSON	CM				SW	SIMPSON	CM
9A	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2		9B	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2			
Cocu	2	0,013072	-0,056697	0,000171	Cocu	1	0,009709	-0,044997	0,000094		
Espina corona	81	0,529412	-0,336700	0,280277	Espina corona	41	0,398058	-0,366674	0,158450		
Francisco alva	6	0,039216	-0,127007	0,001538	Francisco alva	2	0,019417	-0,076536	0,000377		
Guayacan	1	0,006536	-0,032879	0,000043	Guayacan	3	0,029126	-0,102994	0,000848		
Guayaibi	27	0,176471	-0,306106	0,031142	Guayaibi	16	0,155340	-0,289265	0,024130		
Ibira pita i	17	0,111111	-0,244136	0,012346	Ibira pita i	10	0,097087	-0,226422	0,009426		
Ñangapiri	5	0,032680	-0,111797	0,001068	Lapacho	1	0,009709	-0,044997	0,000094		
Palo lanza	10	0,065359	-0,178291	0,004272	Palo lanza	21	0,203883	-0,324217	0,041568		
Quebracho bl	4	0,026144	-0,095272	0,000683	Palo mora	1	0,009709	-0,044997	0,000094		
	153	9,000000	1,4888845	0,668461	0,05882353	Quebracho bl	2	0,019417	-0,076536	0,000377	
			SW	SIMPSON	CM		1	0,009709	-0,044997	0,000094	
							4	0,038835	-0,126153	0,001508	
							103	12,000000	1,76878433	0,762937	0,11650485
									SW	SIMPSON	CM
10A	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2		10B	ABUNDANCIA P	PXLNP	P2			
Caranda	1	0,008696	-0,041260	0,000076	Caranda	1	0,012987	-0,056413	0,000169		
Cocu	2	0,017391	-0,070466	0,000302	Espina corona	9	0,116883	-0,250899	0,013662		
Espina corona	26	0,226087	-0,336154	0,051115	Francisco alva	3	0,038961	-0,126436	0,001518		
Francisco alva	9	0,078261	-0,199386	0,006125	Guayacan	1	0,012987	-0,056413	0,000169		
Garabato	1	0,008696	-0,041260	0,000076	Guayaibi	17	0,220779	-0,333507	0,048743		
Guayaibi	34	0,295652	-0,360273	0,087410	Ibira pita i	4	0,051948	-0,153637	0,002699		
Ibira pita i	3	0,026087	-0,095121	0,000681	Ñangapiri	1	0,012987	-0,056413	0,000169		
Palo lanza	30	0,260870	-0,350539	0,068053	Palo lanza	33	0,428571	-0,363128	0,183673		
Palo piedra	2	0,017391	-0,070466	0,000302	Palo mora	1	0,012987	-0,056413	0,000169		
Quebracho bl	5	0,043478	-0,136326	0,001890	Palo piedra	2	0,025974	-0,094822	0,000675		
Quebracho cc	1	0,008696	-0,041260	0,000076	Quebracho bl	2	0,025974	-0,094822	0,000675		
Tembetari	1	0,008696	-0,041260	0,000076	Tembetari	1	0,012987	-0,056413	0,000169		
	115	12,000000	1,78377278	0,783819	0,10434783	Urunday	2	0,025974	-0,094822	0,000675	
			SW	SIMPSON	CM		77	13,000000	1,79413925	0,746838	0,16883117
									SW	SIMPSON	CM

**Tabla A22.** Análisis de varianza de las variaciones del área basal de especies comerciales según método e intensidad.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	353,09	13	27,16	6,36	0,003
INTENSIDAD	268,67	2	134,33	18,22	0,0007
INTENSIDAD>bloque	66,34	9	7,37	1,72	0,2039
metodo	17,85	1	17,85	4,18	0,0682
INTENSIDAD*metodo	0,23	1	0,23	0,05	0,8229
Error	42,74	10	4,27		
Total	395,83	23			

**Tabla A23.** Análisis de varianza de las variaciones del área basal de todas las especies según método e intensidad.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	472,82	13	36,37	8,53	0,0009
INTENSIDAD	381,54	2	190,77	23,03	0,0003
INTENSIDAD>bloque	74,54	9	8,28	1,94	0,1577
metodo	16,52	1	16,52	3,88	0,0773
INTENSIDAD*metodo	0,22	1	0,22	0,05	0,8245
Error	42,63	10	4,26		
Total	515,46	23			

**Tabla A24.** Análisis de regresión no lineal de incremento diamétrico para el MAF.

Estadísticos descriptivos:

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
MAF	0,259	0,325	0,291	0,027
DAP	12,500	37,500	25,000	9,354

Regresión no lineal de la variable MAF

Estadísticos de bondad del ajuste:

Estadístico Completo

Observaciones 6,000

GL 3,000

R<sup>2</sup> 0,768

SEC 0,002

MEC 0,001

RMSE 0,023

AIC -41,525

AICC -1,525

Iteraciones 3,000

Parámetros del modelo:

Parámetros Valor

pr1 = 0,12232143

pr2 = 0,013885714

pr3 = -0,000257143

Ecuación del modelo:

MAF = 0.12232143+0.013885714\*DAP+-0.000257143\*DAP^2

**Tabla A25.** Análisis de regresión no lineal de incremento diamétrico para el MM.

Estadísticos descriptivos:

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
MM	0,1521	0,3270	0,2658	0,0515
DAP	12,5000	57,5000	35,0000	15,1383

Regresión no lineal de la variable MM

Estadísticos de bondad del ajuste:

Estadístico	Completo
Observaciones	10,0000
GL	7,0000
R <sup>2</sup>	0,9470
SEC	0,0033
MEC	0,0088
RMSE	0,0348
AIC	-62,7210
AICC	-54,7210
Iteraciones	3,0000

Parámetros del modelo:

Parámetros	Valor
pr1 =	0,006969183
pr2 =	0,015133386
pr3 =	-0,000188181

Ecuación del modelo:

$$MM = 0.006969183 + 0.015133386 * DAP + -0.000188181 * DAP^2$$

**Tabla A26.** Análisis de regresión no lineal de incremento diamétrico para todos los tratamientos con intervención de corta.

Estadísticos descriptivos:

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
TODOS	0,1500	0,3000	0,2560	0,0443
DAP	12,5000	57,5000	35,0000	15,1383

Regresión no lineal de la variable TODOS

Estadísticos de bondad del ajuste:

Estadístico	Completo
Observaciones	10,0000
GL	7,0000
R <sup>2</sup>	0,9116
SEC	0,0020
MEC	0,0030
RMSE	0,0206
AIC	-73,1847
AICC	-65,1847
Iteraciones	3,0000

Parámetros del modelo:

Parámetros	Valor
a =	0,022399621
b =	0,014790909
c =	-0,000198485

TODOS = 0.022399621 + 0.014790909 \* DAP + -0.000198485 \* DAP^2

**Tabla A27.** Abundancia y dominancia de todas las especies censadas por clase diamétrica antes de la corta, año 2.003.

Parcela Tratamiento	1				2				3				4			
	MAF - 20%		MM - 20%		MAF - 33%		MM - 33%		MAF - 20%		MM - 20%		MAF - 20%		MM - 20%	
clase DAP	m <sup>2</sup> /ha	ind/ha														
10,1 a 20,0	2,37	164	4,60	296	5,32	336	7,36	460	3,65	228	2,53	176	5,82	376	4,88	300
20,1 a 30,0	4,73	104	6,16	136	4,63	92	5,33	116	4,21	88	3,82	76	7,01	144	4,98	104
30,1 a 40,0	7,62	76	6,13	64	4,25	48	4,44	48	8,02	88	6,16	68	2,93	32	7,02	80
40,1 a 50,0	3,76	24	1,30	8	1,32	8	3,25	20	5,15	32	3,79	24	5,56	36	4,64	32
50,1 a 60,0	1,78	8	1,11	4	1,93	8	0,00	0	2,01	8	2,04	8	0,87	4	2,01	8
> 60,1	2,78	8	1,56	4	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,22	4	2,01	4	2,95	8
Total general	23,03	384	20,87	512	17,45	492	20,39	644	23,04	444	19,57	356	24,19	596	26,48	532

(Continuación)

Parcela Tratamiento	5				6				7				8			
	MAF - 33%		MM - 33%		MAF - 20%		MM - 20%		MAF - 33%		MM - 33%		MAF - 33%		MM - 33%	
clase DAP	m <sup>2</sup> /ha	ind/ha														
10,1 a 20,0	3,86	248	3,48	228	5,05	320	3,02	192	3,39	220	4,03	232	3,52	196	2,54	152
20,1 a 30,0	3,26	80	4,69	96	6,41	124	5,25	112	5,43	104	3,75	80	4,13	76	2,59	52
30,1 a 40,0	4,17	44	6,50	68	4,93	52	3,82	40	7,62	76	4,72	52	8,01	88	7,85	80
40,1 a 50,0	4,44	28	2,46	16	1,86	12	4,69	28	3,34	20	3,76	24	4,63	28	5,46	36
50,1 a 60,0	2,75	12	0,99	4	4,77	20	2,84	12	1,75	8	2,67	12	1,96	8	1,06	4
> 60,1	4,73	12	2,64	8	0,00	0	1,75	4	1,15	4	2,88	8	1,24	4	0,00	0
Total general	23,21	424	20,75	420	23,02	528	21,37	388	22,68	432	21,81	408	23,49	400	19,50	324