



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en
Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca

INFORME FINAL

**Influencia de la distribución de productos de plantaciones forestales establecidas por
PINFOR en la continuidad de la sostenibilidad de la actividad forestal en Plantaciones de
Pino maximinoi en el Norte de Guatemala**

EQUIPO DE INVESTIGACION

Coordinador Ing. Agrónomo M.Sc. Boris Augusto Méndez Paiz

Investigador Ing. Agrónomo Luis Manuel Lima Guillén



Guatemala, febrero de 2017.



M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Doctor José Cal
Programa Universitario de Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad
Guatemalteca

Ing. Agr. M.Sc. Boris Augusto Méndez Paiz
Coordinador del Proyecto

Ing. Agr. Luis Manuel Lima Guillen
Investigador del Proyecto

Partida Presupuestaria
4.8.63.0.06
Año de ejecución: 2016

ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico y estado del arte	5
4.1. Distribución natural y relevancia de <i>P. maximinoi</i>	5
4.2. Tablas de volumen y Tablas de productos.....	5
4.3. Distribución de productos forestales en <i>P. maximinoi</i>	6
4.4 Medición de volumen y Tablas de volumen	7
4.5 Volumen Oficial y Volumen Comercial	8
5. Materiales y métodos	8
5.1 Ubicación del área de estudio	9
5.2 Descripción del tipo de investigación	10
5.3 Tamaño y conformación de la muestra.....	10
5.4 Técnicas e instrumentos.....	10
5.5 Operativización de variables.....	12
6. Resultados	122
6.1 Distribución de productos leñosos árboles individuales de <i>P. maximinoi</i> en Alta Verapaz.	122
6.2 Precio de productos	144
6.3 Matriz de resultados	144
6.4 Impacto esperado del proyecto	155
7. Conclusiones	155
8. Referencias	166
9. Apéndice: fotografías de fase de campo del proyecto.....	18
10. Actividades de gestión, vinculación y divulgación	19
11. Integrantes del equipo de investigación	20

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución de productos propuesta por Girón (1998) para Pino maximinoi en la región de Las Verapaces en Guatemala.....	6
Figura 2. Diametros comerciales minimos actuales por producto para Pino maximinoi en Alta Verapaz.....	7
Figura 3. Ubicación del área de estudio	9
Figura 4. Boleta para recolección de datos de árboles seccionados	111
Figura 5. Distribucion proporcional de productos leñosos conforme al diametro.....	144

Índice de Tablas

Tabla 1. Dimensiones y usos de productos leñosos P. maximinoi en Alta Verapaz.....	7
Tabla 2. Rangos de distribución diamétrica	111
Tabla 3. Definición operativa de las variables	12
Tabla 4. Distribución porcentual de volumen por producto leñoso para Pino maximinoi.....	13
Tabla 5. Cuantificación de la variabilidad de la muestra	133
Tabla 6. Matriz de resultados	155

Influencia de la distribución de productos de plantaciones forestales establecidas por PINFOR en la continuidad de la sostenibilidad de la actividad forestal en Plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en el Norte de Guatemala

La carencia de estimaciones de la distribución de productos leñosos en árboles en pie es un factor que limita la valoración y el manejo de plantaciones forestales comerciales. El propósito de esta investigación fue establecer la distribución proporcional de productos (troza, trocillo y leña) y los precios locales actualizados de estos productos del aprovechamiento de árboles de *Pinus maximinoi* H. E. Moore provenientes de plantaciones en Alta Verapaz, Guatemala. Se realizó muestreo de árboles de diferentes dimensiones, abarcando un rango de diámetros a la altura del pecho entre 13 y 48 cm, midiéndose diámetros y longitudes por secciones del fuste de los árboles seleccionados. Con los datos de la muestra, se utilizó la fórmula Smalian para calcular los volúmenes factibles de aprovechar por tipo de producto así como los volúmenes totales por árbol; se definió la distribución de productos para árboles de diferentes dimensiones para la especie en la zona del estudio; el coeficiente de variación ponderado de la muestra para la variable respuesta fue de 18%. La proporción de trocillo predomina para árboles entre 10 y 35 cm de diámetro en pie, mientras que el producto troza predomina en árboles mayores de 40 cm. El valor económico de las plantaciones se incrementa en la medida que aumentan las dimensiones de los árboles y la proporción del producto troza, el cual presentó un valor comercial 60% superior al trocillo; la proporción de troza en los árboles de cosecha puede acelerarse con la aplicación de aclareos.

Palabras clave: Plantaciones forestales, productos forestales, trozas.

Abstract

The lack of estimates on the distribution of wood products on standing trees limits valuation and proper management of commercial forest plantations. The purpose of this research was to establish the proportional distribution of products (logs, small logs and fuelwood) and their current local prices for individual trees of *Pinus maximinoi* H. E. Moore coming from plantations in Alta Verapaz, Guatemala. Sampling was carried out for trees of different sizes, covering a range of diameters at breast height of 13 and 48 cm, taking measures of diameters and lengths by sections in the boles of selected trees. With the sampling data, Smalian formula was used to calculate feasible volumes to be yield for each product type and total volumes for whole individual trees, differentiating product distribution for trees of different dimensions for the species in the study zone; weighted coefficient of variation for the selected variable was 18%. Proportion of small logs predominates for trees between 10 and 35 cm of standing diameter, meanwhile logs dominates for trees above 40 cm. The economic value of plantations increases with the size of tree diameter and therefore the higher proportion of logs, which showed a 60% higher commercial value than small logs; log proportion in yield trees might be accelerated through thinning application.

Keywords: Forest plantations, yield products, logs.

3. Introducción

El establecimiento y manejo de plantaciones forestales en los trópicos está cobrando importancia debido a la creciente demanda de madera y al agotamiento de los bosques naturales (Onyekwelu, Stimm & Evans, 2011); las plantaciones en los trópicos húmedos con especies de rápido crecimiento pueden alcanzar rendimientos de madera que superan por varias veces a la obtenida de bosques nativos (Evans, 1992). Adicionalmente las plantaciones ofrecen la posibilidad de proveer diferentes servicios ecosistémicos como la conservación de suelo y agua, absorción de carbono y rehabilitación de tierras degradadas (Hall, Ashton, Garen, & Jose, 2011; Montagnini & Piotto, 2011), así como beneficios socio-económicos (Grant, Nichols, Pelletier, Glencross, & Bell, 2006; Montagnini & Jordan, 2005).

En Guatemala, a partir del año 1997 con la implementación del Programa Nacional de Incentivos Forestales –Pinfor– se ha estimulado significativamente el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, reportándose hasta 2015 más de 133,000 hectáreas de nuevas plantaciones; el Pino maximinoi (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), en lo sucesivo *P. maximinoi*, es la especie cultivada en mayor superficie en el país, con una extensión hasta 2014 de 21,674 hectáreas, lo que representa el 16.2% del área total con plantaciones forestales financiadas con incentivos del Estado para el período 1998-2014; para esta especie se ha invertido un monto que supera los 258 millones de quetzales para el establecimiento de plantaciones (Instituto Nacional de Bosques, [Inab], 2016). Las plantaciones con *P. maximinoi* se han concentrado en Alta Verapaz, donde desde la fase de establecimiento la especie mostró un desempeño superior a otras especies de Pino tanto en crecimiento como en calidad en la conformación de fustes (Ávila-Folgar, 2003), proyectándose una producción anual sostenible de al menos 75,000 m³ como resultado de las plantaciones incentivadas con esta especie (Inab, 2012).

La necesidad de calcular el volumen de madera posible de aprovechar en árboles en pie ha dado lugar a la construcción de expresiones matemáticas para estimar el volumen de árboles de especie y dimensiones definidas a partir de su diámetro y altura (Helms, 1998). El término Tabla de volumen se define como una tabulación del volumen promedio de árboles de diferentes tamaños, expresados por su diámetro a la altura del pecho –DAP–, altura y diferentes clases de forma; siendo el volumen la variable dependiente y el DAP, altura y forma del fuste las independientes. La razón por la que se desarrollan Tablas de volumen es para relacionar variables de fácil medición con el volumen, considerada una variable de difícil obtención (Avery & Burkhart, 2002; Ferreira, 1990).

La distribución porcentual de los productos derivados del aprovechamiento forestal está definida principalmente por la dimensión que presenten las trozas obtenidas del árbol y en forma complementaria por otros factores que inciden en la calidad de la madera; a mayor dimensión de trozas, mayor posibilidad de uso industrial y por tanto de agregación de valor. Los principales productos leñosos que actualmente se comercializan en Guatemala de especies de pino son trozas y trocillos para aserrío, postes para diversos usos previo tratamiento de preservación y madera para combustible conocida como leña.

Aun cuando en Centroamérica varios autores han abordado el tema de proyección del rendimiento de madera en *P. maximinoi* (Escobar, 1994; Estrada-Cambar, 1997; Girón, 1998;

Núñez, 1986; Peters, 1977), se sigue careciendo de información sólida sobre la distribución de productos leñosos a partir de su diámetro en pie, lo cual limita el manejo de la especie al no poderse realizar de manera precisa la valoración económica y comercialización de los productos leñosos. Resalta sin embargo el trabajo elaborado en Honduras para *Pinus oocarpa* Schiede por Groothousen (s.f.), el cual presenta un enfoque similar al planteado en nuestra investigación.

La medición del volumen total de árboles en pie tiene como propósito cumplir con el requerimiento establecido en las normas y procedimientos oficiales, en el caso de Guatemala planteados en la Ley Forestal (Organismo Legislativo, 1996), la cual indica que para la otorgación de licencias y permisos de aprovechamiento forestal, la cuantificación de madera debe realizarse utilizando el sistema métrico decimal y por tanto reportado en metros cúbicos. Sin embargo, la compra/venta de madera en el mercado nacional se realiza utilizando otras unidades de medida, como el pie lineal para postes, la tarea para leña y el pie Tablar para madera de aserrío; esta necesidad ha dado lugar al surgimiento de las denominadas “reglas madereras”, consistentes en fórmulas para estimar el volumen comercial de árboles en pie, es decir previo a su derribo para aprovechamiento. El propósito de este trabajo es generar una Tabla con valores actualizados para estimar el volumen diferenciado por tipos de productos comerciales de manera porcentual para árboles de *P. maximinoi*, en este caso procedentes de plantaciones en Alta Verapaz, así como obtener los rangos actuales de precio en la zona por la venta de estos productos.

4. Marco teórico y estado del arte

4.1. Distribución natural y relevancia de P. maximinoi.

P. maximinoi es una especie de amplia distribución en Guatemala, donde se le encuentra naturalmente en sitios que van desde los 600 hasta los 2,400 m de altitud, con precipitación media entre 1,000 y 2,400 mm anuales, en suelos de textura francos a franco-arcillosos, con pH entre 4.5 a 7.5. Se encuentra naturalmente en rodales puros o asociados principalmente a *Pinus tecunumanii*, *Pinus pseudostrobus*, *Alnus sp.*, *Ostria virginiana* y *Liquidambar styracifua*, en sitios de mayor altitud y con *Pinus oocarpa* y *Quercus sp.* en lugares de menor altitud (Inab, 2012). Las plantaciones con esta especie se han incrementado, especialmente durante las pasadas dos décadas como resultado del Programa Nacional de Incentivos Forestales –Pinfor-; la especie ha sido extensamente plantada en el altiplano central y principalmente en la zona norte del país, en la región de Las Verapaces.

4.2. Tablas de volumen y Tablas de productos.

Una Tabla de volumen se define como un listado que presenta el volumen total o comercial de árboles o trozas a partir de variables de fácil medición, como el diámetro y la altura de árboles. Estas Tablas son construidas para una o más especies a partir de muestras de árboles derribados y son empleadas para estimar el contenido de madera de árboles individuales o de rodales (Helms, 1998).

Un tipo particular de Tabla de volumen son las Tablas de distribución porcentual del volumen por tipo de producto. Un ejemplo de dichas Tablas es la construida para pino de ocote (*Pinus oocarpa* Schiede) por Groothousen en Honduras (s.f.). Para construir este tipo de Tablas, se establece como punto de partida las dimensiones para cada producto y luego se cuantifica su distribución en árboles derribados; para el ejemplo de pino de ocote en Honduras, se definió como troza diámetros superiores a 20 cm, como tunca (trocillo) diámetros entre 10 y 20 cm; diámetros

menores a 10 cm fueron considerados como leña. En Norteamérica, (Helms, 1998) refiere una variante de este tipo de Tablas, denominándolas como “Tablas de existencias” (stock tables en Ingles) consistentes en un listado que muestra las proporciones del volumen total para un rodal por clases diamétricas, utilizándose como sinónimo el término “Tablas de volumen de rodal”. El mismo autor indica que el término “Tablas tarifa” se emplea para rodales con árboles de la misma edad (coetáneos) para estimar el volumen de árboles individuales de área basal conocida; estas Tablas pueden ser de aplicación general para la especie o bien de uso local y a su vez pueden ser catalogadas como compuestas -cuando se diferencian los sitios por su productividad- o simples – con productividad de sitio no diferenciada-.

4.3. Distribución de productos forestales en *P. maximinoi*

Girón (1998), propuso en un estudio sobre distribución de productos en *P. maximinoi* en la región de las Verapaces una segmentación de productos basada en el diámetro inferior del tronco; esta segmentación se distribuye de la siguiente manera:

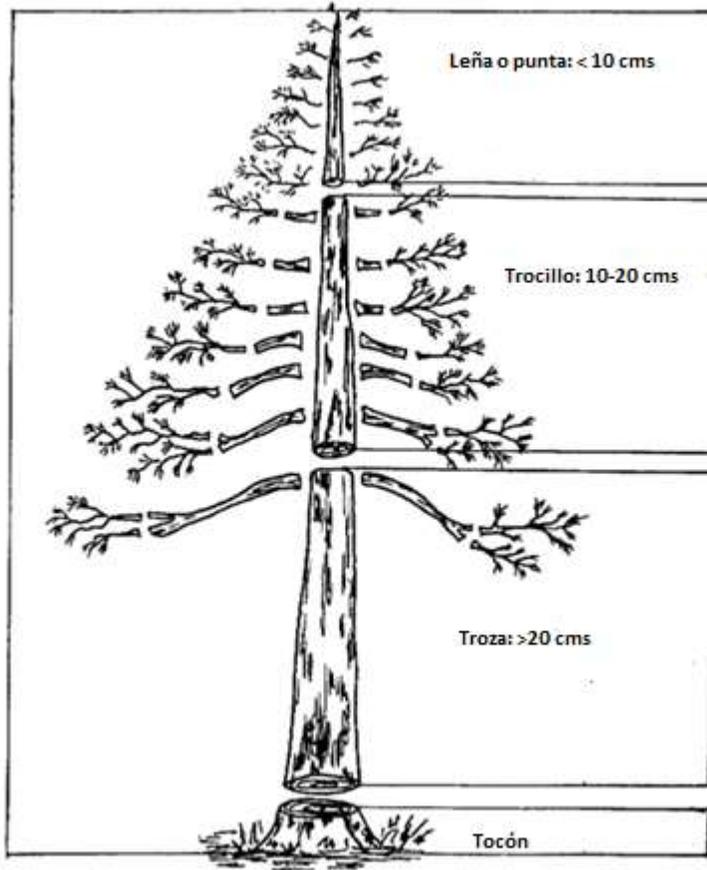


Figura 1. Distribución de productos propuesta por Girón (1998) para *P. maximinoi* en la región de Las Verapaces, Guatemala.

Sin embargo la anterior distribución de productos propuesta se encuentra desactualizada, esto debido a que los productos leñosos en Guatemala generalmente se compran en pulgadas, para lo cual una distribución más acorde al mercado actual de productos leñosos de la especie se propone en la Figura 2 y la Tabla 1.

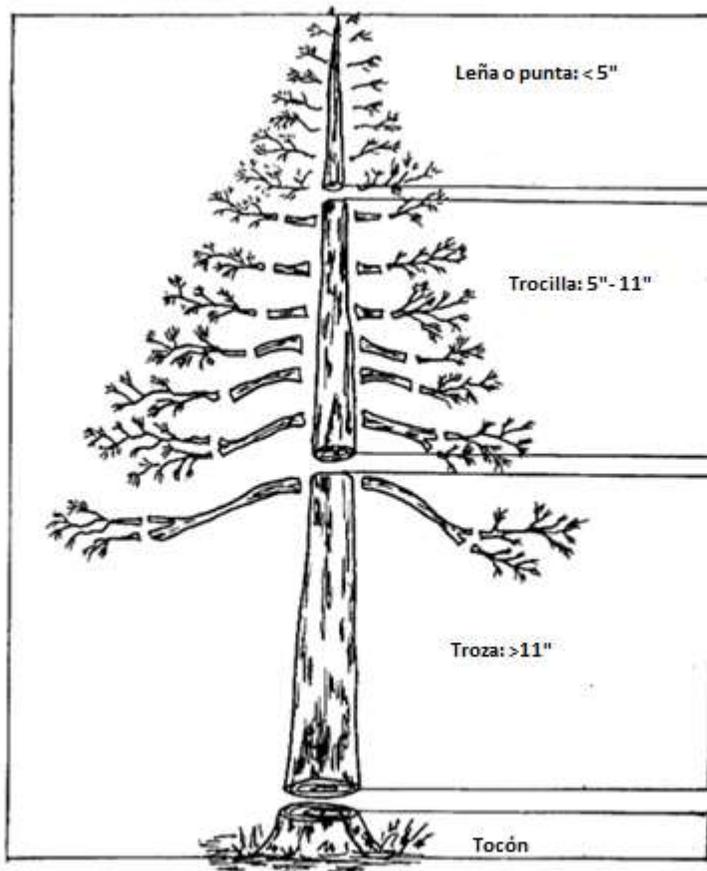


Figura 2. Diámetros comerciales mínimos actuales por producto para *P. maximinoi* en Alta Verapaz.

Tabla 1.

Dimensiones y usos de productos leñosos en *P. maximinoi*, Alta Verapaz.

Producto	Dimensiones *	Descripción usos
Troza para aserrío mayor	≥ 11 pulgadas = 28 cm. en extremo menor de la troza	Aserrío convencional.
Trocillos para aserrío menor	≥ 5 pulgadas y < 11 pulgadas = 13 – 28 centímetros	Aserrío de piezas menores para usos particulares como pallets u otros.
Leña	< 5 pulgadas (13 centímetros)	Energético a escala doméstica o agroindustrial. No hay valor agregado.

*Las dimensiones se toman como diámetros en troza incluyendo corteza.

4.4 Medición de volumen y Tablas de volumen

Ferreira (1990), define el término Tabla de volumen como una tabulación del volumen promedio de árboles de diferentes tamaños, expresados por su DAP, altura y diferentes clases de forma; siendo el volumen la variable dependiente y el diámetro a la altura del pecho –DAP- y la altura las

independientes. La idea del desarrollo de Tablas de volumen es relacionar las variables de fácil medición con otras variables de difícil obtención.

Las Tablas generalmente se obtienen mediante el desarrollo de fórmulas de volumen, las cuales toman en cuenta una o más variables; las tres principales variables ordinariamente asociadas con árboles en pie son el diámetro a la altura del pecho –DAP-, altura y en algunos casos la forma del árbol. Las Tablas generadas a partir de dos o más variables se les conoce como de múltiples entradas; las Tablas pueden ser clasificadas como específicas cuando aplican solamente para una especie maderera o como Tablas compuestas cuando se diseñan para grupos de especies similares en términos de forma del árbol (Avery & Burkhart, 2002).

4.5 Volumen Oficial y Volumen Comercial

La medición del volumen total de árboles en pie tiene como propósito cumplir con el requerimiento establecido en las normas y procedimientos oficiales, en el caso de Guatemala planteados en la Ley Forestal, la cual indica que para la otorgación de licencias y permisos de aprovechamiento forestal la cuantificación de madera debe realizarse utilizando el sistema métrico decimal y por tanto reportado en metros cúbicos. Sin embargo, la compra/venta de madera en el mercado nacional se realiza utilizando otras unidades de medida como el pie lineal para postes, la tarea para leña y el pie Tabla para madera de aserrío; esta necesidad ha dado lugar al surgimiento de las denominadas “reglas madereras”, consistentes en fórmulas para estimar el volumen comercial de árboles en pie, es decir previo a su derribo para aprovechamiento. En el presente estudio el propósito fue generar una regla maderera que estime el volumen diferenciado por tipos de productos comerciales de manera porcentual y en volumen para árboles individuales de *P. maximinoi* procedentes de plantaciones en la zona de Alta Verapaz, así como obtener los rangos de precio en la zona por la venta de estos productos.

5. Materiales y métodos

La duración del proyecto fue de 7 meses. La cobertura geográfica se concentró en el departamento de Alta Verapaz, por ser en donde se localizan la mayoría de plantaciones con *P. maximinoi*; se seleccionaron plantaciones en proceso de cosecha final o de aplicación de aclareos. El trabajo de campo incluyó por un lado la medición de árboles derribados para calcular los volúmenes por tipo de producto y por otro la determinación de precios de compra/venta de los diferentes productos mediante investigación de los mercados forestales. Como se observa en la Tabla 5, la proporción del volumen del árbol que puede aprovecharse para troza es relevante a partir de la clase diamétrica entre 33 y 38 cm de DAP, con al menos la mitad del volumen para este producto para árboles de 35 cm, incrementándose sustancialmente para árboles mayores a 40 cm con proporciones que superan las tres cuartas partes del volumen total del árbol, existiendo congruencia con los reportados para *Pinus oocarpa* por Groothusen (s.f.) en Honduras y por Peters (1977) en Guatemala. Con base en esto, puede afirmarse que el DAP mínimo objetivo para la cosecha final de árboles de *P. maximinoi* en plantaciones debiera ser 40 cm, por lo que la aplicación oportuna de aclareos para regular la densidad del rodal y estimular un ritmo adecuado de crecimiento en diámetro es crucial (Smith, Larson, Kelty, & Ashton, 1997). La proporción de trocillo es dominante para árboles hasta de 33 cm; para árboles superiores a este diámetro decae su participación en el total de volumen en la medida que aumenta la proporción de troza (Figura 5). En síntesis, árboles provenientes de cortas intermedias (aclareos) producirán principalmente

trocillo, mientras que arboles de cosecha final su volumen se concentrara en trozas con mayor valor comercial.

Como se observa en la Tabla 5, la proporción del volumen del árbol que puede aprovecharse para troza es relevante a partir de la clase diamétrica entre 33 y 38 cm de DAP, con al menos la mitad del volumen para este producto para árboles de 35 cm, incrementándose sustancialmente para arboles mayores a 40 cm con proporciones que superan las tres cuartas partes del volumen total del árbol, existiendo congruencia con los reportados para *Pinus oocarpa* por Groothusen (s.f.) en Honduras y por Peters (1977) en Guatemala. Con base en esto, puede afirmarse que el DAP mínimo objetivo para la cosecha final de árboles de *P. maximinoi* en plantaciones debiera ser 40 cm, por lo que la aplicación oportuna de aclareos para regular la densidad del rodal y estimular un ritmo adecuado de crecimiento en diámetro es crucial (Smith, Larson, Kelty, & Ashton, 1997). La proporción de trocillo es dominante para arboles hasta de 33 cm; para arboles superiores a este diámetro decae su participación en el total de volumen en la medida que aumenta la proporción de troza (Figura 5). En síntesis, arboles provenientes de cortas intermedias (aclareos) producirán principalmente trocillo, mientras que arboles de cosecha final su volumen se concentrara en trozas con mayor valor comercial.

5.1 Ubicación del área de estudio

Aun cuando naturalmente el *P. maximinoi* presenta amplia distribución natural, desde el norte de México hasta Nicaragua, siendo posible encontrarlo desde bosques un tanto secos de Pino-Encino hasta bosques nubosos, en altitud predominando en sitios entre 900-1800 metros aunque se le puede encontrar incluso desde 450 hasta 2800 m, asociado con múltiples especies de Pino y Encino (Farjón & Styles, 1997), en Guatemala su cultivo en plantación se ha concentrado en cuatro municipios del departamento de Alta Verapaz (Figura 3), por lo que fue en esta zona donde se llevó a cabo el muestreo para esta investigación.

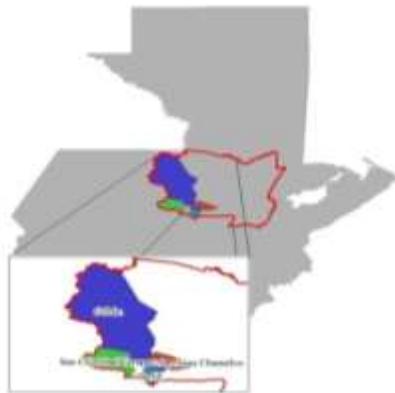


Figura 3. Ubicación del área de estudio

5.2 Descripción del tipo de investigación

La investigación desarrollada con este proyecto fue de carácter no experimental con finalidad descriptiva y de correlación.

5.3 Tamaño y conformación de la muestra

Para generar la Tabla de distribución de productos se requirió una muestra de árboles que incluyera individuos de las clases diametrales de interés, en este caso el rango fue desde arboles a partir de 13 centímetros (5 pulgadas) hasta 48 centímetros (19 Pulgadas) de diámetro a la altura del pecho –DAP. La medición se realizó buscando medir en principio cinco árboles en cada categoría de DAP con un intervalo de 5 centímetros, obteniéndose ocho clases de diámetro y un total inicial de 40 árboles; una vez definido el volumen a este primer lote de árboles, se calcularon los coeficientes de variación del volumen en cada clase diamétrica y para aquellas en las cuales el coeficiente de variación supero el 30%, se procedió a incrementar el número de árboles para cubrición hasta lograr coeficientes inferiores a este valor, completándose una muestra conformada por 63 árboles, alcanzándose un coeficiente de variación ponderado menor a 20%.

Para la obtención de la muestra se contó con apoyo de la oficina regional de Las Verapaces de Inab, lo que permitió tener acceso a unidades de producción con permisos de aprovechamiento forestal vigente en el área de estudio, seleccionándose arboles con diámetros distribuidos en un rango amplio, desde individuos extraídos como parte de aclareos hasta arboles de cosecha final.

5.4 Técnicas e instrumentos

Para generar la información sobre la distribución de volúmenes por tipo de producto se midió el volumen en árboles derribados (Figuras 6 y 7); los arboles seleccionados debían poseer una conformación regular, incluyendo fuste recto, sin daño mecánico y sanos; el seccionamiento de árboles y cuantificación de los diferentes volúmenes se realizó utilizando el procedimiento estandarizado y descrito en Méndez-Paiz, 2010 y Avery & Burkhart, 2002. El instrumento para colecta de datos de árboles derribados se muestra en la Figura 4.

Para la obtención de información sobre precios de productos, se entrevistó a los propietarios de las unidades de producción visitadas, recabándose datos de precios para los productos troza, trocillo y leña.

5.5 Operativización de variables

Tabla 3.
Definición operativa de variables

Objetivo	Variable	Definición teórica variable	Definición operativa	Técnica	Instrumento	Escala de medición
Estimar la distribución Proporcional de productos leñosos en arboles de <i>Pinus maximinoi</i> en Alta Verapaz Guatemala.	Productos leñosos	Productos leñosos (troza, trocillo, poste, leña).	Volumen de madera por cada producto para arboles individuales	Medición en campo y realizar cálculos en oficina	Boleta de campo, fotografías.	Cantidad de pies Tablares y/o metros cúbicos por tipo producto y clases diametral.
Establecer precios de venta local de productos leñosos de <i>Pinus maximinoi</i>	Precio en quetzales por unidad de producto	Cantidad de unidad monetaria por unidad de producto	Quetzales por unidad de producto	Entrevista con productores	Boleta de entrevista	Quetzales por metro cubico.

6. Resultados

6.1 Distribución de productos leñosos en arboles individuales de *P. maximinoi* en Alta Verapaz.

Con una muestra de 63 árboles colectados en 3 unidades productoras (2 en aclareo y 1 en corta final) se elaboró una Tabla de 7 clases de DAP con 3 tipos de productos del aprovechamiento de *P. maximinoi* (Leña, Trocillo y Troza) en porcentajes de distribución para cada producto (ver Tabla 4); por otro lado, la Tabla 5 muestra la variabilidad de los datos de la muestra.

Tabla 4
Distribución porcentual media de volumen por producto leñoso para P. maximinoi

Clase	Leña	Trocillo	Troza	Total
Diamétrica	(%)	(%)	(%)	(%)
13.0-18.0	14	86	0	100
18.0-23.0	12	88	0	100
23.0-28.0	11	88	1	100
28.0-33.0	8	73	20	100
33.0-38.0	4	43	53	100
38.0-43.0	5	20	76	100
43.0-48.0	3	18	79	100

Tabla 5.
Cuantificación de la variabilidad de la muestra

Clase	Número	Volumen	Desv Est	Coef	Proporción	Coef Var
Diamétrica	árboles	medio/árbol	(m3)	Var	de la clase	ponderado
	(n)	(m3)		(%)		clase (%)
13.0-18.0	5	0.132	0.024	18	0.079	1
18.0-23.0	10	0.190	0.049	26	0.159	4
23.0-28.0	23	0.312	0.049	16	0.365	6
28.0-33.0	10	0.440	0.059	13	0.159	2
33.0-38.0	5	0.830	0.222	27	0.079	2
38.0-43.0	5	1.562	0.232	15	0.079	1
43.0-48.0	5	1.865	0.364	20	0.079	2
Total	63				1	18

Como se observa en la Tabla 5, la proporción del volumen del árbol que puede aprovecharse para troza es relevante a partir de la clase diamétrica entre 33 y 38 cm de DAP, con al menos la mitad del volumen para este producto para árboles de 35 cm, incrementándose sustancialmente para árboles mayores a 40 cm con proporciones que superan las tres cuartas partes del volumen total del árbol, existiendo congruencia con los reportados para *Pinus oocarpa* por Groothusen (s.f.) en Honduras y por Peters (1977) en Guatemala. Con base en esto, puede afirmarse que el DAP mínimo objetivo para la cosecha final de árboles de *P. maximinoi* en plantaciones debiera ser 40 cm, por lo que la aplicación oportuna de aclareos para regular la densidad del rodal y estimular un

ritmo adecuado de crecimiento en diámetro es crucial (Smith, Larson, Kelty, & Ashton, 1997). La proporción de trocillo es dominante para arboles hasta de 33 cm; para arboles superiores a este diámetro decae su participación en el total de volumen en la medida que aumenta la proporción de troza (Figura 5). En síntesis, arboles provenientes de cortas intermedias (aclareos) producirán principalmente trocillo, mientras que arboles de cosecha final su volumen se concentrara en trozas con mayor valor comercial.

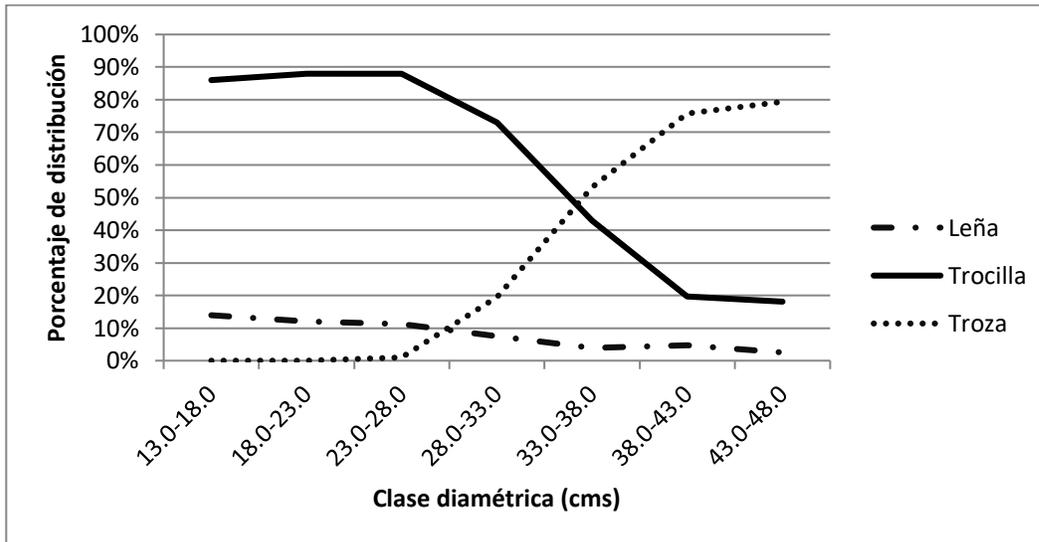


Figura 5. Distribución proporcional de productos leñosos conforme al diámetro.

El producto leñoso de mayor valor es la troza, derivado de esto las acciones silviculturales realizadas por parte de los poseedores de plantaciones forestales deben encaminarse a maximizar la obtención de este producto por medio de la optimización del incremento del DAP aplicando oportunamente aclareos a las plantaciones.

6.2 Precio de productos

Se encontró homogeneidad en el precio de compra/venta de productos forestales en el área de estudio; el precio medio en patios de aserradero en la zona de estudio fue de Q425.70/m³ para trocillo y de Q678.40/m³ para troza; la leña no tiene mercado actualmente en la zona, por lo que su valor comercial es de cero.

6.3 Matriz de resultados

Esta matriz presenta los productos, resultados y/o hallazgos planteados en la propuesta de investigación así como los resultados obtenidos.

Tabla 6.
Matriz de resultados

Objetivo específico	Resultado esperado	Resultado obtenido
Cuantificar en forma porcentual la distribución de productos en arboles de diferentes dimensiones provenientes de plantaciones de <i>P. maximinoi</i> .	Tabla de distribución porcentual de productos leñosos para <i>P. maximinoi</i> .	Tabla de distribución porcentual de productos leñosos para <i>P. maximinoi</i> (Tabla 4).
Determinar precios de compra/venta de los diferentes productos provenientes del aprovechamiento de <i>P. maximinoi</i> en la zona de estudio.	Valores de precios de compra/venta de los productos troza, trocillo y leña.	Valores de precios de compra/venta de los productos troza, trocillo y leña.

6.4 Impacto esperado del proyecto

Los productos del proyecto constituyen herramientas de apoyo al manejo de plantaciones con la especie en la zona de estudio. Estos productos demuestran la relevancia de la aplicación de aclareos, como tratamiento silvícola clave que permite incrementar el crecimiento de los árboles en diámetro, lo que a su vez es el principal factor para incrementar los ingresos por la venta de productos tanto de los obtenidos de aclareos como de la corta final de las plantaciones. El incremento en los ingresos se traduce a su vez un aumento de la rentabilidad de estos proyectos productivos. Los productos del proyecto proporcionan información base para realizar estimaciones de rentabilidad del manejo de plantaciones con la especie.

7. Conclusiones

Existe una relación clara entre diámetro del árbol en pie y proporción de productos. A partir de 33 cm de DAP el porcentaje de troza supera al de trocillo con 53% del total y a partir de 38 cm de DAP la proporción de troza representa 76% del volumen total del árbol. Con base en estos datos puede afirmarse que para la especie, el DAP objetivo debiera ser como mínimo 40 cm para alcanzar una proporción significativa de troza, el producto de mayor valor comercial. Por tanto, la aplicación de silvicultura en plantaciones de *P. maximinoi* debiera orientarse a lograr este DAP objetivo en el menor tiempo posible en cualquier condición de sitio.

El precio de venta de los productos en aserraderos cercanos a las plantaciones donde se obtuvo la información volumétrica de los arboles es de Q. 425.70/m³ para trocillo y Q. 678.40/m³ para troza (precios de compra de producto entregado en industria), la leña posee un valor 0 derivado que su precio de compra es generalmente inferior a su costo de extracción por lo que se reportó que este producto es dejado en el lugar de aprovechamiento.

La ausencia de valor comercial del producto leña, plantea un problema de manejo, dado que para mantener un ritmo adecuado de crecimiento en diámetro es necesaria la aplicación de aclareos

desde los primeros años de las plantaciones, lo cual conduce a la obtención de diámetros menores solo utilizables como leña, la cual debiera ser extraída del bosque por razones sanitarias, por lo que resulta importante buscar algún uso industrial a este producto, que cuando menos permita cubrir parcial o totalmente el costo de aprovechamiento, extracción y transporte de este producto al punto de uso final.

8. Referencias

- Avery, T. E., & Burkhart, H. E. (2002). *Forest measurements*. (5a. ed.). Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Ávila-Folgar, R. (2003). *Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (Pinus maximinoi H.E. Moore, Pinus caribaea Morelet, Pinus oocarpa Schiede y Tectona grandis L.F.), del Programa de Incentivos Forestales en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Escobar-Sagastume, A. (1994). *Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi H.E. Moore en Jalapa, departamento de Jalapa* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Estrada-Cambar, E. (1997). *Elaboración de Tablas de volumen general para Pinus oocarpa y Pinus maximinoi del bosque del Uyuca, El Zamorano, Honduras* (Tesis de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.
- Evans, J. (1992). *Plantation forestry in the tropics*. Oxford, Reino Unido: Clarendon Press.
- Farjon, A. & Styles, B. (1997). *Pinus (Pinaceae)*. Flora Neotrópica 75. New York Botanical Garden.
- Ferreira-Rojas, O. (1990). *Manual de inventarios forestales*. Siguatepeque, Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Girón, J. (1998). *Distribución del volumen por producto para Pinus maximinoi H. E. Moore, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Grant, J. C., Nichols, J. D., Pelletier, M., Glencross, K., & Bell, R. (2006). Five year results from a mixed-species spacing trial with six subtropical rainforest tree species. *Forest Ecology and Management*, 233, 309-314. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.027
- Groothusen, C. (s.f.). *Parcelas Permanentes en Honduras*. Honduras: Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal.
- Organismo Legislativo, Congreso de la República de Guatemala. Decreto de la Ley Forestal, 101-96, Diario de Centroamérica (4 de diciembre de 1996).
- Instituto Nacional de Bosques –Inab-. (2012). *Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Pino Candelillo*. Guatemala: autor.
- Instituto Nacional de Bosques –Inab-. (2016). *Programa de Incentivos Forestales*. Guatemala: autor. Recuperado de www.inab.gob.gt.
- Hall, J., Ashton, M., Garen, E., & Jose, S. (2011). The ecology and ecosystem services of native trees: Implications for reforestation and land restoration in Mesoamerica. *Forest Ecology and Management*, 261, 1553-1557. doi:10.1016/j.foreco.2010.12.011
- Helms, J. (1998). *The dictionary of forestry*. Bethesda, Maryland, Estados Unidos: The Society of American Foresters.

- Méndez-Paiz, B. (2010). *Manual de Laboratorio del Curso Mediciones Forestales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Montagnini, F., & Jordan, C. (2005). *Tropical forest ecology: The basis for conservation and management*. Heidelberg, Alemania: Springer.
- Montagnini, F., & Piotta D. (2011). Mixed plantations of native trees on abandoned pastures: restoring productivity, ecosystem properties, and services on a humid tropical site. En S. Gunter, M. Weber, B. Stimm, & M. Reinhard (Eds.), *Silviculture in the tropics* (pp. 501-511). Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Núñez-Saravia, O. (1986). *Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoii H.E. Moore, En Cobán, Alta Verapaz* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Onyekwelu, J., Stimm, B., & Evans, J. (2011). Plantation Forestry Review. En S. Gunter, M. Weber, B. Stimm, & M. Reinhard (Eds.), *Silviculture in the Tropics* (pp. 399-454). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Peters, R. (1977). *Tablas de volúmenes para las especies coníferas de Guatemala*. (Proyecto PNUD/FAO/GUA/72/006 No. 17). Guatemala: Instituto Nacional Forestal.
- Smith, D., Larson, B., Kelty, M., & Ashton, P. M. (1997). *The practice of Silviculture: Applied forest ecology*. (9a. ed.). Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.

9. Apéndice: fotografías de fase de campo del proyecto.



Figura 6. Seccionamiento de árboles para medicion.



Figura 7. Medición de árboles seccionados.

10. Actividades de gestión, vinculación y divulgación.

Para la ejecución del proyecto se realizaron actividades de gestión consistentes en la obtención de permisos de ingreso ante los propietarios de las unidades de producción, lo anterior con apoyo del Instituto Nacional de Bosques por medio de personal de sus sedes en el área de estudio y la inclusión de los regentes forestales en las visitas a las fincas donde se realizó el muestreo de árboles.

Para la divulgación de los resultados del proyecto, además de la publicación del presente informe, se preparó un documento en formato de artículo científico para su publicación en una revista con arbitraje; se espera que el artículo pueda ser publicado en uno de los próximos números de la Revista Ciencia, Tecnología y Salud de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Finalmente los investigadores del proyecto participaron en eventos de presentación de resultados de investigación que organicen la DIGI y otras entidades como INAB y la Facultad de Agronomía de la USAC para dar a conocer los resultados obtenidos con el proyecto.

11. Integrantes del equipo de investigación.

Contratados por contraparte y colaboradores	
Boris Augusto Méndez Paiz	Coordinador de proyecto de investigación

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago	
			SI	NO
Luis Manuel Lima Como se	Investigador	20060022	X	

Nombre	Firma
Luis Manuel Lima	

Ing. M. Sc. Boris A. Méndez Paiz
Coordinador del Proyecto

Doctor José Cal
Coordinadora Programa Universitario de
Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca

Vo. Bo. Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas.