

TRABAJO CIENTÍFICO

Productividad de *Gonopterodendron sarmientoi* Lorentz ex Griseb (palo santo) en la región chaqueña argentina

Productivity of the Gonopterodendron sarmientoi Lorentz ex Griseb (palo santo) in the Argentinian Chaco region

V. Chifarelli¹; J. G. Moglia²; P. Peri³; S. Kees⁴; T. Longhi⁵ y N. Bonell⁶

- ¹. Investigador Independiente. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Av. Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero. Argentina.
- ². Laboratorio de Dendrología y Xilología. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Av Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero. Argentina
- ³. Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Santa Cruz, Argentina.
- ⁴. Campo Anexo Estación Forestal Plaza, Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Chaco, Argentina.
- ⁵. Universidad Federal de Paraná. UFPR.
- ⁶. Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

Recibido en abril de 2023; Aceptado en septiembre de 2025

RESUMEN

Gonopterodendron sarmientoi Lorentz ex Griseb. especie endémica de la región chaqueña la podemos encontrar en el Sudoeste de Brasil, Sudeste de Bolivia, Oeste de Paraguay y Noroeste Argentina, de gran valor maderable y de importancia internacional. El estudio se basa en conocer los ciclos de corta que permitirá realizar un adecuado manejo silvícola y poder estar en concordancia con las leyes de aprovechamiento vigente. El palo santo se encuentra en apéndice II del Convenio Internacional sobre el comercio de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. El objetivo de este estudio es determinar si existe relaciones albura/duramen en función de la edad, determinar la mejor zona maderable conocer el ciclo de corta, años en que tarda en alcanzarlos (tiempo de rotación)

Este estudio se realizó en Rivadavia provincia de Salta, Las Hacheras perteneciente a la provincia del Chaco, Ingeniero Guillermo N. Juárez y las Lomitas ambos sitios en dos puntos estratégicos de la Provincia de Formosa. Se seleccionaron las muestras teniendo en cuenta que el rango de edad sea el mismo o próximo, para realizar una comparación entre sitios, considerando la influencia de la precipitación. Se concluyó que las Hacheras (Chaco) es el lugar donde las variables de crecimiento y producción maderable fue la más favorable.

Palabras Clave: palo santo, crecimiento

ABSTRACT

The *Gonopterodendron sarmientoi* Lorentz ex Griseb (palo santo) is a species of great timber value and international importance, endemic to the Chaco Region and that can be found in Southwest Brazil, Southeast Bolivia, West Paraguay and Northwest Argentina. The Palo Santo is listed in the Appendix II of the International Convention of Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. The study aims to determine the cutting cycles of the species that will allow for adequate silvicultural management and legal fulfilment by exploring potential sapwood/heartwood relationships in terms of age in addition to locate the best timber area, establish its cutting cycles and the time it takes to reach them (rotation time).

The study was carried out in the locations of Rivadavia (Salta), Las Hacheras (Chaco), and Ingeniero Guillermo N. Juárez and Las Lomitas (two strategic points of Formosa). The samples were selected by age ranges that were the same or close to each other so that sites could be compared including the influence of precipitation. It was concluded that Las Hacheras (Chaco) is the location at which growth and timber production were the most favorable.

Key words: palo santo, growth

1. INTRODUCCIÓN

Para el uso industrial de la madera, la relación albura/duramen es de suma importancia, ya que un mayor porcentaje de duramen determina la cantidad de madera aprovechable (Marchand, 1984; Long y Smith, 1987; Hazenberg y Yang, 1991; Giménez y Moglia, 2003; Moglia *et al.*, 2011). Desde el punto de vista tecnológico existe una gran diferencia entre las propiedades de la madera de la albura y el duramen, por lo que es deseable incrementar el conocimiento sobre cuáles son los factores que influyen en su proporción relativa (Moglia *et al.*, 2011). En la región semiárida chaqueña existen antecedentes en la relación albura/duramen con la especie nativa del género *Zyzipus* (Giménez *et al.* 2000), mientras que otro estudio realizado en *Eucalyptus camaldulensis* (Moglia *et al.* 2011) determinaron los parámetros de calidad de madera a través de la medición del ancho de anillos de la albura y el duramen.

La madera de duramen es un tejido de mayor densidad, más resistente al ataque de hongos e insectos, presenta una durabilidad natural superior a la de la albura y se impregna con mayor dificultad comparado con la albura. La albura en cambio, el alto tenor de humedad le confiere menor resistencia mecánica, es la parte más permeable del tronco y recibe con facilidad las soluciones preservantes en un proceso de impregnación (Giménez *et al.* 2005). El palo santo, *Gonopterodendron sarmientoi* Lorentz ex Griseb A. C. Godoy-Bürki (Zigophyllaceae), es una especie de alto valor por su madera, la cual se caracteriza por presentar un color verde pastel a verde azulado de su duramen, el contenido de aceites esenciales y su alta densidad de 1,1 kg/dm³ (Giménez *et al.* 2013). La madera de palo santo es muy demandada para postes, varillas tornerías, herramientas, artesanías, y extracción del aceite esencial guayaacol (producto que se exporta), (CITES 2010).

Para poder analizar la capacidad productiva de la especie es necesario además de determinar su crecimiento (Chifarelli *et al.* 2022), determinar los ciclos de corta, tiempo en que tarda en alcanzarlo, lo que llevara a un manejo adecuado para la especie. Obteniendo árboles de mejores calidades maderables, potenciando con esto el concepto de árbol futuro (Peri *et al.* 2022; Brassiolo y Abt 2014)

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) determinar la relación albura/duramen en función de la edad y del sitio, en base a ello estimar los mejores lugares que tengan mayor proporción de duramen; (ii) determinar el ciclos de corta de la especie.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: La especie se encuentra distribuida en la región Chaqueña como se observa en la Figura 1, y Tabla 1.

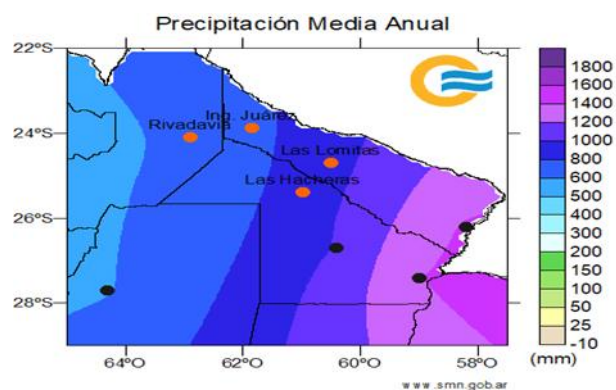


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio respecto a la precipitación media anual (periodo 1937- 2014). Se realzan en color naranja la ubicación de las localidades de interés.

Tabla 1. Provincias de Formosa, Chaco y Salta, departamentos, coordenadas geográficas, metros sobre nivel y tipo de suelo según Moscatelli (1990).

Localidad	Departamento	Provincia	Coordenadas geográficas	Altitud	Tipo de suelos
Paraje Las Hacheras	Güemes	Chaco	Latitud: -25°433 Longitud: -60,983	135 m s.n.m.	ATmo-7: Natrustalfes molicos y Aplustoles Oxicos Estos últimos tienen la característica de ser suelos con mejor aeración, mejor pH de 6 a 7, y buen arraigamiento
Las Lomitas	Patino	Formosa	Latitud: -24,710° Longitud: -60,593°	134 m s.n.m.	ATc-9: Natrustalfes típicos, Natrustalfes acucos, se caracterizan por estancamiento de agua en un período al año, impidiendo el oxígeno del espacio radicular
Ingeniero Guillermo Juárez	Matacos	Formosa	Latitud: -23,900° Longitud: -61,850°	184 m s. n. m.	MNtc-5: Aplustoles y aplustalfes típicos. A pesar de ser suelos de buena estructura con buena reserva de materia orgánica
Rivadavia	Rivadavia	Salta	Latitud: -24,190° Longitud: -62,887°	206 m s. n. m.	AETc-34: Natracualfes típicos y Ustifluviales: típicos acucos y salinos. Suelos con horizonte Bt, con problemas de sodio: esto conlleva a problemas de aeración, pH altos y salinidad.

Suelos con acumulación de arcilla, lo que puede tener problemas en el enraizamiento debido a su estructura en bloques que se endurece más cuando se seca.

Para este estudio se seleccionaron 5 muestras por sitio, teniendo en cuenta el diámetro entre 260 a 378 mm y contaban con edad de 55 a 65 años, se contempló de tener individuos con edades lo más próximas posible, sin daños visibles, de fuste recto, según las recomendaciones de Burley y Wood (1979). para poder realizar una comparación entre los sitios. Para la determinación el porcentaje de duramen se midió el radio total de forma lineal, en cuatro radios para minimizar el error, obteniendo la proporción de duramen y de albura y relación entre ambos. Para ello, se analizó la albura y el duramen en rodajas (diámetro a la base, a 0,30 m) expresada en número y espesor de cada anillo en función de la edad. Las muestras se cepillaron y lijaron con una lijadora de banda utilizando una granulometría de 600-100 granos/cm², hasta lograr una superficie lisa (Figura 2).

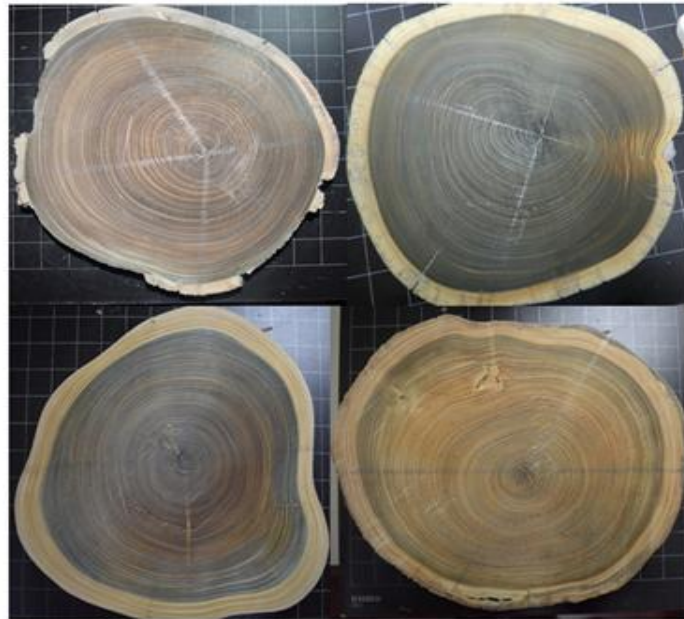


Figura 2. Sección transversal del leño de *Gonopterodendron sarmientoi*, diferenciación albura y duramen.

En cada rodaja se realizó el conteo de anillos en cuatro radios de la albura y el duramen (esta técnica elimina falsos anillos y minimizando el error), determinando el porcentaje de anillos entre ambas zonas. La marcación y medición de anillos se efectuó desde la medula hacia la corteza, con dos métodos el programa Image-Pro-Plus® software usado para la manipulación, tratamiento y análisis de imágenes y la máquina La medición se efectuó con la máquina cuenta anillos Aniol y el Programa Catras. Los datos de crecimiento radial y diametral obtenidos se analizaron con el software estadístico INFOSTAT. Para estimar la influencia en el crecimiento en función de las precipitaciones se tomaron datos de la estación meteorológica nacional más cercana, excepto para el sitio Las Hacheras ya que no cuenta con datos históricos de precipitación.

Luego para realizar la determinación de la edad y ciclo de corta, de *G. sarmientoi*, e identificar las zonas más favorables de desarrollo de la especie (Figura 3), se procedió con misma metodología, pero muestreando 35 individuos en un rango amplio de edad (36 a 95 años) y diámetros (160 y 585 mm), en donde cinco árboles son de la localidad Ingeniero G. Juárez (Formosa), diecisiete de Las Lomitas (Formosa), seis de Rivadavia (Salta) y siete de Las Hacheras (departamento de Güemes, Chaco). Las diferencias en el número de muestras por sitio se deben al hecho de que la extracción de *G. sarmientoi* está restringido por ley, por lo tanto, el material proviene de campos privados y aserraderos del área de estudio. A este número de muestras a través de la marcación, conteo y medición directa de ancho de anillos permitió cuantificar en forma precisa la tasa de crecimiento. Con lo anterior mencionado se determinó el espesor medio, el incremento medio y corriente anual (en función de la medición del ancho de todos los anillos presentes en la muestra) del diámetro a la base en función de todas las localidades para una visión global del comportamiento de la especie.



Figura 3. Bosque típico donde se encuentra el palo santo (arriba a la izquierda representativa de bosques de Rivadavia, a la derecha Las Hacheras, debajo a la izquierda bosque típico de Las Lomitas y a la derecha Ing. Juárez).

Para determinar el ciclo de cortas o tiempo de rotación, a diferencia de las plantaciones la cual es una única corta final (Hosokawa y Souza, 1989), solo se aprovecha una parte de la masa, la población que queda se deja para que complete su madurez, produzca semillas y conserve la estructura del bosque. Valerio (1997) es a lo que llama sistemas policíclicos. En donde el vuelo siempre está presente y el tiempo en que el silvicultor ingresa para el aprovechamiento en cada rodal, recibe el nombre de ciclo de corta (Hosokawa y Souza, 1989).

Para calcular el ciclo de corta se utilizó la Formula de Louman (2001) formula una ecuación en función del ancho de los anillos.

$$CC = AC/CPA$$

Donde:

CC: es el ciclo de corta en función del ancho de los anillos

AC: corresponde a la amplitud de clase diamétrica

CPA: es el crecimiento promedio anual

3. RESULTADOS

La proporción de duramen en función del número de anillos que se encuentran en el mismo, fue mayor en las localidades de Rivadavia (Salta) seguida de Las Hacheras (Chaco), Las Lomitas (Formosa) e Ing. Guillermo Juárez (Formosa) (Tabla 2).

Tabla 2. Edad, diámetro a la altura de base y ancho promedio de los anillos y porcentaje duramen y albura de *Gonopterodendron sarmientoii* en los sitios: Rivadavia, Ingeniero Juárez, las Lomitas y Las Hacheras.

Localidad	Edad promedio (años)	Diámetro promedio (mm) al DAB	Ancho medio de anillos (mm)	Porcentaje de duramen
Ing. Juárez	60	262	2,19	72
Las Lomitas	55	378	3,4	73
Las Hacheras	58	356	3,08	81
Rivadavia	66	356	2,68	82

El número promedio de anillos de crecimiento en la albura en el DAB para todos los sitios fue de 12 anillos de crecimiento (rango de 7 a 16 anillos). En estudios previos se determinó un promedio de 8 anillos en la albura (7-14) para esta especie (Giménez *et al.* 2007).

Los sitios con mayor porcentaje de albura pertenecen a la provincia de Formosa (Las Lomitas e Ingeniero Juárez), Los de menor porcentaje de albura se encuentran en la localidad de Rivadavia.

Ing. G. Juárez (Formosa) a pesar de tener individuos de mayor edad, cuenta con mayor porcentaje de albura. Esto puede deberse a que en el sitio donde se extrajeron las muestras hubo aprovechamientos forestales previos al muestreo, lo cual se evidencia con la presencia de tocones observados a campo. Hubo diferencias significativas en el incremento del espesor de anillos entre sitios en función de las 35 muestras (Tabla 1), con los menores valores observados en Ing. G. Juárez (Formosa) y los mayores en Las Lomitas (Formosa).

Rivadavia (Salta) el porcentaje de duramen fue mayor.

Las Hacheras (Chaco) fue el sitio de mayor porcentaje duramen, y de menor porcentaje de albura.

Las Lomitas presentó un crecimiento anual similar a las Hacheras, e Ing. Juárez con Rivadavia, lo que indica que árboles con diámetros similares en ambas localidades no determinan la cantidad de proporción de duramen. Las Lomitas es uno de los sitios en donde la especie presentó un mayor incremento anual, pero necesita más años para alcanzar un mayor porcentaje de duramen, lo contrario ocurre en la localidad de Rivadavia.

La descripción de los suelos de los sitios muestreados podría llegar a explicar las diferencias con respecto con el porcentaje de duramen en los sitios muestreados, interactuando con las precipitaciones. A partir de este estudio se pueden determinar zonas con mayor porcentaje de duramen, lo cual es de importancia para las industrias maderables.

La ecuación general para determinación porcentaje de duramen, de mejor ajuste a partir de una regresión lineal en la Tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones de regresión lineal del número de anillos en el duramen de *Gonopterodendron sarmientoii*, para n = 20

Variable	R ²	Ecuación de mejor ajuste
Anillos del duramen	0,93	-22,44+1,18 edad +Error

Para estimar la proporción de duramen que presenta la especie en función de la edad obtener se obtuvo una ecuación general que determinó que la localidad de mayor producción de duramen era Las Hacheras. Por lo tanto, sería necesario fomentar el uso sostenible y la conservación de la especie en aquellos sitios donde la producción de duramen es mayor, para poder sostener la industria química de aceites esenciales (Enríquez y Orrabalís 2019).

El espesor medio de los anillos en función de las 35 muestras estudiadas fue de 3,03 mm (Chifarelli et al., 2022) a una edad estimada de 63 años (Figura 4).

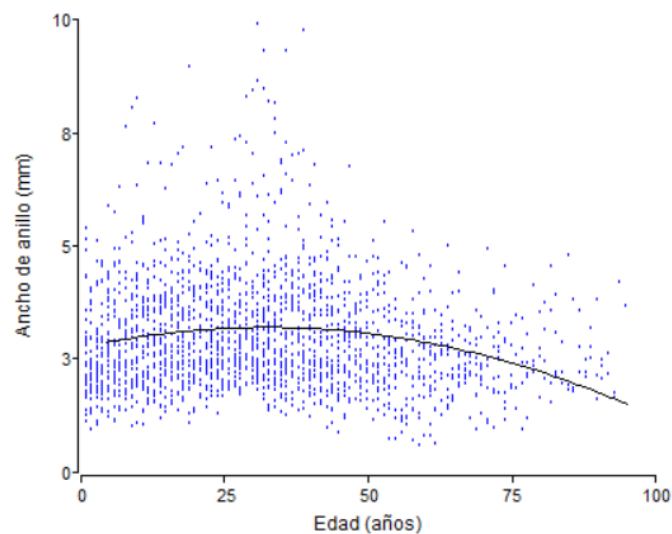


Figura 4. Evolución del ancho de los anillos de *Gonopterodendron sarmientoi*.

El lugar de mayor crecimiento fue las Hacheras en donde el incremento radial fue mayor que en las demás zonas, presentando la edad de corta a los 40 años a un diámetro de 25 cm al DAB. En Las Lomitas se observó que el incremento corriente anual asciende de manera constante, alcanzando la edad de corta a los 81 años a un diámetro de 52 cm.

La Ley 22344 (MjyDH) permite la corta de la especie a partir de los 35 cm de DAP, en este estudio se trabajó en secciones transversales a la base, se determinó un DAB de 37 cm, para poder realizar una estimación de edad que tendría *Gonopterodendron sarmientoi* se realizó un cálculo adicional para buscar equivalente del DAB al DAP con 15 muestras al DAB y DAP, la diferencia de crecimiento promedio entre el diámetro a la base y a la altura de pecho fue de 1,73 cm, por lo que se estableció para poder realizar la comparación la diferencia de crecimiento entre la base y el diámetro a la altura de pecho, que la base tenga como mínimo 36,73 para poder estar en concordancia con la ley. Comparable con estudios de *Neltuma nigra*, especie nativa de la región chaqueña, que presenta crecimiento similar con un ancho medio de los anillos de 3,29 mm (Giménez et al 2003) obteniendo una diferencia de 1,8 cm. En este estudio el crecimiento promedio de del ancho de los anillos de crecimiento de la especie es de 3,03 mm. La intensidad de corta en los bosques donde se encuentra el palo santo, está sujeta a la dinámica de crecimiento y el diámetro mínimo de corta (DMC) que correspondería a árboles de gran tamaño (Araujo et al. 2007, Loto et al. 2021). Estos autores estimaron (a partir de datos de inventarios) densidad de población, área basal, volumen del fuste y altura media dominante en el área de distribución de la especie.

La relación entre el crecimiento en DAB y DAP (cm) en función de la edad del árbol se observa en la figura 5.

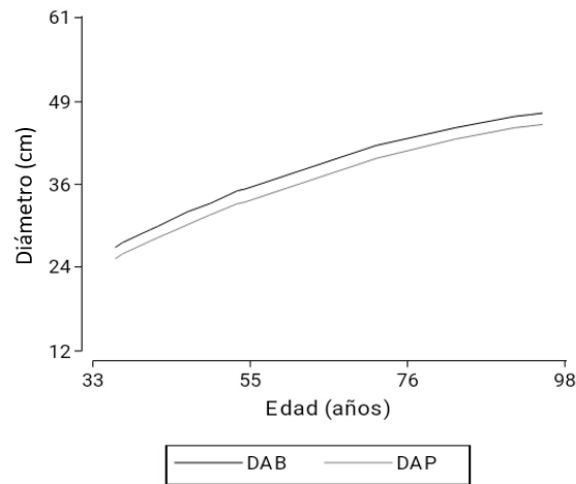


Figura 5. Relación crecimiento diametral a la base y a la altura de pecho en función de la edad de palo santo.

La Tabla 4 hace referencia al criterio técnico forestal mencionado, aplicando el criterio tecnológico de corta (de máximo productos de aplicación) en función de lo que establece la ley de corta (Ley 22.344).

Tabla 4. Edad y diámetro a la base de *Gonopterodendron sarmientoi* (ley 22344) para el DAP de 35 cm.

Provincia	DAB en función de la ley 22.344 (MJyDH) y edad alcanzada en años		
Dpto./ Localidad	DAB (cm)	DAP (cm)	Edad (años)
Las Lomitas. Formosa	36,73	35	55
Ingeniero Juárez. Formosa	36,73	35	84
Paraje Las Hacheras Dpto. Güemes. Chaco	36,73	35	62
Rivadavia. Salta	36,73	35	71
Considerando el promedio general	36,73	35	66

La Figura 6 muestra el turno de corta del palo santo, aproximadamente a una edad de 63 en función de todos los sitios.

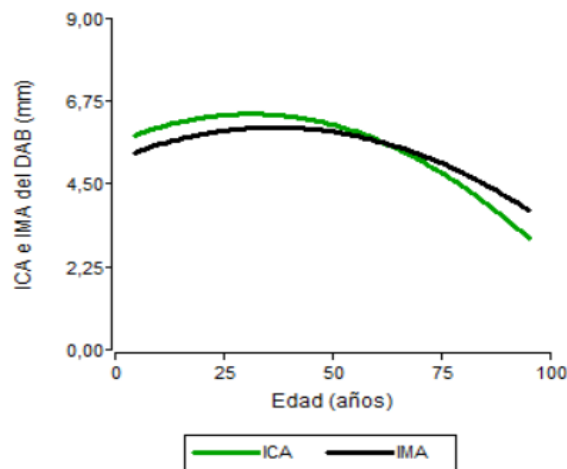


Figura 6. Evolución del incremento corriente anual y del incremento medio anual en diámetro a la base para *Gonopterodendron sarmientoi*.

Se utilizó la fórmula expresada por Louman (2001) para el cálculo del ciclo de corta (Tabla 5), los valores de la tabla son números enteros ya que los resultados obtenidos contienen decimales.

Tabla 5. Ciclo de corta de *Gonopterodendron sarmientoi* en Las Lomitas, Ing. Juárez, Las Hacheras, y Rivadavia.

Localidad	Ciclo de corta
Las Lomitas	15 años
Ingeniero Juárez	23 años
Las Hacheras	16 años
Rivadavia	19 años
Tolos los sitios	16 años

4. DISCUSIÓN

De acuerdo con otros investigadores, teniendo en cuenta el diámetro mínimo de corta (DMC) de 35 cm, se limitaba a extraer únicamente trozas de grandes volúmenes, lo cual no garantiza la sustentabilidad del recurso (Peri *et al.*, 2022, Gasparri *et al.*, 2003). Según el ordenamiento territorial de bosques en el país (Piquer-Rodríguez *et al.*, 2015) y las normativas del apéndice II para el comercio internacional de palo santo (CITES), sólo ha sido posible extracciones de madera de *G. sarmientoi* provenientes de planes de manejo sustentables a partir de 2013 (Waller 2009; SAyDS 2013).

En este sentido, las calidades de sitio de mayor productividad para el Palo Santo, ubicaron en los sectores oeste de las provincias de Chaco y Formosa y este de Salta, principalmente asociadas a las cuencas de los ríos, para complementar la información disponible que permita conocer el contexto ecológico y productivo, sirviendo de base para la formulación de pautas de manejo ajustadas. Es necesario evaluar si existe correlación o coincidencia entre estos resultados y las diferentes calidades de sitio de la especie encontradas por Kees *et al* (2022).

La intensidad de corta en los bosques donde se encuentra el palo santo, está sujeta a la dinámica de crecimiento y el diámetro mínimo de corta (DMC) que correspondería a árboles de gran tamaño (Araujo *et al.* 2007, Loto *et al.* 2021). Estos autores estimaron (a partir de datos de inventarios) densidad de población, área basal, volumen del fuste y altura media dominante en el área de distribución de la especie.

El crecimiento promedio de la especie fue de 3,03 mm, si la comparamos con otras especies nativas que crecen en su entorno el *Neltuma alba* presenta un crecimiento promedio de 4,05 mm (Giménez *et al.* 1998). *Neltuma ruscifolia* con 5,66 mm (Giménez *et al.* 2009), *Aspidosperma quebracho blanco* con 2,20 mm (Moglia y López, 2001), *Schinopsis quebracho colorado* con 2,19 mm (Giménez y Ríos, 1999).

El número promedio de anillos de crecimiento en la albura en DAB está formado por un promedio de 12 anillos de crecimiento (7-16); en estudios previos se determinó un promedio de 8 anillos en la albura (7-14) de esta especie (Giménez *et al.* 2007). En la región chaqueña (semiárida) se realizaron varios estudios con relación albura/duramen uno de ellos fue con la especie nativa del género *Sarcomphalus* en el que se determinó a igual que este trabajo el porcentaje de duramen de la especie (Giménez *et al.* 2000), otro estudio fue realizado en *Eucalyptus camaldulensis* (Moglia *et al.* 2011) donde se determinaron los parámetros de calidad de su madera y para ello se midieron los anchos de anillos el ancho de albura y duramen y se realizaron regresiones entre la proporción de albura y duramen obtenidas, en donde los individuos con

mayores números de anillos en el duramen presentaban parámetros de mejor calidad. En este estudio se determinó que los sitios con mayor porcentaje de albura se encuentran en Las Hacheras (Chaco) alcanza un DAB en menos tiempo (Chifarelli *et al.*, 2022), que Las Lomitas, Rivadavia e Ingeniero G. Juárez. Pero en esta primera localidad mencionada su crecimiento diametral es inferior a Las Lomitas. Según estos estudios podemos enfatizar que en secciones transversales de igual o similar diámetro y edades como los sitios Las Lomitas y Las Hacheras se observó gran diferencia en la producción de duramen. Por lo tanto, un mayor crecimiento diametral no asegura una mayor proporción de duramen.

Se obtuvo un ciclo de corta de 16 años para 63 años con un DAB de 33 cm, teniendo en cuenta el diámetro mínimo de corta (35 cm al DAP) tendría que contar con un DAB de 36,73 cm a una edad estimada de 66 años +/- 3 años, para tener un DAP de 35 cm. Otros autores en estudios realizados con la misma especie como Giménez *et al.* (2008) obtuvieron un ciclo de corta de 12 años para una edad de 62 años en donde alcanza el diámetro mínimo de corta (DAP de 35 cm), Kess *et al.* (2022) determinaron un ciclo de corta 14 años aproximadamente. Otros autores Brassiolo y Grulke (2015) recomiendan ciclos de intervención de 15 años para otras especies nativas como el caso del algarrobo blanco (*Neltuma alba*) y del Quebracho colorado (*Schinopsis balansae*) con un ciclo de corta de 14 años.

5. CONCLUSIONES

La medición de los anillos de crecimiento permitió documentar información valiosa y precisa en el corto plazo, aplicable para la gestión forestal, dado el alto valor maderable de la especie.

El ciclo de corta obtenido fue de 16 años para un DAB de 33 cm a una edad de 63 años +/- 3 años, en función de la cortabilidad técnica forestal y con un DAP de 31,27 cm. Este valor es menor a lo establecido por ley, que determina la corta a un DAP de 35 cm con un DAB de 36,73 cm a una edad estimada de 66 años +/- 3 años. Sin embargo, el uso del diámetro mínimo de corta (35 cm al DAP o 36,73 cm al DAB) para esta especie ayuda a la conservación de la misma.

Se destaca las Lomitas y las Hacheras los sitios con mayor crecimiento tanto en DAB, como para alcanzar el DAP establecido por ley, y esta ultimo localidad el sitio con mayor producción de duramen.

Poder conocer la edad de corta y tiempo de rotación de *G. sarmientoi* permite aprovechamientos adecuados en función de la ley vigente 22.344, que tiene por objeto velar para que su comercio no constituya una amenaza para su supervivencia.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amoroso, M. M. y M. L. Suárez. 2015. La aplicación del análisis de los anillos de crecimiento a interrogantes ecológicos: Un breve repaso de la Dendroecología en Hispanoamérica. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*. 24(2):1-6.
- Araujo, P.; M. Juárez de Galíndez and M. Iturre. 2007. Growth of the main species of a forest in regeneration of the Chaco Santiagueño. *Quebracho* 14: 36-46.
- Brassiolo, M. M. y M. Abt. 2014. Silvicultura en Bosques Nativos en la Región Chaqueña Argentina. En: Giménez, A. M. y G. I. Bolzón (Ed) *Educación e Investigación Forestal para un equilibrio vital*. Cooperación Binacional Argentina-Brasil. Universidad Nacional de Santiago del Estero (Argentina) – Universidad Federal de Paraná (Brasil). Santiago del Estero, Argentina. Editorial Encuentro

- Burley, J. y P. J. Wood. 1979. *Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos*. Tropical Forestry Papers 10. Décima ed. Department of Forestry. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. En Línea. Fecha de consulta 17/05/2023. Disponible en: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:a65f4a7f-7caa-46ce-b9b9-c3fa1e25e94e>
- Chifarelli, V.; M. G. Senilliani; T. Longhi-Santos; J. G. Moglia y A. M. Giménez. 2022. *Gonopterodendron sarmientoi* Lorentz ex Griseb (palo santo): evaluación del crecimiento para fines maderables. *Madera y Bosques* 28(1)
- Cisneros, A. B.; S. Nisgoski; J. G. Moglia y M. Córdoba. 2019. Colorimetría en la madera de *Prosopis alba*. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 21(3): 393-404.
- CITES. 2010. *Examen de las propuestas de enmiendas a los apéndices I y II*. 15 Reunión de conferencia de las partes. Doha, Qatar. [Fecha de consulta 17/05/23]. [en línea]. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/15/prop/S-15%20Prop-27.pdf>
- Enríquez M. B. y C. J. Orrabalis. 2019. Caracterización química del aceite esencial obtenido de la madera de *Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex Griseb. (palo santo) recolectado del departamento Matacos, de la provincia de Formosa, Argentina. [en línea]. [Fecha de consulta 17/5/23] *Multequina* 28(2): 59-66. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292019000200001&lng=es.
- Gasparri, N. I.; M. A. Pinazo y J. F. Goya. 2003. Crecimiento individual y diámetro mínimo de corta de *Juglans australis*: simulación en un rodal maduro en el noroeste de Argentina. *Yvyrareta* 11: 27-32.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; N. Ríos; y F. Calatayu. 2013. Crecimiento de árboles individuales de *Geoffreea decorticans* Burk., en un bosque del Chaco semiárido, Argentina. *Madera y bosques*. 19(1): 37-52.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; C. Spagarino; J. Moglia; N. Ríos. 2008. Calidad de madera y potencialidad de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorentz ex Griseb.) *Yvyrareta* 15: 56-60.
- Giménez, A. M.; P. Hernández y R. Gerez. 2007. Wood anatomy and growth rings of palo santo (*Gonopterodendron sarmientoi* Lorenz ex Griseb, Zygophyllaceae) and C. Spagarino. *Quebracho*. 14: 23-37.
- Giménez, A.; J. Moglia; P. Hernández y R. Gerez. 2005. *Anatomía de la madera*. Segunda edición. EDUNSE. Santiago del Estero. 2005. 88 p.
- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. Moglia. 2003. *Crecimiento de Prosopis nigra (griseb.) HIERON (algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina*.
- Giménez, A. M.; y J. G. Moglia. 2003. *Arboles del Chaco argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico*. Universidad Nacional de Santiago del Estero - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Desarrollo Social. Editorial El Liberal. Santiago del Estero Argentina. 308 p
- Giménez, A. M.; N. Ríos y J. G. Moglia. 2000. Relación albura-duramen en tres especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca. *Quebracho*. 8: 56-63.
- Kees, S.; D. Loto; M. Azcona; S. Telleria; E. Manghi; J. Gaitán; V. Chifarelli; P. Peri. 2022. Determinación de la calidad de sitio y productividad de los bosques de Palo Santo en el norte de Argentina. *Bosque*. 43(3): 301-310.
- Hazenberg, G. and K, Yang. 1991. Sapwood / Heartwood width relationships with tree age in Balsam - fir. *IAWA Bull.* n.s. Vol. 12 (1): 95- 98. 1991.
- Hosokawa, R. T. 1986 *Manejo e economía de florestas*. Roma, FAO. 125 p.

- Image-Pro-Plus. 2008 Media Cybernetics Version 4.5.0.19 for Windows 98/NT/windows. Software for manipulation, treatment and analysis of images.
- Loto, D.; S. Kees; M. Azcona; S. De Telleria; E. Manghi; J. Gaitan; C. Spagarino; I. Gasparri y P. Peri. 2021. Estructuras de bosques con palo santo (*Gonopterodendron sarmientoi*): Evaluación Regional para su manejo y conservación en la Argentina. *Ecología austral*. 31(3):558-574. doi: <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.3.0.1795>.
- Louman, B. 2001. Levantamiento de información y toma de decisiones. In: Louman B., D Quirós, M Nilsson Eds. *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico n° 46*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 175-228 p. Consultado 25 noviembre 2022. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3971/Silvicultura_de_bosques.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Long, J. & F. Smith. 1987. Leaf-area sapwood area relations of lodgepole pine as influenced by stand density and site index. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 247-250.
- Marchand, P. J. 1984. Sapwood area as an estimator of foliage biomass and projected leaf area for *Abies balsamea* and *Picea rubens*. *Canadian Journal of Forest Research* 14: 85-87.
- Moglia, J. G; M. Venturini; R. Gerez. 2011. Relación entre el radio de duramen y algunas magnitudes alométricas en individuos selectos de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero Argentina. *Boletín del CIDEU* 10: 107-117. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3870889>
- Moscatelli, G. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina, Buenos Aires. Proyecto PNUD, Argentina 85-019, Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. 2: 677p.
- Peri, P. L.; J. Gaitan; D. Loto; S. Kees; M. Azcona; S. De Tellería; I. Teich; E. Manghi; G. A. Camps. 2022. Linking species distribution and territorial planning to the management of the endangered *Gonopterodendron sarmientoi* in native forests of the Chaco region, Argentina. *Nature Conservation* 68: 1617-1381
- Piquer-Rodríguez, M.; S. Torrella; G. Gavier-Pizarro; J. Volante; D. Somma; R. Ginzburg & T. Kuemmerle. 2015. Effects of past and future land conversions on forest connectivity in the Argentine Chaco. *Landscape Ecol.* 30: 817-833.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). 2013. *Resolución 393/13. Exportación de Palo Santo*. Fecha de consulta 17/05/23. Disponible en: argentinambiental.com/legislacion/nacional/resolucion-39313-exportacion-palo-santo.
- Souza, A. L. y Jesus, R. M. 1994. Distribuição diamétrica de espécies arbóreas da Floresta Atlântica: análise de agrupamento. Sociedade de Investigações Florestais. *Boletim Técnico manejo Florestal* N° 10. Viçosa. 20 p.
- Waller, T. 2009. *Situación de la especie Palo Santo (Bulnesia sarmientoi Lorentz ex Griseb) en la provincia de Formosa: estudio de sitios de extracción en los Departamentos Matacos y Bermejo*. Fundación Biodiversidad Argentina. En Línea. Fecha de consulta 17/05/2023. Pp. 45. Disponible en: https://www.academia.edu/3481993/Situaci%C3%B3n_de_la_especie_Palo_Santo_Bulnesia_sarmientoi_Lorentz_ex_Griseb_en_la_provincia_de_Formosa_estudios_de_sitios_de_extracci%C3%B3n_en_los_Departamentos_Matacos_y_Bermejo
- Valerio, J. 1997 *Intensidad de cosecha y ciclos de corta en el manejo de bosque natural*. Simposio Internacional “Posibilidades de manejo Forestal Sostenible en América Tropical. BOLFOR, CIFOR, IUFRO. Santa Cruz de la Sierra. p. 255-263.

