



Segundo Informe

Proyecto ARG 19/004 “Apoyo a la Implementación del Plan Estratégico Nacional para el Manejo Sustentable de palo santo (*Gonopterodendron sarmientoi*)”

Marzo 2021

Coordinador General: Pablo Luis Peri

Equipo de trabajo del componente Forestal y GIS: Dante Loto, Juan Gaitán, Sebastián Kees, Vanina Chifarelli

Equipo de trabajo del componente socioeconómico: Demián Olemberg, Diego Taraborrelli, Karina Casellas

*Producto 2: Documentos, bases de datos, mapas y/o coberturas digitales que reúnan los siguientes requerimientos referidos a la dimensión ambiental y a la socioeconómica a escala regional de la especie *Gonopterodendron sarmientoi* en la Argentina.*

- Análisis y definición de calidad de sitio o zonas de aptitud forestal para la especie en base a superposición de capas y validación de campo.
- Relación de posibilidades en función del estado de conservación, de las distintas calidades de sitio definidas y/o aprovechamientos históricos.
- Proyección de escenarios de distintas formas e intensidades de uso.
- Proponer una estrategia de uso viable con las categorías de OTBN.
- Caracterización poblacional rural y de centros urbanos en el área de distribución definida.
- Caracterización de actores intervinientes en la cadena productiva del palo santo.

1. Análisis y definición de calidad de sitio o zonas de aptitud forestal para la especie

La calidad de sitio generalmente es interpretada como la productividad potencial promedio de un área determinada, usualmente expresada en volumen de rodal (Kershaw et al., 2017). Muchas veces los objetivos del manejo de bosques, pueden modificar este concepto más allá de la capacidad de producción de volumen. Esto conlleva el uso de otros parámetros como el área basal y la altura dominante, entre otras variables para una evaluación de la calidad de sitio a través de la vegetación. Además, las condiciones ambientales del sitio pueden no ser homogéneas, pudiendo variar las condiciones climáticas, fertilidad de suelo e historia de disturbios. Esto no solo otorga relevancia para la productividad, sino también de la disponibilidad y limitaciones de los recursos en el sitio (Kershaw et al., 2017). Para el presente informe se tomará a la altura dominante de los árboles de palo santo como indicador de calidad de sitio, definida como la altura promedio de los 100 árboles con mayor diámetro por hectárea, ya que esta variable resulta independiente de la densidad y del manejo (Prodan et al., 1997). Basado en el rango de las alturas de los árboles dominantes de la especie de palo santo (indicador de la calidad de sitio) obtenido de las parcelas muestreadas, se dividió en tres clases de (I: > 11 m, II: 9 – 10,99 m; III: < 8,99 m) representativos a nivel regional de la distribución de palo santo.

El enfoque sobre la especie *Gonopterodendron sarmientoi* (palo santo) en el área de estudio, denota los diferentes usos y aprovechamientos forestales de los recursos madereros de la especie en cuestión. Actividades como la corta y extracción de rollos de palo santo, así como también las cortas concentradas en tamaños pequeños para postes y varillas, es una situación común en la región (Loto et al., 2018). Esto crea la necesidad no solo de evaluar la producción de volumen de madera como indicador de calidad de sitio, sino también de incorporar parámetros como el área basal y altura dominante (Daniel et al., 1982). De esta manera, se permite conocer el crecimiento y desarrollo de los rodales de palo santo y los efectos de la calidad de sitio. Mediante categorías ordinales a través de los indicadores de rodales como el área basal total, volumen total y altura dominante de palo santo, se definieron 3 clases de calidad de sitio. Esto otorga ventajas en los cálculos, ya que el palo santo es una de las especies dominantes del dosel en el bosque chaqueño (Cabrera, 1974). A los fines de determinar calidades de sitios a nivel regional, se emplearon clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales utilizando las parcelas forestales del inventario regional de palo santo en el norte de Argentina.

Con el objetivo de discriminar, dentro del área de distribución actual de palo santo, zonas con diferente calidad de sitio o aptitud forestal para la especie se realizó una clasificación de imágenes satelitales. Para ello se utilizaron datos de 440 parcelas con presencia de palo santo para las cuales se contó con datos de área basal, altura dominante y volumen de la especie (detalles fueron informados en el Primer Informe). Las parcelas fueron agrupadas en 3 clases de acuerdo a los valores de cada variable dasométrica (Tabla 1).

Tabla 1. Clases de calidad de sitio de las parcelas con Palo Santo de acuerdo con los valores de área basal, altura dominante y volumen de fuste de la especie.

Clase	Área basal (m ² /ha)	Altura dominante (m)	Volumen de fuste (m ³ /ha)
I	> 5	> 11	> 9
II	2 – 4,99	9 – 10,99	3 – 8,99
III	< 1,99	< 8,99	< 2,99

Como sitios de entrenamiento para la clasificación se utilizaron 299 parcelas seleccionadas al azar. Para la validación de los mapas se utilizaron las restantes 141 parcelas junto con 187 parcelas con ausencia de la especie.

Para clasificar se utilizó un mosaico de imágenes satelitales Landsat del año 2019 generado por el proyecto Mapbiomas Chaco (<https://chaco.mapbiomas.org/>). Este mosaico fue generado utilizando la plataforma Google Earth Engine a partir de imágenes Landsat con datos de reflectancia superficial corregidos atmosféricamente (Tier 1). Se aplicó la máscara CF (Foga et al., 2017) para filtrar píxeles nublados en escenas con menos del 50% de cobertura de nubes (que de lo contrario se descartaron). Cada escena se recortó para evitar artefactos conocidos en los bordes que obstaculizaban la continuidad mosaicos. Para evitar efectos direccionales, se aplicó una función de distribución de reflectancia bidireccional para cada escena por píxel mediante el algoritmo desarrollado por Roy et al. (2016). Se generó un “stack” o “apilado” de todas las Bandas espectrales de resolución de 30 m, y considerando el año calendario (es decir, de enero a diciembre de 2019). El mosaico final utilizado para la clasificación contó con un total de 63 bandas, incluyendo las bandas originales y diferentes índices, fracciones, pendientes y valores acumulados como *proxys* de diferentes características del comportamiento espectral y que, a su vez, se relacionan con la estructura de la vegetación. Para cada uno de estos índices se calcularon métricas de tendencia central (mediana) y de la variabilidad (rango, desviación estándar y coeficiente de variación) para el período anual. Algunas variables (por ejemplo, fracciones) se obtuvieron a partir de métodos de “desmezclado espectral” (Souza et al), otras involucraron operaciones aritméticas con diferentes bandas espectrales (p. ej. índices), o se calcularon a partir de modelos lineales ajustados a la relación entre un determinado índice (GCVI, NDVI y NDFI) y el tiempo (por ejemplo, pendiente) o como la suma de cada valor de índice a lo largo del período anual.

En la Figura 1 se presenta los bosques con presencia de palo santo categorizados de acuerdo al área basal de la especie. Se puede observar que la mayor parte de los bosques con área basal media y alta están asociados a los cursos de agua o paleocauces, mientras que los de baja área basal se extienden sobre grandes llanuras sedimentarias asociadas a los posibles movimientos de los ríos en épocas pasadas. La exactitud del mapa área basal del 61,6% (Tabla 2) da una idea de la alta variabilidad que presentan las condiciones regionales respecto del estado de conservación y desarrollo de la especie,

reflejando además que es necesario evaluar condiciones de micro sitio para lograr una mayor exactitud y tener una idea más aproximada de la distribución de esta variable en el territorio.

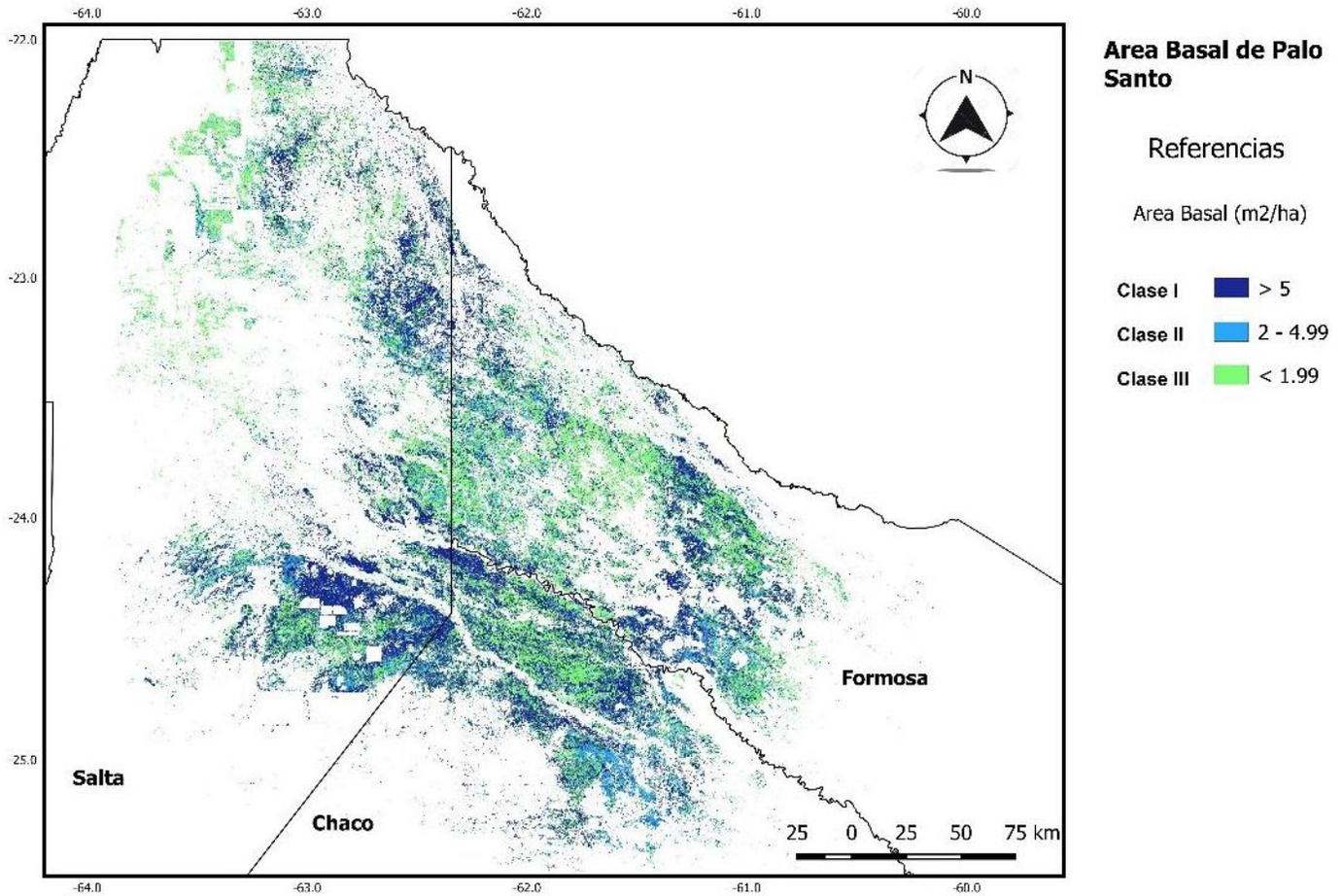


Figura 1. Bosques con presencia de palo santo categorizados de acuerdo al área basal de la especie.

Tabla 2. Matriz de validación del mapa de área basal de palo santo.

		Mapa			
		Sin PS	III	II	I
Parcelas	Sin PS	153	19	3	12
	III	16	28	4	7
	II	9	13	6	10
	I	9	16	8	15
		Exactitud global: 61.59%			

En la Figura 2 se presenta los bosques con presencia de palo santo categorizados de acuerdo a la altura dominante de la especie. Al igual que con el área basal, se observa que los sitios de mejor calidad de sitio, tomando como base la altura dominante, se asocian a los cauces de los ríos.

De análisis de la matriz de validación del mapa de altura dominante de palo santo, se desprende una exactitud global del 60,9% (Tabla 3). En este caso, también es necesario evaluar condiciones de microsítio para incrementar la exactitud, posiblemente mediante el uso de imágenes de mayor resolución.

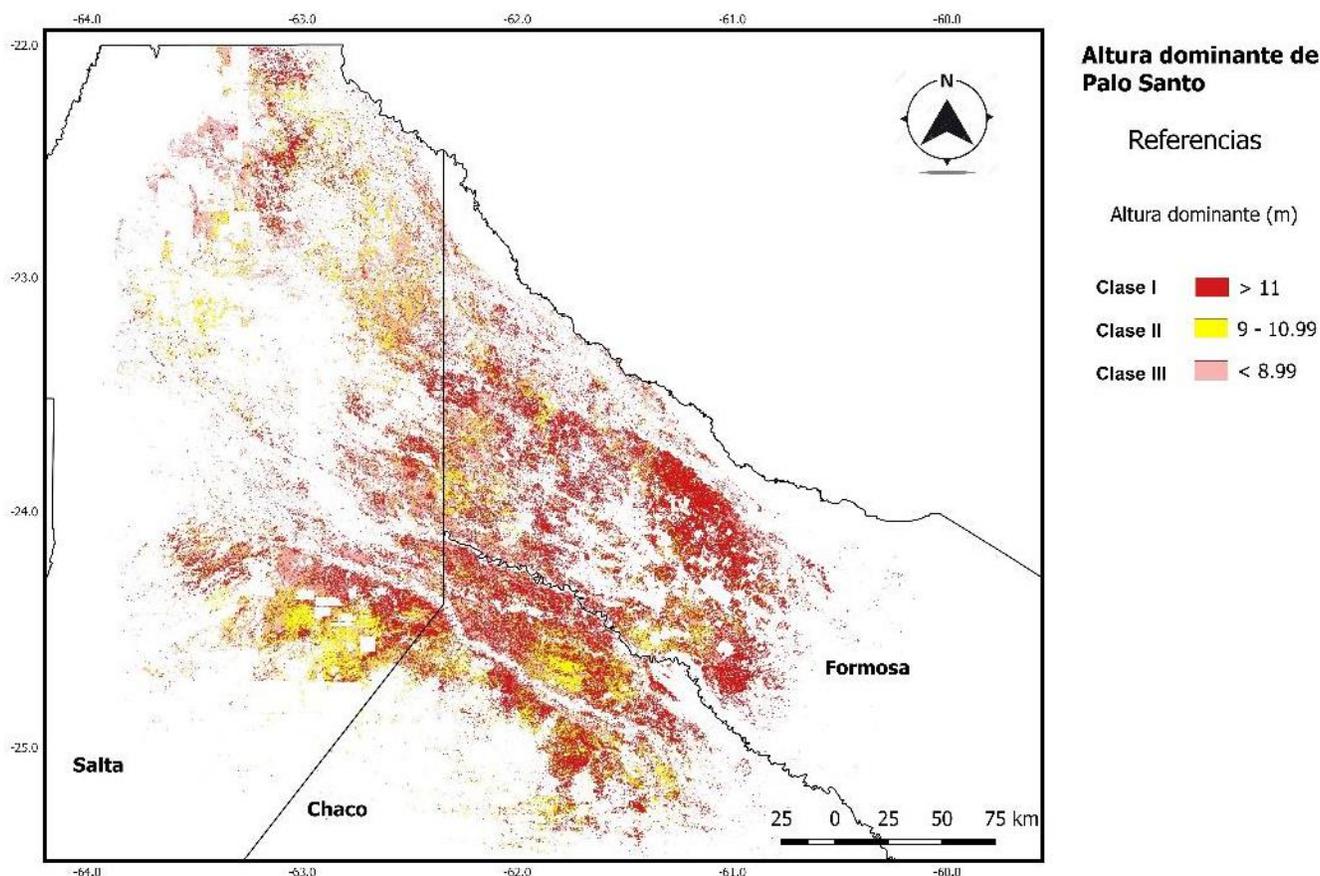


Figura 2. Bosques con presencia de Palo Santo categorizados de acuerdo a la altura dominante de la especie.

Tabla 3. Matriz de validación del mapa de altura dominante de palo santo.

		Mapa			
		Sin PS	III	II	I
Parcelas	Sin PS	153	7	9	18
	III	11	15	5	8
	II	11	10	7	17
	I	12	9	11	28

Exactitud global: 60.97%

En la Figura 3 se presenta los bosques con presencia de palo santo categorizados de acuerdo al volumen de fuste de la especie. Se puede observar que el volumen de fustes refleja el mismo comportamiento que al área basal y la altura dominante respecto a la presencia de cursos de agua. Basado en la matriz de validación del mapa de altura dominante de palo santo, se desprende una exactitud global del 62,8% (Tabla 4).

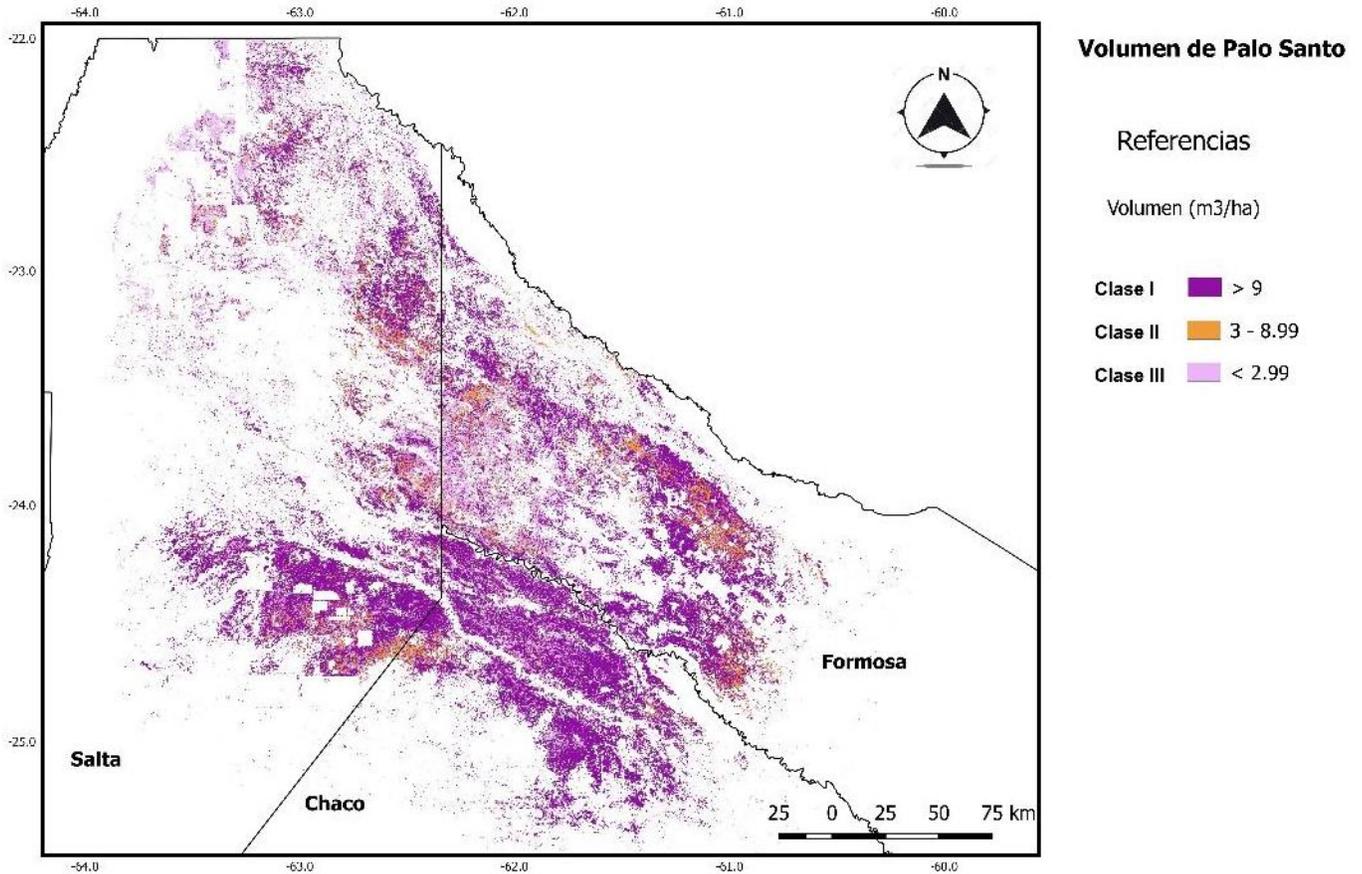


Figura 3. Bosques con presencia de Palo Santo categorizados de acuerdo al volumen de fuste de la especie.

Tabla 4. Matriz de validación del mapa de volumen de palo santo.

		Mapa			
		Sin PS	III	II	I
Parcelas	Sin PS	153	11	4	19
	III	11	10	3	15
	II	11	10	10	11
	I	12	9	6	33

Exactitud global: 62.80%

En la Tabla 5 se presentan las superficies para las clases de altura dominante, área basal y volumen de fuste discriminado para cada provincia.

Tabla 5. Superficies (ha) para las clases de altura dominante, área basal y volumen de fustes por provincias

Variable	Clase	Formosa	Chaco	Salta	Total
Altura dominante (m)	I (> 11)	556.307	355.159	382.451	1.293.917
	II (9 – 10,99)	95.060	131.445	224.974	451.479
	III (< 8,99)	200.935	120.345	410.383	731.663
Área Basal (m ² /ha)	I (> 5)	324.423	288.406	447.025	1.059.854
	II (2 – 4,99)	101.900	83.446	123.033	308.379
	III (< 1,99)	425.979	235.097	447.749	1.108.825
Volumen (m ³ /ha)	I (>9)	525.286	478.788	601.996	1.606.070
	II (3 – 8,99)	142.154	33.837	150.258	326.249
	III (< 2,99)	184.862	94.325	265.553	544.740

Para asistir en la estimación de la posibilidad del bosque con palo santo, se realizó la superposición de mapas del área de distribución actual de palo santo según los tres tipos de estado de bosques con palo santo (Figura 25 del Primer informe) con las tres clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes presentadas en la Figura 3 del presente Informe (Fig. 4).

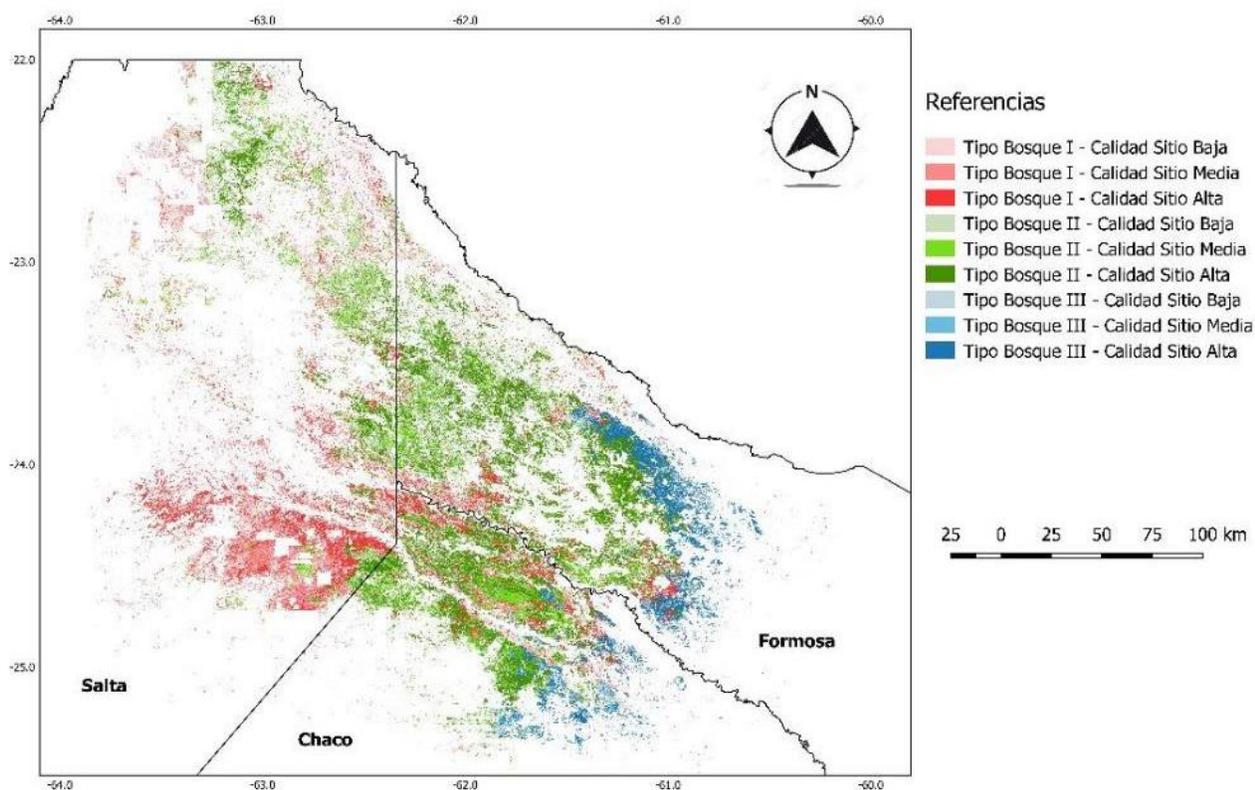


Figura 4. Área de distribución actual de palo santo discriminado según los tres tipos de estado de bosques (Tipo 1: Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies, Tipo 2: Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores, Tipo 3: Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas) y clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m, II: 9 – 10,99 m; III: < 8,99 m).

En la Tabla 6 se presentan las superficies resultantes del mapa de la Figura 4 discriminado por provincia, donde se observa que Salta posee la mayor superficie (234.189 ha) con las mejores condiciones de palo santo (calidad de sitio alta del tipo de bosque del Tipo 1) y Formosa con la mayor superficie (25.697 ha) con las condiciones menos favorables de bosque con palo santo (calidad de sitio baja del tipo de bosque del Tipo 3).

Tabla 6. Superficies (ha) para los tres tipos de estado de bosques de palo santo y clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes discriminado por provincias.

Tipo Bosque	Calidad Sitio	Formosa	Chaco	Salta
Tipo 1	Alta	68.561	73.199	234.189
	Media	11.424	23.538	135.847
	Baja	48.029	51.172	249.463
Tipo 2	Alta	353.185	219.657	147.707
	Media	76.436	86.432	89.212
	Baja	126.949	58.098	160.499
Tipo 3	Alta	134.466	62.310	350
	Media	7.281	21.765	52
	Baja	25.697	11.134	284

Tipo 1: Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies; Tipo 2: Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores, Tipo 3: Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas). Calidad de sitio Alta: > 11 m de altura de los árboles dominantes, Calidad de sitio Media: 9 – 10,99 m, Calidad de sitio Baja: < 8,99 m.

2. Relación de posibilidades en función del estado de conservación, de las distintas calidades de sitio definidas y/o aprovechamientos históricos

En la terminología forestal se define como “Posibilidad” a la cantidad de productos que pueden extraerse del monte, teniendo en cuenta las existencias que hay almacenadas en el mismo y la cuantía del crecimiento anual que se suma cada año a esas existencias. Conociendo cuántos árboles por hectárea deben poblar la masa, según la pendiente del terreno, edad, tamaño de los árboles y otros factores que se considere que han de ser tenidos en cuenta, se podrá extraer más o menos producción, dependiendo de que el número de árboles sea superior o inferior a ese número óptimo y de que la masa tenga un crecimiento mayor o menor. La forma de determinar la posibilidad, es decir, de saber cuánta madera puede extraerse cada año, varía según el tratamiento silvícola aplicado a cada masa (Montero et al., 2001).

Para la determinación de la posibilidad se emplearon los datos provenientes del IFN2 para poder emplear valores recientes en el horizonte temporal de recolección de la información de campo, para los palosantales (Tipo 1), bosques mixtos con alta presencia de palo santo o palo santo alto (Tipo 2) y bosques de palo santo con baja presencia de la especie o palo santo bajo (Tipo 3), en este apartado se emplearon datos de crecimiento de diversas fuentes que sirvieron de base para el cálculo del ciclo de corta y posteriormente para la determinación de la intensidad de corta (IC) de cada grupo o volumen

aprovechable por cada provincia. En la estimación de la posibilidad no se incorporó los aprovechamientos históricos por no contar con dicha información.

Para la determinación de la posibilidad se emplearon los datos proporcionados en el primer informe aplicados a cada tipo de bosque obtenido con presencia de palo santo; es decir para los palosantales (Tipo 1), bosques mixtos con alta presencia de palo santo o palo santo alto (Tipo 2) y bosques de palo santo con baja presencia o palo santo bajo (Tipo 3). Se emplearon datos de crecimiento a partir de bibliografía recopilada que sirvieron de base para el cálculo del ciclo de corta y posteriormente para la determinación de la intensidad de corta (IC) o volumen aprovechable de cada tipo de bosque por provincia dentro del área de estudio.

Araujo *et al.*, (2007) explica que los datos de crecimiento diamétrico tienen aplicación práctica en la determinación del ciclo de corta y en la regulación de la producción del bosque. Particularmente el crecimiento de la clase diamétrica anterior a la clase cortable sirve para calcular el tiempo de tránsito y el ciclo de corta. Investigaciones de Giménez *et al.*, (2007, 2008) establecieron que el crecimiento de *G. sarmientoii* es sumamente lento, y con técnicas dendrológicas determinaron un incremento medio anual (IMA) de 0,42 cm. Chifarelli *et al.*, (2018) obtuvieron valores de incremento medio anual en palo santo de 0,6 y 0,42 cm/año para muestras de árboles en la provincia de Formosa. Unique Wood (2016) obtuvo para el Chaco Paraguayo incrementos de 0,27 y 0,39 cm/año, por su parte Loto *et al.*, utilizando datos de remediación de parcelas permanentes (2018) calcularon valores de incremento periódico anual (IPA) de 0,11 cm/año. Con base a estos datos se calculó para la especie un valor de crecimiento promedio dentro del área de estudio.

$$\frac{(0,6+0,42+0,39+0,27+0,418+0,11)}{6} = 0,37 \frac{cm}{año}$$

Realizando el cociente entre la amplitud de clase diamétrica y el crecimiento podemos establecer un ciclo de corta (CC) igual a 13,5 o 14 años.

$$\frac{5cm}{0,37cm/año} = 13,5 - 14años$$

Es importante resaltar que, si bien el uso de un único valor de 0,37 cm/año de incremento medio anual para determinar el turno de corta de palo santo tiene base en los antecedentes citados, esto se debió a una falta de información regional de crecimientos diamétricos. Esto resalta la importancia de obtener información de incrementos diamétricos anual para diferentes calidades de sitio y diferentes condiciones de bosque en futuros trabajos de investigación.

El cálculo de la intensidad de corta se efectuó siguiendo la metodología propuesta por Morales Cancino (2004), calculada a partir de la distribución diamétrica del área basal por tipo de palo santo tomando como referencia el diámetro mínimo de corta (DMC) y ciclo de corta (CC) establecidos.

El modelo de proporción de movimiento (Vanclay, 1994), supone que los arboles de una especie dentro de una clase diamétrica están distribuidos de modo uniforme dentro de toda la clase y crecen con una tasa de crecimiento promedio. La proporción de movimiento refleja el tiempo que necesita un árbol para pasar de una clase diamétrica a la siguiente. Se obtiene dividiendo el crecimiento promedio entre el periodo de análisis por el tamaño de una clase diamétrica.

Proporción de movimiento = CP*años /amplitud clase diamétrica. En este caso, para un ciclo de corta de 14 años y un crecimiento diamétrico de 0,37 cm/año, el incremento calculado es de 5,18 cm y se divide por el ancho de la clase diamétrica: 5,18/5 = 1,036. Este es el número de clases diamétricas que contienen árboles para la futura cosecha. Estas clases se encuentran desde el DMC hacia abajo; entonces, si el DMC para las provincias de Chaco, Salta y Formosa es de 35 cm, los árboles en la segunda futura cosecha tendrían diámetros de 30 a 34,9 cm. La Tabla 7, muestra que la densidad, el área basal y el volumen para distintas clases diamétricas discriminado por la condición del bosque con presencia de palo santo (Tipo de bosque).

Tabla 7. Densidad (N), área basal (AB) y volumen de fuste (VF) discriminado por la condición del bosque con presencia de palo santo (Grupo).

clase DAP (cm)	Tipo 1 "palosantal"			Tipo 2 "palo santo alto"			Tipo 3 "palo santo bajo"		
	N (ind/ha)	AB (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	N (ind/ha)	AB (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	N (ind/ha)	AB (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)
5,0 a 9,9	89,2	0,41	0,598	20,3	0,09	0,148	9,3	0,04	0,073
10,0 a 14,9	46,4	0,55	0,951	14,4	0,17	0,325	10,2	0,13	0,254
15,0 a 19,9	27,5	0,64	1,322	10,2	0,24	0,469	8,8	0,22	0,505
20,0 a 24,9	11,4	0,44	0,916	5,9	0,24	0,503	3,8	0,15	0,348
25,0 a 29,9	6,8	0,39	0,787	3,5	0,20	0,433	6,0	0,35	0,823
30,0 a 34,9*	3,5	0,28	0,644	2,8	0,23	0,520	3,8	0,32	0,691
35,0 a 39,9**	2,0	0,22	0,427	1,7	0,18	0,443	3,1	0,33	0,986
40,0 a 44,9**	1,2	0,17	0,384	1,2	0,17	0,474	1,0	0,14	0,259
45,0 a 49,9**	0,8	0,14	0,284	1,1	0,19	0,526	1,2	0,20	0,543
50,0 a 54,9**	0,4	0,09	0,251	0,5	0,10	0,237	0,7	0,15	0,652
55,0 a 59,9**	0,6	0,15	0,324	0,2	0,06	0,157	0,2	0,06	0,264
60,0 a 64,9**	0,0	0,00	0,000	0,1	0,02	0,046	1,0	0,29	0,849
> 65,0**	0,1	0,04	0,160	0,2	0,09	0,373	0,2	0,08	0,393
Total general	190,0	3,52	7,05	62,0	1,98	4,65	49,3	2,45	6,64

* Clase futura de cosecha. ** Clases aprovechables según DMC.

El cálculo de la Intensidad de corta (IC) se determinó en términos porcentuales. Esto refleja los límites de aprovechamiento permitidos para mantener el ciclo de corta del palo santo, establecido en 14 años aproximadamente. Para los límites de corta se utilizaron el área basal y volumen de madera alrededor de las clases diamétricas de mayor tamaño e importancia económica. Así, el DMC como pauta silvícola, estableció los porcentajes cortables en función de las clases diamétricas que son aprovechables, empleando la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\phi_{\text{anterior a DMC}}}{\sum \phi_{\text{DMC}}} \times 100$$

Donde la intensidad de corta (IC) es igual al área basal o volumen (ϕ) de la clase diamétrica 30 -34,9 cm, definida como clase de futura cosecha (i.e., clase inmediata anterior a DMC), dividido el total de área basal o volumen de todas las clases mayores a 35 cm de diámetro (mayor a DMC).

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la intensidad de corta en términos de área basal y volumen para cada tipo de bosque de palo santo.

Tabla 8. Intensidad de corta que define los límites aprovechables de área basal y volumen de fuste para los tres tipos de bosques con palo santo.

Variable	Palosantal		Palosanto alto		Palosanto bajo	
Área basal	34,6 %	1,2 m ² /ha	28,4 %	0,6 m ² /ha	25,5 %	0,6 m ² /ha
Volumen	35,2 %	2,5 m ³ /ha	23 %	1,1 m ³ /ha	17,5 %	1,2 m ³ /ha

Es deseable contar con datos de mortalidad por clase diamétrica y por Tipo de bosque para ajustar el cálculo de la IC en futuras instancias de análisis. Además, es necesario que estos porcentajes de extracción sean distribuidos siguiendo los límites de intensidad de corta en área basal y volumen determinados (Tabla 8), para un aprovechamiento sostenible de la especie. Tales valores de extracción podrían ser variables, lo cual implicaría necesariamente trabajar con ciclos de corta más extensos. Sin embargo, dado que en la planificación del manejo silvicultural los tiempos de monitoreo son muy importantes, trabajar con ciclos cortos permite corregir situaciones no concordantes con las metas propuestas en base a los objetivos de manejo establecidos en cualquier plan. Además, dentro del área de estudio, los bosques con palo santo generalmente son aprovechados sin un manejo planificado a futuro. El DMC es una pauta silvícola establecida para asegurar árboles aprovechables de gran tamaño y con buenos rendimientos. Sin embargo, actualmente muchos otros tipos de usos y aprovechamientos del palo santo no cuentan con un estudio y evaluación. Estos últimos contemplan actividades de cortas para postes y varillas sobre clases diamétricas inferiores a 20 cm, muy comunes dentro del área de estudio (Loto et al. 2018). Considerar la variedad de tipos de aprovechamientos de madera sobre el palo santo, de lento crecimiento, permitiría evaluar la dinámica y los tiempos de espera en el ciclo de corta, ya que hasta el momento no está del todo comprendido.

En la Figura 5 se presenta el incremento periódico anual (mm/año) de palo santo para clases diamétricas superiores a 20 cm de DAP y una simulación de cortas sobre un conjunto de parcelas de bosque en comunidad aborigen en la provincia de Formosa, donde entre los años 2007-2012, el rodal tuvo cortas principalmente para postes y rollo (Loto et al. 2018). Utilizando los IPA, se proyectaron simulaciones de 2 tipos de cortas sobre el rodal: una con DMC y la otra cortando el 80 % de los árboles en pie. Después de 20 años, el DMC recupera la cantidad de individuos al inicio. Sin embargo, esta práctica no es la única actividad presente en la región. Aprovechamientos de palo santo del 60-70 % son frecuentes de observar, por lo que esto comprometería el recurso a más de 50 años. Valores más precisos de los límites de intensidades de cortas, así como también de los incrementos de palo santo por clase diamétrica son de suma importancia para la dinámica del recurso.

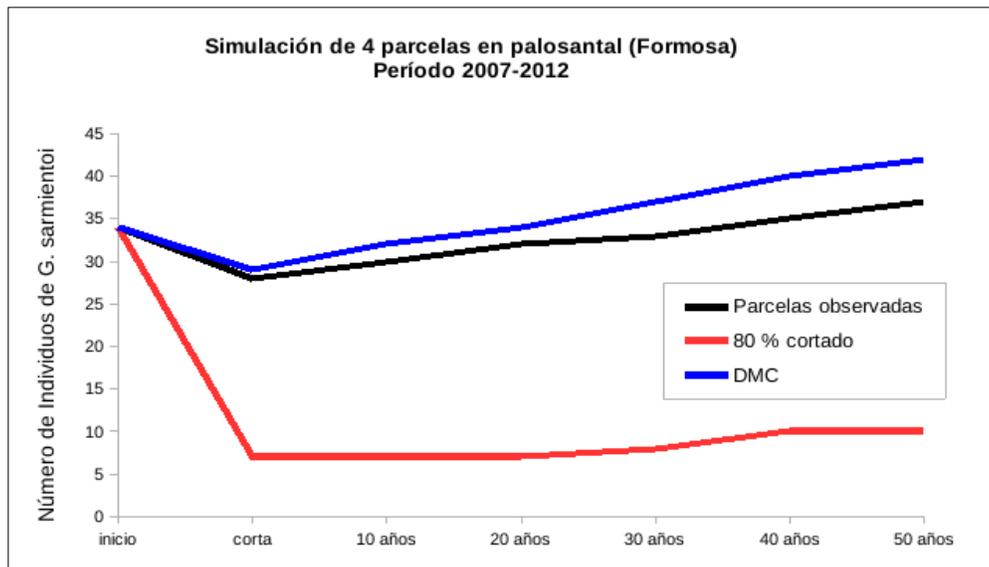
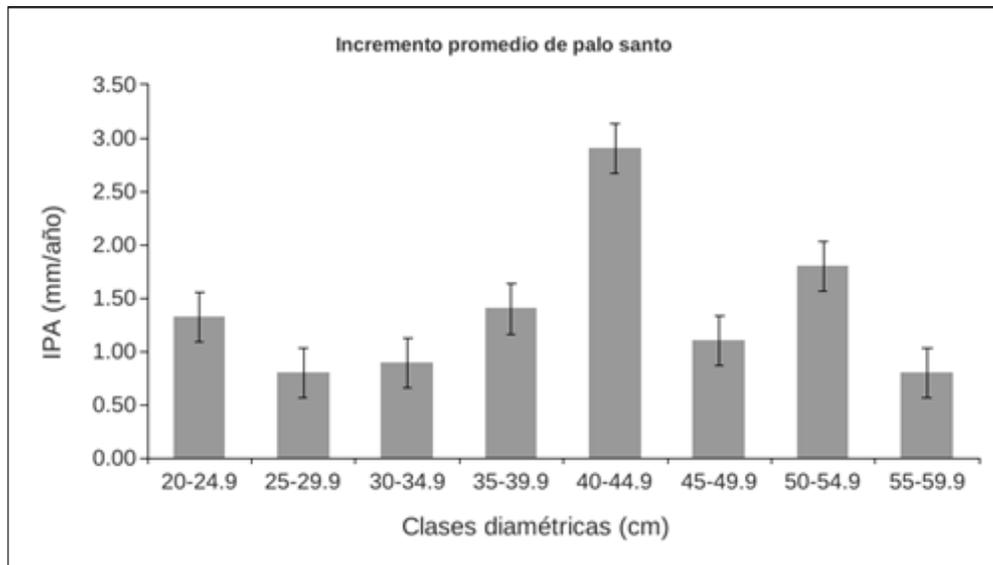


Figura 5. Figura superior: incremento periódico anual (mm/año) de palo santo para clases diamétricas superiores a 20 cm de DAP. Figura inferior: simulación de cortas sobre un conjunto de parcelas de bosque en comunidad aborigen en la provincia de Formosa (Fuente: Loto et al. 2018).

Para calcular la posibilidad en volumen, una vez calculado el volumen aprovechable por hectárea se empleó la fórmula de von Mantel (Louman *et al.*, 2001).

$$Posibilidad(m^3/ha/año) = \frac{IC * V_{cortable}(m^3/grupo)^{*} \text{Grupo}^{(ha)}}{CC(años)}$$

Las diferencias en las potencialidades productivas de los sitios influyen directamente en los aspectos del manejo de un rodal, entre los que se puede mencionar la definición de los objetivos productivos, el régimen silvicultural establecido, el turno de cosecha, las técnicas de aprovechamiento y la rentabilidad de la inversión (Ivancich et al. 2011). En la estrecha relación entre estos aspectos y la calidad de sitio

radica la importancia y la necesidad de su evaluación para los bosques de palo santo en la región chaqueña.

Generar y difundir herramientas y conocimientos que sirvan de base para diagramar esquemas silvícolas teóricos, favorecerá la valorización de los beneficios productivos y ambientales del manejo de los bosques con presencia de palo santo. Sin embargo, para el armado de los esquemas silvícolas que puedan emplearse en la elaboración de los planes de manejo de los bosques, como así también para establecer la potencialidad productiva de las plantaciones, es esencial poder discriminar como primera medida las calidades de los sitios (Carrero et al. 2008). La calidad de sitio se usa para definir el potencial para producir madera dada una especie o un tipo forestal. Esta definición de calidad de sitio tiene sentido sólo para la o las especies y sus condiciones de manejo específicas. Lo que es bueno para una especie no necesariamente lo es para otra. Es esencial medir e interpretar el sitio con fidelidad ya que, en conjunto con la densidad del rodal, controla el tamaño, cantidad y valor de los productos. El sitio debe ser mapeado para el manejo de los bosques. Estos mapas son la base del pronóstico del rendimiento, la regulación y las intervenciones silvícolas de los rodales. La calidad de un sitio puede ser medida ya sea a través de los factores que definen el crecimiento de un rodal o a través de su respuesta (Corvalan Vera y Hernández Palma, 2006). A partir de los mapas de calidad de sitio propuestos para *G. sarmientoi*, se calcularon los parámetros promedios de densidad de individuos, área basal y volumen en función de las clases diamétricas encontradas (Tabla 9).

Tabla 9. Densidad (N), área basal (AB) y volumen de fuste (VF) discriminado por clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m, II: 9 – 10,99 m; III: < 8,99 m).

clase DAP (cm)	Clase I - Alta			Clase II - Media			Clase III - Baja		
	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)
5,0 a 9,9	25,9	0,12	0,181	42,2	0,20	0,305	70,2	0,31	0,463
10,0 a 14,9	20,5	0,25	0,484	22,8	0,28	0,467	35,6	0,41	0,716
15,0 a 19,9	17,0	0,41	0,892	19,2	0,45	0,860	14,6	0,33	0,678
20,0 a 24,9	10,6	0,43	0,923	7,2	0,28	0,579	5,1	0,20	0,385
25,0 a 29,9	7,8	0,46	0,951	5,1	0,29	0,658	2,3	0,13	0,255
30,0 a 34,9*	5,5	0,46	1,020	2,9	0,24	0,547	0,9	0,07	0,166
35,0 a 39,9**	3,9	0,43	1,024	1,6	0,18	0,409	0,2	0,02	0,045
40,0 a 44,9**	2,0	0,28	0,769	1,1	0,16	0,316	0,3	0,04	0,086
45,0 a 49,9**	1,7	0,28	0,674	1,3	0,23	0,651	0,0	0,00	0,000
50,0 a 54,9**	1,2	0,26	0,781	0,0	0,00	0,000	0,1	0,02	0,022
55,0 a 59,9**	0,8	0,21	0,566	0,3	0,06	0,087	0,0	0,00	0,000
60,0 a 64,9**	0,5	0,14	0,383	0,0	0,00	0,000	0,0	0,00	0,000
> 65,0**	0,5	0,18	0,772	0,0	0,00	0,000	0,0	0,00	0,000
Total general	97,8	3,89	9,42	103,7	2,37	4,88	129,3	1,54	2,82

La Tabla 9, muestra que el área basal y el volumen de fuste en las clases diamétricas mayores al DMC para la especie se distribuye de la siguiente manera:

- Clase I: 46% en área basal y 53 % en volumen de fuste.
- Clase II: 26% en área basal y 30 % en volumen de fuste.
- Clase III: 5,5% en área basal y 5,4 % en volumen de fuste.

El área basal y el volumen de fuste de la clase diamétrica inmediata inferior al DMC según cada Clase de Sitio según:

- Clase I: 11,8 % en área basal y 10,8 % en volumen de fuste.
- Clase II: 10 % en área basal y 11 % en volumen de fuste.
- Clase III: 4,5% en área basal y 5,9 % en volumen de fuste

De modo análogo al procedimiento anterior se calculó la IC sostenible según clase de sitio en términos de volumen de fuste, cuyos resultados son:

- Clase I: 1,9 m³/ha.
- Clase II: 1,8 m³/ha.
- Clase III: 0,2 m³/ha.

La posibilidad según Tipo de bosque y provincia se presentan a continuación en la Tabla 10 teniendo como base de cálculo un ciclo de corta de 14 años.

Tabla 10. Posibilidad de la especie *G. sarmientoii* según tipo de bosque de palo santo (Tipos de bosque) y provincia. Tipo 1: Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies, Tipo 2: Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores, Tipo 3: Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas.

Provincia	Tipo	Superficie (ha)	Volumen fuste cortable (m ³ /tipo)	Posibilidad (m ³ /ha/año)
Chaco	1	147.909	366.997	26.214
	2	364.187	390.501	27.893
	3	95.209	110.638	7.903
Salta	1	619.499	1.537.122	109.794
	2	397.418	426.133	30.438
	3	686	797	57
Formosa	1	128.014	317.633	22.688
	2	556.570	596.784	42.627
	3	167.444	194.579	13.898

En términos relativos, según la Tabla 10, Salta con el 50% de la posibilidad es la provincia con la mayor proporción seguida por Formosa con el 28% y luego Chaco con el 22%.

Las posibilidades según la calidad de sitio por provincia se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Posibilidad de la especie *G. sarmientoi* según clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m, II: 9 – 10,99 m; III: < 8,99 m) y provincia.

Provincia	Calidad de sitio	Superficie (ha)	volumen fuste cortable (m ³ /tipo)	Posibilidad (m ³ /ha/año)
Chaco	I	355.166	686.722	49.057
	II	131.735	240.496	17.178
	III	120.404	18.432	1.317
Salta	I	382.246	739.082	52.792
	II	225.111	410.964	29.355
	III	410.246	62.802	4.486
Formosa	I	556.212	1.075.450	76.818
	II	95.141	173.690	12.406
	III	200.675	30.720	2.194

En términos relativos según las Clases de Sitio, Salta cuenta con el 37 % de la posibilidad seguida por Formosa que cuenta con el 35 % mientras que la provincia del Chaco cuenta con el 28 %.

3. Proyección de escenarios de distintas formas e intensidades de uso al año 2028

Se modelaron 4 escenarios de cambios en el uso del suelo para la región Chaqueña al año 2028 (Navarro et al., 2020) (Figura 6):

Escenario *Tendencia*: continúa hasta el año 2028 la misma tendencia del período 2007-2014 (en la dinámica de la deforestación, de la conversión y el cambio de uso del suelo).

Escenario de *Aplicación legal*: no existe deforestación en las categorías I y II de la Ley de Bosques. La deforestación/conversión se produce exclusivamente sobre la categoría III y sobre las áreas no categorizadas por OTBN. Hay expansión ganadera en las áreas de categoría II (bajo modelos sistemas silvopastoriles).

Escenario de *No deforestación*: se detiene la deforestación sobre todas las categorías de OTBN. La conversión se mantiene en coberturas distintas al bosque. Hay expansión ganadera bajo modelos Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), el cual incluye el manejo silvícola de estrato arbóreo. El manejo forestal propone un manejo irregular en forma policíclica de la masa arbórea manteniendo la estructura heterogénea del bosque nativo. Las prácticas para favorecer la regeneración, las podas sanitarias, los raleos y el aprovechamiento de árboles maduros se realizan simultáneamente en una misma intervención, tomando como una referencia el mantenimiento de la distribución diamétrica de “J invertida”.

Escenario *No deforestación – No conversión*: se detiene todo tipo de deforestación y/o conversión de cobertura natural. Hay expansión ganadera bajo modelos MBGI.

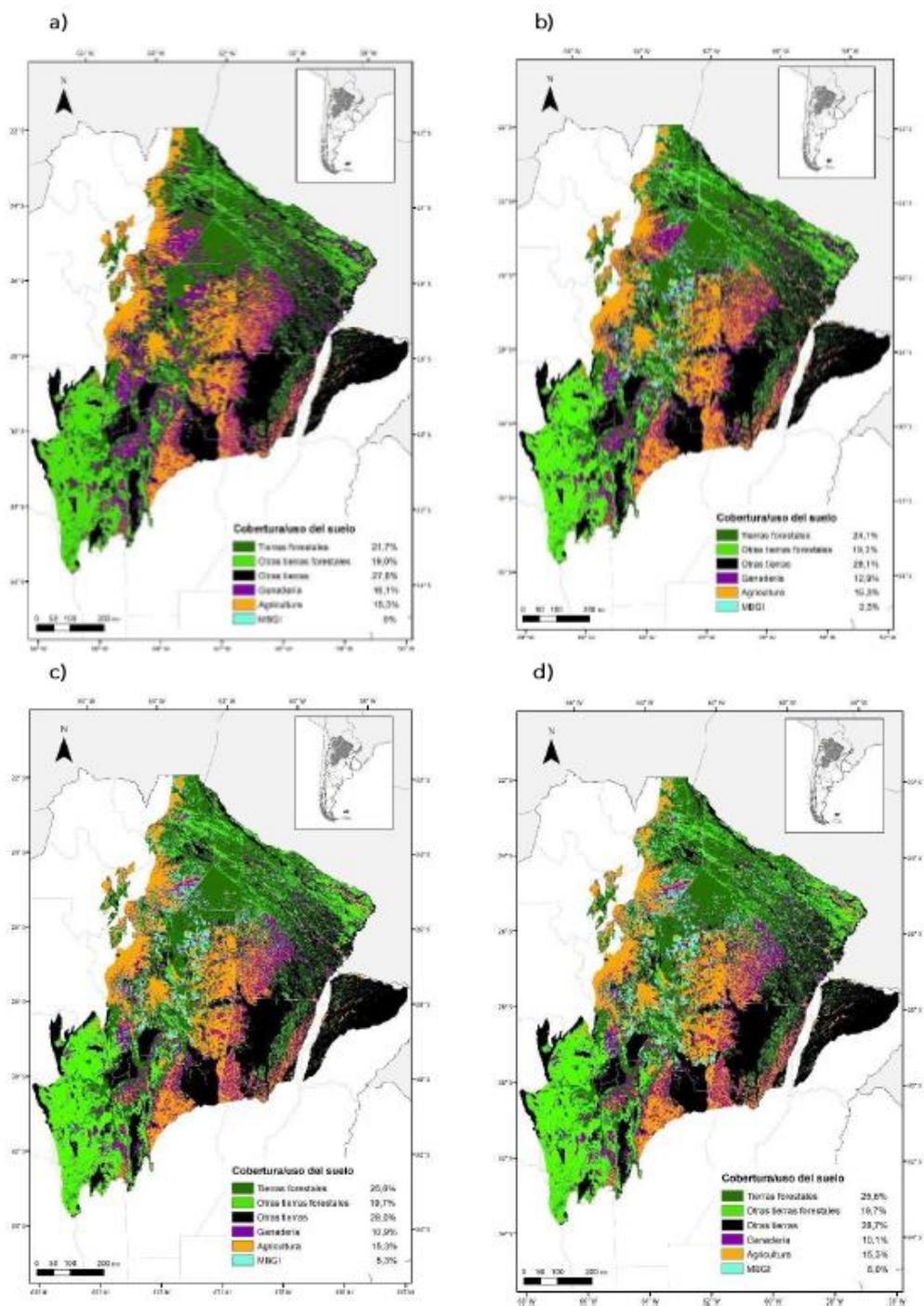


Figura 6. Escenarios de uso y cobertura del suelo para el año 2028. a) escenario "tendencial". b) escenario de "aplicación legal". c) escenario de "no deforestación". d) escenario de "no deforestación y no conversión".

Los mapas de cobertura del suelo al año 2028, derivados de estos escenarios, fueron “enmascarados” con el mapa de distribución actual de Palo Santo con el objetivo de determinar las áreas que perderían la cobertura de bosques con palo santo y pasarían a usos agropecuarios (agricultura, pasturas o sistemas silvopastoriles) de acuerdo con las proyecciones estimadas en cada escenario.

El escenario *tendencial* es en el cual se produciría la mayor pérdida de superficie de bosques de Palo Santo con aproximadamente 138.600 hectáreas que representan el 5,6% de la superficie actual de la especie. La superficie perdida en este escenario se destinaría en un 75% a pasturas y un 25% a agricultura (Tabla 12, Figura 7).

En el escenario de *Aplicación legal* la superficie perdida de bosques de Palo Santo sería de aproximadamente 128.800 hectáreas (un 5,2% de la superficie actual). En este escenario la superficie de bosques reemplazada se destinaría principalmente a sistemas MBGI (76,3 %), un 22,2% a pasturas y solo un 1,5% a agricultura (Tabla 12, Figura 8).

Los escenarios *No deforestación* y *No deforestación-No conversión* se diferencian en que el escenario *No deforestación* permite la conversión en coberturas distintas al bosque. Por lo tanto, para la región de los bosques de Palo Santo ambos escenarios proyectan el mismo resultado. La superficie de bosques perdida es igual al escenario de *Aplicación legal*, pero con un destino de uso diferente (100% se destinaría a sistemas silvopastoriles) (Tabla 12, Figura 9).

Tabla 12. Superficie perdida de bosques de Palo Santo y uso de destino en cuatro escenarios de cambios en la cobertura y uso del suelo al año 2028 (tomado de Navarro et al, 2020): Tendencial, Aplicación legal, No deforestación y No deforestación – No conversión.

Escenario	Superficie perdida de palo santo al 2028 (ha)	% cambio (respecto a la cobertura actual de palos santo)	Destino de la superficie de bosque de palo santo perdida (has)		
			Pasturas	Agricultura	Sistemas silvopastoriles
Tendencial	138.619	-5,60	105.180	33.439	0
Aplicación legal	128.787	-5,20	28.626	1.918	98.243
No deforestación y No deforestación – No conversión	128.789	-5,20	0	0	128.789

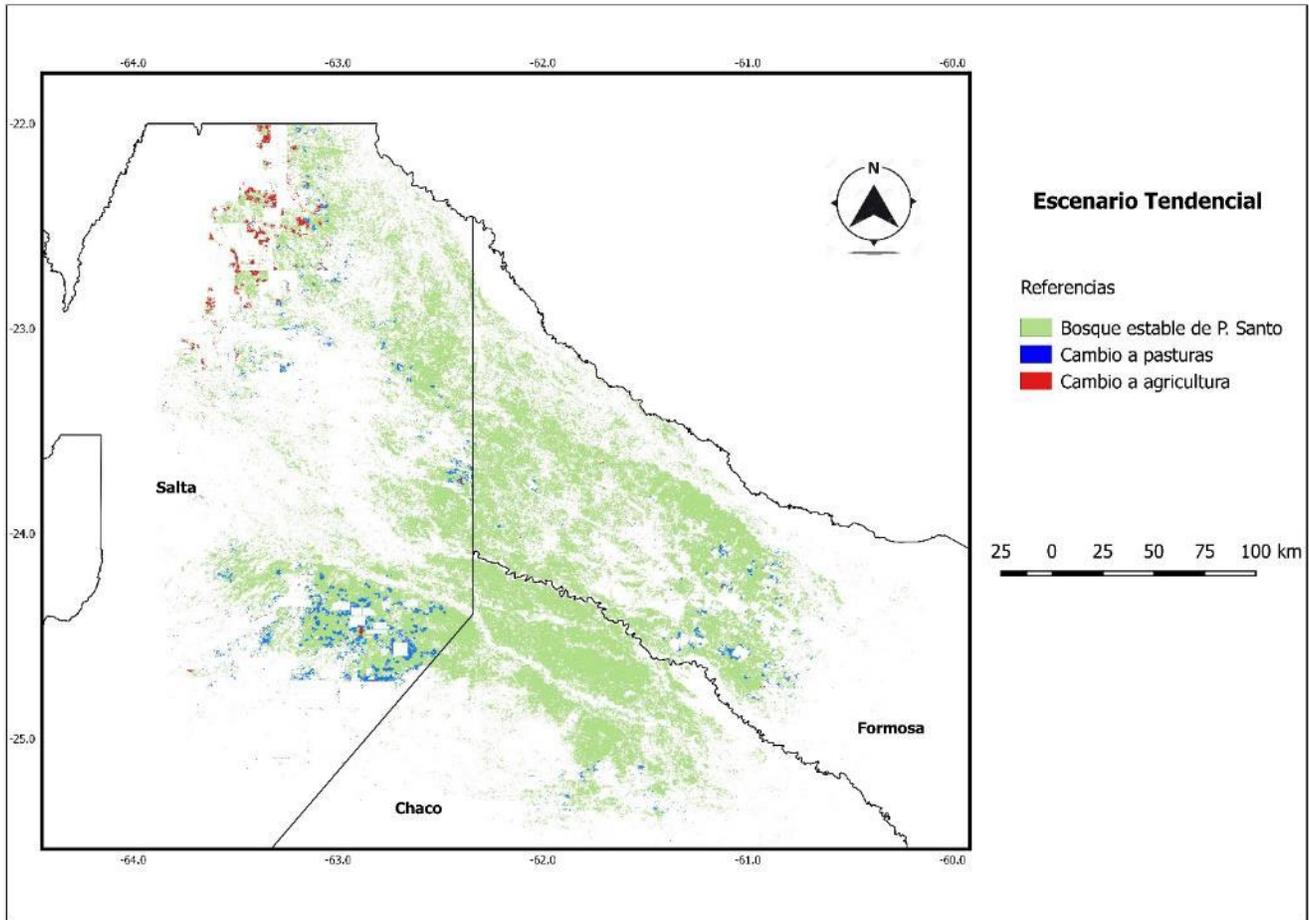


Figura 7. Cambios en el uso y cobertura del suelo al año 2028 proyectados según escenario *Tendencial*.

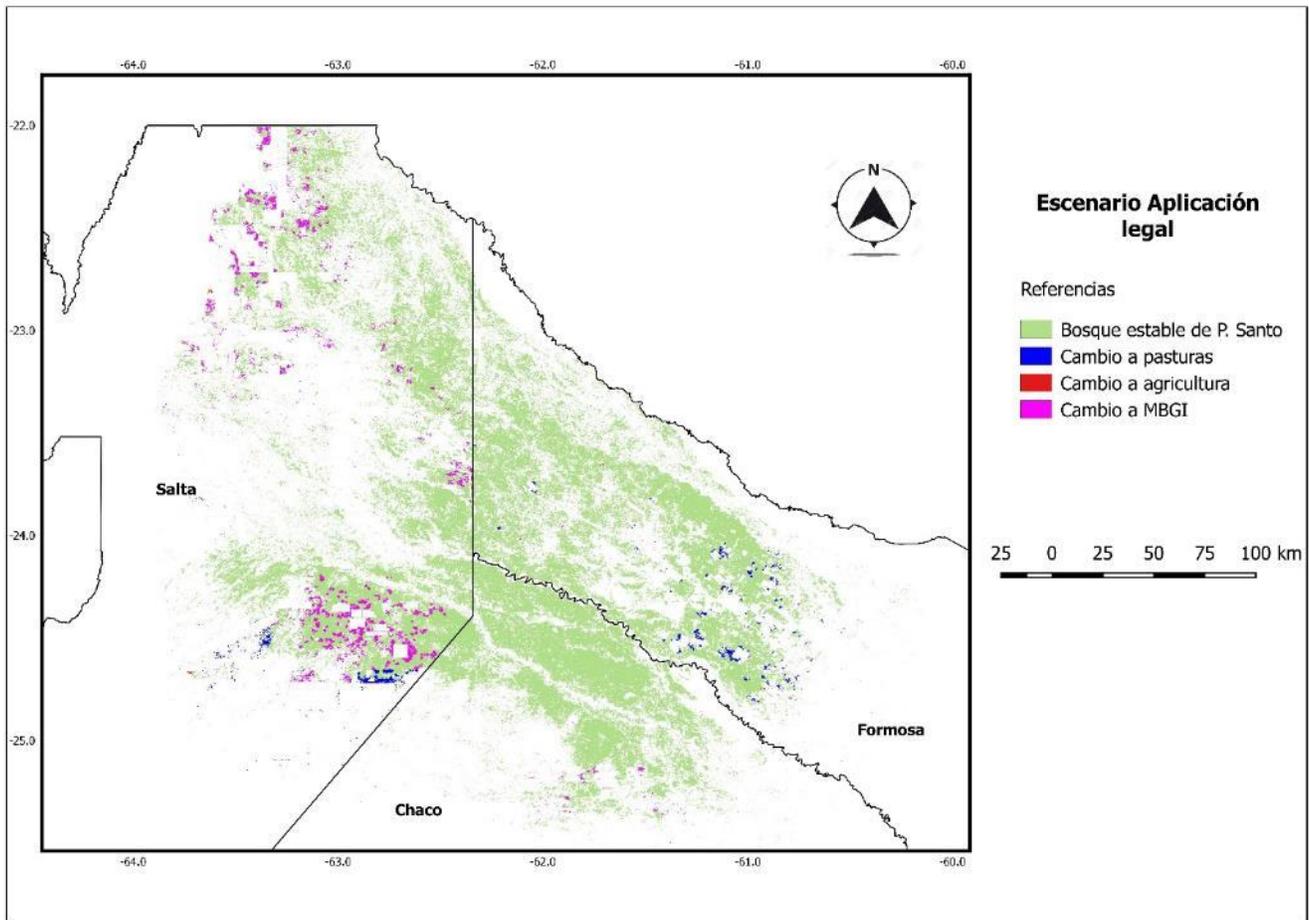


Figura 8. Cambios en el uso y cobertura del suelo al año 2028 proyectados según escenario *Aplicación legal*.

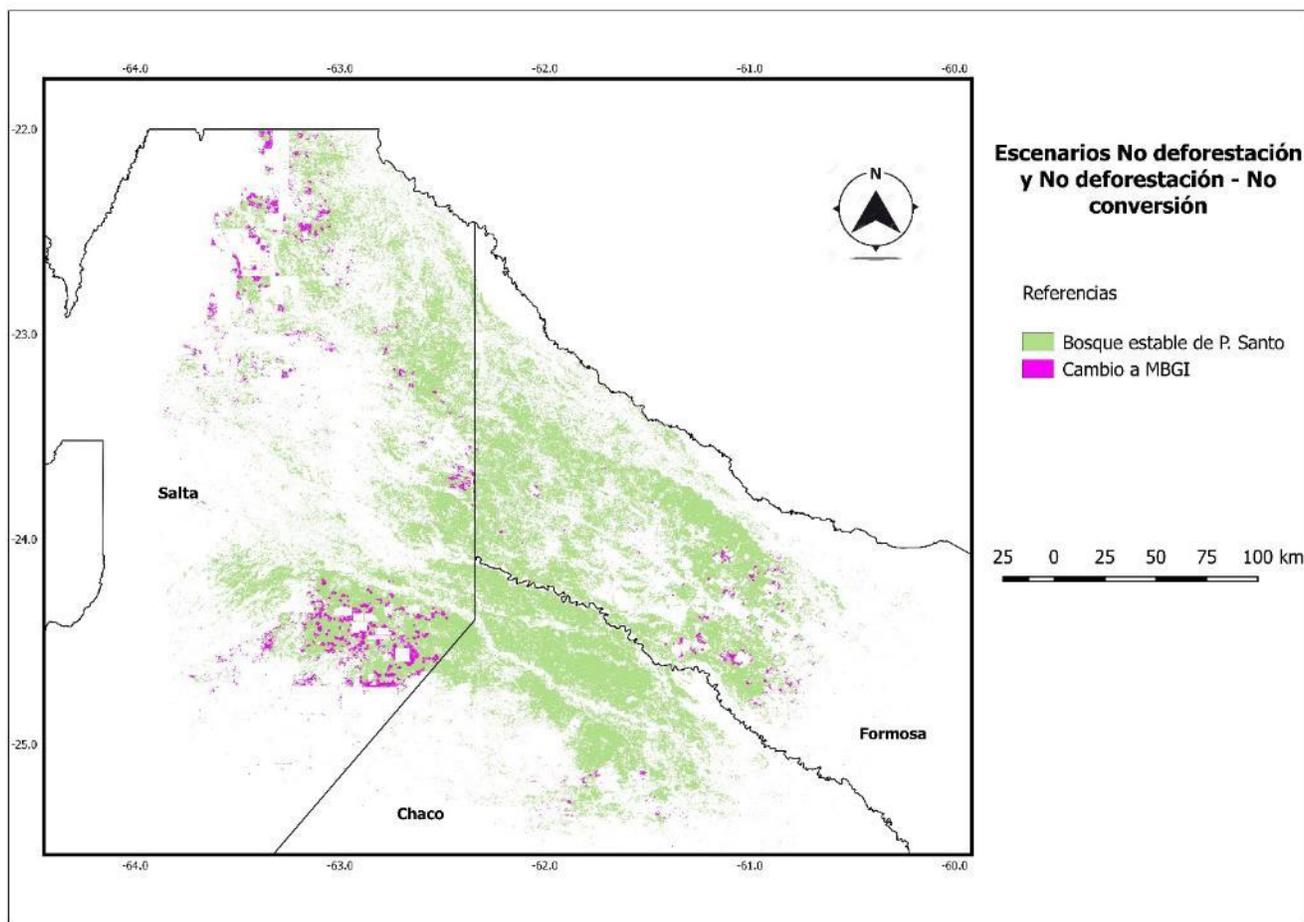


Figura 9. Cambios en el uso y cobertura del suelo al año 2028 proyectados según escenarios de *No deforestación* y de *No deforestación – No conversión*.

4. Proponer una estrategia de uso viable con las categorías de OTBN

En este apartado se proponen dos estrategias de uso o pautas silviculturales para el manejo de la especie en el parque chaqueño. A modo preliminar se recomienda mantener o fomentar para todos los casos, independientemente del esquema o propuesta de manejo que se implemente, mediante cortas de entresaca una estructura de tipo irregular, atendiendo a conservar una alta cobertura del suelo y la gran diversidad vertical de estos bosques, sin perder de vista las funciones que van más allá de la producción maderera sostenida, como la protección de cuencas, la generación de hábitat para la vida silvestre, el mantenimiento de variabilidad a través de paisajes y el mantenimiento de la belleza escénica, en concordancia con lo observado en los mapas de distribución de volumen y área basal previamente presentados. Seguidamente se presentan los análisis de la regeneración natural y de la estructura vertical como base fundamental para la prescripción de pautas silviculturales de manejo.

4.1. Regeneración Natural

Debido a que solo se cuenta con datos de parcelas de regeneración natural de una cantidad significativamente inferior a la cantidad de parcelas con datos del estrato superior, y teniendo en cuenta la baja representatividad particularmente para el Tipo 3 (bosques de palo santo con baja presencia de la especie o palo santo bajo), se advierte que las conclusiones que se desprenden de este análisis son preliminares y meramente indicativas.

La Tabla 13 muestra que los mayores valores en términos de cantidad de renovales de palo santo se presentan en el Tipo 1, siendo similares en el resto de los grupos. La Figura 10 muestra que en términos relativos esta participación llega casi al 20% de los renovales.

Tabla 13. Cantidad de renovales para cada tipo de bosque con presencia de palo santo (Tipo 1: palosantales, Tipo 2: bosques mixtos con alta presencia de palo santo o palo santo alto y Tipo 3: bosques de palo santo con baja presencia de la especie o palo santo bajo).

Tipo	N° parcelas	Renovales/ha		promedio grupo
		palo santo	otras sp	
1	19	663,1	3178,9	1921
2	17	376,4	3976,4	2176,4
3	2	300	3300	1800
TOTAL	76			
promedio especie		446,5	3485,1	1965,8

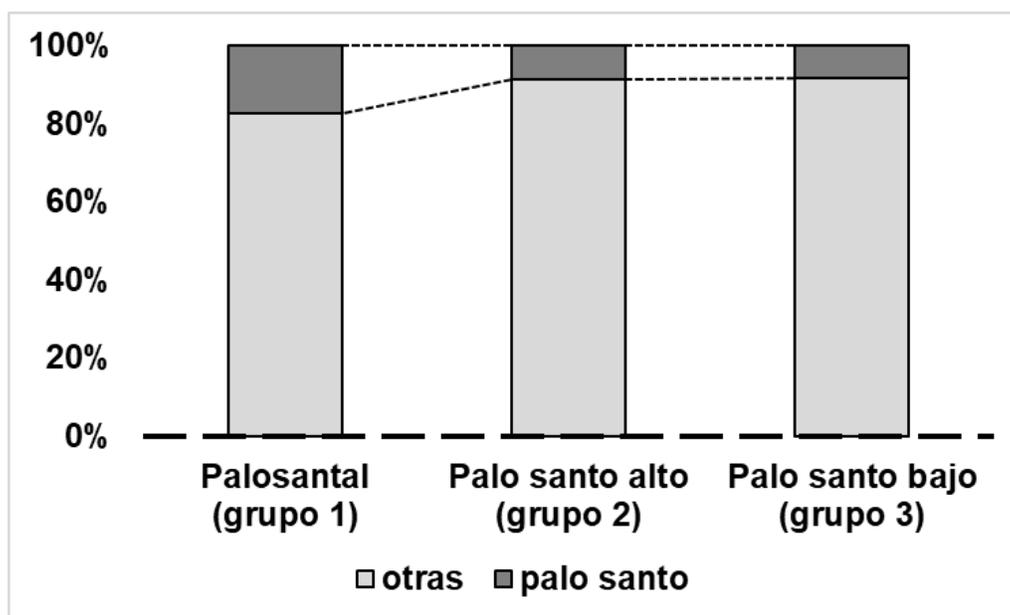


Figura 10. Participación porcentual de renovales para cada tipo de bosque con presencia de palo santo (Tipo 1: palosantales, Tipo 2: bosques mixtos con alta presencia de palo santo o palo santo alto y Tipo 3: bosques de palo santo con baja presencia de la especie o palo santo bajo).

Se realizó una matriz de correlaciones no paramétricas entre la densidad de renovales y las variables de área basal total, densidad total, área basal total de palo santo y densidad total de palo santo correspondiente a la estructura horizontal de los tipos de bosques, utilizando datos de 63 parcelas. La Tabla 14 muestra las estadísticas descriptivas de las variables estudiadas.

Tabla 14. Estadísticas descriptivas de las variables en regeneración con parámetros de estructura de masa adulta.

Variables	Promedio ± desvío estándar
Área basal total	14,9 ± 6,1
Densidad total	1182 ± 529
Regeneración total	3363 ± 2170
Área basal total palo santo	6,2 ± 4,5
Densidad total palo santo	423 ± 465,8
Regeneración palo santo	609 ± 604,5

Podemos observar según la Tabla 15, que para el conjunto de datos se registran correlaciones positivas entre la regeneración de palo santo y densidad arboles adultos de la especie. Esto indicaría que en términos generales es favorable para los renovales de palo santo la presencia de ejemplares adultos, posiblemente cumpliendo la función de portagranos y/o protectores.

Tabla 15. Matriz de correlación (Spearman) de las variables G (suma del área basal de todas las especies, m²/ha); D (suma de la densidad de todas las especies, ind/ha); AB_PS (área basal de palo santo, m²/ha); D_PS (densidad de palo santo, ind/ha); REG_PS (renovales de palo santo, ind/ha); REG_OTRAS (suma de renovales de otras especies, ind/ha).

Variables	G	D	G_PS	D_PS	REG_PS	REG_OTRAS
G	1	0,5039	0,6181	0,3442	0,0679	0,1229
D	0,5039	1	0,4402	0,6445	0,2462	-0,0689
G_PS	0,6181	0,4402	1	0,7329	0,0843	0,0173
D_PS	0,3442	0,6445	0,7329	1	0,3379	-0,0539
REG_PS	0,0679	0,2462	0,0843	0,3379	1	0,0429
REG_OTRAS	0,1229	-0,0689	0,0173	-0,0539	0,0429	1

Valores en negrita son diferentes a 0 con un nivel de significancia de alfa=0,05

Podemos observar que para el conjunto de datos se registran correlaciones positivas entre la regeneración de palo santo y densidad arboles adultos de la especie (Tabla 15). Esto indicaría una asociación favorable entre los renovales de palo santo y la presencia de ejemplares adultos de esa especie. Posiblemente la densidad de palo santo en la estructura superior cumple la función de portagranos y/o protección (i.e., mayor regeneración a mayor densidad de árboles). Este aspecto es fundamental básico para tener en cuenta en las propuestas de manejo sostenibles de los bosques con palo santo.

Tomando en consideración estos resultados, resulta conveniente resaltar que es necesario efectuar un manejo de las clases diamétricas inferiores para poder favorecer los ejemplares de la especie en ellas, además se debería evaluar la factibilidad de implementar prácticas de enriquecimiento (plantación bajo

cubierta) sobre todo en el Tipo 3, para asegurar un flujo constante de ejemplares de palo santo a través de las distintas clases diamétricas con buenas características fenotípicas en cantidad suficiente para instalar grupos de árboles padres a futuro que sean capaces de proveer semillas abundantes manteniendo a perpetuidad el recurso. Se recomienda que se deje en pie un porcentaje de los árboles aprovechables con diámetro mayor al DMC como “factor de seguridad” o como “árboles remanentes” para compensar posibles errores de cálculo en los ciclos de corta. Los ejemplares remanentes, por consiguiente, ofrecen cierto volumen que puede ser aprovechado en el segundo ciclo de corta. Evidentemente, estos árboles maduros también aportarán con semillas para la nueva regeneración.

4.2. Estructura vertical

La estructura vertical se la definió en base al número de estratos de la vegetación leñosa en cada tipo de bosque identificado que surge del empleo de la metodología del diagrama $h - M$. En este método la diferencia de estratos se obtiene graficando la altura total de los árboles (h o H) en el eje de las ordenadas y el valor acumulativo medio de las alturas (M) en el eje de las abscisas, en escala aritmética. Para aplicar esta metodología se grafica la altura total de los árboles H agrupados en orden decreciente en función de M . Esta última se calcula de la siguiente manera, a cada valor de h se le asigna un número de orden correlativo desde 1 hasta la cantidad de alturas consideradas, luego a cada altura iniciando por la mayor se le suma la siguiente que representa la media acumulativa parcial de altura a partir del mayor valor de H , finalmente se obtiene el valor de M que resulta de la relación por cociente entre cada suma parcial y el correspondiente número de orden hasta un valor de h inferior al valor máximo de h (Sanquetta, 1995); de este modo los década uno de los estratos queda determinado a partir de saltos, variaciones o discontinuidades en la distribución de los puntos.

4.2.1 Palosantal (Tipo 1)

En el palosantal (Figura 11), el estrato 1 (inferior), alcanza una altura de hasta 4 metros donde el 23 % de los ejemplares de este estrato corresponden a *G. sarmientoi*, el resto está integrado por las demás especies. El estrato II (intermedio), alcanza los 16,2 metros de altura, es el estrato con mayor densidad y está integrado por un 29% de *G. sarmientoi* y un 71% de ejemplares de otras especies. En el estrato III (dominante) el 18% de los árboles son de *G. sarmientoi*, acompañado por quebracho blanco, palo blanco y los quebrachos colorados. Hasta este estrato la dispersión de los datos es continua. El estrato IV (predominante), parcialmente discontinuo, alcanza los 24 metros de altura, cuenta con un 13% de los ejemplares de palo santo acompañado por quebracho blanco, palo mora y quebracho colorado santiagueño.

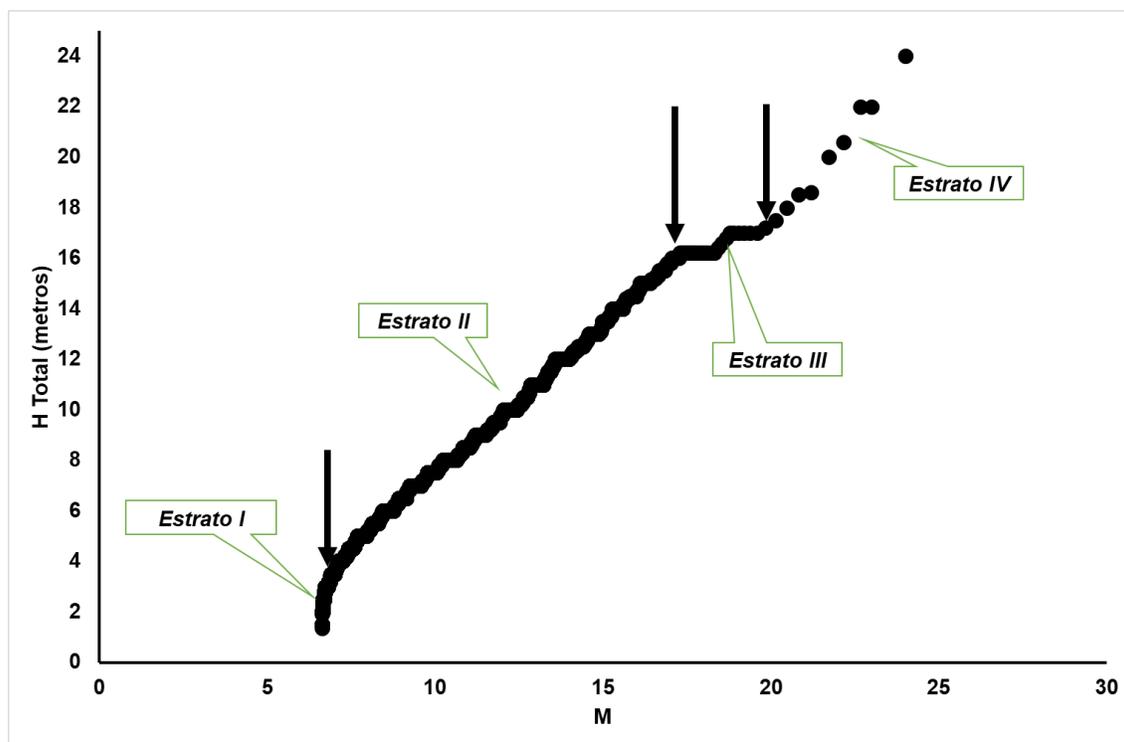


Figura 11. Diagrama h – M del Tipo 1, donde h representa la altura total de los árboles y M el valor acumulativo medio de las alturas.

4.2.2 Palo santo alto (Tipo 2)

En el “palo santo alto” (Figura 12), el estrato 1 (inferior), alcanza una altura de hasta 3,5 metros donde solo el 1,5% de los ejemplares de este estrato corresponden a *G. sarmiento*, el resto corresponde a las demás especies. El estrato II (intermedio), alcanza los 19 metros de altura, es el estrato con mayor densidad y está integrado por *G. sarmiento* en un 14% de los individuos presentes el resto está compuesto por árboles de otras especies. En el estrato III (codominante) el 30% de los árboles son de *G. sarmiento* y completan la participación en este estrato quebracho blanco y quebracho colorado santiagueño. El estrato IV (dominante) y el estrato V (predominante) alcanzan los 24 y 29,5 metros de altura contando además con un 50% y un 40% de los ejemplares de palo santo respectivamente, acompañado por quebracho blanco, guaraniná y quebracho colorado santiagueño. Respecto a la continuidad de los estratos, esta es visiblemente continua hasta e estrato IV, donde se torna parcialmente discontinua y llegando a ser marcadamente discontinua en el estrato V.

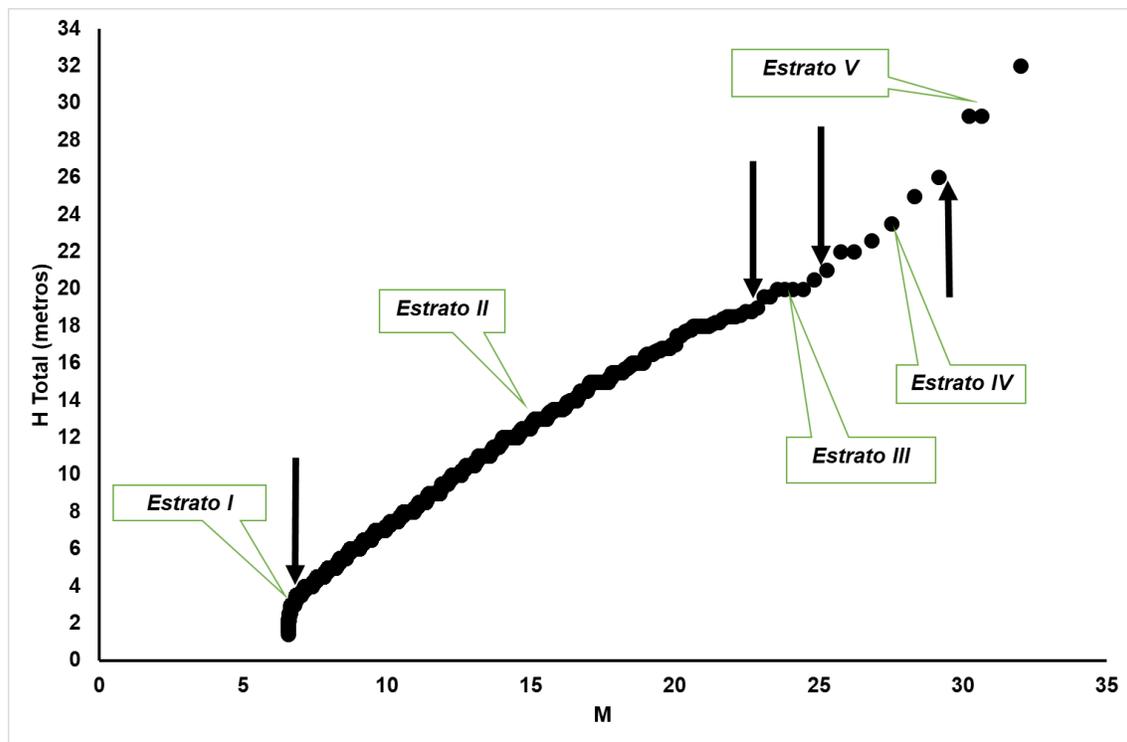


Figura 12. Diagrama h – M del Tipo 2, donde h representa la altura total de los árboles y M el valor acumulativo medio de las alturas.

4.2.3 Palo santo bajo (Tipo 3)

Podemos observar que en el caso del “palo santo bajo” (Figura 13), el estrato 1 (inferior), alcanza una altura de hasta 4 metros donde el 2,4% de los individuos son de palo santo, el resto corresponde a las demás especies. El estrato II (intermedio), alcanza los 15 metros de altura, es el estrato con mayor densidad y continuidad, integrado por *G. sarmiento* en un 12% mientras que el resto está compuesto por árboles de otras especies. En el estrato III (codominante), parcialmente discontinuo, el 24% de los árboles son de *G. sarmiento* y completan la participación en este estrato quebracho blanco, francisco alvarez, palo borracho y quebracho colorado santiagueño. El estrato IV (dominante), visiblemente discontinuo, tiene un 75% de los ejemplares de palo santo, mientras que, en el estrato V (predominante), muy discontinuo y el cual llega a los 25 metros, no existen ejemplares de palo santo.

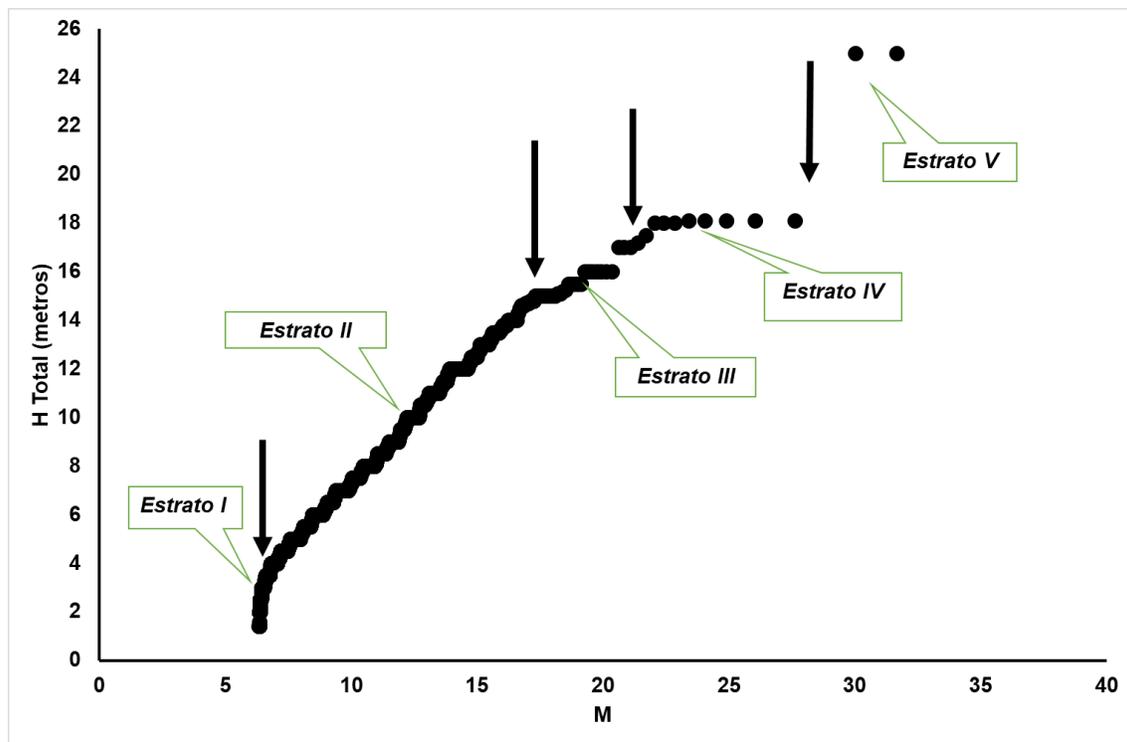


Figura 13. Diagrama h – M del Tipo 3, donde h representa la altura total de los árboles y M el valor acumulativo medio de las alturas.

Respecto a la estructura vertical se puede destacar la participación de la especie (*G. sarmientoii*) en todos los estratos para los Tipo de bosque 1 y 2, si bien los valores relativos de esta varía en base al grupo y estrato se encuentra presente en todo el perfil de vegetación. Sin embargo, en el Tipo 3 la participación aumenta conforme lo hace la altura hasta los 18 metros. Esto refleja una falta de ejemplares en los estratos bajos e intermedios.

4.3. Estructura Horizontal

4.3.1. Caracterización de cada tipo de bosque - Área basal y densidad

Para describir la estructura horizontal de cada tipo de bosque se utilizaron graficas de distribución de frecuencias diamétricas (Lamprecht, 1990), las cuales son una representación muy potente para describir un grupo de árboles, rodal o bosque (Pond y Froese, 2015) y se utiliza como sustituto de la tabla de vida de una comunidad arbórea para evaluar su dinámica y sustentabilidad.

4.3.1.1 Palosantal (Tipo 1)

La Tabla 16 muestra que el 32% de la densidad y más del 40% del área basal están representados por palo santo, y no se observa una elevada cantidad de ejemplares sobre maduros.

Tanto para el conjunto de especies en general como para palo santo en particular la Figura 14 muestra que el “palosantal” posee una estructura tipo J invertida o irregular, típica de las formaciones naturales mixtas del Parque Chaqueño. Es destacable que cerca del 50% de los ejemplares de palo santo y más del 40% de los individuos en general tienen más de 10 cm de DAP, mientras que, en la clase diamétrica inferior existe una alta proporción de ejemplares jóvenes en los que se registran los mayores valores acumulados de área basal.

Tabla 16. Densidad (N) y área basal (G) según especie y clase diamétrica para el Tipo 1 (Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies).

clase DAP (cm)	N (ind/ha)		G (m ² /ha)		DENSIDAD (ind/ha)	G (m ² /ha)
	palo santo	otras	palo santo	otras		
5,0 a 9,9	69,7	330,7	0,32	1,33	400,5	1,65
10,0 a 14,9	35,5	91,6	0,42	1,06	127,1	1,48
15,0 a 19,9	22,0	46,0	0,50	1,04	67,9	1,54
20,0 a 24,9	12,3	24,6	0,48	0,94	37,0	1,42
25,0 a 29,9	7,4	14,0	0,42	0,80	21,5	1,22
30,0 a 34,9	3,8	8,3	0,30	0,67	12,1	0,98
35,0 a 39,9	2,1	5,0	0,23	0,54	7,2	0,77
40,0 a 44,9	1,7	1,8	0,23	0,25	3,5	0,48
45,0 a 49,9	0,9	1,1	0,15	0,19	2,0	0,34
50,0 a 54,9	0,4	1,2	0,08	0,25	1,6	0,32
55,0 a 59,9	0,5	0,5	0,11	0,13	1,0	0,25
60,0 a 64,9	0,1	0,2	0,03	0,05	0,3	0,08
> 65,0	0,2	0,5	0,06	0,26	0,7	0,33
Total general	156,5	525,7	3,34	7,51	682,2	10,85

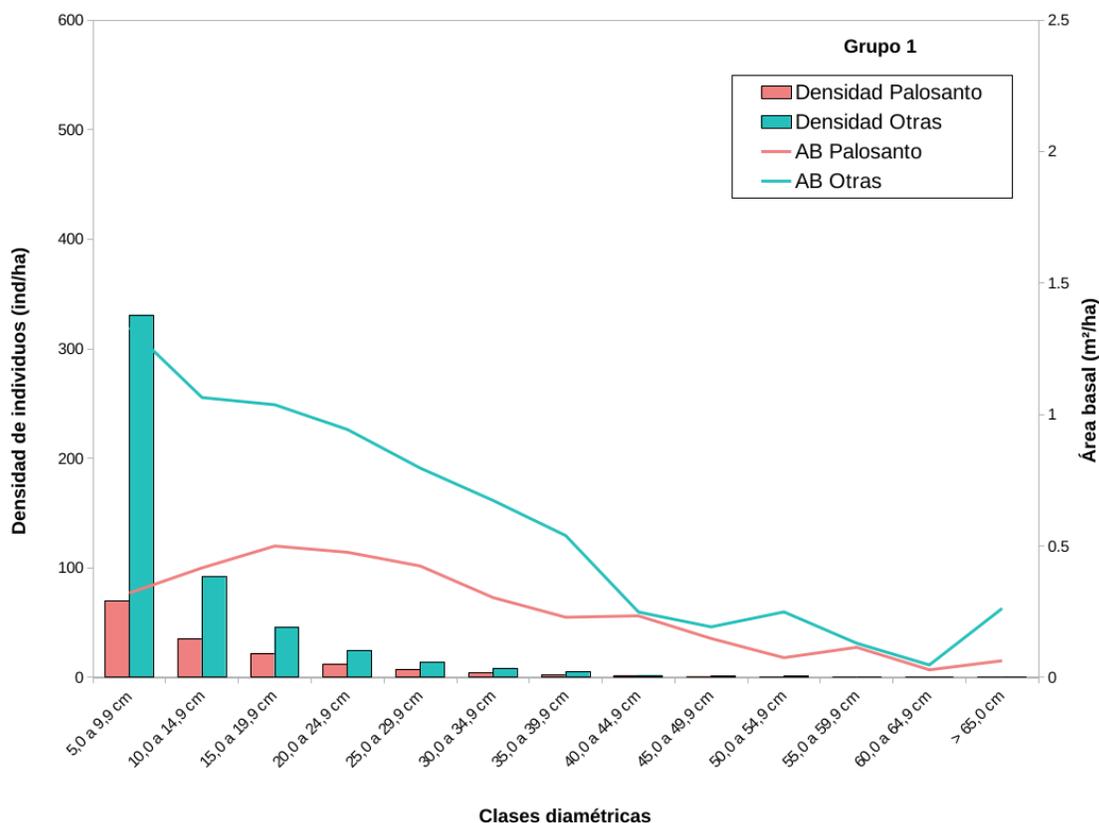


Figura 14. Distribución diamétrica y basimétrica para el Tipo 1 (Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies).

4.3.1.2 Palo santo alto (Tipo 2)

La Tabla 17 muestra que el 12% de la densidad y cerca del 25% del área basal están representados por palo santo y al igual que en el caso anterior tampoco existe una elevada cantidad de ejemplares sobre maduros.

En este caso, al igual que con el “palosantal” la Figura 15 muestra que el “palo santo alto” también posee una estructura tipo J invertida o irregular. Para este tipo de bosque, sin embargo, solo el 8% de los ejemplares de palo santo y el 24% de los individuos en general tienen más de 10 cm de DAP, por lo tanto, el resto se estaría acumulando en la clase diamétrica inferior reflejando condiciones de competencia elevada entre las especies. El área basal en el caso del conjunto de especies se acumula mayoritariamente en las clases diamétricas inferiores, mientras que en el caso de palo santo se ubican los mayores cúmulos en las clases intermedias de 15,0 a 35,0 cm de DAP.

Tabla 17. Densidad (N) y área basal (G) según especie y clase diamétrica para el Tipo 2 (Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores).

clase DAP (cm)	N (ind/ha)		G (m ² /ha)		N (ind/ha)	G (m ² /ha)
	palo santo	otras	palo santo	otras		
5,0 a 9,9	20,3	674,5	0,09	2,57	694,9	2,66
10,0 a 14,9	14,4	103,0	0,17	1,19	117,4	1,36
15,0 a 19,9	10,2	50,1	0,24	1,16	60,2	1,40
20,0 a 24,9	5,9	27,4	0,24	1,07	33,3	1,31
25,0 a 29,9	3,5	18,6	0,20	1,08	22,0	1,28
30,0 a 34,9	2,8	10,8	0,23	0,89	13,6	1,12
35,0 a 39,9	1,7	6,2	0,18	0,67	7,8	0,85
40,0 a 44,9	1,2	3,8	0,17	0,54	5,0	0,71
45,0 a 49,9	1,1	2,1	0,19	0,36	3,2	0,55
50,0 a 54,9	0,5	1,4	0,10	0,30	1,9	0,40
55,0 a 59,9	0,2	0,6	0,06	0,15	0,8	0,21
60,0 a 64,9	0,1	0,8	0,02	0,23	0,8	0,25
> 65,0	0,2	1,0	0,09	0,48	1,2	0,57
Total general	62,0	900,2	1,98	10,71	962,2	12,69

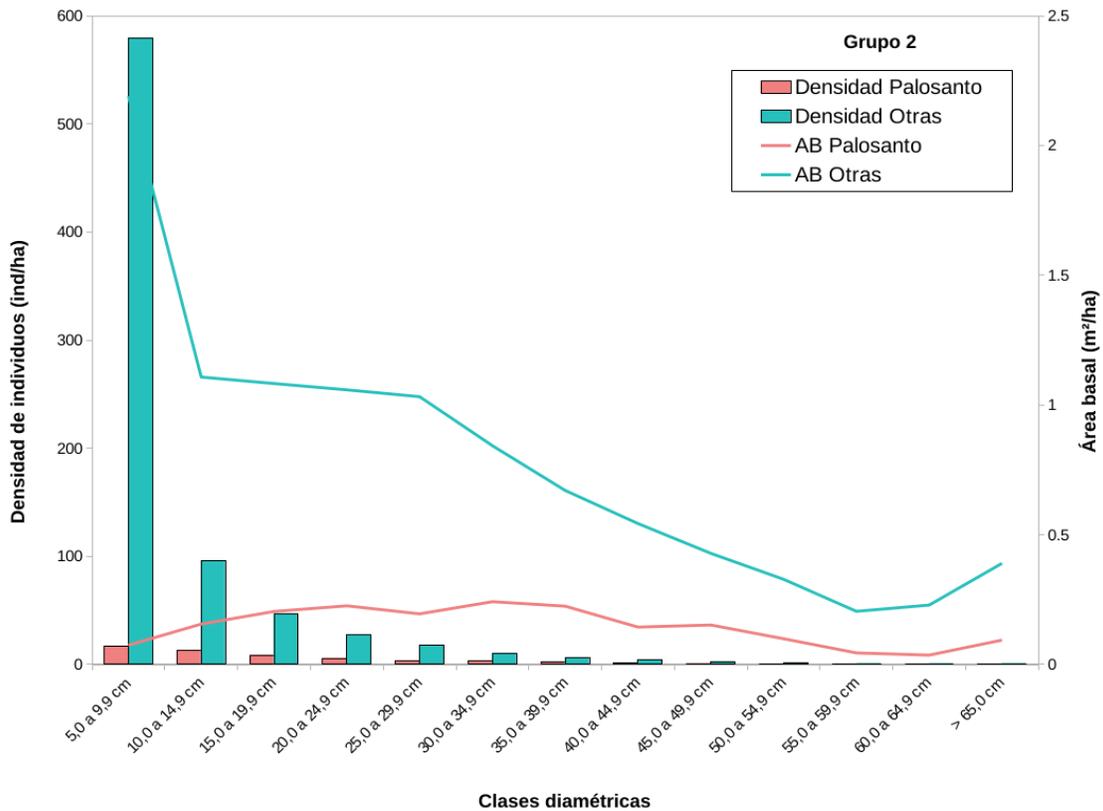


Figura 15. Distribución diamétrica y basimétrica para el Tipo 2 (Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores).

4.3.1.3 Palo santo bajo (Tipo 3)

La Tabla 18, muestra que solo el 9% de la densidad y alrededor del 25% del área basal están representados por palo santo; a diferencia de los casos anteriores la proporción de ejemplares sobre maduros es mayor en este caso.

Para el “palo santo bajo” la Figura 16 muestra que al igual que en los casos anteriores también posee una estructura tipo J invertida o irregular. No obstante, solo el 1,5% de los ejemplares de palo santo y el 34% de los individuos en general tienen más de 10 cm de DAP; el resto de los ejemplares ocupan la clase diamétrica inferior. Esto indicaría una fuerte disminución en la participación no solo de los ejemplares de palo santo sino también de ejemplares adultos de otras especies en la estructura. Para el conjunto de las especies la distribución del área basal es irregular teniendo picos en las clases inferiores e intermedias, en cambio para el palo santo la mayor proporción de área basal se acumula en torno a los 35,0 cm de DAP. Lo antes mencionado indica una situación de sobremadurez y alta competencia en los estratos intermedios y superiores.

Tabla 18. Densidad (N) y área basal (G) según especie y clase diamétrica para el Tipo 3 (Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas).

clase DAP (cm)	N (ind/ha)		G (m ² /ha)		N (ind/ha)	G (m ² /ha)
	palo santo	otras	palo santo	otras		
5,0 a 9,9	9,3	526,5	0,04	2,04	535,9	2,08
10,0 a 14,9	10,2	122,6	0,13	1,39	132,9	1,51
15,0 a 19,9	8,8	58,3	0,22	1,35	67,1	1,57
20,0 a 24,9	3,8	38,1	0,15	1,47	41,9	1,62
25,0 a 29,9	6,0	16,9	0,35	0,98	22,9	1,32
30,0 a 34,9	3,8	11,9	0,32	0,97	15,7	1,29
35,0 a 39,9	3,1	10,2	0,33	1,12	13,3	1,45
40,0 a 44,9	1,0	2,9	0,14	0,41	3,8	0,56
45,0 a 49,9	1,2	1,7	0,20	0,30	2,9	0,49
50,0 a 54,9	0,7	0,7	0,15	0,15	1,4	0,30
55,0 a 59,9	0,2	0,2	0,06	0,06	0,5	0,12
60,0 a 64,9	1,0	0,2	0,29	0,07	1,2	0,36
> 65,0	0,2	1,2	0,08	0,54	1,4	0,62
Total general	49,3	791,5	2,45	10,84	840,9	13,29

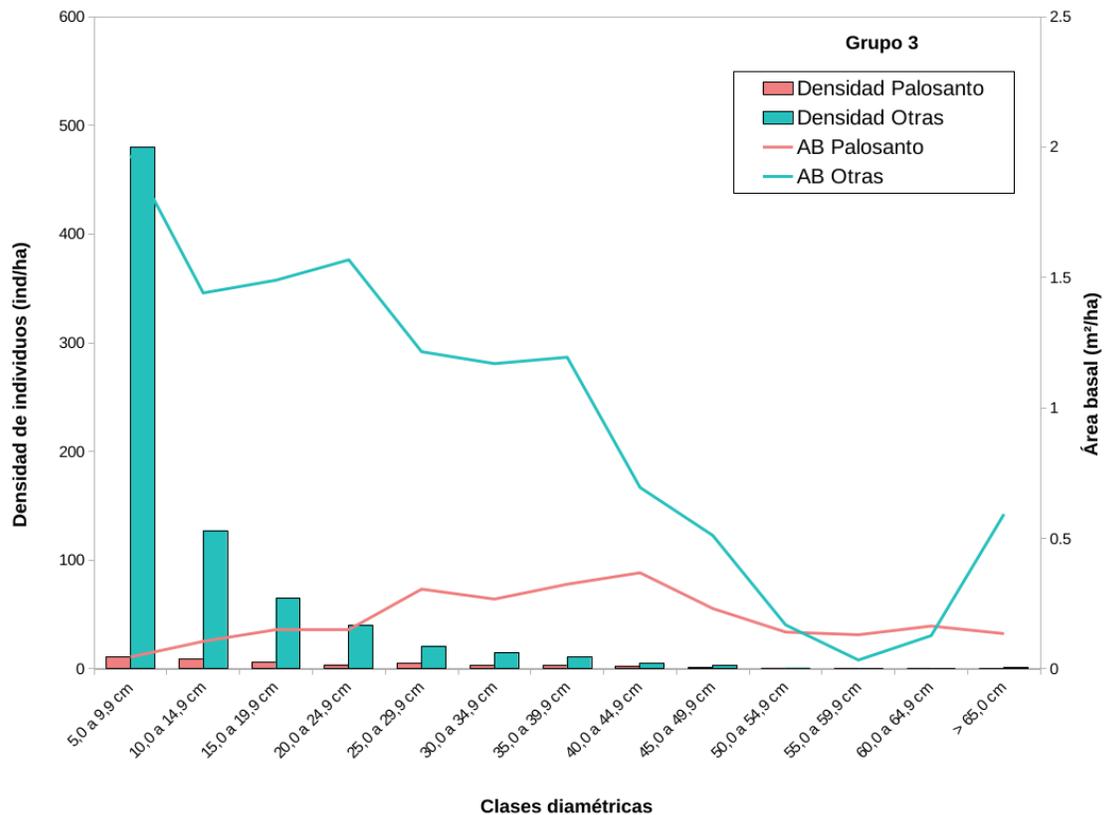


Figura 16. Distribución diamétrica y basimétrica para el Tipo 3 (Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas).

4.3.2 Volumen

Dado que aún no se cuenta con ecuaciones o tarifas regionales de volumen que permitan estimar el volumen para la especie, se decidió estimar el volumen de los árboles mediante la aplicación de la fórmula citada por diferentes autores (Thren, 1993; Yner 2014) en la cual se efectúa el producto entre la sección normal de un árbol, la altura ya sea total o de fuste del mismo y un coeficiente mórfoico o factor de forma.

El coeficiente mórfoico o factor de forma (Ugalde, 1981) consiste en la relación existente entre el volumen real de un fuste y el volumen de un cuerpo geométrico convencional de la misma base que la sección normal del árbol y de su misma altura.

El factor de forma empleado para todos los cálculos de volumen de fuste y volumen total fue de 0,7 coincidiendo con lo expresado por Armijos Guzmán (2013) que aconseja que en aquellos casos en que no existe mucho conocimiento sobre el factor de forma de las diferentes especies, se recomienda la reducción a 0,65 – 0,70. El volumen de ramas fue calculado por diferencias entre al total y el de fuste.

- Palosantal (Tipo 1)

La Tabla 19 muestra que en el “palosantal”, donde entre el 40 y el 50% de los volúmenes de fuste y total están representados por palo santo.

Tabla 19. Distribución volumétrica del palo santo y otras especies.

clase DAP (cm)	palo santo		otras	
	Volumen Fuste (m ³ /ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Volumen Fuste (m ³ /ha)	Volumen total (m ³ /ha)
5,0 a 9,9	0,598	1,438	2,826	6,541
10,0 a 14,9	0,951	2,508	2,094	5,116
15,0 a 19,9	1,322	3,632	2,069	5,275
20,0 a 24,9	0,916	3,000	1,801	5,017
25,0 a 29,9	0,787	2,822	1,347	4,115
30,0 a 34,9	0,644	2,140	1,530	4,323
35,0 a 39,9	0,427	1,684	1,154	3,439
40,0 a 44,9	0,384	1,403	0,523	1,534
45,0 a 49,9	0,284	1,122	0,484	1,464
50,0 a 54,9	0,251	0,863	0,269	1,075
55,0 a 59,9	0,324	1,434	0,467	1,211
60,0 a 64,9	0	0	0,158	0,495
> 65,0	0,160	0,369	0,897	2,376
Total general	7,05	22,42	15,62	41,98

Lo que se puede destacar con base a lo que se observa en las Figura 17 es que el volumen se concentra en su mayor proporción en las clases diamétricas inferiores a 45,0 cm de DAP, presentado los valores más altos entre 15,0 cm y 29,9 cm de DAP.

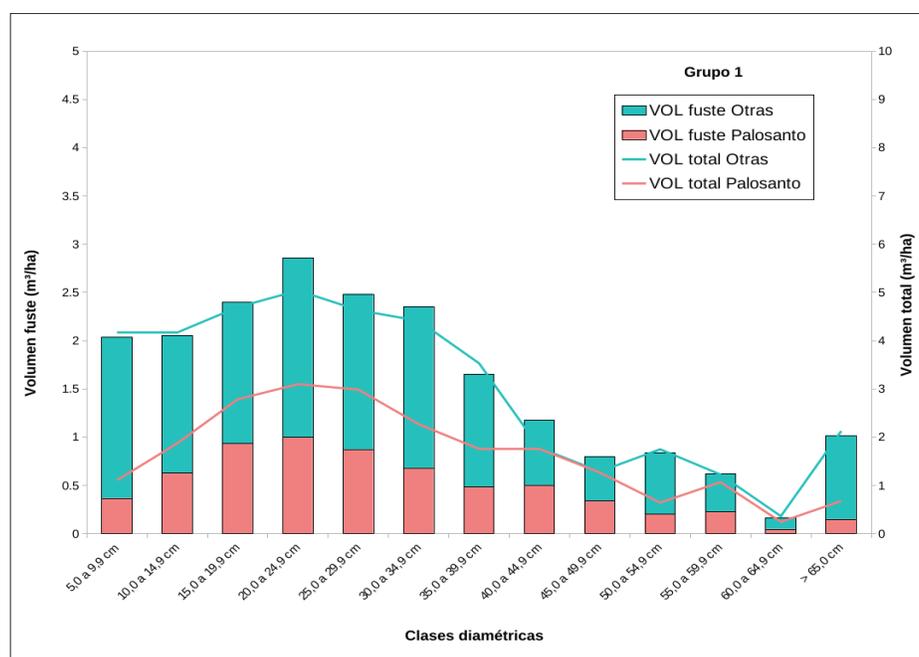


Figura 17. Distribución volumétrica según conjunto de especies para el Tipo 1.

- Palo santo alto (Tipo 2)

La Tabla 20 muestra que el palo santo representa entre el 27% y el 32% de los volúmenes de fuste, de ramas y total, siendo estos valores en términos relativos menores que en el caso anterior.

Tabla 20. Distribución volumétrica del palo santo y otras especies.

clase DAP (cm)	palo santo		otras	
	Volumen Fuste (m ³ /ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Volumen Fuste (m ³ /ha)	Volumen total (m ³ /ha)
5,0 a 9,9	0,148	0,380	3,423	7,931
10,0 a 14,9	0,325	0,862	1,974	4,813
15,0 a 19,9	0,469	1,438	2,217	5,718
20,0 a 24,9	0,503	1,565	2,398	6,188
25,0 a 29,9	0,433	1,436	2,553	6,973
30,0 a 34,9	0,520	1,836	2,138	6,133
35,0 a 39,9	0,443	1,475	1,746	5,023
40,0 a 44,9	0,474	1,346	1,446	4,231
45,0 a 49,9	0,526	1,757	1,191	2,885
50,0 a 54,9	0,237	0,761	0,857	2,429
55,0 a 59,9	0,157	0,445	0,365	1,253
60,0 a 64,9	0,046	0,214	0,685	1,713
> 65,0	0,373	1,025	1,434	3,930
Total general	4,65	14,54	22,42	59,22

Con base a la distribución volumétrica (Figura 18) podemos observar que el volumen se concentra en su mayor proporción en las clases diamétricas intermedias, es decir entre los 20,0 cm y 49,9 cm de DAP.

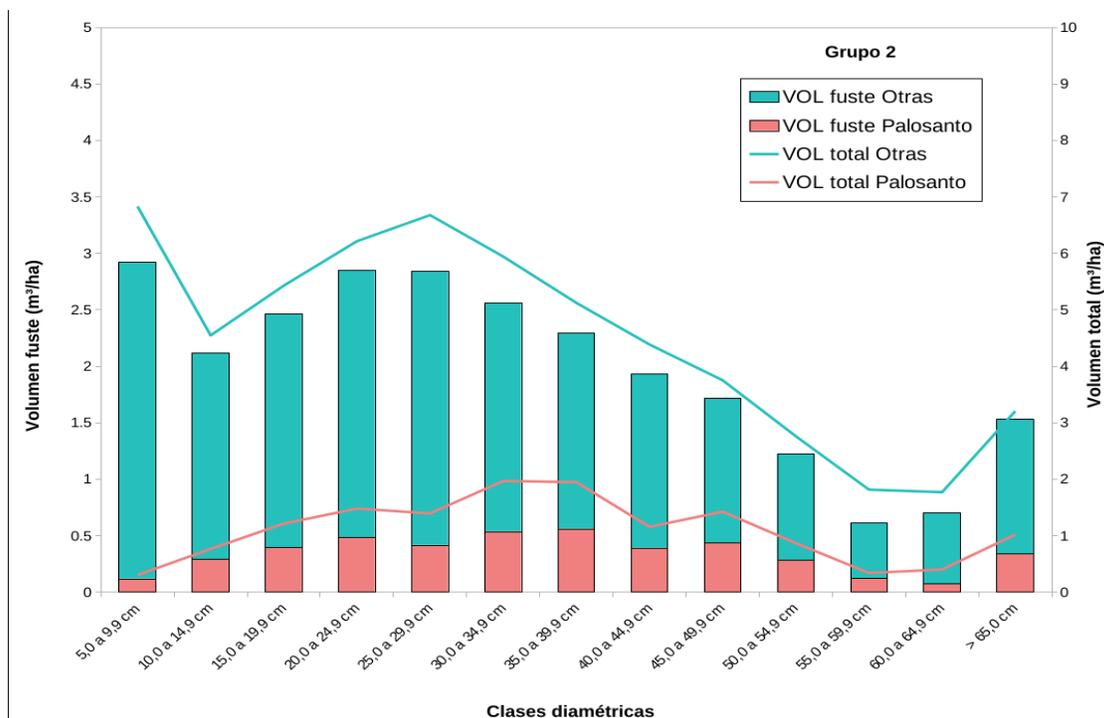


Figura 18. Distribución volumétrica según conjunto de especies para el Tipo 2.

- Palo santo bajo (Tipo 3)

La Tabla 21 muestra que para el caso del “palo santo bajo” los volúmenes de fuste, de ramas y total de palo santo representan alrededor del 31%, siendo estos valores en términos relativos menores que en el palosantal.

Tabla 21. Distribución volumétrica del palo santo y otras especies.

clase DAP (cm)	palo santo		otras	
	Volumen Fuste (m³/ha)	Volumen total (m³/ha)	Volumen Fuste (m³/ha)	Volumen total (m³/ha)
5,0 a 9,9	0,073	0,154	2,974	6,365
10,0 a 14,9	0,254	0,662	2,461	5,538
15,0 a 19,9	0,505	1,259	2,672	6,368
20,0 a 24,9	0,348	0,989	3,182	7,546
25,0 a 29,9	0,823	2,314	2,136	5,909
30,0 a 34,9	0,691	2,341	2,492	6,593
35,0 a 39,9	0,986	2,447	3,369	7,631
40,0 a 44,9	0,259	1,065	1,120	3,631
45,0 a 49,9	0,543	1,758	0,831	2,170
50,0 a 54,9	0,652	1,717	0,412	1,084
55,0 a 59,9	0,264	0,548	0,063	0,419
60,0 a 64,9	0,849	3,088	0,070	0,424
> 65,0	0,393	0,826	1,402	4,370
Total general	6,64	19,17	23,18	58,05

La distribución volumétrica del “palo santo bajo” (Figura 19) muestra que para el conjunto de las especies los volúmenes se concentran en las clases diamétricas inferiores e intermedias, mientras que para palo santo los volúmenes se concentran en las clases intermedias y superiores.

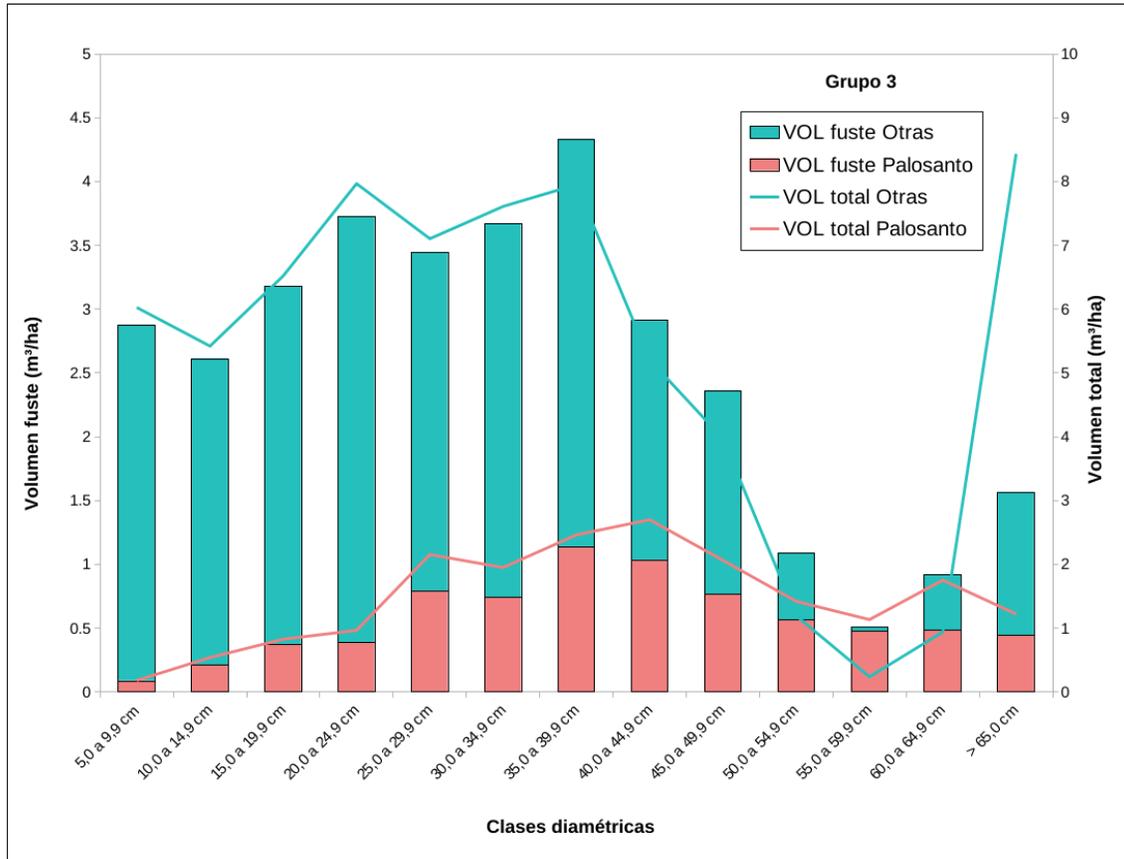


Figura 19. Distribución volumétrica según conjunto de especies para el Tipo 3.

4.3.3 Caracterización de cada Clase de Sitio - Área basal, volumen y densidad

4.3.3.1 Clase I – Calidad alta

La Tabla 22 muestra que el 18% de la densidad y más del 40% del área basal están representados por palo santo, y no se observa una elevada cantidad de ejemplares sobre maduros.

Tanto para el conjunto de especies en general como para palo santo en particular la Figura 20 muestra que el bosque de la Clase I posee una estructura tipo J invertida o irregular característica de los bosques naturales de la región. Los valores de área basal y volumen total alcanzan sus expresiones más altas en las clases diamétricas intermedias y próximas al DMC de palo santo y también en las clases superiores.

Tabla 22. Densidad (N), Volumen de fuste (VF) y Volumen total (VT) y área basal (G) según especie y clase diamétrica para la clase de sitio alta basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m).

CLASE DAP (cm)	Palo santo				Otras			
	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)
5,0 a 9,9 cm	25,9	0,12	0,181	0,510	612,3	2,35	3,227	7,459
10,0 a 14,9 cm	20,5	0,25	0,484	1,350	113,5	1,31	2,180	5,372
15,0 a 19,9 cm	17,0	0,41	0,892	2,628	50,1	1,15	2,257	5,743
20,0 a 24,9 cm	10,6	0,43	0,923	3,172	27,7	1,08	2,529	6,424
25,0 a 29,9 cm	7,8	0,46	0,951	3,590	16,4	0,96	2,189	6,338
30,0 a 34,9 cm	5,5	0,46	1,020	3,834	10,9	0,88	2,234	6,281
35,0 a 39,9 cm	3,9	0,43	1,024	3,510	7,7	0,84	2,415	6,338
40,0 a 44,9 cm	2,0	0,28	0,769	2,424	2,9	0,42	1,165	3,402
45,0 a 49,9 cm	1,7	0,28	0,674	2,575	1,9	0,33	0,969	2,633
50,0 a 54,9 cm	1,2	0,26	0,781	2,398	1,3	0,27	0,725	1,966
55,0 a 59,9 cm	0,8	0,21	0,566	1,925	0,6	0,14	0,416	1,356
60,0 a 64,9 cm	0,5	0,14	0,383	1,451	0,6	0,17	0,487	1,477
> 65,0 cm	0,5	0,18	0,772	1,952	1,1	0,53	1,774	4,824
Total general	25,9	0,12	0,18	0,51	612,3	2,35	3,23	7,46

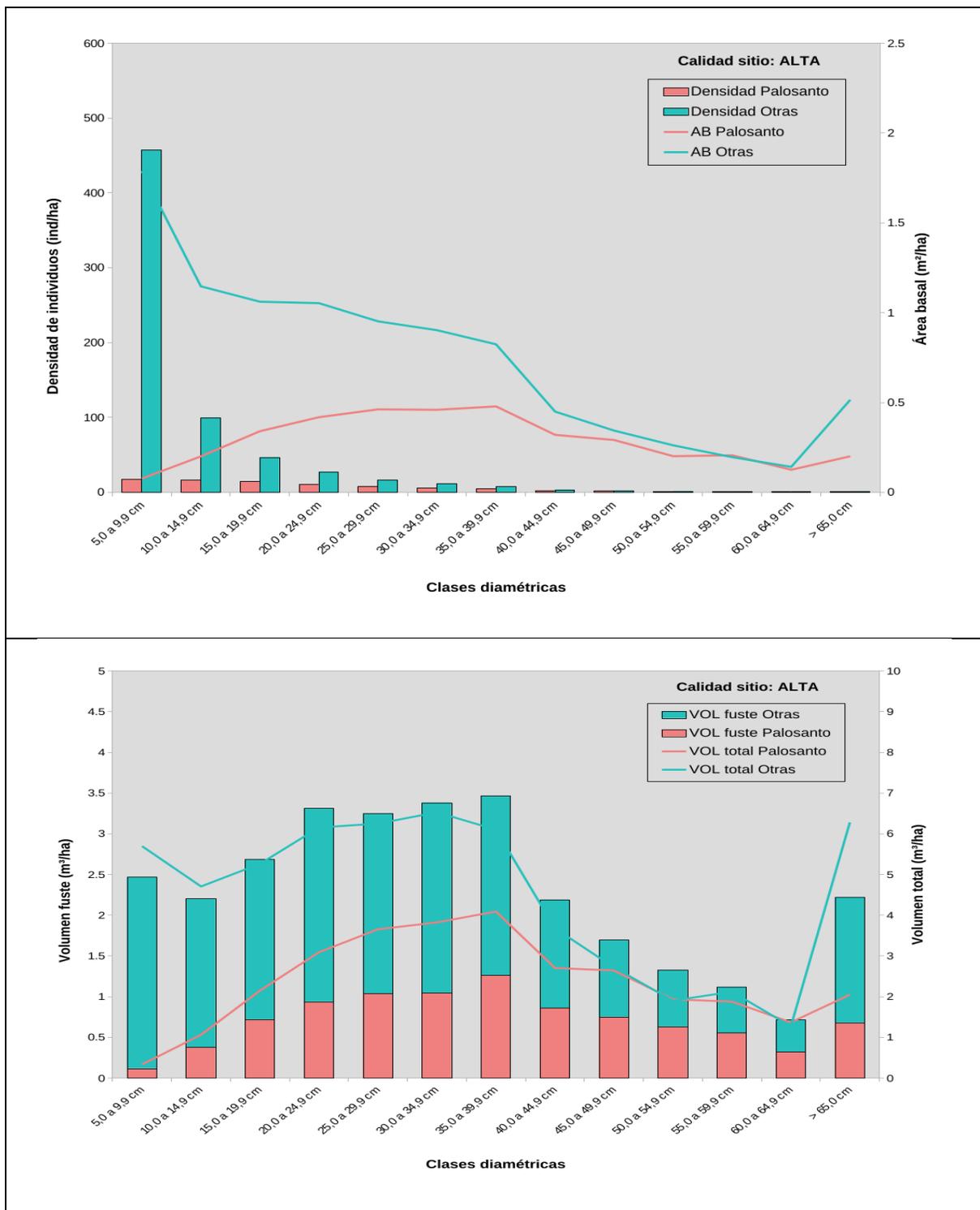


Figura 20. Distribución diamétrica, basimétrica y volumétrica para para la clase de sitio alta basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m).

4.3.3.2 Clase II – Calidad Media

La Tabla 23 muestra que el 20,4 % de la densidad y cerca del 30% del área basal están representados por palo santo y en este caso tampoco existe una elevada cantidad de ejemplares sobre maduros.

Al igual que el caso de la Clase I, la Figura 21 muestra que el bosque de palo santo de Clase II también posee una marcada estructura tipo J invertida o irregular, reflejando condiciones de competencia elevada entre las especies y sobre todo en las clases diamétricas intermedias e inferiores y valores bajos de área basal y volumen en las clases superiores.

Tabla 23. Densidad (N), área basal (G), Volumen de fuste (VF) y Volumen total (VT) según especie y clase diamétrica para la clase de sitio media basado en la altura de los árboles dominantes (II: 9 – 10,99 m).

CLASE DAP (cm)	Palo santo				Otras			
	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)
5,0 a 9,9 cm	42,2	0,20	0,305	0,742	584,7	2,29	3,129	7,038
10,0 a 14,9 cm	22,8	0,28	0,467	1,382	97,8	1,13	1,867	4,443
15,0 a 19,9 cm	19,2	0,45	0,860	2,598	45,7	1,06	1,973	5,013
20,0 a 24,9 cm	7,2	0,28	0,579	1,821	26,3	1,04	2,225	5,910
25,0 a 29,9 cm	5,1	0,29	0,658	1,893	14,6	0,85	2,007	5,316
30,0 a 34,9 cm	2,9	0,24	0,547	1,647	10,1	0,85	2,111	5,941
35,0 a 39,9 cm	1,6	0,18	0,409	1,194	5,7	0,61	1,604	4,210
40,0 a 44,9 cm	1,1	0,16	0,316	1,158	2,4	0,34	0,857	2,534
45,0 a 49,9 cm	1,3	0,23	0,651	1,945	1,6	0,29	0,822	2,165
50,0 a 54,9 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	1,0	0,22	0,609	1,886
55,0 a 59,9 cm	0,3	0,06	0,087	0,436	0,8	0,20	0,518	1,372
60,0 a 64,9 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	0,5	0,16	0,488	1,191
> 65,0 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	0,8	0,44	1,317	3,693
Total general	103,7	2,37	4,88	14,81	792,0	9,47	19,53	50,71

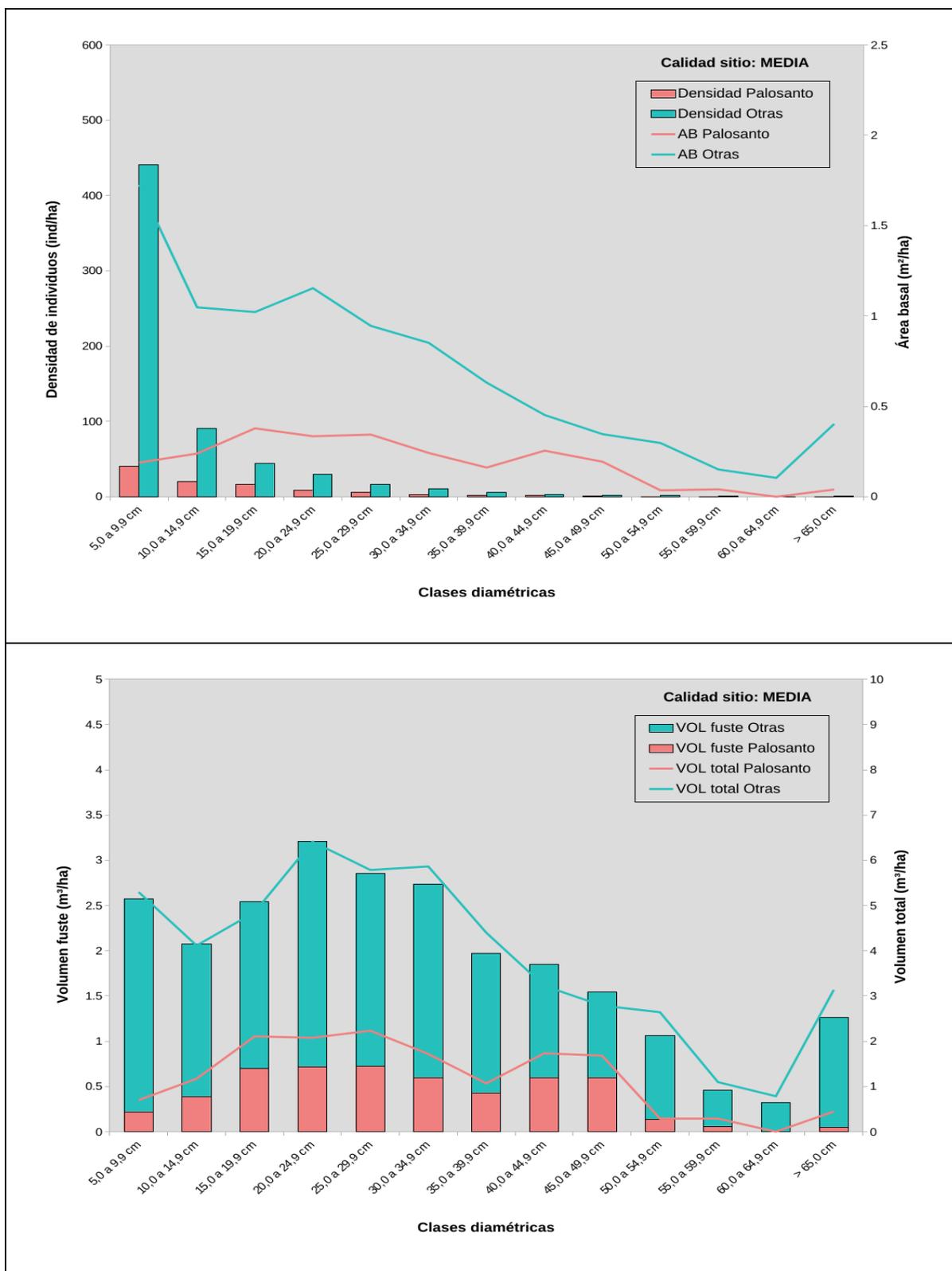


Figura 21. Distribución diamétrica, basimétrica y volumétrica para para la clase de sitio media basado en la altura de los árboles dominantes (II: 9 – 10,99 m).

4.3.3.3. Clase III – Calidad Baja

La Tabla 24 muestra que alrededor del 22% de la densidad y del área basal están representados por palo santo; a diferencia de los casos anteriores se puede observar la baja participación de la especie en las clases diamétricas superiores, en este caso, se visualiza ausencia de ejemplares en dichas clases.

Para el bosque de Clase III, es decir de calidad de sitio baja, la Figura 22 muestra una estructura tipo J invertida o irregular, constante y representativa de todos los tipos de bosques y condiciones analizadas. En este caso, la mayoría de los ejemplares ocupan la clase diamétrica inferior. Remarcando la disminución abrupta en la participación no solo de los ejemplares de palo santo sino también de ejemplares adultos de otras especies en la estructura. Para el conjunto de las especies la distribución del área basal y volumen total es irregular con altos valores en las clases inferiores y defectos o escasa participación en las clases superiores. Estos aspectos denotan una fuerte competencia no solo a nivel especie sino también a nivel individual.

Tabla 24. Densidad (N), área basal (G) Volumen de fuste (VF) y Volumen total (VT) según especie y clase diamétrica para calidad de sitio baja basado en la altura de los árboles dominantes (III: < 8,99 m).

CLASE DAP (cm)	Palo santo				Otras			
	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)	N (ind/ha)	G (m ² /ha)	VF (m ³ /ha)	VT (m ³ /ha)
5,0 a 9,9 cm	70,2	0,31	0,463	1,054	575,2	2,23	3,005	6,922
10,0 a 14,9 cm	35,6	0,41	0,716	1,696	110,3	1,28	2,175	5,144
15,0 a 19,9 cm	14,6	0,33	0,678	1,629	54,7	1,27	2,390	6,020
20,0 a 24,9 cm	5,1	0,20	0,385	0,992	26,8	1,04	2,046	5,398
25,0 a 29,9 cm	2,3	0,13	0,255	0,662	15,2	0,87	1,843	5,298
30,0 a 34,9 cm	0,9	0,07	0,166	0,363	8,2	0,67	1,516	4,272
35,0 a 39,9 cm	0,2	0,02	0,045	0,123	5,0	0,54	1,142	3,538
40,0 a 44,9 cm	0,3	0,04	0,086	0,266	3,0	0,42	1,037	3,175
45,0 a 49,9 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	1,4	0,25	0,774	1,822
50,0 a 54,9 cm	0,1	0,02	0,022	0,094	0,8	0,16	0,345	1,268
55,0 a 59,9 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	0,4	0,10	0,177	0,649
60,0 a 64,9 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	0,3	0,09	0,201	0,464
> 65,0 cm	0,0	0,00	0,000	0,000	0,6	0,27	0,535	1,571
Total general	129,3	1,54	2,82	6,88	801,9	9,19	17,19	45,54

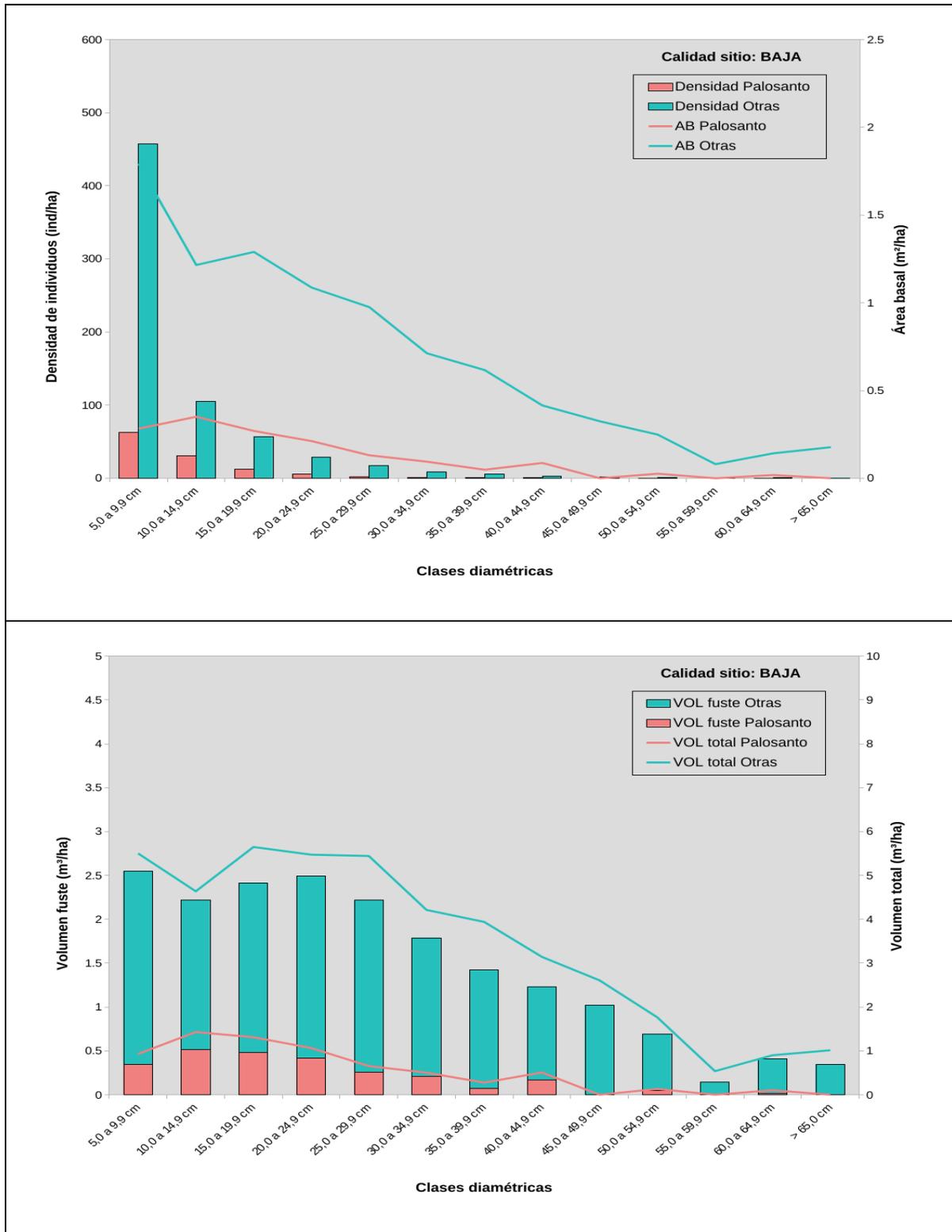


Figura 22. Distribución diamétrica y basimétrica para para la clase de sitio baja basado en la altura de los árboles dominantes (III: < 8,99 m).

4.4. Propuesta de manejo: Sistema “Árbol de Futura Cosecha”

A continuación, se describen propuestas de manejo silvicultural para los bosques con palo santo. Según Brassiolo y Grulke (2015), mediante este sistema se convierte un bosque nativo sin manejo en un bosque manejado. El concepto fundamental es:

- Cosechar selectivamente los árboles comerciables maduros.
- Mejorar las condiciones de crecimiento de los mejores individuos (= árboles de aprovechamiento futuro) del rodal.
- Mantener la estructura irregular y la diversidad del bosque.

En los tres tipos de bosque se visualizan diferencias en composición específica, clases diamétricas y continuidad de estratos de altura. Con base al análisis de la estructura vertical es necesario incrementar la participación en los tres tipos de bosque en los estratos inferiores y e intermedios lo cual se puede lograr mediante la aplicación de sistemas silviculturales como el del Árbol de Futura Cosecha (Brassiolo y Abt, 2014), efectuando cortas de liberación (apeando o anillando competidores) de ejemplares de palo santo, e incrementando la superficie disponible para la instalación y desarrollo de renovales de la especie.

La “selección de árboles de futura cosecha” forma parte de los sistemas de conversión de bosques nativos sin manejo, en bosques nativos manejados. El concepto fundamental es mejorar las condiciones de crecimiento de los mejores individuos (árboles de futura cosecha) en cada tipo de bosque. Una vez identificados y seleccionados los árboles de futura cosecha se debería promover su desarrollo mediante la regulación de la competencia, quitando ejemplares de otras especies que compiten directamente con ellos. Los árboles de futura cosecha en un bosque irregular se seleccionan entre individuos de todas las clases diamétricas a partir de un DAP de 5 cm, considerando que a partir de este diámetro los árboles están establecidos. Como guía en términos la determinación de la cantidad mínima y la cantidad ideal de árboles de futura cosecha por hectárea de palo santo se pueden utilizar los propuestos por Brassiolo y Grulke (2015), manteniendo en lo posible las proporciones en valores cercanos a los sitios de máximo potencial productivo de la especie en cada Tipo de bosque y Calidad de sitio. En este sentido habrá eventuales sacrificios de cortabilidad de la especie, particularmente en los sitios de baja calidad donde hay defecto de ejemplares en clases diamétricas mayores, ya sea dejando en pie aquellos ejemplares que tengan un diámetro mayor al DMC establecido por las provincias que estén dentro o linderos a grupos de árboles menores de la especie cuyo apeo pudiera dañar un número considerable de estos arbolitos de palo santo con buenas características maderables; en aquellos sitios donde sea necesario mantener arboles semilleros para promover instalación de renovales o mantener condiciones de cobertura de suelo para evitar degradación y pérdida de productividad de esos sitios. Las situaciones de elevada competencia sobre todo en clases diamétricas inferiores representan una oportunidad, aun en condiciones de calidad de sitio baja, para la selección y promoción de ejemplares jóvenes de palo santo para mejorar la oferta futura de madera de la especie, particularmente en las situaciones donde, además, estos ejemplares cumplen funciones de sostenimiento de condiciones ambientales.

4.5. Propuesta de manejo “corta según DMC”

Considerando la distribución diamétrica de cada tipo de bosque junto con las existencias en términos de área basal el otro sistema posible de implementar es el del aprovechamiento según “diámetro mínimo de corta” para la especie, si bien, es el sistema tradicional de todo el norte del país, en el mismo no se considera la posibilidad de realizar raleos selectivos cuyo objetivo sea mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles remanentes de clases diamétricas intermedias e inferiores.

Actualmente en Latinoamérica, la mayoría de los rodales se manejan estableciendo las intervenciones en base al diámetro mínimo de corta sin mayores referencias al ciclo de corta, entendiéndose este en el tiempo que demora un árbol a alcanzar la clase de cortabilidad a partir de la clase diamétrica anterior, tratando en este caso de conservar la distribución de tipo irregular (Torres Rojo 2000).

Reynolds et al., (1984); Seymour y Kenefic, (1998) y O'Hara, (1998) afirman que mantener una estructura balanceada puede sostener un nivel de cosecha indefinidamente además de conservar el bosque, por lo que se dice que la estrategia es sustentable. No obstante, el empleo del diámetro mínimo de corta implica actuar sobre los ejemplares más viejos por ello es necesario complementar con una tasa de aprovechamiento complementario que este brindada por árboles de las categorías intermedias. El diámetro mínimo de corta se emplea, por una parte, para garantizar de manera rápida la recuperación del bosque a un estado anterior permitiendo el aprovechamiento de los árboles de mayor diámetro y conservando los ejemplares de las categorías diamétricas más bajas y por otra parte como un mecanismo de control por parte del organismo de aplicación.

Bajo este esquema se recomienda que la intensidad de corta propuesta para cada tipo de bosque y calidad de sitio, sea repartida en toda la distribución diamétrica de la especie de la siguiente manera:

- Un 75% de la IC en las clases mayores al DMC, para obtener producción maderable económicamente satisfactoria.
- Un 25% de la IC en las clases intermedias e inferiores a fin de regular la competencia entre especies e individuos y promover ejemplares sanos y bien formados para obtener cosechas sucesivas de mejor aptitud tecnológica.

4.6. Síntesis de categorías y sugerencia cambio categoría en OTBN

En la Tabla 25 se presentan las superficies para cada provincia y para las tres categorías de los OTBN de las principales variables analizadas (diversidad genética, tipos de bosques con palo santo y calidad de sitio) como base para la toma de decisiones de manejo de bosques con palo santo.

De la superficie actual de palo santo (2.477.009 ha), mientras que la provincia de Chaco solo presenta 16 has de bosque de palo santo en categoría verde, la provincia de Formosa posee en categoría en verde 570.803 ha con palo santo (el 67% de su superficie con palo santo), de las cuales 560.732 ha corresponden a una diversidad genética haplotídica alta, 36.408 ha a la clase 1 de Palosantal con gran abundancia de palo santo y 389.625 ha en la mejor clase de sitio. La provincia de Salta tiene en su OTBN 29.866 ha en categoría verde y casi en su totalidad corresponde a una

diversidad genética haplotídica media, y de las cuales 25.474 ha corresponden a palosantal (clase 1) y 7.776 ha a la mejor clase de sitio (Tabla 25).

Tabla 25. Superficie (ha) de los bosques con palo santo en las provincias de Salta, Formosa y Chaco discriminado según categoría de OTBN (I: rojo, II: amarillo, III: verde), diversidad genética haplotídica (diversidad baja 0,33 – 0,51, diversidad media 0,51 – 0,69 y diversidad alta 0,69 – 0,87) y los tres tipos de estado de los bosques. (Tipo 1: Palosantal con gran abundancia de palo santo respecto a las restantes especies, Tipo 2: Bosque chaqueño mixto con alta presencia de palo santo en las clases diamétricas superiores, Tipo 3: Bosque chaqueño mixto con baja presencia de palo santo en la mayoría de las clases diamétricas) y clases de calidad de sitio basado en la altura de los árboles dominantes (I: > 11 m, II: 9 – 10,99 m; III: < 8,99 m).

Provincia	Categoría OTBN	Diversidad Genética	Superficie (ha)	Tipos de bosque	Superficie (ha)	Calidad Sitio	Superficie (ha)
Chaco	I	Baja	0	Clase 1	22.464	Clase I	71.105
		Media	71.697	Clase 2	89.102	Clase II	18.587
		Alta	41.969	Clase 3	2.100	Clase III	24.144
	II	Baja	0	Clase 1	103.719	Clase I	267.532
		Media	305.930	Clase 2	268.951	Clase II	109.640
		Alta	156.415	Clase 3	89.675	Clase III	85.474
	III	Baja	0	Clase 1	2	Clase I	10
		Media	2	Clase 2	3	Clase II	2
		Alta	14	Clase 3	11	Clase III	4
	Sin Categorizar	Baja	0	Clase 1	20.745	Clase I	16.877
		Media	8.511	Clase 2	8.014	Clase II	3.665
		Alta	22.405	Clase 3	2.157	Clase III	9.906
Formosa	I	Baja	0	Clase 1	4.643	Clase I	14.496
		Media	5	Clase 2	4.666	Clase II	487
		Alta	18.017	Clase 3	8.713	Clase III	3.053
	II	Baja	1.390	Clase 1	28.824	Clase I	78.183
		Media	4.167	Clase 2	70.939	Clase II	10.724
		Alta	113.088	Clase 3	18.882	Clase III	29.035
	III	Baja	391	Clase 1	36.408	Clase I	389.625
		Media	9.680	Clase 2	411.189	Clase II	60.778
		Alta	560.732	Clase 3	123.205	Clase III	121.793
	Sin Categorizar	Baja	72	Clase 1	57.374	Clase I	74.238
		Media	6.830	Clase 2	70.663	Clase II	23.502
		Alta	137.852	Clase 3	16.717	Clase III	46.311
Salta	I	Baja	11.801	Clase 1	98.176	Clase I	61.509
		Media	118.125	Clase 2	33.356	Clase II	17.782
		Alta	1.906	Clase 3	300	Clase III	51.205
	II	Baja	64.160	Clase 1	492.777	Clase I	310.350
		Media	742.365	Clase 2	360.557	Clase II	196.149
		Alta	47.182	Clase 3	373	Clase III	348.683
	III	Baja	466	Clase 1	25.474	Clase I	7.776
		Media	28.363	Clase 2	4391	Clase II	12.078
		Alta	1.038	Clase 3	1	Clase III	10.109
	Sin Categorizar	Baja	33	Clase 1	1.640	Clase I	998
		Media	2.237	Clase 2	791	Clase II	160
		Alta	166	Clase 3	6	Clase III	1.043

Basado en el mapa de distribución actual de palo santo (Fig. 16 del Primer Informe), se superpuso las superficies de la mejor condición de bosque con palo santo correspondiente al Tipo 1 (palosantales) (Fig. 25 del Primer Informe) con diversidad alta genética haplotídica (Fig. 20 del Primer Informe) lo cual representa la mejor condición de los bosques con presencia de palo santo, con la categoría III (verde) de los OTBN provinciales de Salta, Formosa y Chaco (Fig. 18 del Primer Informe).

De este análisis se desprende una superficie de 34.610 ha solo en Formosa (Fig. 23) en donde coinciden las mejores condiciones de bosques con palo santo con la categoría verde del OTBN. Se sugiere que la provincia considere por su valor ambiental y de calidad de palo santo pasar esta superficie a categoría II (amarillo) o categoría I (rojo).

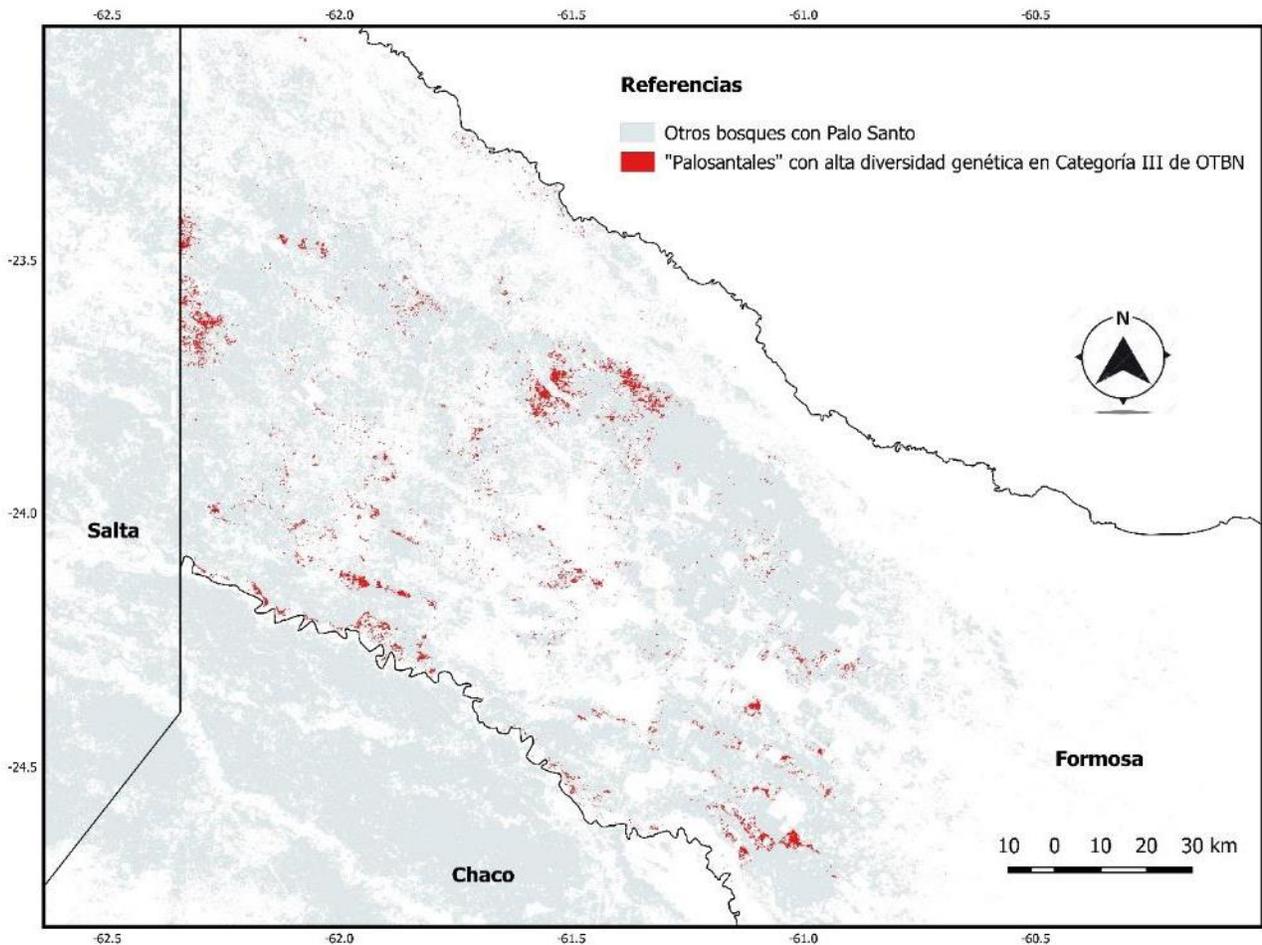


Figura 23. Distribución de bosques con palo santo con las mejores condiciones (palosantales del Tipo 1 con alta genética haplotídica) coincidente con la categoría verde del OTBN.

5. Caracterización poblacional rural y de centros urbanos en el área de distribución definida

La regionalización del palo santo, como cualquier otra, presenta una dimensión natural, determinada por la distribución física de los palosantales, con características relativamente homogéneas, según los tipos definidos, y otra socio-productiva, compuesta de diferentes actores y procesos con marcados rasgos de heterogeneidad y asimetría.

Nuestro análisis socioeconómico del complejo consta de dos partes. En la primera se caracteriza la población, tanto rural como de los centros urbanos, en el área de distribución definida. Los resultados fueron relevados desde el censo nacional de 2010, la encuesta permanente de hogares y los censos nacionales agropecuarios (en particular el de 2002 y el de 2008). En la segunda parte, capítulo 6 de este informe, se presenta una caracterización de los actores de la cadena productiva del palo santo, elaborada a partir de una serie de entrevistas a informantes calificados con presencia territorial, realizadas entre octubre de 2020 y enero de 2021. Ambas partes son complementarias y presentan una continua relación de ida y vuelta, ya que en el proceso de investigación la referencia a datos relevados sistemáticamente frente a la visión de los distintos actores del entramado social local, y su consecuente realimentación, nutren la construcción analítica objetivo de este estudio

5.1 Población del área de palo santo en la Argentina

Como primer paso en la determinación del área de palo santo a considerar en el análisis socioeconómico, se identificó geográficamente la superposición de las unidades administrativas y censales (INDEC) con la última definición disponible de presencia y ausencia de bosques de esta especie, según se desprende de los avances anteriores de esta consultoría. En la figura 24 se puede ver al área de bosque con existencias de palo santo, el cual se despliega entre las provincias de Salta, Chaco y Formosa. Para este estudio socioeconómico se relacionó esta geo-referencia con otras capas de información, originadas a partir del último censo nacional de población, viviendas y hogares, así como también otras referencias de organismos nacionales y provinciales, con las que se cotejaron los datos obtenidos.

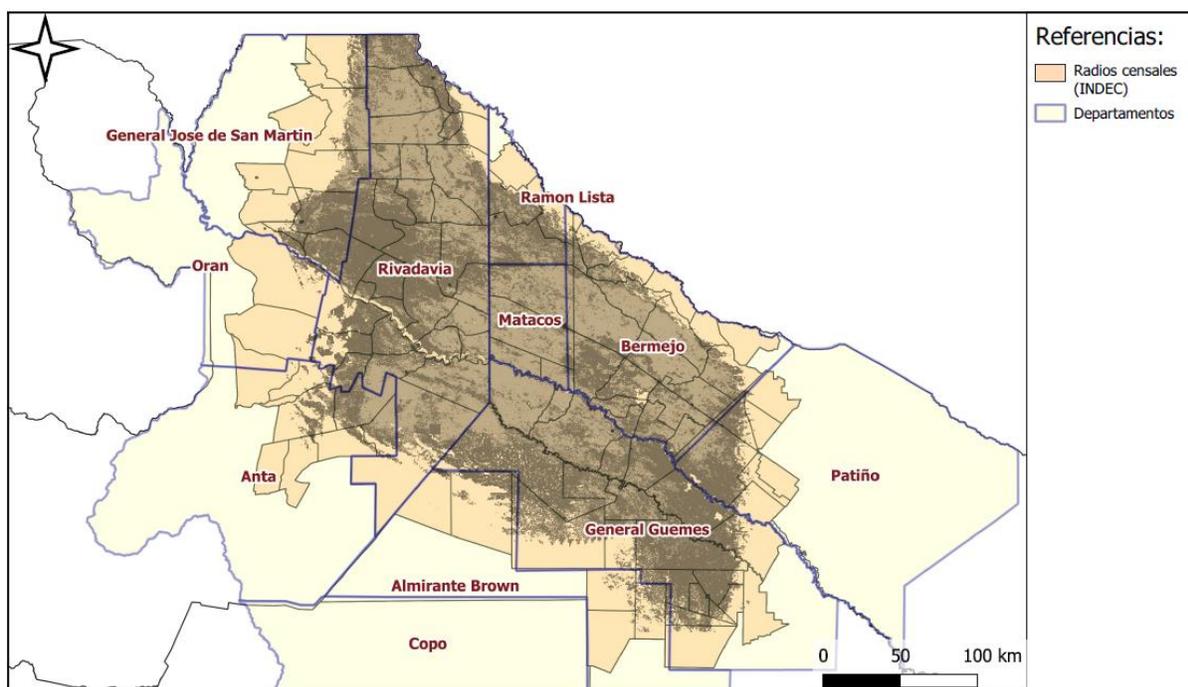


Figura 24. Presencia/ausencia de Palo Santo sobre departamentos y radios censales seleccionados. Elaboración propia en base a cartografía censal INDEC.

En términos de estructura poblacional, según el censo de población de 2010 y recortando los datos correspondientes a los radios censales seleccionados de las tres provincias, la población total del área es de 114.725 personas y 27.648 hogares, cuya distribución espacial se observa en la figura 25.

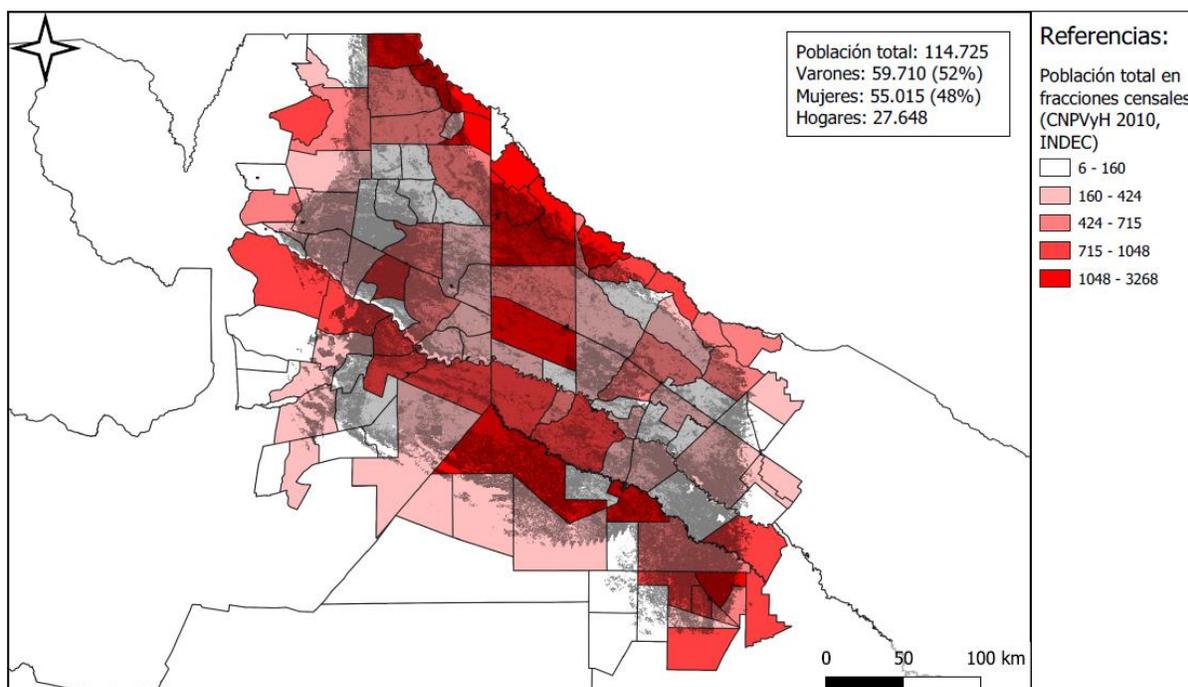


Figura 25. Población total en área de Palo Santo. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

La organización territorial de esta población es marcadamente rural, como se puede apreciar a continuación en la figura 26.

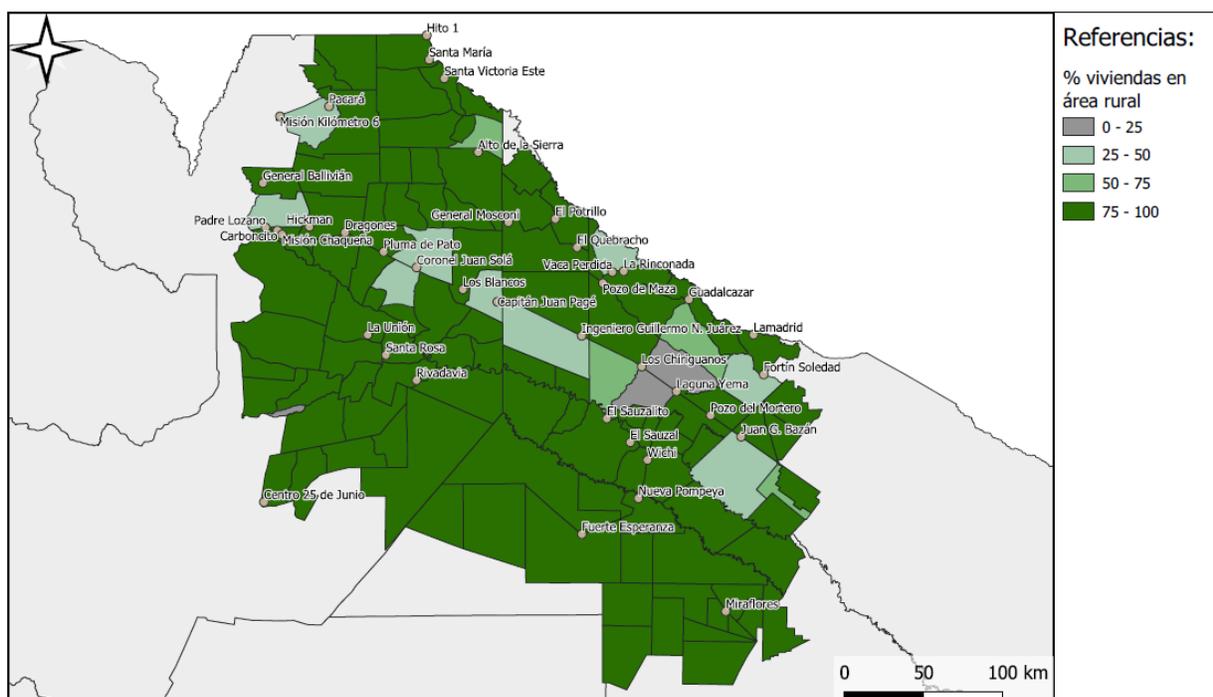
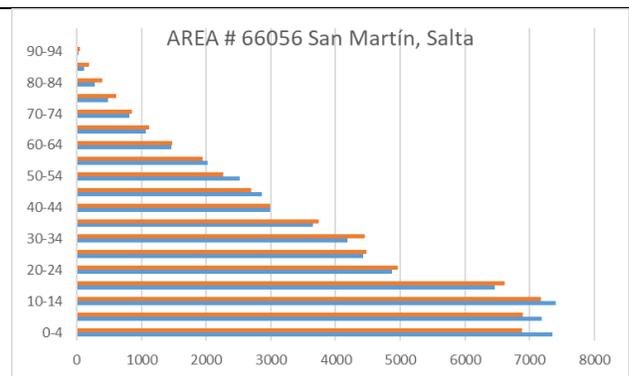
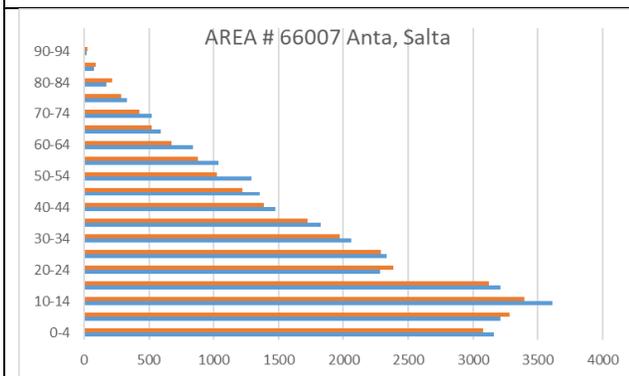
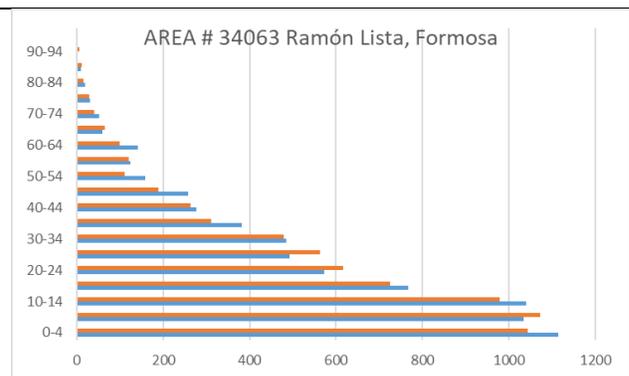
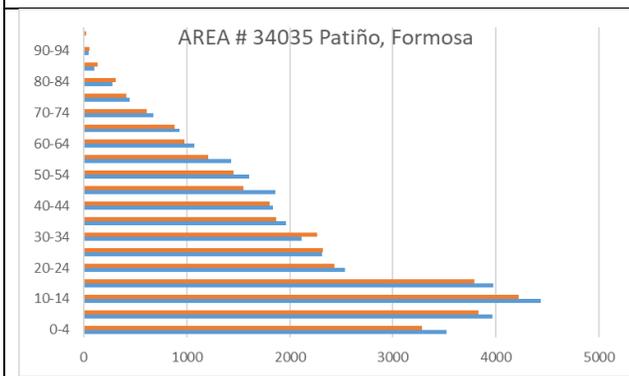
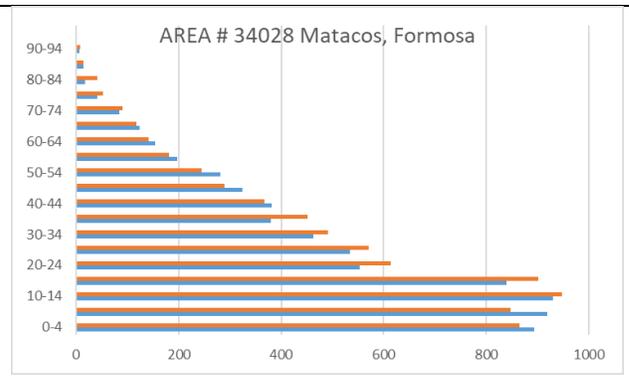
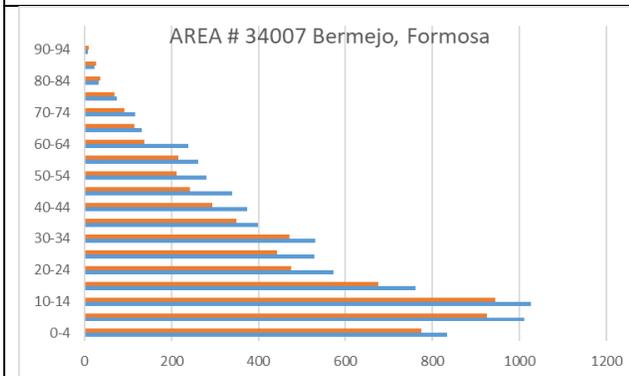
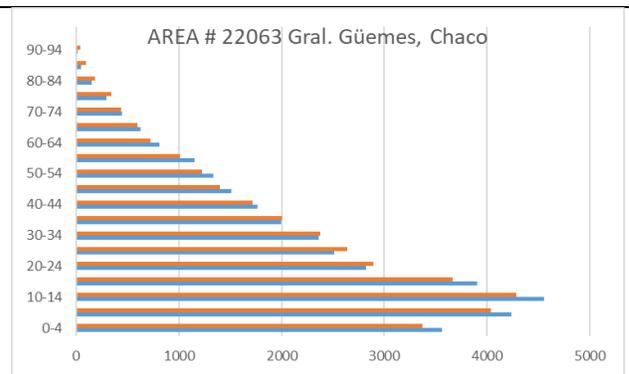
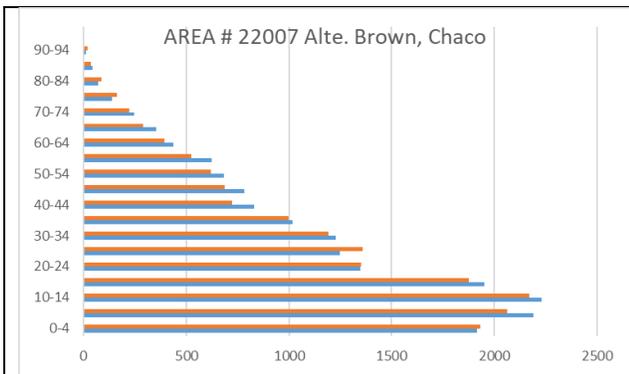


Figura 26. Ruralidad en el área de Palo Santo. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

Tabla 26. Población urbana y rural del área de palo santo por provincia. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

Provincia	Población Total	Población urbana	Población Rural Agrupada	Población Rural Dispersa
Chaco	27.973	10.366	2.864	14.743
Formosa	46.171	24.116	6.671	15.384
Salta	40.581	9.433	10.265	20.883
Total general	114.725	43.915	19.800	51.010

En cuanto a la estructura etaria de la población (siempre registrada al año 2010) se observan pirámides en la mayoría de los casos sensiblemente masculinizadas, y en casi todos los casos con picos marcados en el grupo 10-14 años. De la observación de las pirámides poblacionales de los departamentos pertenecientes al área de palo santo, podemos interpretar que desde final de la década de 1990 se observa una inversión de las pirámides prácticamente en todos los casos. Esto puede asociarse a un proceso de cambio estructural, relacionado con fenómenos migratorios permanentes (por ejemplo: migración de familias jóvenes hacia otras zonas).



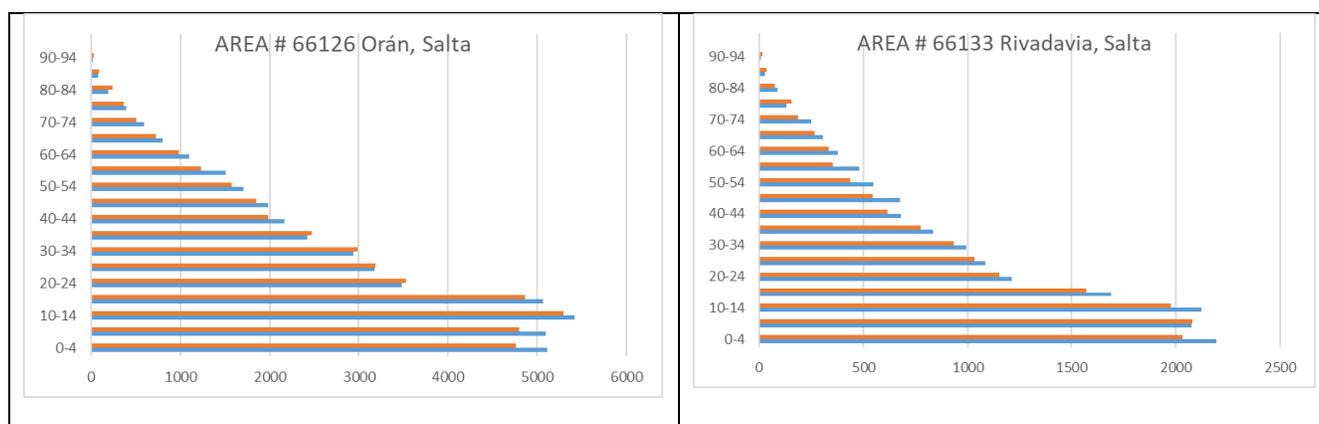


Figura 27. Pirámides poblacionales de departamentos en el área de Palo Santo. (El color azul representa población masculina y el color naranja, femenina, para cada grupo etario.) Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

Cuando analizamos los índices de masculinidad, en el agregado global, llama la atención que la escala regional se obtiene el valor de 109 (cantidad de varones cada 100 mujeres). A nivel de radio censal, eliminando valores extremos, se obtienen valores de masculinidad de 115 y 345 en el 25% más acentuado de los casos. Esta característica es frecuente especialmente en territorios rurales que presentan condiciones de vida, logísticas o en algún sentido limitantes, tales que allí surgen estrategias de organización familiar como puede ser la separación de viviendas por sexo y edad (por ejemplo, los varones jóvenes y adultos viven en las zonas de monte, mientras que el resto de la familia reside en forma permanente en una zona más conectada con la concentración urbana).

En el área de estudio existe estructuralmente, tal como surge de numerosos estudios y relevamientos varios que obran como antecedentes, un alto índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), así como también de analfabetismo, los cuales resultan significativamente superiores a los promedios nacionales. Cuando se profundiza en el análisis desglosado, estas características se acentúan en población rural, y especialmente en población rural dispersa. Se exponen gráficamente estos resultados en las siguientes figuras 28 y 29.

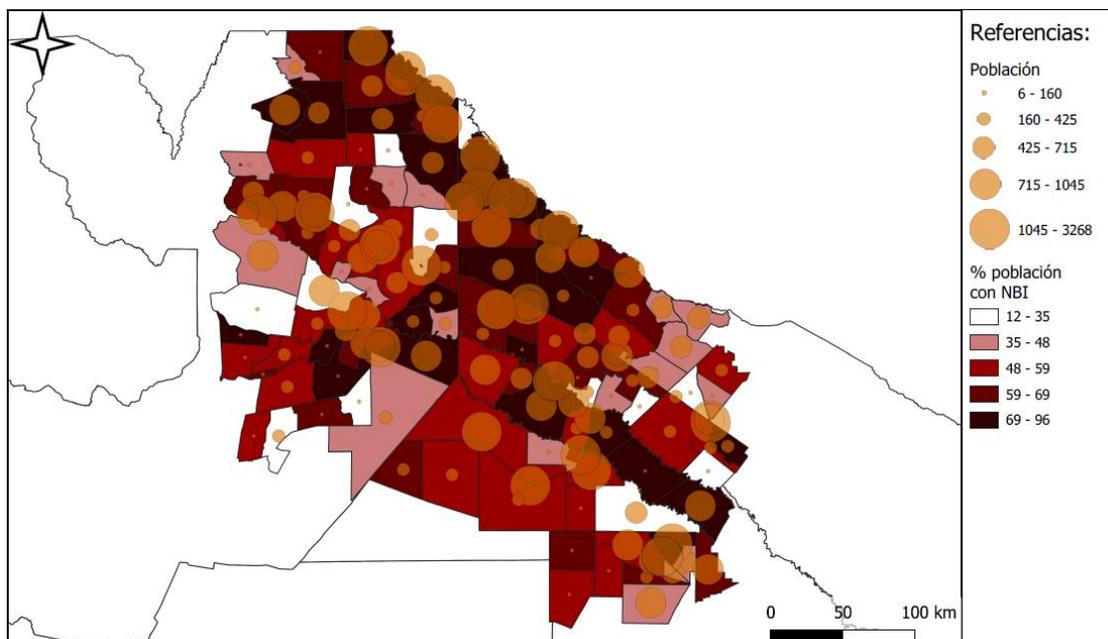


Figura 28. Necesidades básicas insatisfechas en radios censales del área de Palo Santo. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

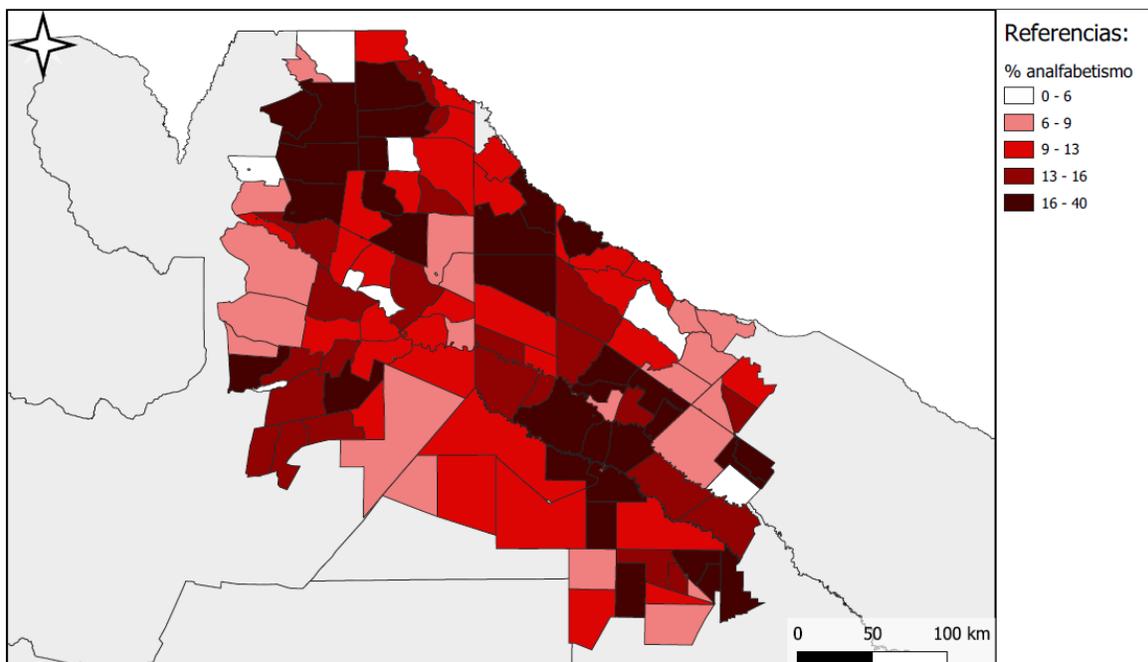


Figura 29. Analfabetismo en el área de Palo Santo por radios censales. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

Otro rasgo relevante y estructurante de las condiciones de la población en el área de estudio es la problemática asociada a la tenencia de la tierra en general, y en este caso, de las viviendas en particular. Como podemos ver en la figura 30, es generalizada la dificultad de la población para acceder a la propiedad de las viviendas que habita. Este rasgo se condice con su equivalente correspondiente en los censos agropecuarios, de donde surge que la tenencia de la tierra rural también presenta

dificultades, y también se le suma a ello la elevada proporción de explotaciones sin límites definidos. Esto se desarrolla en el punto siguiente.

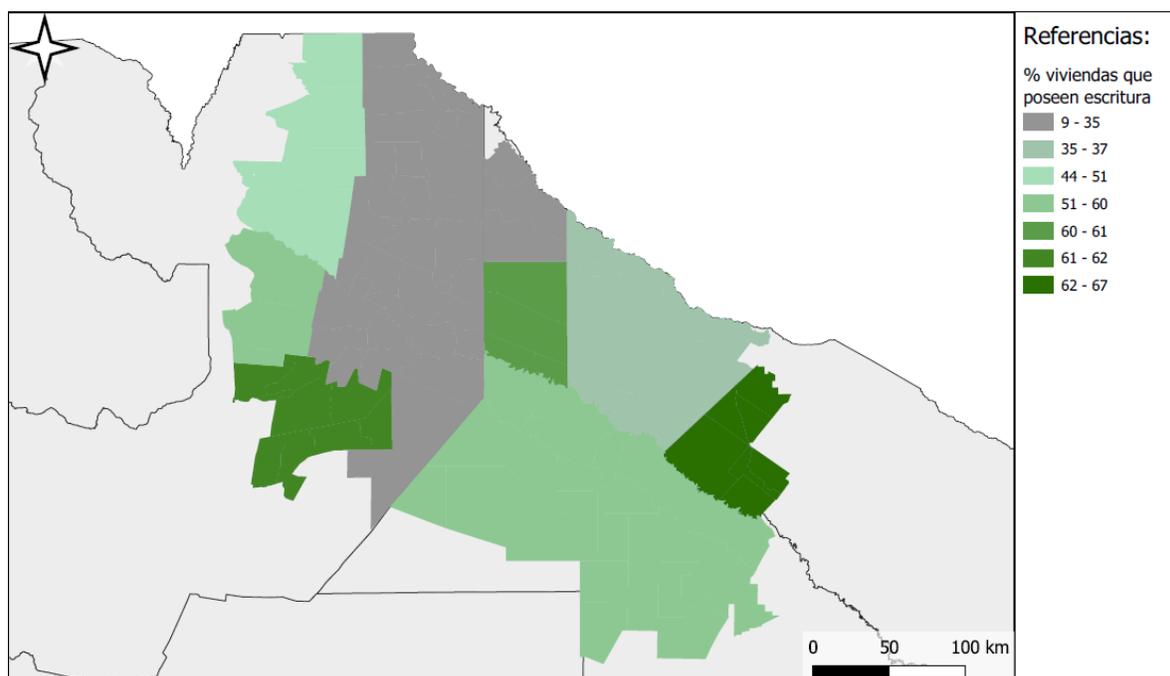


Figura 30. Regularización de tenencia de viviendas en el área de Palo Santo por departamento. Elaboración propia en base a CNP10 (C. ampliado), INDEC.

Dentro de la información disponible a nivel censal, como acercamiento al tipo de inserción económica de los hogares del área de palo santo, podemos estudiar en qué medida la economía de estas unidades está motorizada por los mercados. Aquí nos aproximamos a esta dimensión del análisis observando la proporción de los trabajadores activos relevados en el censo que se desempeñan en el sector privado.

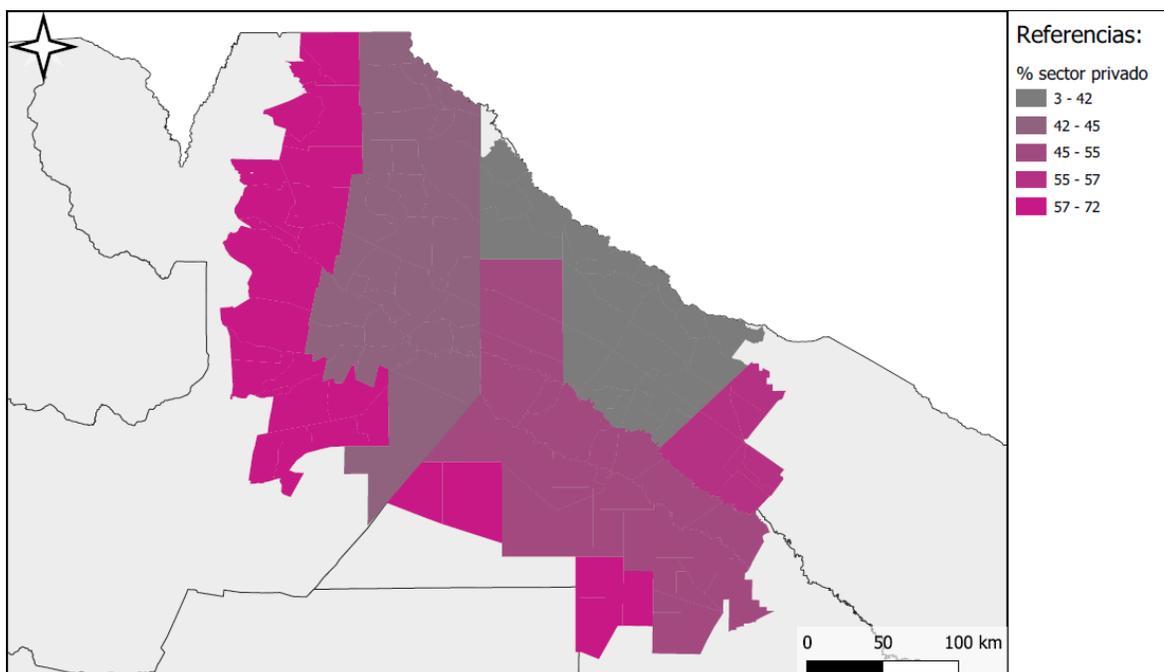


Figura 31. Sector económico en que se insertan trabajadores activos en área de Palo Santo por departamento. Elaboración propia en base a CNP10 (C. ampliado), INDEC.

En la figura 31 se muestran estos resultados a nivel departamental. El complemento de cada uno de los valores que se exponen es la suma de la participación en el sector público nacional, provincial y municipal.

En síntesis, el conjunto de los elementos precedentes en este punto, basados en los últimos relevamientos sistemáticos generales disponibles, y los cuales fueron oportunamente compartidos y discutidos con actores locales y referentes calificados, muestran una serie de atributos que nos permiten caracterizar la población asociada al área de distribución del palo santo en la Argentina. Si bien esta caracterización, como cualquiera otra, admite múltiples interpretaciones y visiones alternativas, encontramos algunos elementos a destacar por su importancia estructural, y como foco de atención en el programa de trabajo del que este estudio forma parte, en atención a los objetivos siguientes, relacionados con las propuestas económicas.

La geografía en estudio es predominantemente rural, así como lo es la forma más frecuente de distribución de la población. La población del área seleccionada presenta índices de pobreza estructural que están entre los más altos a nivel nacional, y no se observan elementos complementarios que permitan suponer que en el período transcurrido desde la obtención de estos datos haya obrado una transformación sustancial de esta problemática, la cual es validado sistemáticamente por los diferentes interlocutores. Como apunte para considerar en los siguientes pasos de este proceso, destacamos también que el grado de inserción económica en los canales de mercado es relativamente bajo en el conjunto de la población del área de estudio. Esto no es necesariamente un atributo con valoración negativa, pero sí señala una oportunidad, una capacidad no explotada, de generar oportunidades de generación de valor profundizando la inserción en la estructura económica nacional e internacional.

Tabla 27. Población indígena en el área de palo santo por departamento. Elaboración propia en base a CNP10, INDEC.

Departamento	% población indígena	Pueblo más frecuente	Otros pueblos
Rivadavia, Salta	34	Wichí	Chorote
Ramón Lista, Formosa	58	Wichí	
Gral. Güemes, Chaco	19	Toba	Wichí
Bermejo, Formosa	25	Wichí	Toba
Matacos, Formosa	25	Wichí	Toba
Patiño, Formosa	10	Pilagá	Toba, Wichí
San Martín, Salta	14	Guaraní	Wichí, Chané, Avá Guaraní
Anta, Salta	2	Wichí	

Otra característica estructural de la población del área de palo santo es su conformación étnica. Tal como se puede ver en la tabla 27, los departamentos con más presencia de palo santo dentro del área de estudio tienen una proporción significativa de pueblos originarios respecto del total censal. Al interior de esos totales, cuando se recaba en los pueblos con que más frecuentemente se identifica la población, aparece prioritariamente la etnia Wichí, seguida de la Toba, las demás con menor frecuencia.

5.2 Estructura agraria del área de palo santo en la Argentina

Continuando el análisis del punto precedente, aquí profundizamos en las determinaciones que hacen específicamente a la estructura agraria del área de distribución nacional de palo santo. Para esto, tomamos como referencia principal el Censo Nacional Agropecuario de 2002 (CNA02), el cual constituye una de las principales fuentes de información accesibles y de calidad. Recordemos que el CNA08 tuvo problemas de cobertura en su implementación, y del CNA18 a la fecha de entrega del presente no se han difundido los resultados a nivel desagregado con fines analíticos, como para poder realizar las comparaciones de interés en este estudio. Igualmente, incluimos una comparación de las principales variables estructurales entre el CNA02 y el CNA08, a modo referencial.

Seleccionando las fracciones censales del CNA02 correspondientes al área de distribución de palo santo, encontramos que en ese relevamiento se cuentan 13.298 explotaciones agropecuarias (EAP), cuya distribución geográfica podemos ver en la figura 32.

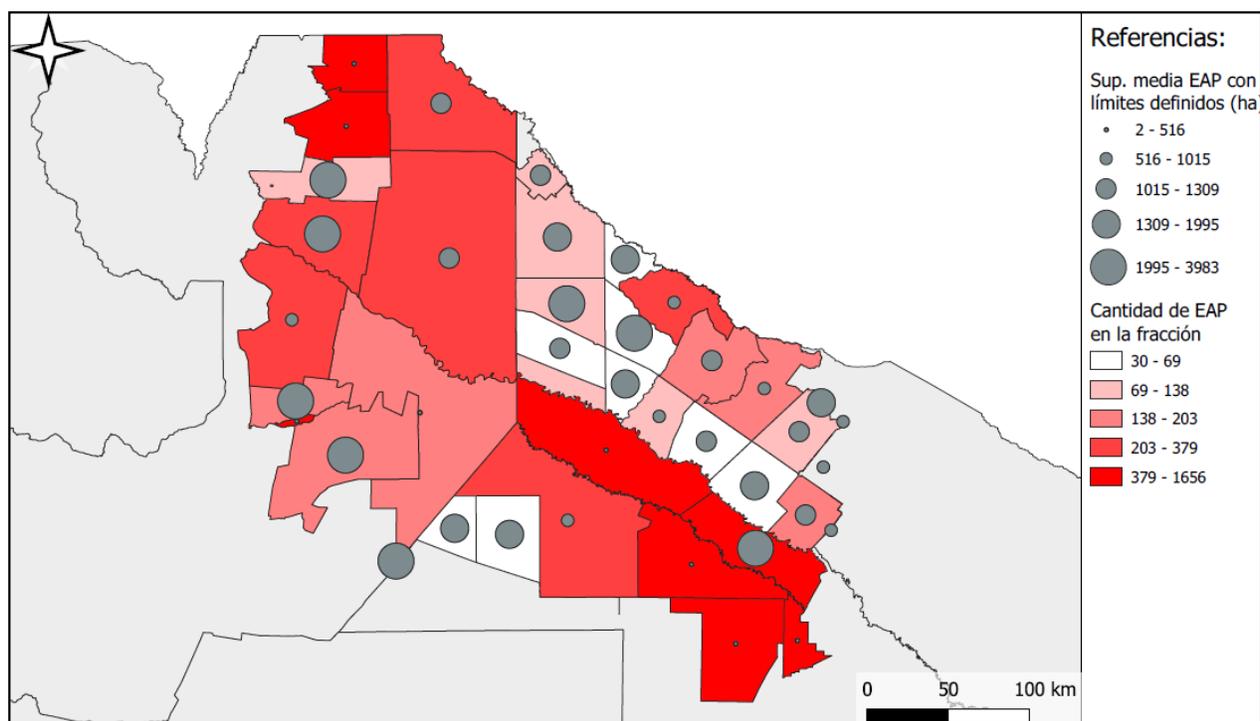


Figura 32. Establecimientos Agropecuarios en fracciones censales del área de Palo Santo en el año 2002. Elaboración propia en base a CNA02, INDEC.

La superficie promedio de las EAP con límites definidos se aproxima a un promedio de 793 hectáreas. En un 31% de casos a nivel global en toda el área de estudio se trata de EAP en las que los límites no están definidos (no tienen papeles, no están delimitados o están en conflicto), lo cual impacta sobre los valores de superficie totales computados.

Tabla 28. Estructura de EAP del área de palo santo por provincia. Elaboración propia en base a CNA02, INDEC.

	Total	Chaco	Salta	Formosa
Cantidad de EAP	13.298	4.473	3.968	4.289
Área total (ha) (EAP con límites definidos)	7.277.050	1.544.210	2.544.347	3.177.741
Superficie media (ha) (EAP con límites definidos)	793	455	1.118	909
% EAP sin límites definidos	31	24	43	19

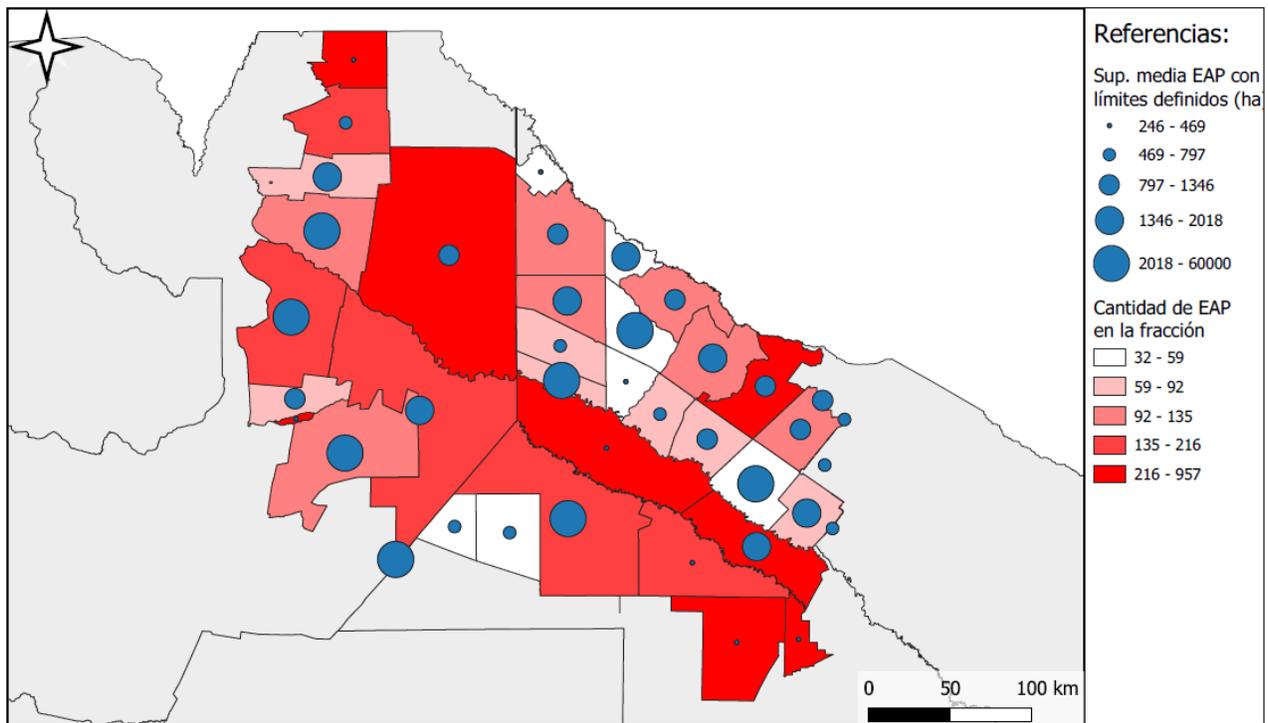


Figura 33. Establecimientos Agropecuarios en fracciones censales del área de Palo Santo en el año 2008. Elaboración propia en base a CNA08, INDEC.

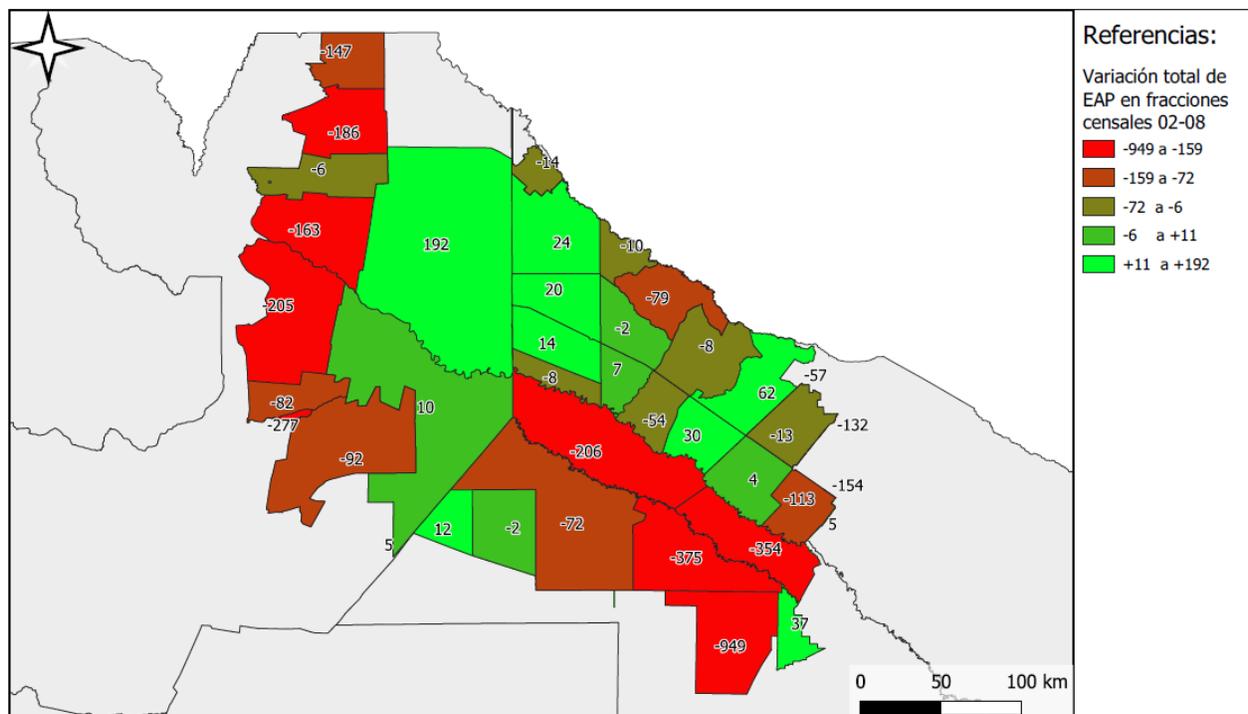


Figura 34. Variación en cantidad de EAP entre censos agropecuarios 2002-2008 en el área de Palo Santo. Elaboración propia en base a CNA02 y CNA08, INDEC.

A modo comparativo, en las figuras 33 y 34 se exponen respectivamente la distribución y tamaños promedio de las EAP en el CNA08, y la diferencia cuantitativa observada entre ambos censos.

A modo de contrastar cuantitativamente esta información con fuentes más actuales, recurrimos a los registros del último año del SENASA (marzo 2020), y utilizamos la información de establecimientos que producen ganadería bovina. La elección de esta categoría se fundamenta en que esta actividad productiva es la más generalizada entre las EAP según los censos, con valores del 90% para el recorte de la provincia de Chaco, 94% para la de Formosa y 59% en el caso de Salta (en todos los casos la proporción es mayor a la de otras actividades pecuarias). La cantidad total de EAP según este dato proveniente del SENASA es de 11.662, pero incluyendo los departamentos completos del área de estudio, ya que la información no está disponible a mayor desdoblamiento; esto implica cierta sobreestimación en los resultados respectivos. Si le aplicamos las inversas de las proporciones de incidencia de la ganadería bovina en las EAP a nivel provincial, podemos estimar un máximo de 14.298 EAP en toda el área, siempre manteniendo la observación de que el número real debe ser menor, porque allí los departamentos están contabilizados completos. Este análisis señalaría que la cantidad total estimada de EAP en la actualidad en el área de palo santo no sería menor a la de 2002. No obstante, esto no significa que no haya habido movimientos relevantes en cuanto a la estructura agraria, lo cual se espera que pueda surgir próximamente del análisis de los datos del último censo agropecuario, cuando estos estén disponibles en el nivel de desglose requerido.

En cuanto al régimen de tenencia, en la mayoría de los casos las explotaciones están a cargo de personas físicas (91%) siendo marginal el total de personas jurídicas. Según el CNA02, el 80% de los encuestados declaró la propiedad de la tierra, con diferencias provinciales (Chaco 74%, Salta 87%, Formosa 76%). Los datos a nivel provincial del censo 2018, para las tres provincias consideradas, arrojan entre 70-72% para esta misma variable.

Continuando con el análisis de los resultados del CNA02, en cuanto al uso del suelo se observa que el 70% de la superficie total de las EAP está compuesta por bosque natural, sin discriminar allí la población de palo santo. Un 15% está compuesta de pastizales. Según los datos del CNA 02, casi el 70% de la superficie está dedicada a la ganadería y de ésta, una gran proporción es ganadería en bosque (48% del total). El 82% de la EAP tiene ganadería bovina, siendo menor el porcentaje dedicado a otras especies (ovinos 29% y caprinos 54%), con algunas diferencias entre provincias. Como contraparte, la superficie dedicada globalmente a la agricultura es de menos del 10%, contabilizando principalmente cereales y oleaginosas. Diferenciando este dato por provincias obtenemos que en Salta esta proporción es del 21%, mientras que en Chaco es del 1% y en Formosa no llega al 1%. Estos valores son de destacado interés para ser actualizados con la última información disponible, dado que se prevén variaciones derivadas de cambios de uso de suelo, especialmente antes de la implementación de la Ley n° 26.331.

Según este censo en 2002 en las explotaciones ubicadas dentro área de estudio vivían 56.963 personas que, al relacionarla con la cantidad de EAP (13.298), arroja una cifra estimada de algo más de cuatro personas por cada establecimiento. Del total de la población computada, 14.459 serían productores que habitan y trabajan en la EAP, y 18.408 serían empleados permanentes en establecimientos agropecuarios. En términos de densidad territorial, en base al origen de estos datos podemos calcular que en la porción correspondiente de la provincia de Chaco residen 10,63 habitantes cada 1.000 ha de EAP, en Salta 4,29, y en Formosa 3,63 en igual superficie.

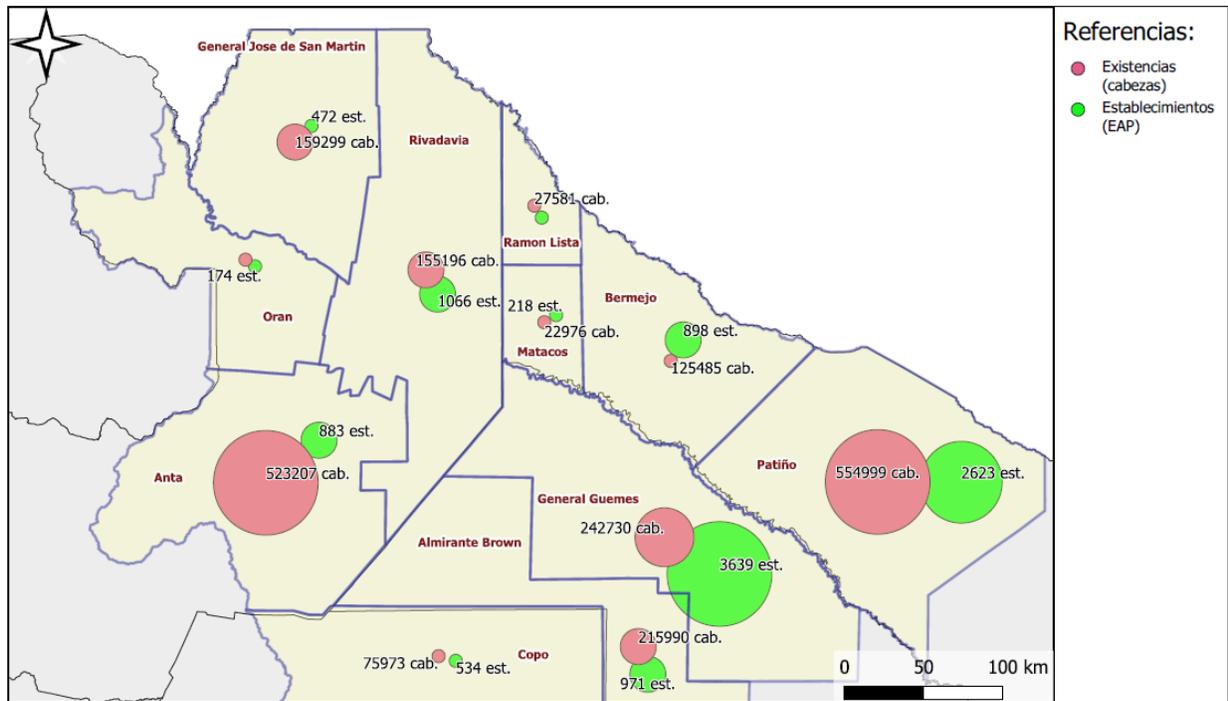


Figura 35. Actividad ganadera bovina en el área de Palo Santo por departamento, marzo 2020. Elaboración propia en base a SENASA.

En la figura 35 se puede ver el detalle de cantidad de establecimientos y existencias en cabezas de ganado bovino en la actualidad, por departamento completo, para el área de estudio. Esta información, además de contribuir para cotejar los datos estructurales elaborados al comienzo de este punto, es sumamente relevante para cuantificar las actividades productivas rurales predominantes, ya que la ganadería bovina está entre los primeros lugares en gran parte de los casos.

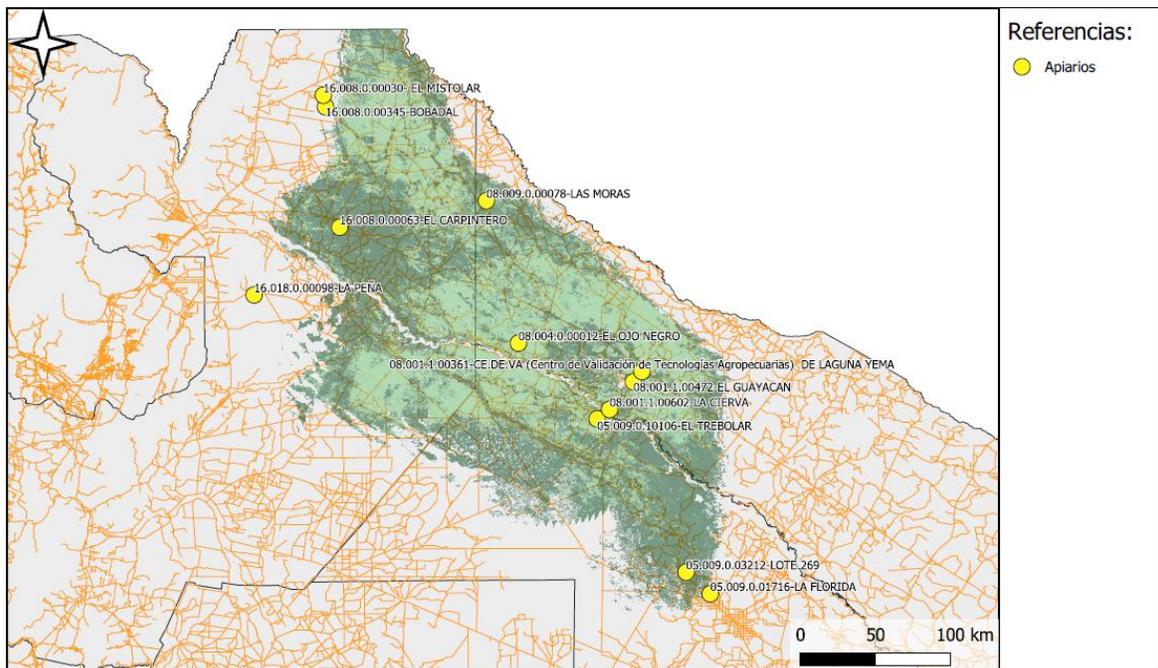


Figura 36. Apiarios registrados y red vial sobre presencia/ausencia de Palo Santo. Elaboración propia en base a SENASA e IGN.

Otra actividad productiva primaria relevante territorialmente es la apicultura, de la cual disponemos de los registros abiertos del SENASA. En la figura 36 se muestra los apiarios registrados sobre la zona con presencia efectiva de palo santo, de modo de contribuir a identificar precisamente los casos con mayores posibilidades de producir miel de monte diferenciada por tener origen en la floración de palo santo. Cabe destacar que además de estas unidades identificadas, los referentes locales señalan que hay apiarios que no están registrados, con lo que allí hay un potencial para incorporar más actores productivos a los circuitos formales de mayor valor agregado.

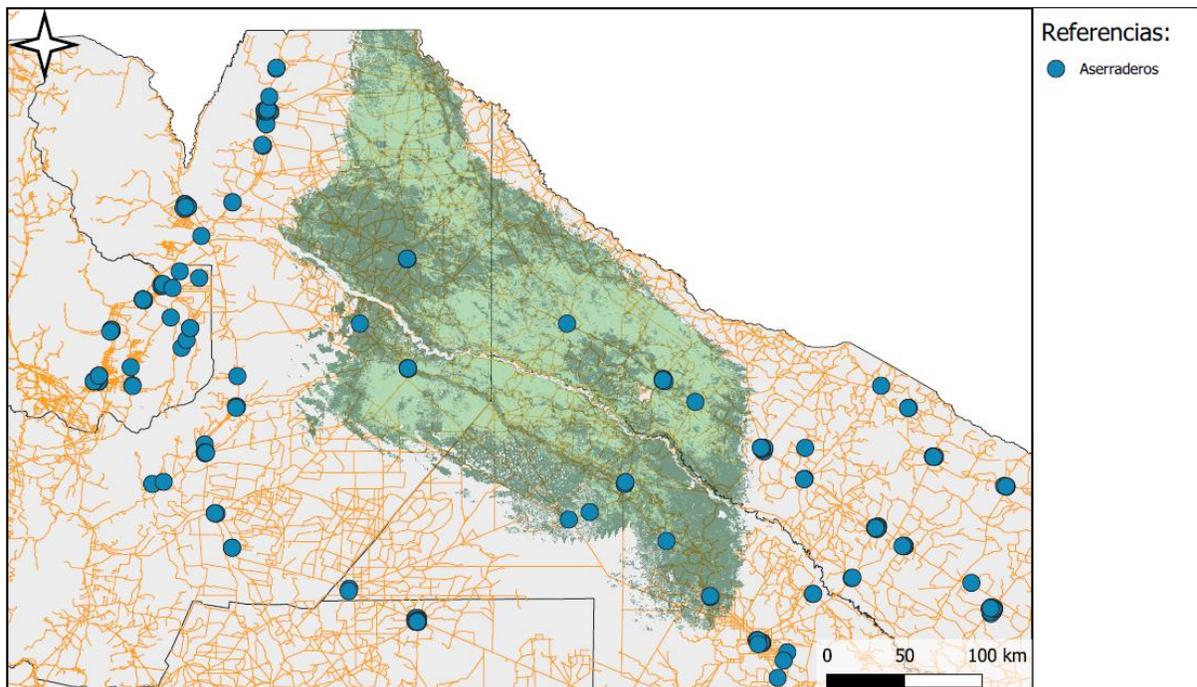


Figura 37. Aserraderos y red vial sobre presencia/ausencia de Palo Santo. Elaboración propia en base a MAGyP e IGN.

Por último, y como interface entre la producción primaria de madera en rollo y los productos madereros industriales, se asocia a la información precedente aquella proveniente del inventario nacional de aserraderos, realizado entre 2015 y 2018. De la misma surge la superposición geográfica que presenta la figura 37. También a este rubro le cabe la observación de que se estima que hay subregistros significativos, en la medida en que hay aserraderos no registrados, que no figuran en el censo, pero operan efectivamente en el área de interés. En las próximas etapas de este estudio profundizamos especialmente en esta actividad, ya que está en el centro de atención de la cadena productiva del palo santo.

6. Caracterización de actores intervinientes en la cadena productiva del palo santo

Los primeros eslabones del complejo productivo del palo santo están representados por actores que viven en el bosque y poseen la materia prima, pero que, al mismo tiempo, están fuera de cualquiera de los circuitos de comercialización de la especie (postes, rollos o artesanías). Asimismo, estos actores tienen un vínculo socio-cultural con el palo santo que no está reflejado en las estadísticas económicas oficiales. En este bloque se apunta a caracterizar su papel en el complejo del palo santo, asumiendo una mayor facilidad para analizar a aquellos que forman parte de los circuitos comerciales (o que están dentro del sistema).

Forestales, artesanos y criollos

Grosso modo en el territorio del Gran Chaco Semiárido se pueden distinguir a las comunidades originarias (los paisanos) del río (que prácticamente no poseen palo santo y tienen la pesca como actividad principal) y del monte (cuya principal actividad es la venta de madera), a los criollos (pequeños productores agropecuarios y campesinos) y al resto de los actores de la cadena, incluyendo desde empresas titulares de establecimientos grandes, hasta intermediarios comerciales, industriales, etc., que se van caracterizando a continuación.

Las comunidades del monte

En los departamentos de las provincias del norte argentino donde habitan las comunidades aborígenes la tasa de mortalidad infantil está por encima de los promedios provinciales, que se ubican entre los peores del país. Cuando se hace referencia a las cuestiones como el hacinamiento o el analfabetismo, según el INDEC, para mediados 2020, estas provincias registran peores cifras en los “hogares aborígenes” que en los “no aborígenes”. Los datos actualizan el informe de Paz y Piselli (2016) en el que se afirma que los pueblos originarios del norte argentino son los más pobres dentro de las áreas más pobres.¹

Si bien la especie del palo santo tiene un rol económico importante, tanto para las comunidades originarias como para las familias criollas, para las comunidades además es parte de la construcción identitaria de las comunidades aborígenes. En contraposición a las narrativas occidentales de “vivir en el bosque” o “vivir del bosque”², para la cosmovisión Wichí las personas son parte del monte, un elemento más de la naturaleza. Asimismo, con las necesidades básicas insatisfechas, la extracción forestal pasó a ser considerada un mal necesario.

Dentro de las comunidades aborígenes del monte, los cortadores de madera son la población vulnerable dentro de la población más vulnerable de las áreas más pobres. En la gran parte de los

¹ Paz, J. y Piselli, C. (2016); Desarrollo Humano en la Argentina y en Salta; en Desarrollo Humano en Perspectiva. Salta en Contexto Regional Argentino; Ed. Universidad de Salta

² Para los criollos tiene un rol más bien de infraestructura rural, postes y alambrados. El otro uso tradicional local es hacer humo del aserrín o la viruta para espantar los mosquitos.

casos están reclutados en el circuito de trabajo semi-esclavo, e incluso se les cobra el uso de las herramientas de trabajo, y venden su fuerza de trabajo por alimentos, coca o alcohol puro:

“Generalmente el trabajo de aprovechamiento es bastante duro y degradante de la condición humana. Es un trabajo muy pesado y muy peligroso, sumado a que todo ese laburo tiene muy poco retorno. Generalmente en la comunidad el que es maderero es bastante particular, es un trabajo muy duro y muy de bruto. Realmente se lo hace en condiciones muy precarias. Todo es trabajo físico y cuanto más se corte, más posibilidades de obtener dinero hay” [Entrevista, noviembre 2020].

De todas maneras, no todas las comunidades del monte son madereras y no todos los integrantes de la comunidad se dedican a la madera. La cuestión no es menor, dado que es un punto que genera conflictos internos por la distribución de los recursos.

En aquellas comunidades del monte que se dedican a la venta de madera es posible encontrar acopios de madera, en su mayoría de palo santo, que esperan ser retirados por el intermediario o el aserradero que hizo el encargo de los postes. Por lo general, la carga y descarga de los camiones con acoplado también es realizada por los miembros de la comunidad. Por lo tanto, de manera simplificada, se puede afirmar que las comunidades originarias son las que poseen la madera, la cortan, la venden y la cargan en los camiones de los aserraderos o intermediarios. Si bien existen casos en los que se da la venta directa al consumidor (por ejemplo pueden vender algún poste de palo santo a un ganadero de la zona), son los menos representativos de la dinámica territorial.

Las comunidades que no se dedican a la madera se dedican a las artesanías o disponen de planes sociales. Cualquiera sea la estrategia, son muy pocas las familias que no tienen un ingreso. De manera eventual pueden recorrer el monte recolectando miel para la venta y el consumo, además de la caza.

Artesanos

Aparte de la venta de madera, muchas de las comunidades del monte se dedican a las artesanías. En especial hay dos que actualmente se dedican a la artesanía con palo santo, trabajan con ONGs y tienen certificaciones: Los Baldes y Misión Chaqueña.

La madera de palo santo encuentra un doble uso en la elaboración de artesanías. Para las artesanías con madera, inicialmente se utilizaba la madera “campana”, el árbol muerto en pie y que goza de los beneficios del secado natural. Si bien es un argumento potente, parecería haberse convertido en un mito de marketing pues, ante la creciente demanda y la presión de las necesidades en las comunidades, también se cortan árboles vivos y se utiliza la madera verde. El otro uso del palo santo para las artesanías es como tintura natural para el chaguar, dado que los aceites permiten teñir las fibras con tonos azulados, lilas o verdosos.

De ese modo, a través de las artesanías, desde las comunidades se agrega valor a los productos del monte. La artesanía en madera o chaguar (fibras vegetales con el que las mujeres hacen yicas o carteras y muñecas) representan bienes de cambio locales que no siempre se intercambian por dinero, ya que el trueque por mercadería de almacén (harina, yerba, azúcar o grasa) o ropa es una práctica recurrente. En ese sentido, los almacenes de los pueblos funcionan como acopiadores locales de artesanías, donde se venden al público “de afuera” (porque los lugareños no compran artesanías como adorno). Además de este circuito, en los últimos años aparecieron muchas empresas extra-territoriales

o PyMEs que, sin modificar las prácticas mencionadas, apuntan a comercializar todo tipo de artesanías de comunidades originarias, entre ellas las de madera de palo santo o las yicas de chaguar.

Si bien en algunos lugares hay grupos de artesanos bien posicionados que han logrado cierta autogestión, esta no es la norma. Como se ha mencionado las artesanías también caen en el circuito informal del mercado, donde se benefician los intermediarios, los revendedores y finalmente los puntos de venta que generalmente las sacan del territorio a bajo precio, en detrimento de los artesanos de las comunidades originarias.

Criollos

Los productores ganaderos de familias criollas son el otro actor social predominante en el Gran Chaco. Si bien existen casos en los que participan de la cadena forestal como proveedores de maderas o comercializadores, en líneas generales el ganadero aprovecha el palo santo para uso propio, ya sea como estructura para los corrales, como postes para alambrado o para los horcones, los tirantes y los cerramientos de las casas. Llegado el caso en que el criollo no tenga palo santo en su predio, lo compra a un vecino o a las comunidades del monte. Lo mismo que hacen las comunidades cercanas al río.³

En muchos casos los criollos son los dueños de la tierra, pero no habitan el monte. En esos casos establecen diversos acuerdos de explotación forestal con otros actores del complejo. Este punto ya refleja algunas de las características de la explotación de los palosantales en la región.

Acopiadores – intermediarios

En el proceso de acopio se introduce el actor que fuera señalado central dentro del complejo. Ante la pregunta sobre quién es el que maneja el complejo, la respuesta casi unánime entre los entrevistados fue: ¡es el intermediario! Ellos son quienes les definen el valor de la madera a los hacheros y funcionan como articuladores y financiadores del resto de las etapas, tanto del acopio, como del transporte y la transformación.

En el Gran Chaco aparecen cuatro tipos de intermediarios:

1. En primer lugar, aparece la figura del aserradero, que tiene capacidad y logística para recorrer el monte y ponerse en contacto con los caciques de las comunidades.
2. El segundo tipo de intermediario es el criollo que está ligado a los aserraderos y que ofrece servicios de maquinaria (motosierras y acoplados). Por lo general el dueño de la tierra (o del bosque) no hace la transformación y los aserraderos tienen la parte de transformación o de industria, pero no tienen la logística para aprovechamiento.
3. El tercer intermediario es el que se encarna en la figura del criollo “obrajero”, que compra la madera a los “paisanos” y se las vende a los acopiadores de mayor envergadura, que por lo general oligopolizan el acopio de la madera. Cabe destacar que los arreglos entre los intermediarios, los jefes comunitarios y los hacheros son a nivel personal. Esto significa que el acopiador le paga a una persona en particular y no es la comunidad como un todo la que recibe los beneficios por el corte y carga de la madera.

³ El 90% de la especie de palo santo en la provincia de Formosa se encuentra en tierras comunitarias. Sin embargo, es llamativo que en algunas entrevistas se apele a la cuestión de la “idiosincracia” para referir con asombro al tipo de aprovechamiento que realizan las comunidades del palo santo: “en la idiosincrasia de la gente usan el recurso para hacer postes o cercos, por ejemplo” (Entrevista noviembre, 2020).

4. El último tipo es el de las ONGs que, tal como mencionamos, diseña las artesanías de las comunidades (los famosos patitos de palo santo), las acopia y comercializa.

En los casos de los lotes con títulos de propiedad la figura del cacique se vuelve central, puesto que son quienes tramitan los permisos de explotación y las guías de tránsito. En esos casos los acopiadores se contactan con los caciques y estos funcionan como reclutadores de hacheros:

“‘Che, necesito 5000 postes’ y le dejan hacha y motosierras. Cortan y los dejan en el camino y los pasan a buscar. Cuando vas por los caminos se ven 4 o 5 postes que después se juntan en canchones de 200 o 300. De ahí van a los aserraderos ya con las guías de tránsito” [Entrevista, diciembre 2020]

La figura del acopiador es el punto visible de una trama de poder asimétrica dentro del complejo. Si las comunidades pretenden negociar el precio de los postes, corren el riesgo de quedarse sin venta. La iniciativa siempre la tiene el productor forestal.

Aserraderos

Cuando la extracción y venta de palo santo se presenta como una actividad comercial formalizada, en la que hay un dueño de la tierra que vende la madera al mejor postor, los aserraderos son los que se ocupan de todo el proceso. El dueño de la tierra (criollo o cacique comunitario) sólo hace el trámite habilitante en la Secretaría de Ambiente de la provincia. Sin embargo, como hemos sugerido hasta el momento, con este esquema se extrae muy poca madera, ya que para trabajar esta especie se requiere de toda una serie de trámites y formularios, además del proyecto que se tiene que analizar y aprobar. Al ser una especie cuya explotación está fuertemente regulada, no es infrecuente que cuando se lo corta sea de manera ilegal, de manera “chimba”, es decir, sin documentación.

Según los informantes calificados, el “problema” para los aserraderos es que el porcentaje mayor de la especie está en tierra de las comunidades originarias:

“Porque vos industrial maderero podés ir a hablar con ellos y haces un plan de manejo a 10 años y arreglas con ellos y podés firmar incluso un papel. Pero si él mañana se levanta cruzado y te dice que arreglaste por 10 pesos y esos 10 pesos a él no le cierran y no te deja entrar. Ahí entran a jugar lo que serían los problemas entre los caciques con los que serían los presidentes de las comisiones. Porque necesitás la autorización del cacique pero además del presidente de las comisiones” (Entrevista noviembre, 2020).

La informalidad del complejo define la inexistencia de aserraderos que trabajen de manera exclusiva con palo santo. Asimismo, si se considera que “...de 50 aserraderos que hay en la provincia, tenés 25 que se dedican al palo santo” [Entrevista noviembre, 2020], se podría estimar que el volumen de madera aserrada ilegalmente es muy importante. Estimación que no es descabellada si se considera que al mes de agosto de 2020 el precio de la tonelada giraba en torno de los U\$S1.375 (\$213.125 al tipo de cambio de febrero de 2021).

En línea con lo expuesto se puede afirmar que en la región conviven dos circuitos: uno formal, integrado por trabajadores y empresarios registrados que cumplen con la normativa vigente; y otro informal, que produce y reproduce esquemas de explotación forestal sin suficiente supervisión del Estado. En ese sentido, y desde la perspectiva de los actores productivos que forman parte de este estudio, el marco regulatorio funciona en cierta medida como disuasorio de la explotación sustentable de la especie en el circuito formal del complejo, y más aún, hasta termina funcionando como promotor de los aserraderos clandestinos (“que están a la vista de todos en el monte”, pero sin la debida regulación). Desde esos

aserraderos clandestinos, que trabajan con madera extraída ilegalmente del monte, en algunos casos incluso a través de mecanismos cuasi-esclavistas, se provee a aserraderos grandes que operan dentro del circuito formal de las principales ciudades de la región, con guías de tránsito que permiten luego la circulación interprovincial de la madera.

Comercialización interna y exportación

Como se ha mencionado, el palo santo es una madera semi-preciosa, pero que se extrae del monte con muy bajo valor agregado.⁴ Aparte de las artesanías de las comunidades del monte, lo único que se pudo registrar como productos de palo santo con alto agregado de valor en origen fue la venta de parqué por algunos aserraderistas y alguna experiencia puntual de venta de aceites esenciales.

Desde el territorio, cuando se habla de la exportación de la madera, la referencia más clara es la de “los chinos”. En los años previos a que se declare al palo santo como especie protegida, empresas de origen asiático se instalaron en la zona con un esquema en el que no existían los intermediarios “... pagaban dos mangos a los propietarios del campo y tenían unos tornos que sacaban unos cilindros perfectos y los exportaban. Después ese actor desapareció, pero me dijeron que allá se lo hacía piso de parqué por 1.000 U\$S el metro. En la zona lo que se hacía era acopiar y sacar” [Entrevista, noviembre 2020].

Como parte del manto de la informalidad que caracteriza al complejo, para la etapa de comercialización los entrevistados afirmaron que mucha de la madera extraída ilegalmente se traslada a Bolivia con guías de tránsito (y en connivencia con los entes de regulación) para ser exportada al sudeste asiático.

Empresas

Como se viene mencionando, además de las empresas de base familiar y con un anclaje claro en el territorio, o a nivel regional, frecuentemente caracterizadas como “criollos”, en el área de estudio hay presencia de empresas de mayor potencia económica, que operan a nivel nacional o incluso internacional, y con una diversificación de actividades económicas que pueden incluir otras del sector agropecuario, industriales y comercio exterior. Entre ellas hay presencia registrada de empresas de capital extranjero que se dedican principalmente a exportación de madera de palo santo e importación de otros productos. Algunas de las empresas “grandes” son titulares de tierras sujetas a planes de cambio de uso del suelo, que se destinan luego a ganadería más intensiva o a agricultura; o bien a planes de manejo sustentable del bosque. Estas unidades económicas son las que motorizan la actividad productiva de palo santo que transita el canal oficial, que está registrada por los mecanismos de control vigentes, y que forma parte de las estadísticas disponibles.

ONGs

En general están asociadas a los conflictos por tenencia de tierras y ofrecen asesoramiento jurídico. No se conocen casos específicos de organizaciones que trabajen o promuevan la preservación de la especie en particular (como sí está sucediendo con el árbol de brea). Cuando las ONGs funcionan como intermediarias, se las considera como el actor menos dañino para los “paisanos”.

Existe cierto consenso entre los entrevistados en que las ONGs son el camino para el agregado de valor con impacto genuino en las comunidades originarias.

⁴ Como se mencionó, los que compran postes de palo santo en el mercado local, lo utilizan en cercos, como horcones y tirantería o para ponerlo como cielo raso.

Estado

En la voz de los actores con anclaje territorial, según se desprende de las reuniones y entrevistas realizadas, el Estado está considerado presente principalmente a través de las oficinas encargadas de llevar adelante las distintas normativas nacionales y provinciales, así como también a través de los organismos técnicos, tales como las unidades del INTA y universidades de la región. Allí se incluyen las dependencias provinciales relacionadas con temas productivos y ambientales, especialmente las de bosques, y la Secretaría de Ambiente a nivel nacional. También surgieron como elementos a considerar la participación de Gendarmería Nacional y las policías provinciales en los controles asociados a la actividad económica del palo santo.

Bibliografía

- Araujo, P.; Juárez de Galíndez, M.; Iturre, M. 2007. Crecimiento de las especies principales de un bosque en regeneración del Chaco Santiagueño Quebracho - Revista de Ciencias Forestales, núm. 14, pp. 36-46 Universidad Nacional de Santiago del Estero Santiago del Estero, Argentina
- Armijos Guzman, D. 2013. Construcción de tablas volumétricas y cálculo de factor de forma para dos especies, teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en tres plantaciones de la empresa Reybanpac CA en la provincia de los Ríos. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Forestal de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba. Ecuador. 101 pp
- Brassiolo, M. M. y Abt, M. 2014. "Silvicultura en Bosques Nativos en la Región Chaqueña Argentina" In: 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.[en línea] [fecha de consulta: 1 de febrero de 2021] p.77-109. Disponible en: < https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/cap3_brassiolo.pdf >
- Brassiolo, M. M. y Grulke, M. 2015. Manejo de Bosques Nativos de la Región Chaqueña: Fichas Técnicas. REDAF. Reconquista. Santa Fé. Argentina
- Carrero, O., M. Jerez, R. Macchiavelli, G. Orlandoni, J. Stock. 2008. Ajuste de curvas de índice de sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. Interciencia 33(4): 265-272.
- Chifarelli, V., Senilliani, M. G., Bonel, N., Bartel, E. M., Calatayú, F., Moglia, J. G., (2018). Evaluación del crecimiento de *Gonopterodendron sarmientoi* en 2 sitios de la Región Chaqueña Argentina. Revista de Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA. Número 4. ISSN: 1853-6662.
- Corvalán, Vera, P. Y. Hernández Palma, J. 2006. El Sitio. Universidad De Chile Facultad de Ciencias Forestales. Depto. Manejo de Recursos Forestales. Cátedra de Dasometría 2006. 9pp
- Daniel T., Helms J., Backer F. (1982) Principios de silvicultura. McGraw-Hill Books. México.
- Foga, S., Scaramuzza, P.L., Guo, S., Zhu, Z., Dilley, R.D., Beckmann, T., Schmidt, G.L., Dwyer, J.L., Hughes, M.J., Laue, B. (2017). Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. Remote Sensing of Environment, 194, 379-390.
- Giménez, A. M., Hernández, P., Gerez, R., & Spagarino, C. (2007). Anatomía de leño y anillos de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex. Griseb Zygophyllaceae). Quebracho. 14: 23-35.
- Giménez, A. M., P. Hernández, C. Spagarino, J. G. Moglia, and N. A. Ríos. 2008. Calidad de madera y potencialidad de crecimiento de palo santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorentz ex Griseb.) Yvyrareta 15: 60-67.
- Ivancich H, G Martínez Pastur, P Peri. 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. Bosque 32(2): 135-145.
- Kershaw J., Ducey M., Beers T. and Husch B. (2017). Forest Mensuration. Fifth Edition. Chichester. UK; Hoboken. NJ. John Wiley & Sons.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido- Edición en español. 335 pp.
- Loto, D., Gasparri, I., Azcona M., García, S., Spagarino ,C. (2018) Estructura y dinámica de bosques de palo santo en el Chaco Seco. Ecología Austral. 20: 064-073.

- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. (eds). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica, Manual Técnico No. 46. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Pp. 177- 228
- Montero, Gr., Rojo-Alboreca, A., Rio, M., Alvarez-Taboada, F. (2001). Aspectos selvícolas y económicos de los pinares de "Pinus Sylvestris L." en el Sistema Central. Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, ISSN 1575-1198, N° 193, 2001, pags. 27-56.
- Morales Cancino, J. 2004. Revisión de la corta anual permisible. WWF-Centroamérica, San José, CR. 35 p. (Serie Técnica no. 1)
- O'Hara, K.L. 1998. Silviculture for structural diversity: A new look at multiaged systems. J. For. 96:4-10
- Paz, J. y Piselli, C. (2016) Desarrollo Humano en la Argentina y en Salta; en Desarrollo Humano en Perspectiva. Salta en Contexto Regional Argentino; Ed. Universidad de Salta.
- Pond, N., Froese, R. 2015. Interpreting Stand Structure through Diameter Distributions. Forest Science 61: 429-437.
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox, P. Real (1997) Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Proyecto IICA/GTZ Sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 561 p.
- Reynolds, R.R., J.B. Baker y T.T. Ku. 1984. Four decades of selection management on the Crossett Farm Forestry Forties. Bull 872. Fayetteville, Arkansas. Agric. Exp. Stat. 87 p.
- Roy, D. P., Zhang, H. K., Ju, J., Gomez-Dans, J. L., Lewis, P. E., Schaaf, C. B., ... Kovalskyy, V. (2016). A general method to normalize Landsat reflectance data to nadir BRDF adjusted reflectance. Remote Sensing of Environment, 176, 255-271
- Sanquetta, C. R. (1995). "Análise da estrutura vertical de florestas através do Diagrama h-M". Revista Ciência Florestal. Santa Maria, v. 1, n. 5, p. 55-68.
- Seymour, R. y L.S. Kenefic. 1998. Balance and sustainability in multiaged stands: A Northern conifer case study. J. For. 96:12-17.
- Souza, C. M., & Roberts, D. (2005). Mapping forest degradation in the Amazon region with Ikonos images. *International Journal of Remote Sensing*, 26(3), 425-429.
- Thren, M. 1993. Serie Técnica Forestal. Volumen 1, Dasometría. Proyecto UNSE/GTZ; Universidad Nacional de Santiago del Estero, 182 pp.
- Torres-Rojo, J. (2000). Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el Método Mexicano de Ordenación de Montes. Madera y Bosques. 6. 57-72. 10.21829/myb.2000.621335.
- Ugalde, L.A. 1981. Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza. CATIE. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 37 pp
- UNIQUE WOOD. (2016). Validación tecnológica en el crecimiento del palo santo para uso sustentable en el Chaco Paraguayo (informe final)
- Vanclay, J. K. 1994. Modeling forest growth and yield; applications to mixed tropical forest. International Center for Agriculture and Biosciences, Wallingford, UK. 312 p.
- Yner Juarez F. 2014. DASOMETRÍA. Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas.

Fuentes consultadas

Censo Nacional Agropecuario 2002 (INDEC)
Censo Nacional Agropecuario 2008 (INDEC)
Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (INDEC)
Censo Nacional de Aserraderos 2015 (MAGyP)
Cartografía OTBN (Min. Ambiente)
Registros de EAP y existencias de ganado bovino (SENASA)
Registros de apiarios (SENASA)
Certificaciones de palo santo para exportación (SENASA)
Red vial nacional (IGN)
Estadísticas de comercio exterior (AFIP)
Subsecretaría de Desarrollo Forestal Prov. Chaco
Programa Forestal, Dir. Prod. Sustentable, Prov. Formosa
Ministerio de la Producción y Ambiente, Prov. Formosa
Dir. Planif. Territorial, Sec. Ambiente, Prov. Salta
Dir. Nacional de bosques (Min. Ambiente)
Programa Bosque y Comunidad (Min. Ambiente)
Referentes INTA
Referentes Universidad Nacional de Formosa



Dr. Pablo Luis Peri
Coordinador Programa Forestales INTA