

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO PARA Pinus maximinoi
H. E. Moore, EN PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN, EN
EL MUNICIPIO DE COBÁN, ALTA VERAPAZ

HÉCTOR ROLANDO LÉMUS LÓPEZ

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO PARA Pinus maximinoi
H. E. Moore, EN PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN, EN
EL MUNICIPIO DE COBÁN, ALTA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR:

HÉCTOR ROLANDO LÉMUS LÓPEZ
CARNÉ: 9540041

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN CULTIVOS NO
TRADICIONALES

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JULIO DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIA:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DE DOCENTES:	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTES DE ESTUDIANTES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Agr. *MSc* Sandra Anabella Tello Coutiño

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:	Ing. Agr. <i>MSc</i> Ángel Arce Canahuí
SECRETARIO:	Ing. Agr. <i>MSc</i> Edgar Armando Ruiz Cruz
VOCAL:	Ing. Agr. <i>MSc</i> David Salomón Fuentes Guillermo

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Civil *MSc* Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. *MSc* Rodolfo Antonio Reyes Villatoro

ASESOR

Ing. Agr. *MSc* Luis Humberto Ortiz Castillo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE - CUNOR -
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 27 de febrero de 2017.
Ref.: 15-A-143/2017.

Señores:
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Agronomía
Centro Universitario del Norte - CUNOR

Señores:

Me dirijo a usted para informar que he revisado el trabajo de graduación titulado "**Determinación de la calidad de sitio para Pinus maximoi H. E. Moore, en parcelas permanentes de evaluación, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz**".

A mi criterio dicho trabajo cumple con las observaciones realizadas por la terna en la presentación oral de Seminario II, lo indicado en el acta que levantó la terna, así como las sugerencias y anotaciones que le hacen en los documentos que presentó.

En tal sentido, por este medio doy el aval al trabajo que he asesorado, para que continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,

Id y enseñad a todos



Ing. Agr. M.C. Luis Humberto Ortiz Castillo
Asesor Principal.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 05 de mayo de 2017.
Ref.: 15-A-182/2017.

Señores:
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Agronomía
Centro Universitario del Norte –CUNOR-

Señores:

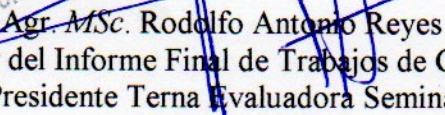
Por este medio me permito informar que el **T.U. Héctor Rolando Lémus López**, si incorporó a su informe final de Trabajo de Graduación las correcciones y sugerencias que se le mandaron hacer en el documento y en la presentación del Seminario II.

Con base a lo anterior, se recomienda que dicho trabajo continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,



Id y enseñad a todos


Ing. Agr. MSc. Rodolfo Antonio Reyes Villatoro
Revisor del Informe Final de Trabajos de Graduación y
Presidente Terna Evaluadora Seminario II
Carrera Agronomía

c.c. Archivo.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 05 de julio de 2017.
Ref.: 15-A-183/2017.

Señores:
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Agronomía
Centro Universitario del Norte –CUNOR-

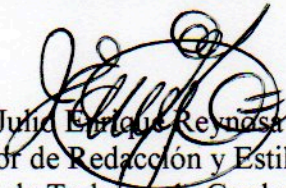
Señores Comisión de Trabajos de Graduación:

Por este medio me permito informar que he revisado el trabajo de graduación presentado por el **T.U. Héctor Rolando Lémus López**, titulado: **“Determinación de la calidad de sitio para Pinus maximinoi H. E. Moore, en parcelas permanentes de evaluación, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz”**, y después de corroborar que se hicieron las observaciones formuladas, me permito dictaminar que dicho trabajo es satisfactorio en cuanto a las normas de redacción y estilo y puede continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



Id y enseñad a todos


Ing. MSc. Julio Enrique Reynosa Mejía
Revisor de Redacción y Estilo
Comisión de Trabajos de Graduación
Carrera de Agronomía
CUNOR - USAC

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 07 de julio de 2017.
Ref.: 15-A-185/2017.

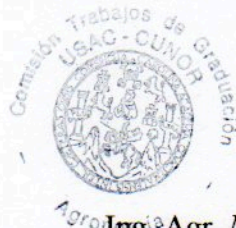
Licenciado:

Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
Director del CUNOR
Edificio.

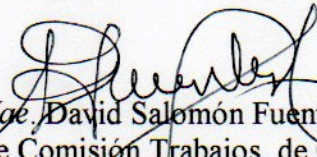
Señor Director:

Por este medio me permito informar que después de haber sido revisado y evaluado por el Asesor, el Revisor de Informes Finales y el Revisor de Redacción y Estilo, la Comisión de Trabajos de Graduación, emite su dictamen favorable para que el trabajo de graduación del T.U. **Héctor Rolando Lémus López**, titulado: **“Determinación de la calidad de sitio para Pinus maximinoi H. E. Moore, en parcelas permanentes de evaluación, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz”**, siga el trámite correspondiente a efecto se autorice el Imprimase.

Atentamente,



Id y enseñad a todos


Ing.^a Agr. Mae. David Salomón Fuentes Guillermo
Presidente Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO PARA Pinus maximinoi H. E. Moore, EN PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE COBÁN, ALTA VERAPAZ, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.



T. U. Héctor Rolando Lémus López
Carné: 9540041

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2 .4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	7
CAPÍTULO 1	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Marco conceptual	9
1.1.1 Taxonomía de <u>Pinus maximinoi</u> H.E. Moore	9
1.1.2 Importancia de la especie	9
1.1.3 Requerimientos ambientales	10
1.1.4 <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en Guatemala	11
1.1.5 Parcelas permanentes de medición forestal	12
1.1.6 Programa Mirasilv	14
1.1.7 Productividad de los sitios forestales	17
1.1.8 Calidad de sitio	19
1.1.9 Índice de sitio	21
CAPÍTULO 2	
2.1 Marco referencial	29
2.1.1 Localización geográfica del área de estudio	29
2.2 Etapas de la investigación	31
2.2.1 Recopilación de datos físicos de las PPMF	31
2.2.3 Ordenamiento y procesamiento de datos históricos	32

2.3	Determinación por índices de sitio	33
2.4	Construcción de curvas de índices de sitio de las PPMF	34
2.5	Determinación de la calidad de sitio	35
2.6	Comportamiento morfológico de <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en las PPMF	35
2.7	Análisis financiero de la obtención de productos forestales	36
2.8	Mapas	36
2.9	Tablas de crecimiento	36

CAPÍTULO 3

3.1	Resultados y discusión	37
3.1.1	Desarrollo diametral y longitudinal de <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en 29 PPMF	37
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Ubicación de parcelas permanentes de medición forestal muestreadas, con <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	29
2. Diámetro a la altura del pecho de los árboles de <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016	37
3. Altura dominante de los árboles de <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016	39
4. Categorías de índice de sitio para <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016	40
5. Clasificación de índices de sitio para <u>Pinus maximinoi</u> H. E. Moore a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	41
6. Comportamiento morfológico de <u>Pinus maximinoi</u> H. E.	43

	Moore en las PPMF a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	
7.	Indicadores financieros de las PPMF evaluadas a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	44
8.	Resultados del análisis químico de suelos para las PPMF a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	52
9.	Resultados del análisis físico de suelos para las PPMF a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	53
10.	Características físicas de los suelos en las PPMF a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	54
11.	Alturas Índice de las PPMF en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	70
12.	Diámetros índices a la altura del pecho de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	72
13.	Área basal índice de las PPMF del municipio de Cobán Alta Verapaz, 2016	74
14.	Volumen de las PPMF del municipio de Cobán Alta Verapaz, 2016	76
15.	Resultados de los análisis de suelos de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	78
16.	Categorización de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1.	Relación C/B de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	46
2.	TIR de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	47
3.	VAN de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	48
4.	Costo actual de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	49
5.	Ingreso neto actual de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	50
6.	Comparación entre costo neto actual e ingreso neto actual de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	51
7.	Porcentaje de limo, arena y arcilla en los suelos de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016	55

ÍNDICE DE FIGURAS

- | | | |
|----|-------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Mapa de ubicación de las fincas donde se localizan las PPMF | 29 |
|----|-------------------------------------------------------------|----|

LÉMUS LÓPEZ, H. R. Determinación de la calidad de sitio para Pinus maximinoi H. E. Moore, en parcelas permanentes de evaluación, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Norte. 80 p.

RESUMEN

En base a los registros históricos que el Instituto Nacional de Bosques – INAB- ha llevado a cabo a través de su Departamento de Investigación Forestal, relacionados con el establecimiento y mantenimiento de 29 parcelas de Pinus maximinoi H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, se realizó el presente estudio, para determinar la calidad de sitio óptima para el desarrollo de esta especie forestal ya que las unidades de investigación están bien distribuidas en la Zona de Vida Bosque Muy Húmedo Sub-tropical (Frío).

La metodología empleada consistió en determinar los índices de sitio, mediante la fórmula de Schumacher modificada por el Departamento de Investigación Forestal del INAB y adaptada para la región de la Zona de Vida Bosque Muy Húmedo Subtropical Frío del municipio de Cobán, Alta Verapaz, la cual constituye una familia de modelos de crecimiento para Pinus maximinoi H.E. Moore en la región II del INAB. Estos modelos han sido elaborados en base a los factores índice de sitio, espacio, competencia y edad que los hacen flexibles y dinámicos, de tal forma que las proyecciones llevadas a cabo con ellos, se ajustan a las condiciones particulares de la región.

Se realizaron visitas a cada una de las parcelas permanentes, las cuales fueron ubicadas en coordenadas *GTM* mediante un *GPS* submétrico de alta precisión, mediante el cual se conectó a una base del Registro de Información Catastral –RIC- y se generaron datos de la ubicación geográfica. Asimismo, se tomaron muestras de suelo que, posteriormente fueron enviadas a un laboratorio de suelos para su análisis físico-químico. En cada una de las parcelas se hicieron calicatas de un metro de profundidad para determinar la

estructura del suelo, la profundidad efectiva y los horizontes del mismo; se realizaron mediciones de la topografía media en cada una de las 29 parcelas y se calculó el porcentaje de cobertura con presencia externa de rocas.

Con la presente investigación, se determinó que las parcelas ubicadas en la finca Guadalupe presentan un mayor crecimiento de altura, diámetro a la altura del pecho y volumen de madera, por el contrario, las parcelas ubicadas en la finca Saquichaj presentan los resultados más bajos, tanto en términos de producción de madera como en los indicadores financieros tasa interna de retorno del capital invertido, el valor actual neto de inversión y valor actual neto de utilidades, costos y utilidades netas y relación costo/beneficio.

Se realizó una descripción morfológica de los especímenes de Pinus maximinoi H.E. Moore en cada una de las 29 parcelas permanentes de medición forestal, pero no se ahondó en detalles, por considerar que muchos de los efectos de los árboles de la especie dependen de la calidad de semilla (semilla certificada, sana y de una edad viable para la siembra) y no hay registros en este tema.

Para uniformizar la información y, en base al modelo propuesto por el Departamento de Investigación Forestal del INAB, se determinaron 2 turnos de corta (7 y a los 14 años de edad) y una corta final a los 20 años y se dejó el ciclo de desarrollo productivo de 20 años como edad de índice dominante.

La altura dominante del índice de sitio excelente, según la metodología del INAB, fue de 34,82 m en la parcela 2 de la finca Guadalupe, cuya descripción se reduce a suelos con textura franca y franco arenosa, estructura prismática, pedregosidad expuesta inferior a 20 % de la superficie total, pendiente menor a 32 %, con suelos profundos que rondan en el rango de los 50 cm a 90 cm, con suelos pobres en Fósforo, ricos en Potasio, Calcio y Magnesio.

Mientras que la altura dominante del índice de sitio medio fue de 14,89 m en la parcela 6 de la finca Saquichaj, con suelos de textura arcillosa estructura subangular, pedregosidad expuesta superior a 50 % de la superficie total, pendiente de 32 % a 55 %, suelos poco profundos menores a 20 cm, suelos ricos en Fósforo y pobres en Potasio, Calcio y Magnesio.

Se realizó un análisis financiero a cada una de las 29 parcelas permanentes de medición forestal y se determinó que la parcela que mostró mayor rentabilidad fue Guadalupe 2, con una TIR de 41 %, VAN de Q137 509,42, relación C/B de 1:2,16, costo actual neto de Q118 821,37, ingreso actual neto de Q256 230,79. Le siguieron, en su orden: Samac 4, Guadalupe1, Samac 5 y Chicoj 4; todas éstas se clasificaron dentro de los índices de sitio bueno y excelente.

Mientras tanto, la parcela que mostró menor rentabilidad fue Saquichaj 6, con una TIR de 11 %, VAN de Q1 142,80, una relación C/B de 1:1,03, costo actual neto Q37 085,18, ingreso actual neto de Q38 226,99. Le siguieron en su orden: Saquichaj 5, Saquichaj 7, Chicoj 1 y Saquichaj 4; todas éstas se clasificaron dentro del índice de sitio medio.

INTRODUCCIÓN

La parte sur del municipio de Cobán, Alta Verapaz y los sectores adyacentes, se han caracterizado por la dinámica de las renovaciones forestales; en la cual, se aprovechan económicamente las masas de especímenes maduros, principalmente del género Pinus sp., las que se recuperan, mediante plantaciones homogéneas adheridas a un plan operativo anual.

Dentro de este contexto, cabe resaltar la importancia de buscar y generar información enfocada en la optimización de los aprovechamientos forestales y, consecuentemente, la respectiva recuperación de las masas boscosas, con el objetivo primordial de eficientar los recursos y mejorar las condiciones de vida de los silvicultores locales.

El presente estudio, se basó en la metodología del modelo de Schumacher para determinar la calidad de sitio para Pinus maximinoi H. E. Moore, en 29 parcelas permanentes de evaluación, monitoreadas permanentemente por el Departamento de Investigación Forestal del INAB, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. Con los resultados obtenidos, se generó información, la que sirvió para determinar las calidades de sitio a nivel municipal mediante la diferenciación de los resultados de las mediciones. Al mismo tiempo, se evaluó el desarrollo diametral y longitudinal de Pinus maximinoi H. E. Moore, así como el comportamiento morfológico.

A nivel de campo, se tomaron muestras de suelo, las cuales se enviaron al laboratorio de suelos del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- para su análisis físico - químico. Al mismo tiempo, se georeferenciaron las 29 parcelas permanentes de medición forestal.

Se determinó la calidad de sitio en función de los índices de sitio en las 29 parcelas; las cuales poseen condiciones heterogéneas en cuanto a la edad y densidad.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis financiero en el que se consideraron los factores TIR, VAN, relación C/B, costo actual del proyecto, ingreso neto actual del mismo, costo durante los 20 años y los ingresos netos durante ese tiempo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar características de las calidades de sitio óptimas a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, mediante la diferenciación de los resultados de mediciones permanentes de especímenes de Pinus maximinoi H. E. Moore.

Objetivos específicos

- a) Evaluar el desarrollo diametral y longitudinal de Pinus maximinoi H. E. Moore en 29 parcelas permanentes de medición forestal del INAB, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.
- b) Evaluar el comportamiento morfológico de Pinus maximinoi H. E. Moore en 29 parcelas permanentes de medición forestal del INAB, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.
- c) Determinar los índices de sitio de Pinus maximinoi H. E. Moore en 29 parcelas permanentes de medición forestal del INAB, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.

- d) Realizar un análisis financiero de Pinus maximinoi H. E. Moore, en 29 parcelas permanentes de medición forestal del INAB, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.
- e) Comparar los datos de cada una de las 29 parcelas permanentes de medición forestal para determinar las características de calidad de sitio óptimo, a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los programas de incentivos forestales motivaron al sector silvicultural del municipio de Cobán, Alta Verapaz a dinamizar la producción forestal; al mismo tiempo, el Decreto número 101-96, Ley Forestal en el Artículo 1 declara de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, en el sentido que cada aprovechamiento de bosque conlleva a su correspondiente reforestación o recuperación de las masas boscosas aprovechadas.

La región sur del municipio, constituye un área eminentemente forestal, lugar donde el Pinus maximinoi H. E. Moore es una de las especies más utilizadas para la recuperación de bosques aprovechados.

El INAB actualmente monitorea varias parcelas demostrativas permanentes de plantaciones de Pinus maximinoi H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, las cuales cuentan con diferentes condiciones ambientales, topográficas y de suelo, que caracterizan índices de sitio diferentes. Las mismas, cuentan con especímenes de diferentes rangos de edad. El Instituto Nacional de Bosques –INAB- ha registrado los datos de desarrollo general de cada una desde el establecimiento de las plantaciones. Sin embargo, no se han determinado las condiciones de sitio óptimas y las características que lo determinan, ni se han comparado con las variables cualitativas de cada una de ellas.

JUSTIFICACIÓN

El sector forestal de la parte sur del municipio de Cobán es dinámico y constituye una significativa fuente de trabajo y de ingresos en buena parte de la población; donde los propietarios, profesionales, trabajadores de campo, viveristas, intermediarios y compradores, forman parte de la producción de madera. Sin embargo, no se cuenta con información consistente respecto a las condiciones óptimas de sitio para el desarrollo ideal de los rodales de Pinus maximinoi H. E. Moore. Esto constituye incertidumbre entre todos los sujetos de la producción, respecto al buen manejo forestal que realizan.

Por ello fue preciso determinar las características ideales de calidad de sitio para Pinus maximinoi H. E. Moore a nivel del municipio, con el propósito de realizar proyecciones con indicadores financieros que sustenten las inversiones en el sector forestal, mediante el aprovechamiento de la información que se ha obtenido en las parcelas permanentes de medición forestal del INAB, a través del Departamento de Investigación Forestal.

CAPÍTULO 1

1.1 MARCO CONCEPTUAL

1.1.1. Taxonomía de Pinus maximinoi H. E. Moore

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Pinophyta</i>
Subdivisión:	<i>Pinicae</i>
Clase:	<i>Pinopsida</i>
Orden:	<i>Pinales</i>
Familia:	<i>Pinaceae</i>
Género:	<i>Pinus</i>
Subgénero:	<i>Pinus</i>
Especie:	<u><i>Pinus maximinoi</i></u> H. E. Moore
Nombre común:	Pino candelillo, pino blanco ¹

1.1.2. Importancia de la especie

Según Arteaga Martínez Et.Al.² En las tres últimas décadas del siglo XX se empezó a investigar el potencial de Pinus maximinoi H. E. Moore con fines comerciales. Desde entonces esta especie reveló ser una alternativa para las plantaciones en

¹Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -CONABIO-. *Catálogo taxonómico de especies de México*. (México: CONABIO., 2009): 34

²Baldemar Arteaga Martínez y Apolinar Pérez Castillo. "Pinus Maximinoi H.E Moore: Una especie prometedora para plantaciones forestales comerciales en el trópico". *Foresta Veracruzana*. 3. (2001): 37

diferentes países tropicales y subtropicales. El Pinus maximinoi H. E. Moore es igual o más productivo que muchas otras especies de pino. Esto ha incentivado la búsqueda y conservación de poblaciones naturales para salvaguardar la riqueza genética de esta especie, seleccionando los materiales más productivos, resistentes a plagas y a la incidencia de enfermedades fisiológicas como la denominada cola de zorro.

1.1.3 Requerimientos ambientales

El Pinus maximinoi H. E. Moore es una especie forestal que se puede localizar en variadas condiciones ambientales naturales, específicamente en plantaciones artificiales. Su rango de variables climáticas es muy amplio; sin embargo, no se tienen condiciones ambientales que garanticen la optimización en la producción de madera. Los siguientes datos, generalizan las condiciones silvícolas y ambientales para establecer plantaciones de pino candelillo:

Altitud:	600 msnm a 2 400 msnm,
Textura del suelo:	Franco a franco arcilloso,
Profundidad:	Suelos profundos con buen drenaje,
pH:	Ácidos, de 4,2 a 6,5
Humus:	De 15 cm a 35 cm de espesor,
Características químicas:	Bajos contenidos de Calcio, medios de Nitrógeno y Potasio,

Temperatura media:	19 °C, manejable en un rango de 18 °C a 22 °C,
Temperatura mínima:	-1° C,
Temperatura máxima:	40 °C,
Precipitación:	1 000 mm a 2 000 mm anuales ³ .

1.1.4 Pinus maximinoi H. E. Moore en Guatemala

Según Clutter⁴, el Pinus maximinoi H. E. Moore, conocido comúnmente como pino candelillo, se encuentra naturalmente en ecosistemas forestales puros o en asocio con otras especies de pino principalmente Pinus tecunumanii y Pinus pseudostrobus, o asociado con Alnus sp., Ostria virginiana y Liquidambar styraciflua, en sitios de mayor altitud y con Pinus oocarpa y Quercus sp en las partes de bajas altitudes.

El Pinus maximinoi H. E. Moore es una de las especies más utilizadas en las reforestaciones con fines comerciales; se encuentra plantada, principalmente, en la región de Las Verapaces⁵

³ Instituto Nacional de Bosques –INAB-. *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de pino candelillo.*(Guatemala: INAB., año): 8

⁴ J. Clutter. *Timber management: a quantitative approach.* (New York, United States Of America: Wiley, 1983): 23.

⁵ INAB. *Crecimiento y productividad.* 5

Hasta el año 2011, se han establecido a través del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, 18 900 ha con esta especie, que representa el 17,58 % del total de área cubierta con plantaciones beneficiarias del PINFOR.⁶

1.1.5. Parcelas permanentes de medición forestal -PPMF-

El INAB, ha desarrollado investigaciones sobre el crecimiento y productividad de plantaciones forestales, a través de una red de parcelas permanentes de medición forestal. Con la información generada, se han construido modelos de crecimiento, sustentados en ecuaciones matemáticas que explican la dinámica del crecimiento inicial de las plantaciones, los cuales, son vitales para la planificación forestal, porque permiten programar las actividades en función de la dinámica de crecimiento observado, además que permite visualizar los productos al final del turno y evaluar el alcance de los objetivos perseguidos⁷.

Los modelos elaborados responden a factores agrupados en tres variables que son: índice de sitio, espacio-competencia y edad, que los hacen flexibles y dinámicos, capaces de responder a la combinación de estos tres factores, de tal forma que las proyecciones realizadas con ellos son ajustables a condiciones particulares. Con la información de las mediciones consecutivas de altura dominante se determinó la ecuación de Índice de sitio a edad

⁶Ibid., 5

⁷Ibid., 10

base de 10 años (indicador de la calidad del sitio) y se establecieron cinco categorías o escenarios de crecimiento cuyo valor puede ser sustituido dentro de las ecuaciones para proyectar la productividad, considerando cómo el sitio provee a la especie de los insumos para su desarrollo⁸.

El crecimiento de los árboles está determinado por la interacción de factores externos: calidad de sitio en función de condiciones climáticas (precipitación pluvial, temperatura del ambiente, vientos, etc.); Internos: calidad de plantas, manejo, competencia y tiempo. Los modelos fueron generados a partir de una serie de 180 mediciones consecutivas en 48 PPMF ubicadas en la Región II, en un rango de 2 a 15 años de edad, densidades de 160 árboles/ha a 1 580 árboles/ha, diámetros a la altura del pecho (DAP) de 2cm a 31 cm y alturas dominantes de 2m a 24 m. Para el caso de la Región III, se utilizó una serie de 68 mediciones consecutivas, correspondientes a 10 PPMF, en un rango de edad de 5 a 12 años de edad, densidades de 620 árboles/ha a 1 700 árboles/ha, diámetros de 5,7 cm a 23,7 cm y alturas dominantes de 5m a 18,9 m⁹.

Las parcelas de medición son la herramienta más eficaz y eficiente para conocer y monitorear el rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además que proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, para

⁸Ibid., 10

⁹Ibid., 10

desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal entre otros. Muchos de los principios y metodologías de establecimiento de parcelas de crecimiento, se aplican tanto a plantaciones como a bosques naturales; aunque exista diferencia en el tamaño, los tratamientos que se aplican y las variables a medir, debido especialmente, a la complejidad por el número de especies y al manejo silvicultural¹⁰.

En el caso del establecimiento de parcelas permanentes en programas de reforestación con plantaciones ya establecidas y cuando el objetivo principal es la producción de madera de aserrío, el fin principal es poder estimar y/o extrapolar la productividad para los diferentes estratos y condiciones de sitio, durante y al final del turno de corta. Para lograr esto, es necesario considerar un tamaño de parcela acorde con los productos y dimensiones deseados de los árboles, el espaciamiento inicial, el crecimiento de la especie y un manejo apropiado¹¹.

1.1.6. Programa Mirasilv

Es una aplicación *software* cuyo desarrollo inició en 1988, a través de una investigación realizada en la Universidad de Minnesota, *USA*, donde fueron registrados los derechos de

¹⁰Luis Martin Fuentes Archila. *Sistematización de la productividad de los Bosques de Guatemala, Región Forestal II*. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Rafael Landívar. Sede de la Verapaz. (San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala: URL., 2014): 5.

¹¹ *Ibid.*, 6

propiedad intelectual (Ugalde L., 1988). El enfoque técnico fue con base a diferentes experiencias de mediciones de plantaciones puras (monocultivo), mixtas (mezcla de especies dentro de la plantación), sistemas agroforestales y más recientemente en bosques naturales de coníferas, manejados como bosques coetáneos. A través de su desarrollo, el sistema Mirasilv se ha visto respaldado y fortalecido por su práctica y adopción del mismo por diferentes proyectos forestales, instituciones de gobierno, PINFOR, y empresas privadas en diferentes países de América Latina y Asia. Además de haber contado inicialmente con el respaldo de instituciones internacionales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, *International Centre for Research in Agroforestry, ICRAF* y *Center for International Forestry Research, CIFOR*¹².

Este nuevo *software* facilita, a través de una metodología estandarizada, el establecimiento de parcelas temporales o permanentes de crecimiento de cualquier forma y tamaño, y para cualquier especie forestal, permite la creación de una base de datos propia, individual, a nivel nacional o internacional, que facilita el monitoreo y comparación del crecimiento de los árboles, en plantaciones comerciales y/o en programas de investigación forestal. Tiene la flexibilidad de asignar códigos a usuarios con el fin de integrar bases de datos a nivel regional o de país¹³.

¹²Ibid., 6

¹³Ibid., 6

También facilita la clasificación por calidad de sitio en programas de reforestación, estimar la biomasa forestal, la fijación de carbono, inventario forestal de todas las unidades de manejo, y comparar el incremento en volumen, altura y diámetro, evaluados en diferentes plantaciones o sistemas agroforestales, bajo condiciones similares. Puede ser utilizado en parcelas individuales de inventario o en experimentos con diseño estadístico¹⁴.

La versión Mirasilv-2010 representa una herramienta técnica evolucionada para ser utilizada, como lenguaje común entre técnicos, investigadores, autoridades e inversionistas. Este programa ha sido utilizado para proyectar la producción de madera en plantaciones comerciales e investigación¹⁵.

Esta nueva versión fue adoptada y usada por varias compañías privadas, proyectos forestales e instituciones de investigación en Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Guatemala, Belice y México¹⁶.

Este sistema tiene como objetivo principal: apoyar la investigación forestal con relación al monitoreo de programas de reforestación y en diferentes sistemas de producción forestal. El sistema consta de una metodología estandarizada para el establecimiento y medición de parcelas, un conjunto de formularios

¹⁴Ibid., 6

¹⁵Ibid., 6

¹⁶Ibid., 6

para la toma de datos en el campo; un programa de computación (*software*) para el manejo de la información, y el manual del usuario¹⁷.

Además permite la grabación de información a diferentes niveles, tal como la información descriptiva sobre los sitios, los experimentos y las parcelas; las especies, las variables de suelos y los aspectos meteorológicos; las mediciones de campo y el almacenamiento de ecuaciones¹⁸.

También efectúa el cálculo de resúmenes, la verificación y la recuperación de la información colectada por un proyecto o institución. La información que se ingresa al sistema queda almacenada a través de los años de medición¹⁹.

1.1.7. Productividad de los sitios forestales

Escobedo²⁰, establece que la productividad de un insumo o factor de producción es la cantidad de otros factores que éste es capaz de trabajar (capacidad), sin sobrepasar el punto de la mejor combinación, multiplicada por la cantidad de producto que él puede

¹⁷Ibid., 6

¹⁸Ibid., 6

¹⁹Ibid., 6

²⁰Mario Arturo Escobedo López. *Índices de sitio para Pinus Pseudostrobus Lindl, en los departamentos de Chimaltenango y Sololá*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. (Guatemala: Facultad de Agronomía, 1995): 23

obtener (eficiencia) a partir de cada unidad de todos los factores involucrados, es decir:

$$P = C * E$$

Donde:

P = Productividad

C = Capacidad

E = Eficiencia

Según Hughelli²¹, Los potenciales de producción se forman lentamente en las zonas que presentan suelos residuales y más rápidos en los sitios sujetos a la deposición de partículas del suelo portadas por el agua o el viento; en contraste la productividad puede disminuir a través de distintos tipos de erosión.

Daniel, T. Et.Al.²², consideran que los cálculos de estimación de la productividad se han hecho con base a los simples recursos naturales renovables del bosque. Debido a la carencia de información acerca de la productividad total de un área o región y de las relaciones balanceadas sostenidas entre todos los recursos renovables, se requiere un considerable esfuerzo para el análisis de todos los componentes de un ecosistema.

²¹ David A., Hughelli. *Modelos para la predicción y rendimiento de Eucalyptus camaldulensis, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia y Leucaena leucocephala, en América Central*. Boletín técnico 22. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, 1991. 31

²² Daniel, T. Et.Al. *Principios de Silvicultura*. (México: McGraw-Hill, 1982): 49

Escobedo²³, afirma que, en forma estricta no es posible determinar la productividad total de un árbol, de un rodal, mucho menos de un lugar o sitio, ya que resulta cercano a conocer realmente la capacidad y eficiencia de cada uno de los factores de producción presentes en un sitio y el tipo de interrelaciones existente entre todos ellos. Por eso se recurre a realizar estimaciones sobre la productividad de un lugar, referidas, generalmente de algún tipo de índice.

1.1.8. Calidad de sitio

Escobedo²⁴ manifiesta que la capacidad productiva de un lugar se conoce como calidad de sitio, donde el sitio está definido por un complejo de factores bióticos y abióticos, siendo su calidad el resultado de la interacción de los factores ambientales (suelo, profundidad efectiva, clima, humedad relativa, insolación, velocidad y dirección del viento, Zona de Vida, topografía, altitud sobre el nivel del suelo, etc.) y la vegetación existente considera la totalidad de las especies, sin discriminar las especies indicadoras de la clasificación de Zonas de Vida.

²³ Escobedo. *Índices de sitio para Pinus pseudostrobus Lindl*, 45

²⁴ *Ibid.*, 45

Daniel Et.Al.²⁵, indican que, dado que la calidad de sitio se mide en términos de la máxima cantidad de madera producida (en volumen) dentro de un cierto período, el valor que se le asigne puede variar según la especie de árboles y la longitud del lapso de tiempo asignado. La Calidad del terreno forestal es una cuestión esencial en el manejo de los rodales encaminada a la producción de varias combinaciones de productos forestales: madera, agua, forraje, recreación y caza. No es posible tomar decisiones válidas, de tipo silvícola, si no se hace referencia a la calidad del sitio y otras condiciones de sitio.

Daniel Et.Al.²⁶, indican que, existen varios métodos para estimar la calidad de sitio. Varios autores han dividido los métodos para evaluar la calidad de sitio de la siguiente manera:

Directos:

Un método preciso de estimación de calidad de un sitio es desarrollar un bosque artificial de una sola especie determinada, sobre un sitio señalado que goce con las mismas condiciones ambientales, bajo las mismas condiciones de intervención humana y durante un período de tiempo específico. Resulta muy obvio que este procedimiento no podría producir líneas para los silvicultores antes de varios años; se considera también que la calidad de sitio es estimada en función de los datos históricos del rendimiento en

²⁵ Daniel, *Principios de Silvicultura*. 49

²⁶ *Ibid.*, 50

volumen, crecimiento en altura dominante o en base al crecimiento de los entrenudos y al incremento del área basal.

Indirectos

Esta forma tiene mayor aplicabilidad, cuando no se cuenta con PPMF donde se registren los datos de crecimiento de los especímenes del rodal. Dentro de estos se encuentran:

1. Índice de sitio
2. Método ambiental
3. Método de la vegetación.

Según Alder²⁷, el método indirecto utilizado frecuentemente es el índice de sitio, debido a la sencillez de toma de datos y su relación con tablas de rendimiento. Sin embargo Hughelli, apoya la afirmación hecha por Alder, sustenta así la importancia del método de índice de sitio.

La calidad de un sitio forestal se expresa por medio del índice de sitio forestal, que es igual a la altura media de los árboles dominantes y co-dominantes a una determinada edad denominada edad índice.

1.1.9. Índice de sitio

²⁷Alder *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. 34

Ugalde y Vásquez²⁸ definen el índice de sitio como la altura dominante que pueden alcanzar los árboles de un rodal a una edad determinada, la cual se toma como edad base.

Hughelli²⁹, coincide con Ugalde y Vásquez, al definir el índice de sitio como la altura dominante que tiene o tendría un rodal a una edad base. Para la selección de la edad base debe tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- a) Que sea suficientemente grande como para permitir distinguir diferentes índices de sitio con una precisión aceptable.
- b) Que se ubique hacia el final del turno de la especie.
- c) Que esté bien representada con datos de campo.
- d) Que esté conforme, en lo posible, con las edades base utilizadas en otros estudios en la literatura.

Hughelli³⁰ menciona que la altura promedio de un rodal es usualmente sensitiva no solo a la edad y a la clase de sitio, sino también a la densidad del rodal. Se usa normalmente la altura dominante como indicador del potencial productivo de un área, porque es casi insensible a la diferencia de densidad de los rodales. Esa es la razón de la importancia que se tiene al tomar en consideración las alturas dominantes en el rodal.

²⁸Ugalde, L., y W. Vásquez. *Rendimiento y calidad de sitio para Gmelinaarboorea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatumy Pinus caribaea en Guanacaste*. Informe Técnico 256. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, 1995. 10

²⁹Hughelli, *Modelos para la predicción y rendimiento*, 11

³⁰Ibid., 11

Al momento de determinar la altura dominante, es necesario aclarar que ésta no se basa en la totalidad de los árboles del rodal, sino, únicamente, considerando los 100 árboles más altos por hectárea. Hughelli³¹, estima que el primer componente dentro de cada modelo de crecimiento debe ser una estadística que represente el potencial de la especie por crecer en diferentes sitios. Dicha estadística es utilizada como variable independiente en las ecuaciones para estimar el diámetro, la altura y la densidad actual, siendo esto el índice de sitio.

Hugelli³², considera que el índice de sitio es un indicador más sensible de la calidad de sitio que las expresiones de las tablas de rendimiento de productividad del volumen, debido a que la altura del árbol dominante en una edad particular, presenta la máxima altura alcanzable; en contraste el volumen normal de la tabla de rendimiento, representa tan sólo el volumen promedio que se encontró en ese período de tiempo. Además, el índice puede ser determinado rápido y fácilmente para una especie.

Coronado³³, indica que en el plan de manejo es necesario definir cómo crece el bosque en los diferentes índices de sitio, para

³¹Ibid., 12

³²Ibid., 12

³³ Fredy Samuel Coronado López. *Determinación del índice de sitio para Pinus oocarpa Schiede en dos localidades del departamento de Chiquimula*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Centro Universitario de Oriente. Universidad de San Carlos de Guatemala. (Guatemala: Carrera de Agronomía, 1997): 53 p.

determinar el volumen y crecimiento total; para definir el tiempo económico de rotación. Las curvas anamórficas de índice de sitio son familias de líneas proporcionales con pendiente constante entre ellas a una misma edad, pero son interceptadas a orígenes variables. Esta situación provoca que el punto de inflexión de todas las curvas ocurra a una misma edad en una familia de curvas anamórficas a la altura de una curva cualquiera, a cualquier edad, es una proporción constante de la altura de las otras a esa misma edad base.

Clutter³⁴, indica que dentro del método de índice de sitio se conocen dos variantes, según la naturaleza de las familias de curvas de edad-altura que se generan, estas son: las curvas anamórficas y las polimórficas.

Según Escobedo³⁵, las curvas polimórficas, son familias de líneas con pendiente variable, que generalmente no guardan relación de paralelismo entre sí; es decir que no son proporcionales, o dependen unas de otras y sus puntos de inflexión ocurren en edades diferentes.

Se dividen en desarticuladas y articuladas. Para el caso de las familias de curvas polimórficas articuladas, la relación de

³⁴ J. Clutter. *Timber management: a quantitative approach*. New York, United States Of America: Wiley, 1983. 23.

³⁵ Escobedo, 45

proporcionalidad no se mantiene, pero las curvas no se cruzan dentro del rango de edades.

En el caso de curvas polimórficas desarticuladas la relación de proporcionalidad constante no existe y al menos alguna de las curvas puede interceptar a otra dentro del rango edad de interés. La construcción de curvas de índice de sitio puede realizarse por métodos gráficos o análisis de regresión.

Alder³⁶ indica que, para los métodos gráficos de construcción, se sigue el ploteo de los datos disponibles edad-altura de los rodales de la especie en mención; luego se dibujan tres curvas a mano, las curvas deben seguir los bordes superiores e inferiores de la masa de datos, como la tendencia central de los mismos.

El manejo de los bosques depende del uso de tecnologías matemáticas para predecir eventos de interés para el silvicultor. Dentro de éstas se encuentran los modelos de volumen. Los modelos matemáticos son ecuaciones y gráficos que muestran relaciones cuantitativas entre las variables. En la actividad forestal se utilizan las variables diámetro y altura del árbol. Los métodos por análisis de regresión se clasifican de la siguiente manera:

- a) Datos de parcelas temporales (curvas proporcionales, método del mínimo o máximo).

³⁶ Alder *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. 45

- b) Datos de parcelas permanentes (regresión jerárquica sin índice de sitio, regresión múltiple con índice de sitio a priori). Dicho método es el más confiable y el que más se ajusta a la realidad para proyectar la producción de madera en determinado rodal.

Alder³⁷, expone que los cuatro métodos por análisis de regresión enunciados anteriormente, pueden referirse a un modelo de crecimiento de altura, con la ecuación Schumacher, que se define de la forma siguiente:

$$H_o = H_{max} \exp(b/A^k) \text{ (ecuación 1)}$$

Donde,

- H_o = altura dominante,
 H_{max} = es un parámetro a ser ajustado, que representa la máxima altura que la especie podría alcanzar,
 \exp = es la anotación matemática a indicar que la expresión dentro del paréntesis es el exponente de la constante $e = 2,71828$ y k son parámetros a ser ajustados y
 A = es la edad del total del rodal.

Utilizando logaritmos de base e (\ln) en ambos lados de la ecuación se consigue:

$$\ln H_o = \ln H_{max} + b/A^k \text{ (ecuación 2)}$$

Si se hace $a = \ln H_{max}$,

³⁷ Ibid., 46

Entonces, a y b pueden ajustarse por regresión lineal, siempre que k sea conocido. Para la mayor parte de las especies, los valores de k varían entre 0,2 y 2. Para curvas proporcionales se ajusta la ecuación 2 al conjunto global de datos de las parcelas de muestreo temporales por regresión lineal, siendo la variable dependiente, el $\ln H_0$ y la variable predictoría X, la expresión b/A^k .

Alder³⁸, indica que, una vez que la curva de crecimiento de la altura promedio ha sido ajustada, pueden trazarse curvas de la misma forma que pasen por diferentes valores de índice de sitio.

Alder³⁹ menciona que si el índice de sitio S se define como la altura dominante del rodal a una edad índice A_i , el parámetro “a” de la curva que pase por este índice de sitio a_i estará dado por:

$$a_i = \ln S - b/A_i^k$$

Donde:

b y k provienen de la curva promedio.

Todos estos métodos de regresión jerárquica abarcan al método propuesto por primera vez por Bailey y Clutter, e implican el uso de estimadores de pendiente común y del término de

³⁸Ibid., 46

³⁹Ibid., 46

pendiente común del análisis de covarianza. El modelo de regresión de pendiente común está representado por la ecuación (1.):

$$Y = a + bx$$

Donde:

a_i es diferente para cada parcela, pero b (la pendiente) es la misma para todas las parcelas.

El modelo del término independiente común, se representa por la ecuación:

$$Y = a + b x$$

Donde:

$a =$ Es la ordenada en el origen, denominada también “término independiente”,

$b =$ denominada “pendiente”, es el coeficiente de regresión.

La interacción o término independiente común “ a ” es el mismo para todas las parcelas, pero las pendientes b difieren.

De acuerdo a la ecuación de Schumacher, ambos modelos pueden ser usados con Y como $\ln H_0$ y X como b/A^k .

CAPÍTULO 2

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.2. Localización geográfica del área de estudio

Cuadro 1

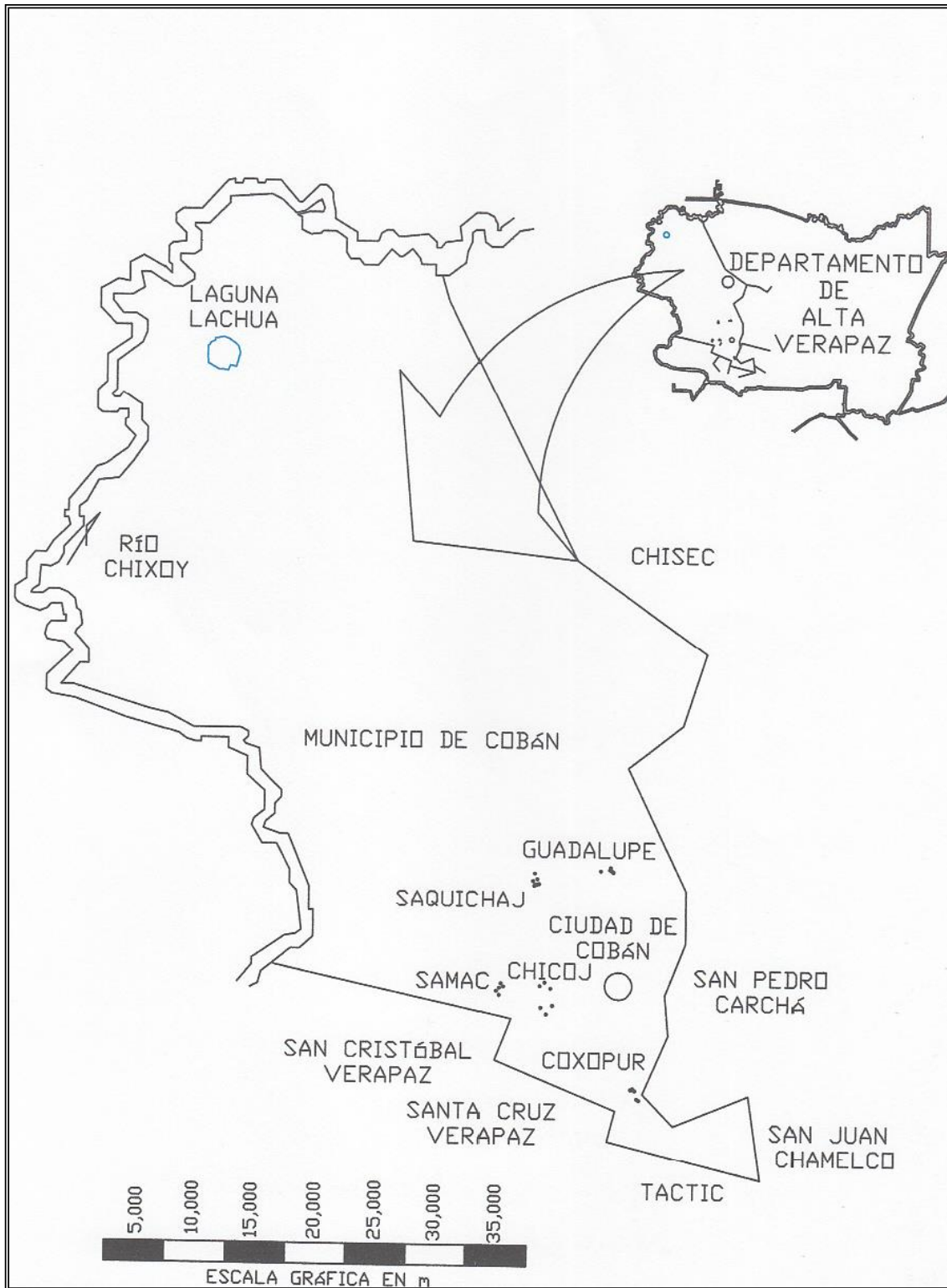
Ubicación de las PPMF muestreadas con Pinus Maximinoi
H- E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

IDENTIFICACIÓN DE LA PARCELA	SUBREGIÓN INAB	NOMBRE DE LA PARCELA	ALTITUD (msnm)	COORDENADAS GTM ZONA 15.5	
				NORTE	ESTE
I23-38-1	II	Saquichaj 1	851	1720150	506729
I23-38-2	II	Saquichaj 2	988	1719666	506936
I23-38-3	II	Saquichaj 3	995	1719223	506753
I23-38-4	II	Saquichaj 4	998	1719536	506578
I23-38-5	II	Saquichaj 5	985	1719292	507084
I23-38-6	II	Saquichaj 6	996	1719228	506922
I23-38-7	II	Saquichaj 7	986	1719134	506697
I23-42-1	II	Samac 1	1 435	1709988	503901
I23-42-2	II	Samac 2	1 430	1710313	503636
I23-42-3	II	Samac 3	1 439	1710578	503881
I23-42-4	II	Samac 4	1 435	1710688	504212
I23-42-5	II	Samac 5	1 438	1710941	504017
I23-63-1	II	Chicoj 1	1 534	1708439	507789
I23-63-2	II	Chicoj 2	1 530	1709153	508288
I23-64-1	II	Chicoj 3	1 527	1710766	507241
I23-64-2	II	Chicoj 4	1 539	1710568	508130
I23-65-1	II	Chicoj 5	1 532	1711065	507639
I23-65-2	II	Chicoj 6	1 535	1711435	507422
I23-70-1	II	Coxopur 1	1 450	1702397	515013
I23-70-2	II	Coxopur 2	1 452	1702309	514857
I23-70-3	II	Coxopur 3	1 450	1702228	515206
I23-70-4	II	Coxopur 4	1 455	1702295	515126
I23-71-1	II	Coxopur 5	1 452	1701526	515386
I23-71-2	II	Coxopur 6	1 458	1701432	515544
I23-72-1	II	Guadalupe 1	1 050	1720633	513152
I23-72-2	II	Guadalupe 2	1 049	1720514	512926
I23-72-3	II	Guadalupe 3	1 055	1720412	512176
I23-72-4	II	Guadalupe 4	1 059	1720690	512986
I23-72-5	II	Guadalupe 5	1 045	1720402	513118

Fuente: Investigación de campo. 2016

FIGURA 1

Mapa de ubicación de las fincas donde se localizan las PPMF



Fuente: Procesamiento de datos de campo. 2016

2.2 Etapas de la investigación

2.2.1 Recopilación de datos físicos de las PPMF

La investigación se desarrolló en 29 parcelas permanentes de medición forestal del INAB, ubicadas en 5 fincas del municipio de Cobán, Alta Verapaz. La primera fase de la investigación consistió en realizar un estudio físico de cada una de las localidades en las que se encuentran establecidas las PPMF, mediante la ubicación con proyección *Guatemala Transverse Mercator -GTM-*, altitud sobre el nivel del mar, identificación de las condiciones edáficas presentes, la geología, climatología, región fisiográfica, determinación de la Zona de Vida según clasificación de R. L. Holdridge, clasificación mediante metodología del INAB- por razón de la cual, se clasificaron las pendientes en función de la región forestal identificada. Durante esta etapa, se realizó el geoposicionamiento de las parcelas objeto de estudio, con un *GPS* submétrico Trimble 3 con un procesador de 400 MHz, sistema operativo *Windows Mobile* y precisión típica menor a 0,75 m de posicionamiento en tiempo real.

2.2.2 Muestreo de suelos en las PPMF

Se tomaron 10 sub-muestras al azar en cada parcela con un barreno para suelos, se obtuvo un substrato a una profundidad de 50 cm, en promedio 1 kg de suelo en cada sub-muestra. Posteriormente, se mezclaron y homogenizaron las 10 muestras para formar una sola por parcela. Las mismas fueron enviadas al laboratorio de suelos del Centro Universitario de Nororiente – CUNORI- para su análisis físico-químico.

2.2.3 Ordenamiento y procesamiento de datos históricos

Durante esta etapa, se procedió a ordenar la información histórica de cada una de las PPMF de Pinus maximinoi H. E. Moore del INAB ubicadas en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. Dicha información consiste en datos anuales de altura total de los árboles, diámetro de los árboles, pendiente topográfica y profundidad efectiva del suelo.

Para hacer posible este estudio, se tabularon los datos de las mediciones multi-temporales de 29 PPMF instaladas en 5 plantaciones de tipo experimental silvicultural, cada parcela con una superficie de 1,00 ha. Estas parcelas se conformaron con la finalidad de desarrollar técnicas silviculturales adecuadas para su manejo. Las plantaciones están distribuidas en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, que comprende las plantaciones establecidas desde el año 1997, hasta el 2006.

Se analizó la información obtenida en el campo e información histórica de las mediciones dasométricas que se realizaron desde el año 1997. En éstas, se midieron los parámetros de DAP en cm, altura total en m, proyección de la copa, tendencia del árbol y estado fitosanitario. Las variables alométricas en la especie Pinus maximinoi H. E. Moore., son: altura dominante y edad de árboles individuales para la especie mencionada.

2.3 Determinación por índices de sitio

Con los datos históricos de campo de las PPMF ordenados, se procedió a determinar las alturas dominantes, DAP, área basal y volumen de producción de madera de los árboles, mediante regresión jerárquica establecida en la metodología del INAB, el cual se basa en el manejo de ecuaciones, reportes y gráficos, para la estimación de índice de sitio y el comportamiento del mismo a través de la edad.

Las formulas empleadas en este proceso de investigación son, en el orden que se indica a continuación:

- a) Diámetro = $\text{EXP}(2,87125 - 5,419272 / T + 0,047052 * S - 0,000215 * N)$
- b) Altura = $\text{EXP}(\text{Ln}(S) - 5,569827 * (1/T - 0,1))$
- c) Área basal = $\text{EXP}(1,751452 - 10,981594 / T + 0,09 * S + 0,000988 * N)$
- d) Volumen = $0,277828 * H * 1,110684 * G * 1,004235$
- e) Índice de sitio = $\text{EXP}(\text{Ln}(H) + 5,569827 * (1/T - 0,1))$

Donde:

- T = Edad en años
 N = Árboles/ha
 H = Altura dominante (m)
 G = Área basal (m²/ha)
 S = Índice de sitio

Basado en la metodología del Departamento de Investigación Forestal del INAB, las 29 PPMF evaluadas fueron clasificadas en base al Índice de sitio de la siguiente manera:

- a. Índice de sitio Excelente = igual o mayor a 23,00
- b. Índice de sitio Bueno = 18,50 – 22,99
- c. Índice de sitio Medio = 14,00 – 18,49
- d. Índice de sitio Malo = 10,20 – 13,99
- e. Índice de sitio Pésimo = 6,50 – 10,19

Las ecuaciones y la clasificación de sitio enumerada anteriormente, se basa en investigaciones del Departamento de Investigación Forestal del INAB- en las PPMF. Dichos datos y la fórmula modificada de Schumacher corresponden específicamente a plantaciones de Pinus maximinoi, H. E. Moore establecidas en la zona fría del departamento de Alta Verapaz (parte alta de Cobán, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, Santa Cruz Verapaz, San Cristóbal Verapaz y Tactic).

2.4 Construcción de curvas de índices de sitio de las PPMF

Se seleccionaron las edades base de 7, 14 y 20 años para generar las familias de curvas de índice de sitio. Para cada una de las edades base se consideró cinco alturas índice, las que se determinaron al dividir el rango de variación total de altura para cada edad. Para seleccionar entre las curvas de tipo anamórfico (de pendiente común) y polimórficas (de intercepto común), se procedió a comparar el ajuste gráfico de las curvas.

2.5 Determinación de la calidad de sitio

Se determinó en función de los índices de sitio en PPMF, las cuales poseen condiciones heterogéneas en cuanto a la edad y densidad. Las características que se midieron en cada una fueron:

- a) Variables fisiográficas: elevación, pendiente y pedregosidad superficial
- b) Variables climáticas: Zonas de Vida.
- c) Variables edáficas: textura, estructura, profundidad efectiva, porcentaje de materia orgánica, grado de acidez del suelo, presencia de Fósforo, Potasio, Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso y Zinc.
- d) Variables conexas: elementos ajenos, proximidad a ríos o lagunas.
- e) Variables fisiológicas: morfología de las plantas, DAP, altura, área basal, volumen total.

2.6 Comportamiento morfológico de Pinus maximinoi H. E. Moore en las PPMF

El comportamiento morfológico del Pinus maximinoi, H. E. Moore en las 29 PPMF se obtuvo a partir de las fichas técnicas de campo que el Departamento de Investigación Forestal del INAB ha estado generando a partir del establecimiento de la primera parcela permanente de investigación forestal, específicamente, de Pinus maximinoi, H. E. Moore. Los datos obtenidos fueron contabilizados para su posterior procesamiento.

2.7 Análisis financiero de la obtención de productos forestales

Para cumplir con esta área de investigación, se preparó una hoja de cálculo mediante la implementación de fórmulas financieras que dieron como resultado la obtención de los siguientes indicadores para cada una

de las 29 parcelas: costo del proyecto durante 20 años, costo actual del proyecto, ingreso neto del proyecto durante 20 años, ingreso actual del proyecto, TIR, VAN y C/B.

2.8 Mapas

Se elaboró un mapa de las 29 parcelas de Pinus maximinoi H. E. Moore para el municipio de Cobán, de acuerdo a las coordenadas obtenidas.

2.9 Tablas de crecimiento

Se elaboraron tablas para interpretar y realizar predicciones del crecimiento en altura para la especie Pinus maximinoi H. E. Moore.

CAPÍTULO 3

3.1 Resultados y discusión

3.1.1 Desarrollo diametral y longitudinal de Pinus maximinoi H. E. Moore en 29 PPMF

Cuadro 2
DAP de los árboles de Pinus maximinoi H. E. Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

No.	NOMBRE DE LA PARCELA	AÑO DE INTERVENCIÓN		
		AÑO 7 (cm)	AÑO 14 (cm)	AÑO 20 (cm)
1	GUADALUPE 2	24,97	39,04	43,85
2	SAMAC 4	24,20	37,83	42,49
3	GUADALUPE 1	23,77	37,16	41,74
4	SAMAC 5	20,66	32,30	36,28
5	CHICOJ 4	20,57	32,16	36,12
6	GUADALUPE 3	20,33	31,79	35,70
7	SAMAC 1	20,13	31,47	35,35
8	GUADALUPE 5	19,04	29,77	33,44
9	SAMAC 2	18,85	29,47	33,10
10	SAMAC 3	18,64	29,14	32,73
11	COXOPUR 1	18,61	29,10	32,68
12	CHICOJ 5	18,56	29,01	32,59
13	CHICOJ 2	18,40	28,77	32,31
14	GUADALUPE 4	18,27	28,57	32,08
15	COXOPUR 6	18,21	28,47	31,98
16	COXOPUR 5	17,92	28,02	31,47
17	COXOPUR 3	17,83	27,88	31,31
18	SAQUICHAJ 1	17,66	27,62	31,02
19	CHICOJ 6	17,63	27,56	30,96
20	COXOPUR 4	17,54	27,42	30,80
21	CHICOJ 3	16,67	26,06	29,27
22	COXOPUR 2	16,35	25,56	28,71
23	SAQUICHAJ 3	15,67	24,50	27,52
24	SAQUICHAJ 2	15,50	24,23	27,21
25	SAQUICHAJ 4	15,15	23,69	26,61
26	CHICOJ 1	14,79	23,12	25,96
27	SAQUICHAJ 7	14,54	22,74	25,54
28	SAQUICHAJ 5	14,33	22,40	25,16
29	SAQUICHAJ 6	14,22	22,23	24,97

Fuente: Base de datos del Departamento de Investigación Forestal del INAB, 2016

Para resumir los datos, únicamente se tomaron en cuenta los diámetros durante los años 7, 14 y 20; los cuales significan años de primera, segunda y tercera intervención de raleos. Lo mismo ocurre con los cuadros de altura dominante.

Es importante mencionar que el desarrollo diametral del Pinus maximinoi, H. E. Moore está basado estrictamente en función de varios factores entre los que se pueden mencionar: climáticos como el régimen y la intensidad de las lluvias, temperatura ambiental promedio durante todo el año, humedad relativa, insolación solar, horas luz, así como factores propios de las parcelas de esta especie, tales como la densidad de las plantaciones, la pendiente, la orientación con relación a la salida del Sol, entre otras. El desarrollo morfológico también es determinante en este caso; es decir, si el árbol es recto o sinuoso.

Sin embargo, según los datos que se presentan en el mismo cuadro, hay una relación entre el desarrollo de altura de los pinos y el diámetro que posee cada espécimen. Es decir, las parcelas que presentan árboles con mayor altura, también presentan mayor diámetro.

Para citar un ejemplo, las parcelas ubicadas en la finca Guadalupe 2 (cuadro 3), presentan los árboles de mayor altura y, según el cuadro 2, los de mayor diámetro; tal es el caso de todas las parcelas de la finca Guadalupe que presentan un promedio de 37,36 cm a la altura del pecho al año 20; mientras que las parcelas con menor diámetro ubicadas en la finca Saquichaj presentan un promedio de 26,86 cm a la altura del pecho a la misma edad que las parcelas de la finca Guadalupe.

Cuadro 3

Altura dominante de los árboles de Pinus maximinoi H. E.
Moore en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

No.	NOMBRE DE LA PARCELA	AÑO DE INTERVENCIÓN		
		AÑO 7 (m)	AÑO 14 (m)	AÑO 20 (m)
1	GUADALUPE 2	20,76	30,91	34,83
2	SAMAC 4	20,23	30,12	33,94
3	GUADALUPE 1	19,94	29,68	33,44
4	SAMAC 5	17,59	26,18	29,50
5	CHICOJ 4	17,52	26,08	29,38
6	GUADALUPE 3	17,32	25,78	29,05
7	SAMAC 1	17,15	25,54	28,77
8	GUADALUPE 5	16,23	24,15	27,22
9	SAMAC 2	16,05	23,90	26,92
10	SAMAC 3	15,86	23,61	26,61
11	COXOPUR 1	15,84	23,58	26,57
12	CHICOJ 5	15,79	23,51	26,49
13	CHICOJ 2	15,65	23,30	26,25
14	GUADALUPE 4	15,53	23,12	26,05
15	COXOPUR 6	15,48	23,04	25,96
16	COXOPUR 5	15,21	22,64	25,51
17	COXOPUR 3	15,12	22,51	25,37
18	SAQUICHAJ 1	14,97	22,28	25,10
19	CHICOJ 6	14,93	22,23	25,05
20	COXOPUR 4	14,85	22,10	24,90
21	CHICOJ 3	14,00	20,84	23,48
22	COXOPUR 2	13,67	20,35	22,93
23	SAQUICHAJ 3	12,96	19,30	21,75
24	SAQUICHAJ 2	12,78	19,02	21,43
25	SAQUICHAJ 4	12,40	18,46	20,79
26	CHICOJ 1	11,99	17,85	20,11
27	SAQUICHAJ 7	11,71	17,44	19,65
28	SAQUICHAJ 5	11,46	17,06	19,22
29	SAQUICHAJ 6	11,33	16,87	19,01

Fuente: Base de datos del Departamento de Investigación Forestal del INAB, 2016

El ordenamiento de los cuadros 1 y 2 se sistematizó de acuerdo a la altura dominante que se obtuvo al determinar los índices de sitio. De esta manera, se obtuvieron 5 categorías indicadas en la página 34.

Cuadro 4
Categorías de Índices de Sitio para Pinus maximinoi H.E.
Moore a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

CATEGORÍAS DE ÍNDICE DE SITIO	RANGOS DE ALTURA DOMINANTE A LOS 20 AÑOS (m)
EXCELENTE	>23
BUENO	18,50 – 22,99
REGULAR	14,00 – 18,49
MALO	10,20 – 13,99
PÉSIMO	6,50 – 10,19

Fuente: Instituto Nacional de Bosques –INAB-. Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de pino candellillo. 2012

Esta categorización es resultado de regresión jerárquica establecida en la metodología del programa Mirasilv, el cual se basa en el manejo de ecuaciones, reportes y gráficos, para la estimación índice de sitio, y el comportamiento del mismo a través de la edad. Se aprovecharon los datos del Departamento de Investigación Forestal del INAB obtenidos de las PPMF ubicadas en la región.

La tendencia en las alturas dominantes en cada una de las parcelas, es la misma de los diámetros que aparecen en el cuadro 2. Las principales parcelas que mostraron las mejores alturas dominantes son, en su orden: Guadalupe 2, Samac 4, Guadalupe 1, Samac 5 y Chicoj 4. Mientras que las parcelas que mostraron las alturas más bajas son, en su orden: Saquichaj 6, Saquichaj 5, Saquichaj 7, Chicoj 1 y Saquichaj 4.

Cuadro 5
Clasificación de Índices de Sitio para *Pinus maximinoi* H. E.
Moore a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

CATEGORÍAS DE ÍNDICE DE SITIO	PPMF	ÍNDICE DE SITIO
EXCELENTE	GUADALUPE 2	26,36
	SAMAC 4	25,69
	GUADALUPE 1	25,31
BUENO	SAMAC 5	22,33
	CHICOJ 4	22,24
	GUADALUPE 3	21,99
	SAMAC 1	21,78
	GUADALUPE 5	20,60
	SAMAC 2	20,38
	SAMAC 3	20,14
	COXOPUR 1	20,11
	CHICOJ 5	20,05
	CHICOJ 2	19,87
	GUADALUPE 4	19,72
	COXOPUR 6	19,65
	COXOPUR 5	19,31
	COXOPUR 3	19,20
	SAQUICHAJ 1	19,00
	CHICOJ 6	18,96
COXOPUR 4	18,85	
REGULAR	CHICOJ 3	17,77
	COXOPUR 2	17,36
	SAQUICHAJ 3	16,46
	SAQUICHAJ 2	16,22
	SAQUICHAJ 4	15,74
	CHICOJ 1	15,22
	SAQUICHAJ 7	14,87
	SAQUICHAJ 5	14,55
	SAQUICHAJ 6	14,39

Fuente: Procesamiento de datos en base a los rangos del cuadro 4. 2016

Según los datos que aparecen en el cuadro 5, las parcelas que se ubican dentro del índice de sitio denominado “Excelente”, son: Guadalupe 2, Samac 4 y Guadalupe 1.

Es importante resaltar que las categorías de índices de sitio utilizadas en el presente estudio están dadas en función de la

metodología usada por el INAB para esta región, la cual se basa únicamente en función de la altura dominante. Dicha metodología no toma en cuenta los diámetros, desarrollo morfológico y volumen de producción de madera. Es decir que al momento de cubicar la madera, se sigue el orden superior de producción en las mejores categorías de índice de sitio y un orden inferior en las peores categorías.

Dicho de otra manera, el concepto de índice de sitio parte de la noción de que los sitios más fértiles para una especie dada podrán producir, a una cierta edad base, árboles de mayores dimensiones que los sitios menos fértiles. Por ello, es preciso modelar adecuadamente el crecimiento de la altura dominante, ajustando ecuaciones que estimen la relación funcional “altura dominante-edad”, la cual se generaliza a un tercer factor, que es la altura dominante del rodal a la edad base de referencia. Lo anterior permite al silvicultor clasificar y proyectar el crecimiento del rodal de manera específica.

Cuadro 6
Comportamiento morfológico de Pinus maximinoi H. E. Moore
en las PPMF a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

NOMBRE DE LA PARCELA	PORCENTAJE (%) EN BASE A TOTALIDAD DE ÁRBOLES EN CADA PARCELA								
	RSD	CG	PSIN	MSIN	SUP	BIF	INC	ASI	TOBA
GUADALUPE 2	21,57	45,10	37,25	00,00	7,84	15,69	00,00	1,96	00,00
SAMAC 4	32,67	65,39	37,45	00,00	11,78	14,89	00,00	00,00	00,00
GUADALUPE 1	16,67	66,67	50,00	00,00	2,38	4,76	2,38	00,00	00,00
SAMAC 5	28,35	51,46	54,23	00,00	17,56	00,00	00,00	00,00	00,00
CHICOJ 4	39,39	60,61	54,87	3,03	19,87	00,00	3,34	3,34	00,00
GUADALUPE 3	22,92	66,67	43,75	00,00	16,67	14,58	2,13	6,25	00,00
SAMAC 1	26,73	37,50	37,50	00,00	10,90	00,00	00,00	12,50	00,00
GUADALUPE 5	22,22	61,11	35,19	1,86	11,11	3,70	1,85	00,00	1,85
SAMAC 2	35,21	43,89	55,23	00,00	9,93	00,00	00,00	00,00	00,00
SAMAC 3	21,76	45,91	48,77	00,00	17,23	00,00	00,00	00,00	00,00
COXOPUR 1	38,09	78,57	30,95	4,76	9,97	00,00	00,00	00,00	1,38
CHICOJ 5	25,81	72,04	60,21	00,00	1,08	10,75	2,15	2,31	00,00
CHICOJ 2	34,88	65,96	48,93	00,00	19,87	00,00	00,00	00,00	00,00
GUADALUPE 4	21,28	81,32	34,04	00,00	12,77	00,00	00,00	4,26	00,00
COXOPUR 6	38,78	51,02	28,57	4,08	8,17	00,00	00,00	00,00	00,00
COXOPUR 5	21,74	54,35	26,09	30,43	23,91	00,00	00,00	00,00	00,00
COXOPUR 3	22,92	70,83	43,75	6,25	9,95	4,17	00,00	00,00	1,08
SAQUICHAJ 1	17,07	87,80	49,88	00,00	12,85	14,63	2,44	9,76	2,44
CHICOJ 6	22,34	34,98	51,67	00,00	6,04	00,00	00,00	00,00	00,00
COXOPUR 4	19,23	46,15	30,77	00,00	9,94	00,00	00,00	00,00	00,00
CHICOJ 3	58,07	45,16	39,88	00,00	3,23	3,23	00,00	00,00	00,00
COXOPUR 2	37,50	64,29	22,76	5,36	8,93	00,00	00,00	00,00	00,00
SAQUICHAJ 3	24,21	65,79	50,00	00,00	24,98	00,00	2,63	13,16	00,00
SAQUICHAJ 2	17,07	80,49	31,71	2,44	31,87	17,07	00,00	19,51	00,00
SAQUICHAJ 4	11,11	88,56	50,00	00,00	23,67	22,22	5,56	16,67	00,00
CHICOJ 1	34,21	89,31	76,36	00,00	3,21	00,00	00,00	00,00	00,00
SAQUICHAJ 7	35,14	48,65	43,24	00,00	19,85	5,41	00,00	27,03	00,00
SAQUICHAJ 5	4,76	76,19	66,67	00,00	32,87	14,29	00,00	4,77	00,00
SAQUICHAJ 6	24,14	72,42	48,23	00,00	33,21	20,69	00,00	00,00	00,00

Fuente: Base de datos del Departamento del INAB

Donde:

RSD	=	Rectos y sin defectos,
CG	=	Árboles de copa grande,
PSIN	=	Poco sinuosos,
MSIN	=	Muy sinuosos,
SUP	=	Suprimidos,
BIF	=	Bifurcados,
INC	=	Inclinados,
ASI	=	Asimétricos y,
TOBA	=	Torcedura basal.

El cuadro 6 muestra el comportamiento o desarrollo morfológico de Pinus maximinoi H. E. Moore en las 29 PPMF. Se aprovecha el registro de la información del Departamento de Investigación Forestal del INAB, se ordenaron los datos y, la parcela permanente "Chicoj 3" es la que muestra un mayor porcentaje de árboles rectos y sin defectos, registrando un porcentaje del 58,07; le siguen, en su orden: Chicoj 4, con 39,39,

Coxopur 6, y Coxopur 1, con 38,09. Mientras que las parcelas que mostraron los porcentajes más bajos de árboles rectos y sin defectos son: Saquichaj 5, con un 4,76 Saquichaj 4, con 11,11, Saquichaj 1 y Saquichaj 2, con 17,07.

Cuadro 7
Indicadores financieros de las PPMF evaluadas a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

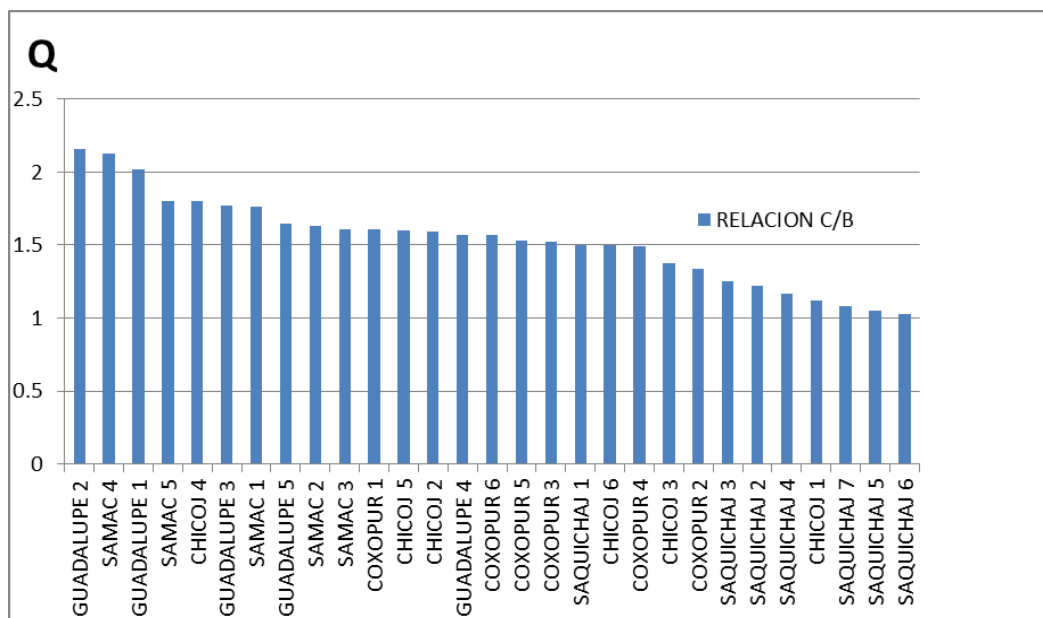
No.	PARCELA	INDICADORES FINANCIEROS						
		COSTO ACTUAL DEL PROYECTO (Q)	COSTO DEL PROYECTO EN 20 AÑOS (Q)	VAN	TIR (%)	INGRESO ACTUAL (Q)	INGRESO EN 20 AÑOS (Q)	RELACIÓN COSTO-BENEFICIO 1:
1	GUADALUPE 2	118 821,37	463 216,23	137 409,42	41	256 230,79	1 117 823,44	2,16
2	SAMAC 4	112 996,15	443 424,92	127 724,57	39	240 720,73	1 065 002,38	2,13
3	GUADALUPE 1	94 169,50	369 146,59	96 190,29	35	190 369,79	866 217,80	2,02
4	SAMAC 5	70 269,78	260 544,52	56 395,93	28	126 665,71	576 020,78	1,80
5	CHICOJ 4	69 671,48	257 830,24	55 399,74	28	125 071,23	568 767,95	1,80
6	GUADALUPE 3	68 069,37	250 533,45	52 732,04	27	120 801,41	549 269,82	1,77
7	SAMAC 1	66 749,81	244 538,39	50 534,93	27	117 284,74	533 250,40	1,76
8	GUADALUPE 5	59 935,71	213 594,06	39 189,18	24	99 124,89	450 563,94	1,65
9	SAMAC 2	58 778,31	208 331,56	37 262,03	24	96 040,34	436 501,90	1,63
10	SAMAC 3	57 559,59	202 780,91	35 232,75	23	92 792,33	421 669,78	1,61
11	COXOPUR 1	57 413,40	202 110,14	34 989,29	23	92 402,68	419 877,28	1,61
12	CHICOJ 5	57 103,61	200 713,64	34 473,52	23	91 577,13	416 145,83	1,60
13	CHICOJ 2	56 211,98	196 668,51	32 988,96	22	89 200,94	405 336,90	1,59
14	GUADALUPE 4	55 499,06	193 414,76	31 801,81	22	87 300,37	396 642,26	1,57
15	COXOPUR 6	55 167,45	191 905,08	31 249,66	22	86 417,10	392 608,22	1,57
16	COXOPUR 5	53 582,09	184 711,36	28 609,99	21	82 192,09	373 385,92	1,53
17	COXOPUR 3	53 077,92	182 432,28	27 770,59	21	80 848,51	367 296,15	1,52
18	SAQUICHAJ 1	52 205,82	178 453,99	26 318,41	21	78 524,22	356 665,48	1,50
19	CHICOJ 6	52 022,36	177 632,90	26 013,01	20	78 035,37	354 471,65	1,50
20	COXOPUR 4	51 555,80	175 504,14	25 236,11	20	76 791,91	348 783,21	1,49
21	CHICOJ 3	47 241,84	155 902,04	18 053,16	18	65 295,00	296 404,20	1,38
22	COXOPUR 2	45 750,15	149 130,75	15 569,44	17	61 319,60	278 310,62	1,34
23	SAQUICHAJ 3	42 756,10	135 523,70	10 584,17	15	53 340,26	241 951,04	1,25
24	SAQUICHAJ 2	42 016,51	132 162,42	9 352,72	15	51 369,23	232 969,33	1,22
25	SAQUICHAJ 4	40 607,67	125 755,03	7 006,88	13	47 614,54	215 847,95	1,17
26	CHICOJ 1	39 172,06	119 237,14	4 616,56	12	43 788,62	198 431,53	1,12
27	SAQUICHAJ 7	38 262,08	115 101,70	3 101,37	12	41 363,46	187 381,11	1,08
28	SAQUICHAJ 5	37 468,76	111 495,93	1 780,46	11	39 249,23	177 746,10	1,05
29	SAQUICHAJ 6	37 085,18	109 753,65	1 141,80	11	38 226,99	173 090,56	1,03

Fuente: Procesamiento de datos de campo. 2016

Según el cuadro 7, las parcelas que muestran una mejor relación C/B son: Guadalupe 2, con una relación 1:2,16, es decir que, por cada quetzal que se ha invertido en esta parcela, se obtienen Q2,16, o sea, una utilidad neta de Q1,16 (116 %); le siguen, Samac 4 (relación 1:2,13), Guadalupe 1 (1:2,02), siendo las 3 parcelas que están con una relación igual o superior a 1:2,00. La misma tendencia mostró el indicador financiero TIR. Por el contrario, las parcelas que mostraron los niveles más bajos, fueron: Saquichaj 6, con una relación C/B 1:1,03, donde por cada quetzal invertido, se retornaron Q1,03; o sea que, se incrementó un total del 3 % de la inversión o 3 centavos por cada quetzal que se invirtió. Le siguen: Saquichaj 5 (1:1,05) y, Saquichaj 7 (1:1,08).

El VAN- fue superior en Guadalupe 2, Samac 4 y Guadalupe 1. El mismo VAN es imperativo al mostrar con bajos datos las parcelas Saquichaj 6, Saquichaj 5 y Saquichaj 7, el cual indica que en esas parcelas se produce madera con pocas utilidades económicas y que, por lo tanto, no es aconsejable establecer plantaciones de Pinus maximinoi H. E. Moore en dichos lugares.

Gráfica 1
Relación C/B de cada una de las PPMF. Cobán, Alta Verapaz, 2016

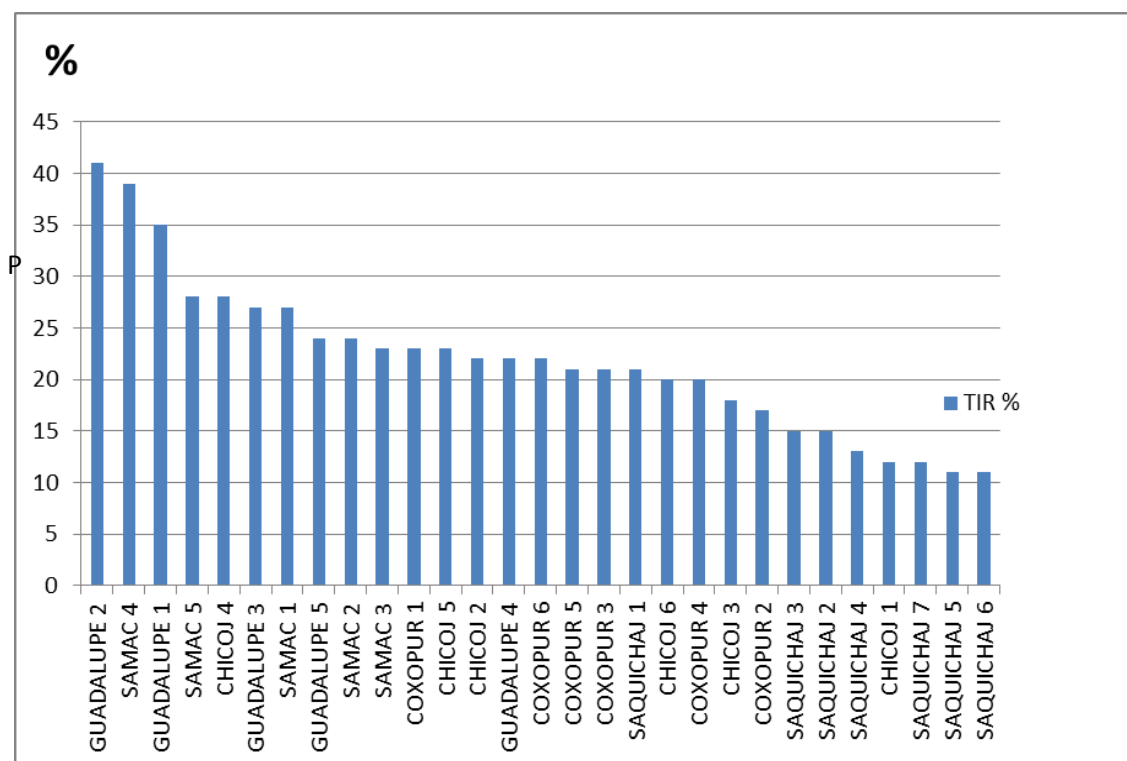


En la gráfica 1, se observa que las 29 parcelas muestran una relación C/B superior a 1:1. Sin embargo, las diferencias entre las parcelas con calidad de sitio denominadas “excelente” muestran una mayor diferencia con respecto a las que se ubican dentro de la calidad de sitio “media”.

Se considera lo anteriormente discutido la relación C/B es junto a la TIR y al VAN uno de los indicadores financieros más importantes para considerar la viabilidad de un proyecto productivo. De esta manera, el criterio financiero se reduce a considerar que los proyectos pueden ser ejecutados al tener una relación C/B superior a 1,0.

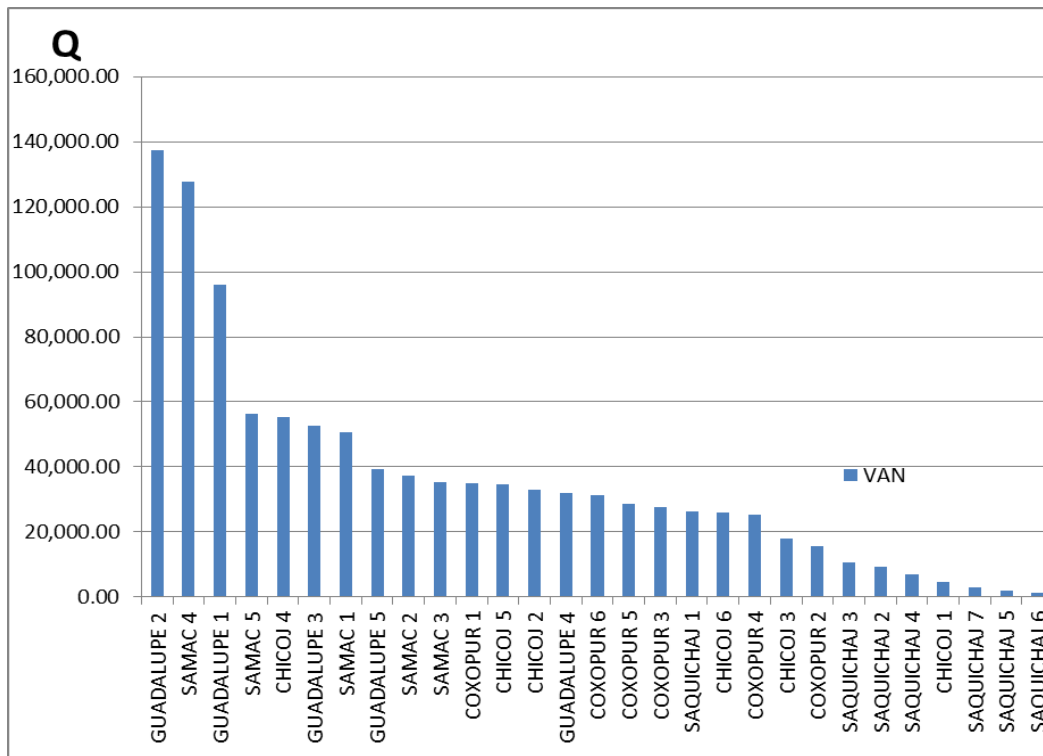
Gráfica 2

TIR de cada una de las PPMF en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016



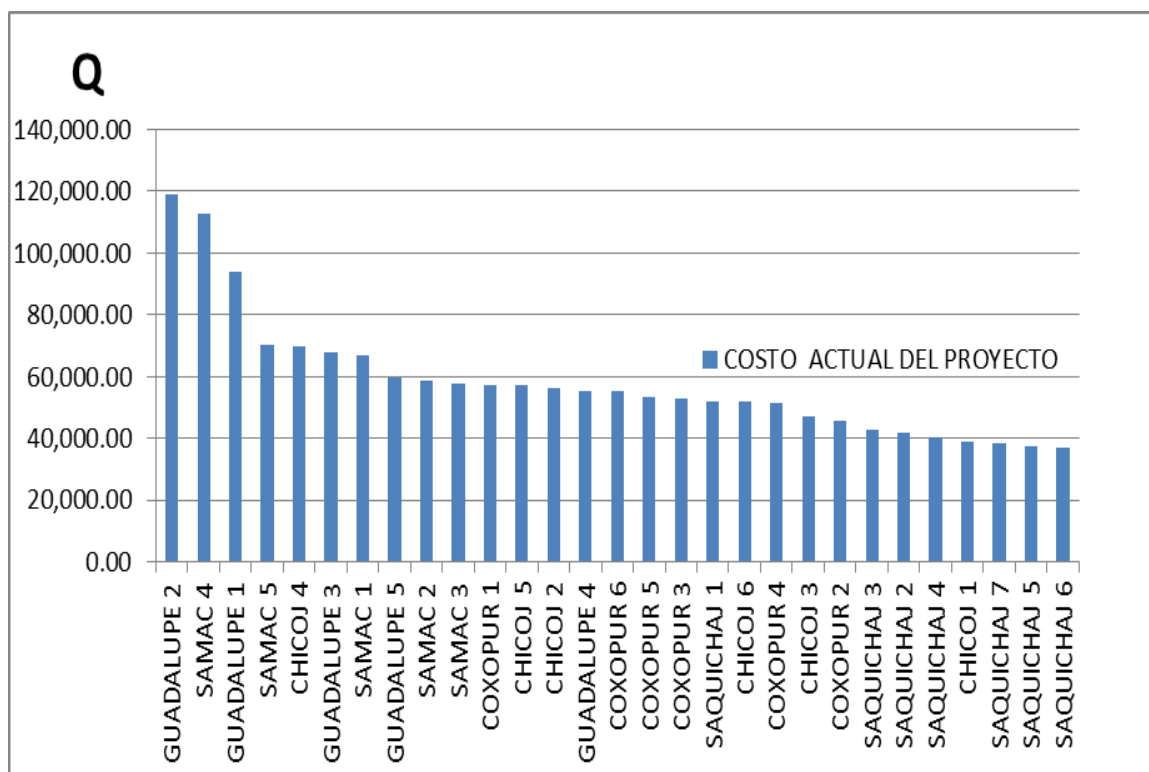
En la gráfica 2, se muestra descriptivamente la diferencia de los valores del indicador financiero TIR en cada una de las 29 parcelas. Al considerar que el concepto de la TIR es un parámetro que indica la viabilidad de un proyecto, basándose en la estimación de los flujos de caja que se prevé tener; o sea que, para calcularla se toman en consideración el monto inicial invertido y los flujos de caja de cada año (ingresos de cada año, descontando los gastos netos) y en base, a eso se calcula el porcentaje de beneficios que se obtendrá al finalizar la inversión. Cuánto mayor sea la TIR, más rentable será el proyecto. Para el caso de las PPMF en estudio, se deduce que una TIR inferior a 11 % da números negativos en los datos de “utilidad actual neta del proyecto”. Para el caso de las 29 PPMF evaluadas, la TIR fue superior a este porcentaje.

Gráfica 3
VAN de cada una de las PPMF en el
municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016



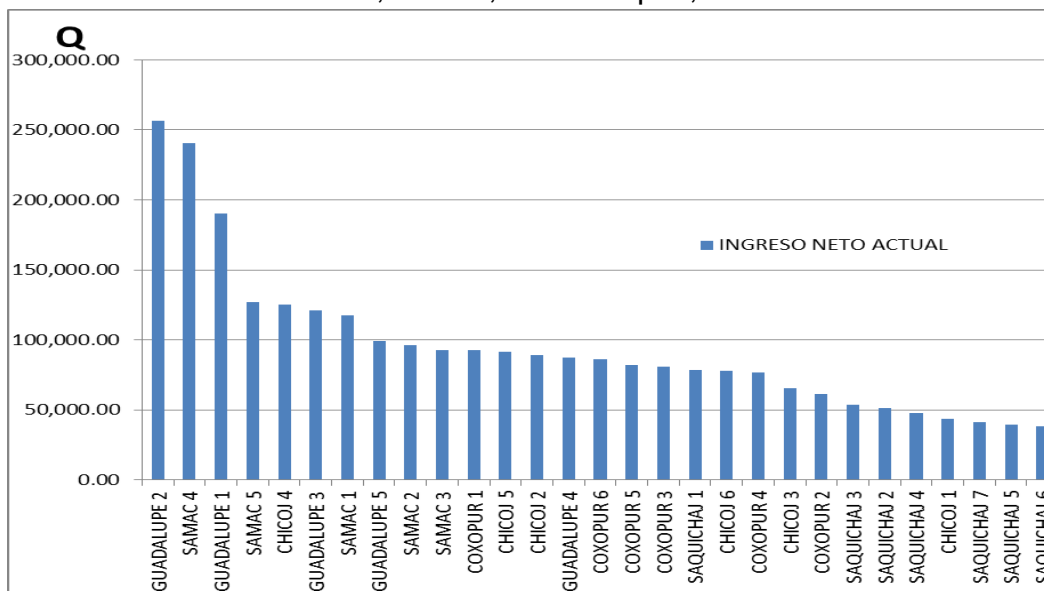
A pesar que la inversión en el establecimiento de las 29 PPMF fue casi la misma, la diferencia se ha dado en función de los costos durante las 3 intervenciones, debido a que en las que más volumen producen, los costos se incrementan y, en las que la producción es menor, hay menos gastos en corte y traslado de la madera. Las parcelas que mejor valoración presentaron son: Guadalupe 2, con un valor actual neto de Q137 409,42, le siguen en su orden, Samac 4 con Q127 724,56 y Guadalupe 1 con Q96 190,29. Mientras que, las que presentaron un valor actual neto pésimo son, en su orden: Saquichaj 7 con Q3 101,37, Saquichaj 3 con Q1 780,46 y Saquichaj 6 con Q1 141,80.

Gráfica 4
Costo Actual (Q) de cada una de las PPMF. Cobán, Alta Verapaz. 2016



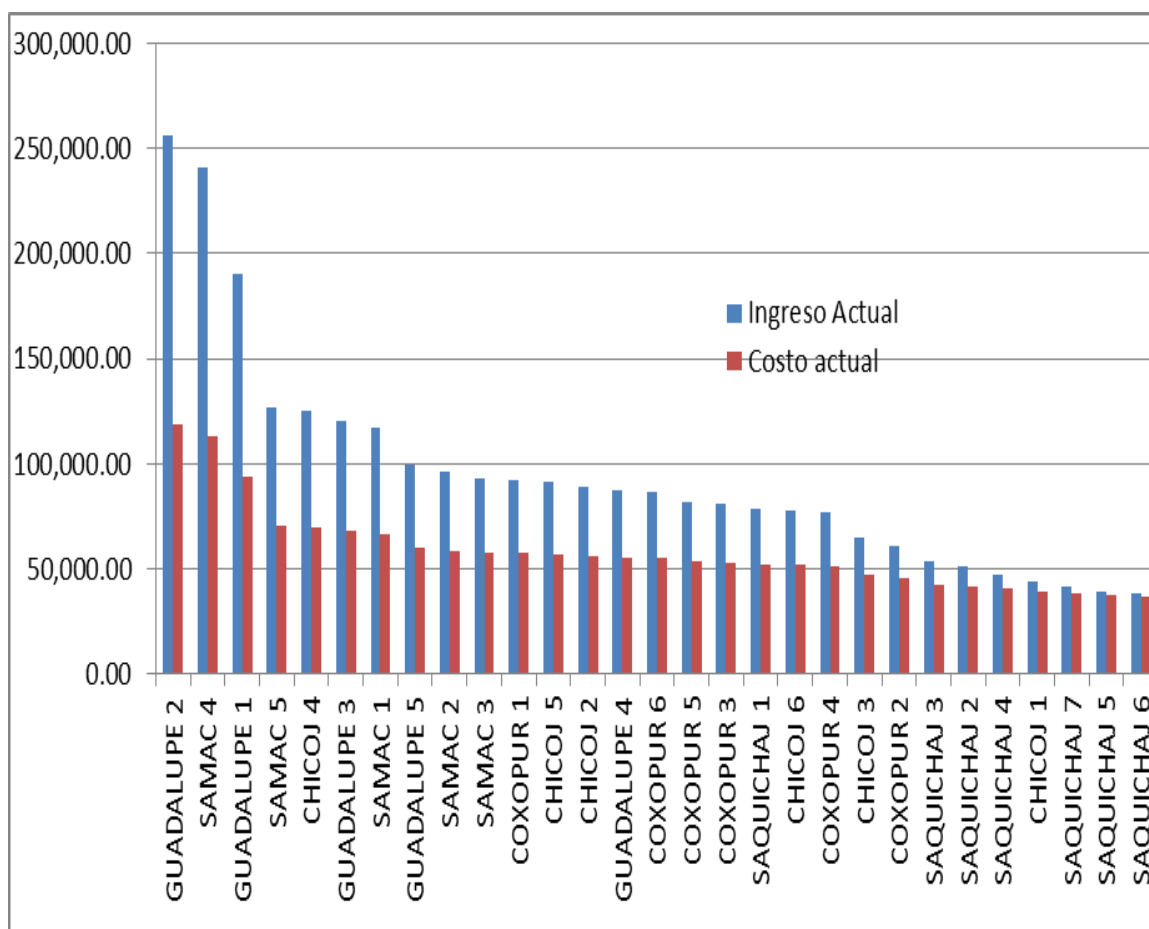
El comportamiento de los resultados presentados en la gráfica 4 mantienen la misma tendencia de las gráficas de relación C/B, TIR y VAN, que indican que mientras mayor sean estos indicadores financieros, el costo actual será mas elevado.

Gráfica 5
Ingreso Neto Actual (Q) de cada una
de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz, 2016



El Ingreso Neto Actual –INA- se refiere a que si ahora obtuvieramos el ingreso neto acumulado en los 20 años de duración del proyecto, obtenemos una cantidad de dinero sin considerar la rentabilidad de la moneda y tomando en cuenta el valor nominal del dinero conforme transcurren los años. Guadalupe 2 presenta el más elevado ingreso neto actual con Q256 230,79. El ingreso acumulado durante 20 años sería de Q1 117 823,44 para esta misma parcela. Le siguen, en su orden: Samac 4 con INA de Q240 720,73 con un ingreso acumulado Q1 065 000,38 y, Guadalupe 1 con INA de Q190 369,79 con un ingreso acumulado Q866 217,80. Por el contrario, los que menos ingresos generan son, en su orden: Saquichaj 7 con INA de Q41 363,46 y un ingreso acumulado de Q187 381,11, Saquichaj 5 con INA de Q39 249,23 y un ingreso acumulado Q177 746,10 y, Saquichaj 6 con INA de Q38 226,79 y un ingreso acumulado Q173 090,56.

Gráfica 6
Comparación entre Costo Neto Actual (Q) e Ingreso Neto Actual (Q)
de cada una de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz. 2016



En la gráfica 6 se puede apreciar la comparación entre el costo actual de cada una de las parcelas y los ingresos netos actuales. De esa manera, se aprecia que las parcelas de la fincas Guadalupe y Samac son las más rentables, en contraste con las de Saquichaj donde aparecen datos con saldo casi en paridad.

Cuadro 8
Resultados del análisis químico de suelos para las PPMF
a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

NOMBRE DE LA PARCELA	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS									
	M.O. %	pH U	P ppm	K ppm	Ca Me/100g	Mg Me/100g	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
GUADALUPE 2	6,88	4,48	9,07	134,85	13,46	1,20	56,00	3,60	66,00	4,50
SAMAC 4	6,50	4,83	2,09	41,68	11,14	0,66	55,60	4,20	60,20	4,00
GUADALUPE 1	5,20	4,26	6,37	72,20	1,54	0,62	58,00	3,80	68,00	4,70
SAMAC 5	7,14	5,73	0,67	18,19	1,49	0,28	52,00	3,50	46,40	2,80
CHICOJ 4	6,84	5,53	0,77	26,24	9,81	1,17	58,20	3,50	60,00	3,50
GUADALUPE 3	6,95	4,67	2,86	36,61	5,99	0,78	52,00	3,80	62,30	4,20
SAMAC 1	5,20	4,77	1,90	17,73	6,27	0,68	66,00	4,40	62,80	4,00
GUADALUPE 5	4,35	4,14	2,28	31,46	1,15	0,39	62,00	3,80	66,00	5,20
SAMAC 2	6,19	5,14	1,14	13,03	1,87	0,41	58,20	3,70	62,30	3,90
SAMAC 3	7,85	5,25	1,90	20,78	4,03	0,68	64,00	3,50	58,00	3,70
COXOPUR 1	6,95	5,01	0,67	45,89	12,73	1,01	48,00	3,50	62,00	4,00
CHICOJ 5	6,65	4,74	2,28	102,33	9,12	1,11	65,80	4,20	64,60	4,20
CHICOJ 2	7,35	4,85	0,77	25,44	1,27	0,62	64,00	3,80	68,00	4,00
GUADALUPE 4	6,12	4,54	2,09	51,85	3,55	0,77	58,00	3,50	64,00	4,50
COXOPUR 6	7,20	6,00	0,77	52,31	7,30	0,98	42,00	2,90	48,00	3,50
COXOPUR 5	6,50	5,11	0,67	44,19	10,11	1,16	52,00	3,70	62,00	3,80
COXOPUR 3	6,89	4,83	0,77	57,60	10,13	1,05	48,00	3,60	60,00	4,00
SAQUICHAJ 1	5,81	4,72	1,71	49,60	3,42	0,80	58,00	4,20	60,20	3,80
CHICOJ 6	6,73	5,41	0,95	90,73	8,82	1,00	62,40	3,30	58,50	3,70
COXOPUR 4	7,14	4,72	0,67	54,41	10,14	8,88	45,00	3,50	62,00	4,40
CHICOJ 3	6,97	4,67	1,33	37,49	1,15	0,42	66,00	3,80	64,20	4,50
COXOPUR 2	7,04	5,01	0,77	147,59	10,82	1,03	50,20	3,50	64,00	4,20
SAQUICHAJ 3	5,66	5,23	1,33	38,26	6,19	0,89	63,20	3,50	55,20	3,60
SAQUICHAJ 2	6,27	4,52	1,90	29,13	6,33	0,86	62,00	4,00	62,30	3,60
SAQUICHAJ 4	5,69	5,08	2,09	73,25	7,11	1,04	66,40	3,80	60,20	3,80
CHICOJ 1	6,90	5,37	0,95	22,65	2,04	0,57	54,00	3,60	62,00	3,70
SAQUICHAJ 7	5,28	5,55	1,33	22,08	3,20	0,64	64,00	3,50	52,00	3,80
SAQUICHAJ 5	5,58	4,60	2,28	42,33	4,53	0,84	64,00	4,20	66,20	4,50
SAQUICHAJ 6	5,51	5,02	1,90	35,99	2,20	0,74	66,00	3,50	58,40	3,50

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio CUNORI

Los resultados de los análisis de suelos reflejan un comportamiento similar para todas las parcelas evaluadas, excepto en las parcelas Guadalupe 2 y Guadalupe 1, que son del índice de sitio “Excelente”, en las cuales se ve una diferencia marcada en lo que se refiere al macro elemento Fósforo, con 9,07 ppm y 6,37 ppm respectivamente, a diferencia de las demás parcelas que se encuentran dentro de un rango de 0,67 ppm y 2,86 ppm de este elemento.

Asimismo el macro elemento Potasio se encuentra en cantidades más elevadas que el resto de parcelas en Coxopur 2 con 147,59 ppm, índice de sitio “Regular”, en la parcela Guadalupe 2, índice de sitio “Excelente”, con 134,85 ppm y en la parcela Chicoj 5, índice de sitio “Bueno” presenta 102,33 ppm;

mientras que en las demás parcelas se encuentra en un rango menor de 91 ppm e independiente del índice de sitio en que se encuentren.

Se puede inferir que la cantidad de materia orgánica, el pH del suelo y los micro elementos Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc no muestran una inclinación a favor o en contra respecto a la producción de madera; estos elementos se encuentran en el rango de los requerimientos mínimos nutricionales para Pinus maximinoi H. E. Moore según datos del INAB.

Cuadro 9
Resultados del análisis físico de suelos para las PPMF
a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

NOMBRE DE LA PARCELA	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	ESTRUCTURA DEL SUELO
	ARCILLA %	LIMO %	ARENA %		
GUADALUPE 2	32,56	27,43	40,41	Franco arcilloso	AGLOMERADA
SAMAC 4	49,04	23,21	27,75	Arcilloso	AGLOMERADA
GUADALUPE 1	49,04	21,10	29,86	Arcilloso	AGLOMERADA
SAMAC 5	11,06	27,43	61,55	Franco arenoso	AGLOMERADA
CHICOJ 4	13,17	25,32	61,51	Franco arenoso	AGLOMERADA
GUADALUPE 3	38,49	27,43	34,08	Franco arcilloso	AGLOMERADA
SAMAC 1	36,38	23,21	40,41	Franco arcilloso	GRANULAR
GUADALUPE 5	38,49	31,65	29,85	Franco arcilloso	AGLOMERADA
SAMAC 2	13,17	25,32	61,51	Franco arenoso	GRANULAR
SAMAC 3	38,49	25,32	36,19	Franco arcilloso	LAMINAR
COXOPUR 1	17,39	31,65	50,96	Franco arenoso	PRISMÁTICA
CHICOJ 5	42,71	31,65	25,64	Arcilloso	LAMINAR
CHICOJ 2	13,17	35,87	50,96	Franco	AGLOMERADA
GUADALUPE 4	44,82	35,87	19,31	Arcilloso	AGLOMERADA
COXOPUR 6	11,06	27,43	61,51	Franco arenoso	PRISMÁTICA
COXOPUR 5	17,39	31,65	50,96	Franco	PRISMÁTICA
COXOPUR 3	17,39	31,65	50,96	Franco	PRISMÁTICA
SAQUICHAJ 1	53,26	27,43	19,31	Arcilloso	LAMINAR
CHICOJ 6	21,61	27,43	50,96	Franco arcillo arenoso	LAMINAR
COXOPUR 4	17,39	31,65	50,96	Franco	PRISMÁTICA
CHICOJ 3	17,39	21,10	61,51	Franco arenoso	GRANULAR
COXOPUR 2	21,61	27,43	50,96	Franco arcillo arenoso	PRISMÁTICA
SAQUICHAJ 3	49,04	25,32	25,64	Arcilloso	EN BLOQUES
SAQUICHAJ 2	44,82	25,32	29,86	Arcilloso	EN BLOQUES
SAQUICHAJ 4	49,04	31,65	19,31	Arcilloso	EN BLOQUES
CHICOJ 1	17,39	31,65	50,96	Franco	GRUMOSA
SAQUICHAJ 7	55,37	31,65	12,98	Arcilloso	EN BLOQUES
SAQUICHAJ 5	42,71	33,76	23,53	Arcilloso	EN BLOQUES
SAQUICHAJ 6	49,04	10,55	40,41	Arcilloso	EN BLOQUES

Fuente: Datos de campo y laboratorio de suelos CUNORI

Cuadro 10
Características físicas de los suelos en las PPMF
a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

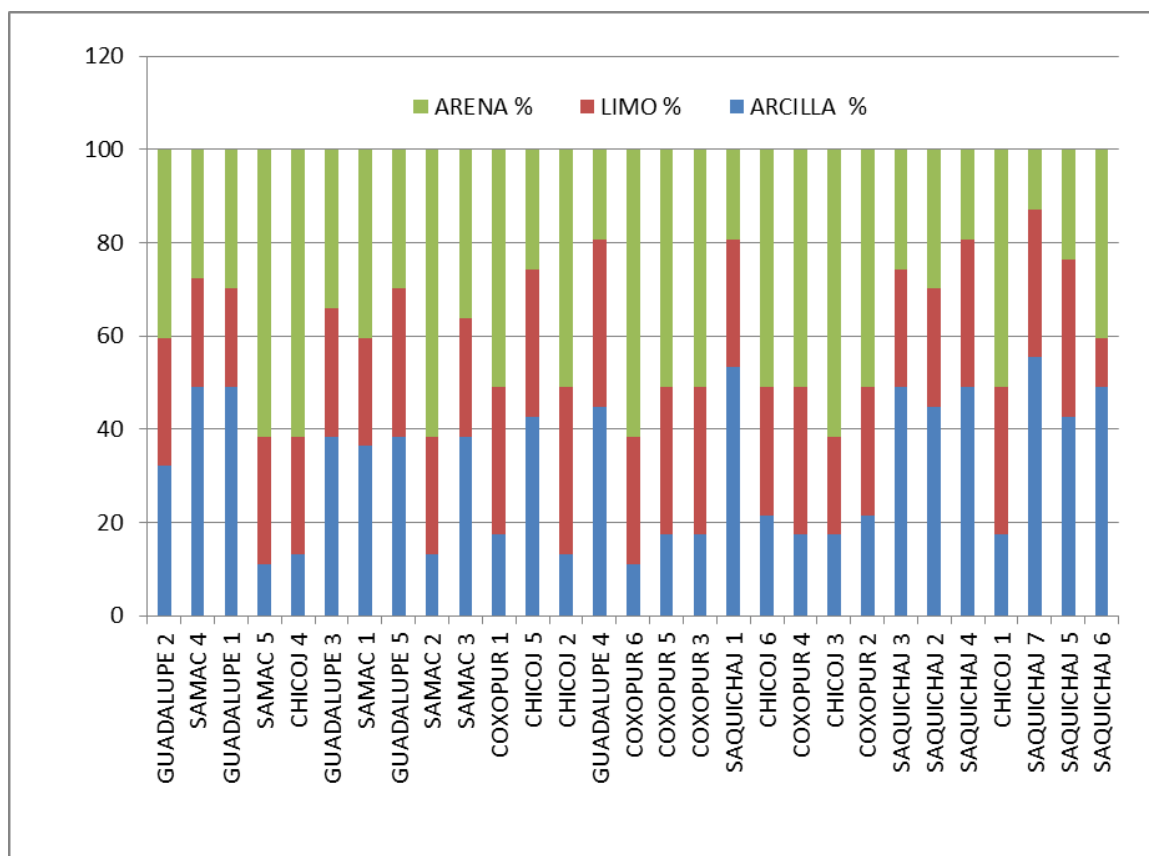
NOMBRE DE LA PARCELA	HUMEDAD %	PEDREGOSIDAD %	TOPOGRAFÍA %	PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO (cms)	ZONA DE VIDA
GUADALUPE 2	31,23	<20	16-32	20-50	bmh-S(f)
SAMAC 4	35,49	21-50	16-32	50-90	bmh-S(f)
GUADALUPE 1	32,78	<20	16-32	20-50	bmh-S(f)
SAMAC 5	15,23	21-50	16-32	50-90	bmh-S(f)
CHICOJ 4	30,46	21-50	8-16	50-90	bmh-S(f)
GUADALUPE 3	28,01	<20	8-16	20-50	bmh-S(f)
SAMAC 1	31,37	21-50	32-55	20-50	bmh-S(f)
GUADALUPE 5	30,04	<20	16-32	20-50	bmh-S(f)
SAMAC 2	15,96	21-50	16-32	20-50	bmh-S(f)
SAMAC 3	31,33	21-50	16-32	20-50	bmh-S(f)
COXOPUR 1	16,78	<20	16-32	50-90	bmh-S(f)
CHICOJ 5	30,26	21-50	16-32	<20	bmh-S(f)
CHICOJ 2	26,31	21-50	16-32	50-90	bmh-S(f)
GUADALUPE 4	28,73	<20	8-16	<20	bmh-S(f)
COXOPUR 6	17,86	<20	16-32	50-90	bmh-S(f)
COXOPUR 5	28,17	<20	8-16	50-90	bmh-S(f)
COXOPUR 3	27,23	<20	8-16	50-90	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 1	33,29	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
CHICOJ 6	22,21	21-50	16-32	20-50	bmh-S(f)
COXOPUR 4	29,34	<20	8-16	50-90	bmh-S(f)
CHICOJ 3	16,67	21-50	16-32	20-50	bmh-S(f)
COXOPUR 2	32,65	<20	8-16	50-90	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 3	35,23	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 2	32,37	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 4	33,87	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
CHICOJ 1	14,98	21-50	32-55	50-90	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 7	33,18	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 5	31,65	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)
SAQUICHAJ 6	33,23	51-90	32-55	<20	bmh-S(f)

Fuente: Resultados de laboratorio y datos de campo

Referencia: bmh-S(f) = Bosque Muy Húmedo Subtropical (Frío)

Según el cuadro 10, la pedregosidad menor a 20 %, pendiente del suelo menor al 32 % y la profundidad efectiva del suelo mayor a 50 cm son favorables para el buen desarrollo de las plantaciones de Pinus maximinoi H. E. Moore.

Gráfica 7
 Porcentaje de arcilla, limo y arena en los suelos
 de las PPMF, Cobán, Alta Verapaz. 2016



Según la gráfica anterior, el porcentaje de limo presente en los suelos no es determinante para el desarrollo de los especímenes de Pinus maximinoi H. E. Moore. Según la tendencia de la gráfica un mayor porcentaje de arena, favorece el desarrollo de esta especie, mientras que se puede observar en la misma gráfica que un menor porcentaje de arcilla favorece el desarrollo de la planta, la tendencia es que los suelos con mayor cantidad de arena y menor cantidad de arcilla son deseables para la producción de Pinus maximinoi H. E. Moore.

CONCLUSIONES

- a) Las parcelas que se localizan en áreas con una altitud superior a los 1 000 msnm, no están influenciadas por las diferencias de altitud; no obstante, las parcelas que están por debajo de ésta tienden a mostrar resultados de baja producción forestal.
- b) Las parcelas que muestran diámetros mayores son Guadalupe 2, con un diámetro a la altura del pecho de 43,85 cm, le siguen en su orden Samac 4, con 42,49 cm y Guadalupe 1, con 41,74 cm. Por el contrario; las parcelas con menor diámetro son Saquichaj 6 con 24,97 cm, Saquichaj 5 con 25,16 cm y Saquichaj 7 con 25,54 cm.
- c) Los resultados de la altura de los árboles en las 29 parcelas presentan el mismo orden de las condiciones de DAP, la parcela Guadalupe 2 posee un promedio de 34,83 m a los 20 años; le siguen Samac 4 con 33,94 m y Guadalupe 1 con 33,44 m. Las parcelas con árboles de menor altura son Saquichaj 6 con 19,01 m, Saquichaj 5 con 19,22 m y Saquichaj 7 con 19,65 m.
- d) Según la clasificación de Índice de Sitio, las parcelas que se ubican dentro del Índice “Excelente” son Guadalupe 2 (IS = 26,36), Samac 4 (IS = 25,69) y Guadalupe 1 (IS = 25,31).

- e) Las parcelas que se ubican dentro del índice de sitio “Excelente”, presentan suelos con textura franco arcillosa, estructura aglomerada, poca pedregosidad expuesta en la superficie del suelo, suelos profundos mayores de 20 cm, pendientes moderadas, bajo contenido de Fósforo, alto contenido de Potasio, Calcio y Magnesio.

- f) Las parcelas que se ubican dentro del Índice de Sitio “Medio”, presentan suelos con textura arcillosa, estructura en bloques, mucha pedregosidad expuesta en la superficie del suelo, suelos poco profundos menores de 20 cm, pendientes fuertes, alto contenido de Fósforo, bajo contenido de Potasio, Calcio y Magnesio.

- g) Los factores pH del suelo, porcentaje de materia orgánica, los elementos menores Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc, así como la humedad del suelo son bastante homogéneos en las 29 parcelas permanentes de medición forestal y no constituyen factor determinante de un índice de sitio determinado.

- h) Según el análisis financiero realizado para este estudio, las parcelas que muestran los indicadores más rentables son: Guadalupe 2 con una tasa interna de retorno del 41 %, valor actual neto de Q137 409,42, costo actual de Q118 821,37, ingreso neto actual de Q256 230,79 y una relación Costo/Beneficio de 1:2,16, le siguen, en su orden: Samac 4 y Guadalupe 1.

- i) Según el análisis financiero realizado para este estudio, las parcelas que muestran los indicadores menos rentables son: Saquichaj 6, con una tasa interna de retorno del 11 %, valor

actual neto de Q1 141,80, costo actual de Q37 085,18, ingreso neto actual de Q38 226,99 y una relación Costo/Beneficio de 1:1,03, le siguen, en su orden: Saquichaj 5 y Saquichaj 7.

- j) Para el caso de 6 de las 7 parcelas de la finca Saquichaj, según el análisis financiero, el margen de utilidades es demasiado bajo, ya que el ingreso neto actual es poco superior al costo actual. Además, la relación Costo/Beneficio es de 1:1.

- k) Conforme el registro de la información del Departamento de Investigación Forestal del INAB, se ordenaron los datos y, la parcela permanente “Chicoj 3” es la que muestra un mayor porcentaje de árboles rectos y sin defectos, registra un 58,07 %; le siguen, en su orden: Chicoj 4, con 39,39 %, Coxopur 6, con 38.09 % y Coxopur 1, con 38,09 % . Mientras que las parcelas que mostraron los porcentajes más bajos de árboles rectos y sin defectos son: Saquichaj 5, con 4,76 %, Saquichaj 4 con 11,11 %, Saquichaj 1 y Saquichaj con 17,07 % cada una.

- l) Las condiciones que presenta la finca Guadalupe son ideales para el establecimiento de Pinus maximinoi H. E. Moore. Se puede mencionar que las principales son: poca pedregosidad expuesta, pendientes suaves o moderadas, suelos profundos superiores a 20 cm, textura franca o franco arcillosa, estructura aglomerada, con buena cantidad de Potasio, Fósforo, Calcio y Hierro.

- m) El pH del suelo, el contenido de Fósforo y Potasio, los microelementos, el porcentaje de materia orgánica y, el porcentaje de humedad no fueron determinantes en la producción de cada parcela, debido a que su contenido es homogéneo en las 29 parcelas evaluadas de Pinus maximinoi H. E. Moore.

- n) Todas las parcelas mostraron condiciones similares de porcentaje de materia orgánica, el pH ligeramente ácido; sin embargo en la parcela Guadalupe 2 que presentó un mejor índice de sitio, los resultados de Fósforo y Potasio fueron significativamente altos en relación a las demás parcelas. También se observó que las cantidades de Calcio fueron ligeramente superiores al resto de parcelas. La concentración de Magnesio, Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc presentan un comportamiento similar; fueron determinantes los macroelementos Fósforo y Potasio en el desarrollo de las plantaciones de Pinus maximinoi H. E. Moore, mientras que los microelementos no lo fueron.

RECOMENDACIONES

- a) Basado en las características de la parcela Saquichaj 6 que se ubica dentro del índice de sitio “Medio”, se recomienda no establecer plantaciones de Pinus maximinoi H. E. Moore con fines económicos en lugares con alta pedregosidad expuesta, suelos poco profundos, pendientes medias a fuertes y suelos con textura arcillosa
- b) Que los silvicultores lleven un registro del desarrollo de las plantaciones artificiales de Pinus maximinoi H. E. Moore, para realizar análisis financieros y determinar si hay utilidades o pérdidas.
- c) Realizar otros estudios de calidad de sitio en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, en otras especies del género Pinus sp en parcelas permanentes de evaluación forestal y evaluar cada una de las características físico-químicas de los suelos.
- d) Mediante futuros estudios derivados de esta investigación, determinar las condiciones más precisas de altitud y condiciones topográficas, para determinar mapas georeferenciados a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz que indiquen los lugares óptimos para el establecimiento de Pinus maximinoi H. E. Moore.
- e) Establecer plantaciones forestales de Pinus maximinoi H. E. Moore bajo condiciones similares a las de la finca Guadalupe; es decir, suelos profundos, textura franca o franco-arcillosa, estructura aglomerada, con

cantidades elevadas de Fósforo, Potasio, Calcio y Hierro, poca pedregosidad expuesta y pendientes suaves o moderadas.

- f) Que el INAB, a través del Departamento de Investigación Forestal, promueva el registro de la dinámica forestal en plantaciones artificiales de cualquier especie; tanto aquellas promovidas por medio de incentivos forestales y fiscales, como las que representan compromisos de reforestación, para lograr los requerimientos óptimos de cada una de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alder, Denis. *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1980.
- Arteaga Martínez, Baldemar y Apolinar Pérez-Castillo. "Pinus maximinoi H.E. Moore: Una especie prometedor para plantaciones forestales comerciales en el trópico". *Foresta veracruzana*. 3. (2001): 56
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad -CONABIO-. *Catálogo taxonómico de especies de México*. México: CONABIO., 2009.
- Coronado López, Fredy Samuel. *Determinación del índice de sitio para Pinus oocarpa Schiede en dos localidades del departamento de Chiquimula*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Centro Universitario de Oriente. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Carrera de Agronomía, 1997.
- Clutter, J. *Timber management: a quantitative approach*. New York, United States Of America: Wiley, 1983.
- Cruz, Jorge Rene de la. *Clasificación de zonas de vida Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1982.
- Daniel, T. Et.Al. *Principios de Silvicultura*. México: McGraw-Hill, 1998.
- Escobedo López, Mario Arturo. *Índices de sitio para Pinus pseudostrobus Lindl, en los departamentos de Chimaltenango y Sololá*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía, 1995.
- Fuentes Archila, Luis Martin. *Sistematización de la productividad de los Bosques de Guatemala, Región Forestal II*. Tesis Ingeniero Forestal. Sede Regional de la Verapaz- Universidad Rafael Landívar. San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala: Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 2014

- Hughelli, DA. *Modelos para la predicción y rendimiento de Eucalyptus camaldulensis, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia y Leucaena leucocephala, en América Central*. Boletín técnico 22. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, 1991.
- Instituto Geográfico Nacional -IGN-. *Hoja topográfica Cobán*. (2162-III) Escala. 1:50 000. Color.
- . *Atlas Nacional de Guatemala*. Guatemala: IGN., 1975.
- Instituto Nacional de Bosques –INAB-. *Crecimiento y productividad de plantaciones forestales de pino candelillo*. Guatemala: INAB., 2012.
- Otárola, E. Et.Al. “Estimación de la calidad de sitio mediante «índices de sitio» para Cedrelinga catenaeformis Ducke (tornillo) en plantaciones de Jenaro Herrera, Loreto Perú” *Folia amazónica* 12. (2001): 43
- Prodan, Michail Et.Al. *Mensura forestal. Serie investigación y Educación en Desarrollo Sostenible*. Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica: Instituto Centroamericano de Cooperación para la Agricultura, 1997. 561p.
- Simmons, Charles Et.Al. *Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1959.
- Solorio, Y. H. Manzanilla. “Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio de Pinus michoacana, Cornuta Martínez y Pinus Oocarpa Schiede para el A D F Tapalpa, Estado de Jalisco”. *Ciencia Forestal*, 18 (1993): 74.
- Standley, PC., y JA Steyermarck. *Flora of Guatemala*. Chicago, United States of America: Fieldana Botany. 24.1. (1958): 41-51.
- Tzrin, J. *Índices de sitio preliminares para Cupressus lusitánica Miller, Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis Barret & Golfari, Pinus maximinoi H.E. Moore y Pinus pseudostrobus L. var. Chiapensis Martínez, establecidas en plantación en el Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía, 1998.
- Ugalde, L., y W. Vásquez. *Rendimiento y calidad de sitio para Gmelinaarbórea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Pinus caribaea en Guanacaste*. Informe Técnico 256. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, 1995.

- *El Sistema MIRA, componente de Silvicultura. Manual del Usuario, versión 2.9. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, 2003.*
- *Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en investigación y en programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical y de Enseñanza, 2003.*

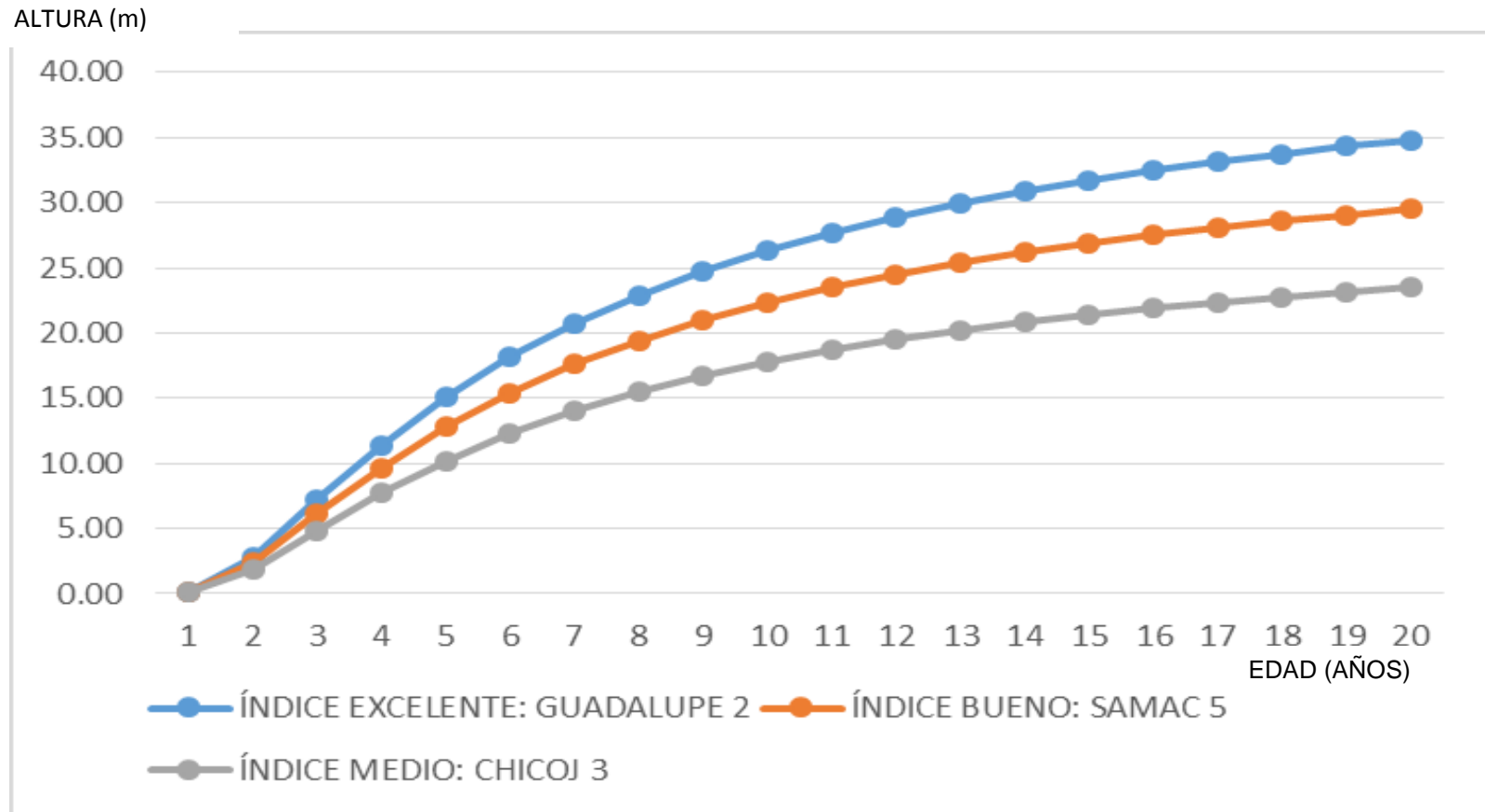


V. B.
A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and flourishes, positioned over a horizontal line.

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO.

ANEXOS

GRÁFICA 10
 Familia de curvas para índices de sitio de las PPMF con Pinus maximinoi H. E. Moore,
 a nivel del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016



Fuente: Procesamiento de datos de campo.

CUADRO 11

Alturas índices (m) de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

No-	PARCELA	EDAD (Años) / ALTURA (m)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	SAQUICHAJ 1	0,13	2,05	5,18	8,24	10,89	13,11	14,97	16,53	17,86	19,00	19,99	20,85	21,61	22,28	13,11	23,41	23,90	24,34	24,74	25,10
2	SAQUICHAJ 2	0,11	1,75	4,42	7,03	9,29	11,19	12,78	14,11	15,25	16,22	17,06	17,80	18,44	19,02	19,53	19,99	20,40	20,78	21,12	21,43
3	SAQUICHAJ 3	0,11	1,77	4,49	7,14	9,43	11,35	12,96	14,32	15,47	16,46	17,31	18,06	18,72	19,30	19,82	20,28	20,70	21,08	21,43	21,75
4	SAQUICHAJ 4	0,10	1,70	4,29	6,83	9,02	10,86	12,40	13,69	14,80	15,74	16,56	17,27	17,90	18,46	18,95	19,40	19,80	20,16	20,49	20,79
5	SAQUICHAJ 5	0,10	1,57	3,97	6,31	8,34	10,04	11,46	12,66	13,68	14,55	15,31	15,97	16,55	17,06	17,52	17,93	18,30	18,64	18,94	19,22
6	SAQUICHAJ 6	0,10	1,55	3,92	6,24	8,24	9,93	11,33	12,52	13,53	16,87	15,14	15,79	16,36	16,87	17,33	17,73	18,10	18,43	18,73	19,01
7	SAQUICHAJ 7	0,10	1,60	4,05	6,45	8,52	10,26	11,71	12,94	13,98	14,87	15,64	16,32	16,91	17,44	17,90	18,32	18,70	19,05	19,36	19,65
8	SAMAC 1	0,14	2,35	5,94	9,45	12,48	15,02	17,15	18,95	20,47	21,78	22,91	23,90	24,77	25,54	26,22	26,84	27,39	27,90	28,36	28,77
9	SAMAC 2	0,14	2,20	5,56	8,84	11,68	14,06	16,05	17,73	19,16	20,38	21,44	22,36	23,18	23,90	24,54	25,11	25,63	26,10	26,53	26,92
10	SAMAC 3	0,13	2,17	5,49	8,73	11,54	13,89	15,86	17,52	18,93	20,14	21,19	22,10	22,90	23,61	24,25	24,82	25,33	25,80	26,22	26,61
11	SAMAC 4	0,17	2,77	7,00	11,14	14,72	17,72	20,23	22,35	24,15	25,69	27,02	28,19	29,21	30,12	30,93	31,66	32,31	32,91	33,45	33,94
12	SAMAC 5	0,15	2,41	6,09	9,68	12,79	15,40	17,59	19,43	20,99	22,33	23,49	24,50	25,39	26,18	26,89	27,52	28,09	28,60	29,07	29,50
13	CHICOJ 1	0,10	1,64	4,15	6,60	8,72	10,50	11,99	13,24	14,31	15,22	16,01	16,70	17,31	17,85	18,33	18,76	19,14	19,50	19,82	20,11
14	CHICOJ 2	0,13	2,14	5,42	8,62	11,38	13,71	15,65	17,29	18,68	19,87	20,90	21,80	22,60	23,30	23,92	24,49	24,99	25,45	25,87	26,25
15	CHICOJ 3	0,12	1,91	4,84	7,71	10,18	12,26	14,00	15,46	16,70	17,77	18,69	19,50	20,21	20,84	21,40	21,90	22,35	22,76	23,13	23,48
16	CHICOJ 4	0,15	2,40	6,06	9,64	12,74	15,34	17,52	19,35	20,91	22,24	23,40	24,40	25,29	26,08	26,78	27,41	27,97	28,49	28,95	29,38
17	CHICOJ 5	0,13	2,16	5,47	8,70	11,49	13,83	15,79	17,44	18,85	20,05	21,09	22,00	22,80	23,51	24,14	24,71	25,22	25,68	26,10	26,49
18	CHICOJ 6	0,13	2,04	5,17	8,22	10,86	13,08	14,93	16,50	17,82	18,96	19,94	20,80	21,56	22,23	22,83	23,36	23,85	24,29	24,68	25,05
19	COXOPUR 1	0,13	2,17	5,48	8,72	11,52	13,87	15,84	17,50	18,90	20,11	21,15	22,07	22,87	23,58	24,21	24,78	25,29	25,76	26,18	26,57
20	COXOPUR 2	0,12	1,87	4,73	7,53	9,95	11,98	13,67	15,10	16,32	17,36	18,26	19,05	19,74	20,35	20,90	21,39	21,84	22,24	22,60	22,93

continúa pag. 71

viene pag. 70

No-	PARCELA	EDAD (Años) / ALTURA (m)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	COXOPUR 3	0,13	2,07	5,23	8,33	11,00	13,24	15,12	16,70	18,05	19,20	20,20	21,07	21,83	22,51	23,12	23,66	24,15	24,59	25,00	25,37
22	COXOPUR 4	0,13	2,03	5,14	8,17	10,80	13,00	14,85	16,40	17,72	18,85	19,83	20,68	21,44	22,10	22,70	23,23	23,71	24,14	24,54	24,90
23	COXOPUR 5	0,13	2,08	5,26	8,37	11,06	13,32	15,21	16,80	18,15	19,31	20,31	21,19	21,96	22,64	23,25	23,80	24,29	24,73	25,14	25,51
24	COXOPUR 6	0,13	2,12	5,36	8,52	11,26	13,56	15,48	17,10	18,47	19,65	20,67	21,56	22,35	23,04	23,66	24,21	24,72	25,17	25,58	25,96
25	GUADALUPE 1	0,17	2,73	6,90	10,98	14,50	17,46	19,94	22,02	23,79	25,31	26,62	27,77	28,78	29,68	30,47	31,19	31,83	32,42	32,95	33,44
26	GUADALUPE 2	0,18	2,84	7,19	11,43	15,10	18,18	20,76	22,93	24,78	26,36	27,73	28,92	29,98	30,91	31,74	32,48	33,15	33,76	34,32	34,83
27	GUADALUPE 3	0,15	2,37	6,00	9,54	12,60	15,17	17,32	19,13	20,67	21,99	23,13	24,13	25,01	25,78	26,48	27,10	27,66	28,17	28,63	29,05
28	GUADALUPE 4	0,13	2,12	5,38	8,55	11,30	13,60	15,53	17,16	18,54	19,72	20,74	21,64	22,42	23,12	23,74	24,30	24,80	25,26	25,67	26,05
29	GUADALUPE 5	0,14	2,22	5,62	8,93	11,80	14,21	16,23	17,92	19,36	20,60	21,67	22,60	23,43	24,15	24,80	25,39	25,91	26,39	26,82	27,22

Fuente: Procesamiento de datos de campo.

CUADRO 12
DAP (cm) de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

No.	PARCELA	EDAD (Años)/DAP (Cm)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	SAQUICHAJ 1	0,15	2,26	5,58	8,77	11,50	13,78	17,66	19,46	20,98	22,28	23,41	24,39	25,25	27,62	28,34	28,98	29,57	30,10	30,58	31,02
2	SAQUICHAJ 2	0,13	1,99	4,90	7,70	10,09	12,09	15,50	17,07	18,41	19,55	20,54	21,40	22,15	24,23	24,86	25,43	25,94	26,41	26,83	27,21
3	SAQUICHAJ 3	0,13	2,01	4,96	7,78	10,21	12,23	15,67	17,27	18,62	19,77	20,77	21,64	22,41	24,50	25,15	25,72	26,24	26,71	27,13	27,52
4	SAQUICHAJ 4	0,13	1,94	4,79	7,52	9,87	11,82	15,15	16,69	18,00	19,11	20,08	20,92	21,66	23,69	24,31	24,86	25,36	25,82	26,23	26,61
5	SAQUICHAJ 5	0,12	1,84	4,53	7,11	9,33	11,18	14,33	15,78	17,02	18,07	18,99	19,78	20,48	22,40	22,98	23,51	23,98	24,41	24,80	25,16
6	SAQUICHAJ 6	0,12	1,82	4,50	7,06	9,26	11,09	14,22	15,66	16,89	17,94	18,84	19,63	20,33	22,23	22,81	23,33	23,80	24,23	24,61	24,97
7	SAQUICHAJ 7	0,12	1,86	4,60	7,22	9,47	11,35	14,54	16,02	17,27	18,35	19,27	20,08	20,79	22,74	23,33	23,87	24,35	24,78	25,18	25,54
8	SAMAC 1	0,17	2,58	6,36	10,00	13,11	15,70	20,13	22,18	23,91	25,40	26,68	27,80	28,78	31,47	32,30	33,04	33,70	34,30	34,85	35,35
9	SAMAC 2	0,16	2,41	5,96	9,36	12,27	14,70	18,85	20,76	22,39	23,78	24,98	26,02	26,94	29,47	30,24	30,93	31,55	32,12	32,63	33,10
10	SAMAC 3	0,16	2,39	5,89	9,26	12,14	14,54	18,64	20,53	22,14	23,51	24,70	25,73	26,64	29,14	29,90	30,58	31,20	31,75	32,26	32,73
11	SAMAC 4	0,21	3,10	7,65	12,02	15,76	18,88	24,20	26,66	28,74	30,53	32,07	33,41	34,59	37,83	38,82	39,71	40,51	41,23	41,89	42,49
12	SAMAC 5	0,18	2,65	6,53	10,26	13,45	16,12	20,66	22,76	24,54	26,06	27,38	28,52	29,53	32,30	33,14	33,90	34,58	35,20	35,76	36,28
13	CHICOJ 1	0,13	1,89	4,67	7,34	9,63	11,53	14,79	16,29	17,56	18,65	19,59	20,41	21,14	23,12	23,72	24,26	24,75	25,19	25,59	25,96
14	CHICOJ 2	0,16	2,36	5,82	9,14	11,98	14,35	18,40	20,27	21,86	23,21	24,39	25,41	26,31	28,77	29,52	30,20	30,80	31,35	31,85	32,31
15	CHICOJ 3	0,14	2,14	5,27	8,28	10,86	13,00	16,67	18,36	19,80	21,03	22,09	23,02	23,83	26,06	26,74	27,35	27,91	28,40	28,86	29,27
16	CHICOJ 4	0,18	2,64	6,50	1,22	13,40	16,05	20,57	22,66	24,43	25,95	27,26	28,40	29,41	32,16	33,00	33,76	34,44	35,05	35,61	36,12
17	CHICOJ 5	0,16	2,38	5,87	9,22	12,08	14,48	18,56	20,44	22,04	23,41	24,59	25,62	26,53	29,01	29,77	30,45	31,07	31,62	32,13	32,59
18	CHICOJ 6	0,15	2,26	5,57	8,76	11,48	13,75	17,63	19,42	20,94	22,24	23,36	24,34	25,20	27,56	28,28	28,93	29,51	30,04	30,52	30,96
19	COXOPUR 1	0,16	2,38	5,88	9,24	12,12	14,52	18,61	20,50	22,10	23,48	24,66	25,70	26,60	29,10	29,86	30,54	31,15	31,71	32,22	32,68
20	COXOPUR 2	0,14	2,10	5,17	8,12	10,65	12,76	16,35	18,01	19,42	20,63	21,67	22,58	23,37	25,56	26,23	26,83	27,37	27,86	28,31	28,71

continúa pag. 73

viene pag. 72

No-	PARCELA	EDAD (Años)/DAP (Cm)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	COXOPUR 3	0,15	2,28	5,64	8,85	11,61	13,91	17,83	19,64	21,18	22,49	23,63	24,62	25,49	27,88	28,61	29,26	29,85	30,38	30,87	31,31
22	COXOPUR 4	0,15	2,25	5,54	8,71	11,42	13,68	17,54	19,32	20,83	22,13	23,24	24,22	25,07	27,42	28,14	28,78	29,36	29,88	30,36	30,80
23	COXOPUR 5	0,15	2,30	5,67	8,90	11,67	13,98	17,92	19,74	21,29	22,61	23,75	24,75	25,62	28,02	28,75	29,41	30,00	30,54	31,03	31,47
24	COXOPUR 6	0,16	2,33	5,76	9,04	11,86	14,21	18,21	20,06	21,63	22,97	24,13	25,15	26,03	28,47	29,22	29,88	30,49	31,03	31,53	31,98
25	GUADALUPE 1	0,20	3,05	7,51	11,80	15,48	18,54	23,77	26,19	28,23	29,98	31,50	32,82	33,98	37,16	38,13	39,00	39,79	40,50	41,15	41,74
26	GUADALUPE 2	0,21	3,20	7,90	12,40	16,26	19,48	24,97	27,51	29,66	31,50	33,09	34,48	35,70	39,04	40,06	40,98	41,80	42,55	43,23	43,85
27	GUADALUPE 3	0,17	2,60	6,43	10,10	13,24	15,86	20,33	22,40	24,15	25,65	26,94	28,07	29,06	31,79	32,62	33,36	34,03	34,64	35,20	35,70
28	GUADALUPE 4	0,16	2,34	5,78	9,07	11,90	14,25	18,27	20,13	21,70	23,05	24,21	25,23	26,12	28,57	29,31	29,98	30,59	31,13	31,63	32,08
29	GUADALUPE 5	0,16	2,44	6,02	9,46	12,40	14,86	19,04	20,98	22,62	24,02	25,24	26,29	27,22	29,77	30,55	31,25	31,88	32,45	32,97	33,44

Fuente: Procesamiento de datos de campo.

CUADRO 13
Área basal índice (m²) de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

No-	PARCELA	EDAD (Años)/ÁREA BASAL (m ² /ha)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	SAQUICHAJ 1	0,00	0,39	2,46	6,13	10,62	15,32	11,50	13,99	16,29	18,40	20,34	22,10	23,71	19,14	20,17	21,11	21,98	22,78	23,53	24,22
2	SAQUICHAJ 2	0,00	0,31	1,91	4,78	8,27	11,93	8,95	10,89	12,68	14,33	15,84	17,21	18,46	14,90	15,70	16,44	17,11	17,74	18,32	18,86
3	SAQUICHAJ 3	0,00	0,31	1,95	4,88	8,45	12,19	9,15	11,13	12,96	14,64	16,18	17,59	18,87	15,23	16,05	16,80	17,49	18,13	18,72	19,27
4	SAQUICHAJ 4	0,00	0,29	1,83	4,57	7,92	11,42	8,57	10,43	12,15	13,73	15,17	16,48	17,68	14,27	15,04	15,74	16,39	16,99	17,54	18,06
5	SAQUICHAJ 5	0,00	0,26	1,65	4,11	7,12	10,26	7,70	9,37	10,91	12,33	13,63	14,81	15,89	12,82	13,51	14,14	14,73	15,26	15,76	16,22
6	SAQUICHAJ 6	0,00	0,26	1,62	4,05	7,01	10,11	7,59	9,24	10,76	12,15	13,43	14,60	15,66	12,64	13,32	13,94	14,52	15,05	15,54	15,99
7	SAQUICHAJ 7	0,00	0,27	1,69	4,23	7,32	10,56	7,93	9,64	11,23	12,69	14,02	15,24	16,35	13,20	13,91	14,56	15,16	15,71	16,22	16,70
8	SAMAC 1	0,00	0,51	3,15	7,88	13,64	19,67	14,76	17,96	20,92	23,64	26,12	28,38	30,45	24,58	25,90	27,11	28,23	29,26	30,21	31,10
9	SAMAC 2	0,00	0,45	2,78	6,94	12,03	17,34	13,02	15,84	18,45	20,84	23,03	25,02	26,85	21,67	22,83	23,90	24,89	25,80	26,64	27,42
10	SAMAC 3	0,00	0,44	2,72	6,80	11,77	16,97	12,74	15,50	18,05	20,39	22,53	24,49	26,28	21,21	22,35	23,39	24,36	25,24	26,07	26,83
11	SAMAC 4	0,00	0,72	4,48	11,20	19,39	27,97	20,99	25,54	29,75	33,61	37,13	40,36	43,30	34,95	36,82	38,55	40,13	41,60	42,96	44,22
12	SAMAC 5	0,00	0,53	3,31	8,28	14,33	20,67	15,51	18,87	21,98	24,84	27,44	29,83	32,00	25,83	27,21	28,49	29,66	30,75	31,75	32,68
13	CHICOJ 1	0,00	0,28	1,75	4,36	7,56	10,90	8,18	9,95	11,59	13,10	14,47	15,73	16,88	13,62	14,35	15,02	15,64	16,21	16,74	17,23
14	CHICOJ 2	0,00	0,43	2,66	6,63	11,49	16,56	12,43	15,13	17,62	25,81	27,95	29,69	31,13	20,25	21,10	21,83	22,47	23,04	23,54	26,19
15	CHICOJ 3	0,00	0,35	2,20	5,49	9,51	13,71	10,29	12,52	14,58	16,48	18,21	19,79	21,23	17,13	18,05	18,90	19,68	20,40	21,06	21,68
16	CHICOJ 4	0,00	0,53	3,29	8,21	14,22	20,50	15,39	18,72	21,81	24,64	27,22	29,58	31,74	25,62	26,99	28,26	29,42	30,50	31,49	32,42
17	CHICOJ 5	0,00	0,43	2,70	6,74	11,67	16,83	12,64	15,37	17,91	20,23	22,35	24,29	26,06	21,04	22,16	23,20	24,16	25,04	25,86	26,62
18	CHICOJ 6	0,00	0,39	2,45	6,11	10,58	15,26	11,45	13,94	16,23	18,34	20,26	22,02	23,63	19,07	20,09	21,03	21,90	22,70	23,44	24,13
19	COXOPUR 1	0,00	0,44	2,71	6,78	11,74	16,92	12,70	15,46	18,00	20,34	22,47	24,42	26,20	21,15	22,28	23,33	24,29	25,18	26,00	26,76
20	COXOPUR 2	0,00	0,34	2,12	5,29	9,16	13,21	9,92	12,07	14,06	15,88	17,55	19,07	20,46	16,51	17,40	18,21	18,96	19,66	20,30	20,89

continúa pag. 75

viene pag. 74

No-	PARCELA	EDAD (Años)/ÁREA BASAL (m ² /ha)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	COXOPUR 3	0,00	0,40	2,50	6,24	10,81	15,59	11,70	14,24	16,59	18,74	20,71	22,50	24,14	19,49	20,53	21,49	22,38	23,20	23,95	24,66
22	COXOPUR 4	0,00	0,39	2,42	6,05	10,48	15,11	11,34	13,80	16,07	18,16	20,06	21,81	23,40	18,88	19,90	20,83	21,69	22,48	23,21	23,89
23	COXOPUR 5	0,00	0,41	2,53	6,31	10,92	15,75	11,82	14,38	16,75	18,93	20,91	22,73	24,38	19,68	20,74	21,71	22,60	23,43	24,19	24,90
24	COXOPUR 6	0,00	0,42	2,60	6,50	11,26	16,24	12,19	14,83	17,27	19,51	21,56	23,43	25,14	20,29	21,38	22,38	23,30	24,16	24,94	25,68
25	GUADALUPE 1	0,00	0,70	4,33	10,82	18,74	27,02	20,28	24,68	28,75	32,48	35,89	39,00	41,84	33,77	35,58	37,25	38,79	40,20	41,51	42,73
26	GUADALUPE 2	0,00	0,76	4,76	11,90	20,60	29,70	22,30	27,13	31,60	35,70	39,44	42,86	45,99	37,12	39,11	40,94	42,63	44,19	45,63	46,97
27	GUADALUPE 3	0,00	0,52	3,21	8,03	13,90	20,04	15,05	18,31	21,32	24,09	26,62	28,93	31,04	25,05	26,39	27,63	28,77	29,82	30,79	31,69
28	GUADALUPE 4	0,00	0,42	2,62	6,54	11,33	16,34	12,27	14,92	17,38	19,64	21,70	23,58	25,30	20,42	21,52	22,52	23,45	24,31	25,10	25,84
29	GUADALUPE 5	0,00	0,45	2,84	7,08	12,27	17,69	13,28	16,15	18,81	21,26	23,49	25,52	27,39	22,10	23,29	24,38	25,38	26,31	27,17	27,97

Fuente: Procesamiento de datos de campo.

CUADRO 14

Volumen (m³) de las PPMF del municipio de Cobán, alta Verapaz. 2016

No-	PARCELA	EDAD (Años)/VOLUMEN (m ³ /ha)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	SAQUICHAJ 1	0,0	0,2	4,3	17,9	42,3	75,0	65,2	88,6	112,5	136,3	159,3	181,5	202,7	169,1	98,9	197,2	210,1	222,2	233,7	244,6
2	SAQUICHAJ 2	0,0	0,2	2,8	11,7	27,6	48,9	42,5	57,8	73,4	88,9	104,0	118,4	132,3	110,3	119,8	128,7	137,1	145,0	152,5	159,6
3	SAQUICHAJ 3	0,0	0,2	2,9	12,1	28,6	50,8	44,2	60,1	76,3	92,4	108,0	123,0	137,4	114,6	124,4	133,7	142,4	150,6	158,4	165,7
4	SAQUICHAJ 4	0,0	0,1	2,6	10,8	25,5	45,3	39,4	53,5	68,0	82,3	96,3	109,7	122,5	102,2	110,9	119,2	127,0	134,3	141,2	147,8
5	SAQUICHAJ 5	0,0	0,1	2,1	8,9	21,0	37,3	32,4	44,1	56,0	67,8	79,2	90,3	100,8	84,1	91,3	98,1	104,5	110,5	116,2	121,6
6	SAQUICHAJ 6	0,0	0,1	2,1	8,7	20,5	36,3	31,5	42,9	54,5	78,7	77,1	87,9	98,1	81,9	88,9	95,5	101,7	107,6	113,2	118,4
7	SAQUICHAJ 7	0,0	0,1	2,2	9,4	22,2	39,3	34,2	46,5	59,0	71,5	83,6	95,2	106,3	88,7	96,3	103,4	110,2	116,5	122,6	128,2
8	SAMAC 1	0,0	0,4	6,4	26,7	63,2	112,2	97,5	132,6	168,4	203,9	238,4	271,6	303,3	253,0	274,6	295,1	314,3	332,5	349,7	365,9
9	SAMAC 2	0,0	0,3	5,2	21,9	51,7	91,9	79,8	108,5	137,8	166,9	195,1	222,3	248,2	207,1	224,8	241,5	257,3	272,2	286,2	299,5
10	SAMAC 3	0,0	0,3	5,0	21,1	50,0	88,7	77,1	104,8	133,1	161,1	188,4	214,7	239,7	200,0	217,1	233,2	248,5	262,8	276,4	289,2
11	SAMAC 4	0,0	0,6	10,9	45,7	101,1	192,0	166,7	226,8	288,0	348,7	407,8	464,6	518,8	432,8	469,8	504,7	537,7	568,8	598,1	625,9
12	SAMAC 5	0,0	0,4	6,9	28,9	68,3	121,3	105,3	143,2	181,9	220,3	257,6	293,5	327,7	273,4	296,7	318,8	339,6	359,3	377,8	395,4
13	CHICOJ 1	0,0	0,1	2,4	9,9	23,5	41,7	36,2	49,2	62,5	75,7	88,5	100,8	112,6	93,9	102,0	109,5	116,7	123,4	129,8	135,8
14	CHICOJ 2	0,0	0,3	4,8	20,3	48,0	85,3	74,1	100,7	127,9	201,1	230,4	256,6	280,0	188,1	201,9	214,4	225,8	236,2	245,7	278,0
15	CHICOJ 3	0,0	0,2	3,5	14,8	35,1	62,3	54,1	73,6	93,5	113,2	132,4	150,8	168,4	140,5	152,5	163,8	174,5	184,6	194,2	203,1
16	CHICOJ 4	0,0	0,4	6,8	28,5	67,5	119,7	104,0	141,4	179,6	217,5	254,4	289,8	323,6	270,0	293,0	314,8	335,4	354,8	373,1	390,4
17	CHICOJ 5	0,0	0,3	5,0	20,9	49,3	87,6	76,1	103,4	131,4	159,0	186,0	211,9	236,6	197,4	214,3	230,2	245,2	259,4	272,8	285,5
18	CHICOJ 6	0,0	0,2	4,2	17,8	42,0	74,6	64,8	88,1	111,9	135,4	158,4	180,5	201,5	168,1	182,5	196,0	208,8	220,9	232,3	243,1
19	COXOPUR 1	0,0	0,3	5,0	21,0	49,8	88,3	76,7	104,3	132,5	160,4	187,6	213,8	238,7	199,1	216,1	232,2	247,4	261,7	275,2	288,0
20	COXOPUR 2	0,0	0,2	3,3	13,9	33,0	58,5	50,8	69,1	87,8	106,3	124,3	141,6	158,1	131,9	143,2	153,8	163,9	173,4	182,3	190,7

continúa pag. 77

viene pag. 76

No-	PARCELA	EDAD (Años)/VOLUMEN (m ³ /ha)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	COXOPUR 3	0,0	0,2	4,4	18,4	43,5	77,3	67,1	91,3	115,9	140,4	164,1	187,0	208,8	174,2	189,1	203,2	216,4	229,0	240,8	251,9
22	COXOPUR 4	0,0	0,2	4,2	17,5	41,3	73,3	63,7	86,6	110,0	133,2	155,8	177,5	198,2	165,4	179,5	192,8	205,4	217,3	228,6	239,1
23	COXOPUR 5	0,0	0,3	4,5	18,7	44,2	78,5	68,2	92,8	117,8	142,7	166,8	190,1	212,3	177,1	192,2	206,5	220,0	232,7	244,7	256,1
24	COXOPUR 6	0,0	0,3	4,7	19,7	46,5	82,6	71,7	97,5	123,9	150,0	175,4	199,8	223,2	186,2	202,1	217,1	231,3	244,7	257,3	269,2
25	GUADALUPE 1	0,0	0,6	10,4	43,5	102,8	182,4	158,5	215,5	273,7	331,4	387,5	441,5	493,0	411,3	446,5	479,7	511,0	540,6	568,5	594,8
26	GUADALUPE 2	0,0	0,7	11,9	50,0	118,2	209,9	182,3	247,9	314,9	381,2	445,8	507,9	567,2	473,1	513,6	551,8	587,8	621,8	653,9	684,2
27	GUADALUPE 3	0,0	0,4	6,6	27,5	65,1	115,6	100,4	136,6	173,4	210,0	245,6	279,8	312,4	260,6	282,9	303,9	323,8	342,5	360,2	376,9
28	GUADALUPE 4	0,0	0,3	4,7	19,9	47,0	83,4	72,5	98,6	125,2	151,6	177,2	201,9	225,5	188,1	204,2	219,3	233,7	247,2	260,0	272,0
29	GUADALUPE 5	0,0	0,3	5,4	22,6	53,4	94,8	82,4	112,0	142,3	172,3	201,4	229,5	256,3	213,8	232,0	249,3	265,6	281,0	295,5	309,2

Fuente: Procesamiento de datos de campo

CUADRO 15

Resultados de los análisis de suelos de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz, 2016

No.	Identificación	Lugar	% Materia Orgánica	pH unidades	Fosforo ppm	Potasio ppm	Calcio meq/100g	Magnesio meq/100g	Hierro ppm	Cobre ppm	Manganeso ppm	Zinc ppm
1	P-1 Guadalupe	Cobán	5,20	4,26	6,37	72,20	1,54	0,62	58,00	3,80	68,00	4,70
2	P-2 Guadalupe	Cobán	6,88	4,48	9,07	134,85	13,46	1,20	56,00	3,60	66,00	4,50
3	P-3 Guadalupe	Cobán	6,95	4,67	2,86	36,61	5,99	0,78	52,00	3,80	62,30	4,20
4	P-4 Guadalupe	Cobán	6,12	4,54	2,09	51,85	3,55	0,77	58,00	3,50	64,00	4,50
5	P-5 Guadalupe	Cobán	4,36	4,14	2,28	31,46	1,15	0,39	62,00	3,80	66,00	5,20
6	P-1 Coxocpur	Cobán	6,95	5,01	0,67	45,89	12,73	1,01	48,00	3,50	62,00	4,00
7	P-2 Coxocpur	Cobán	7,04	5,01	0,77	147,59	10,82	1,03	50,20	3,50	64,00	4,20
8	P-3 Coxocpur	Cobán	6,89	4,83	0,77	57,60	10,13	1,05	48,00	3,60	60,00	4,00
9	P-4 Coxocpur	Cobán	7,14	4,72	0,67	54,41	10,14	0,88	45,00	3,50	62,00	4,40
10	P-5 Coxocpur	Cobán	6,50	5,11	0,67	44,19	10,11	1,16	52,00	3,70	62,00	3,80
11	P-6 Coxocpur	Cobán	7,20	6,00	0,77	52,31	7,30	0,98	42,00	2,90	48,00	3,50
12	P-1 Chicoj	Cobán	6,90	5,37	0,95	22,65	2,04	0,57	54,00	3,60	62,00	3,70
13	P-2 Chicoj	Cobán	7,35	4,85	0,77	25,44	1,27	0,62	64,00	3,80	68,00	4,00

Continúa pag. 79

Viene pag. 78

No.	Identificación	Lugar	% Materia Orgánica	pH unidades	Fosforo ppm	Potasio ppm	Calcio meq/100g	Magnesio meq/100g	Hierro Ppm	Cobre Ppm	Manganeso ppm	Zinc Ppm
14	P-3 Chicoj	Cobán	6,97	4,67	1,33	37,49	1,15	0,42	66,00	3,80	64,20	4,50
15	P-4 Chicoj	Cobán	6,84	5,53	0,77	26,24	9,81	1,17	58,20	3,50	60,00	3,50
16	P-5 Chicoj	Cobán	6,65	4,74	2,28	102,33	9,12	1,11	65,80	4,20	64,60	4,20
17	P-6 Chicoj	Cobán	6,73	5,41	0,95	90,73	8,82	1,00	62,40	3,30	58,50	3,70
18	P-1 Samac	Cobán	5,20	4,77	1,90	17.,73	6,27	0,68	66,00	4,40	62,80	4,00
19	P-2 Samac	Cobán	6,19	5,14	1,14	13,03	1,87	0,41	58,20	3,70	62,30	3,90
20	P-3 Samac	Cobán	7,85	5,25	1,90	20,78	4,03	0,68	64,00	3,50	58,00	3,70
21	P-4 Samac	Cobán	6,50	4,83	2,09	41,68	11,14	0,66	55,60	4,20	60,20	4,00
22	P-5 Samac	Cobán	7,14	5,73	0,67	18,19	1,49	0,28	52,00	3,50	46,40	2,80
23	P-1 Saquichaj	Cobán	5,81	4,72	1,71	49,60	3,42	0,80	58,00	4,20	60,20	3,80
24	P-2 Saquichaj	Cobán	6,27	4,52	1,90	29,13	6,33	0,86	62,00	4,00	62,30	3,60
25	P-3 Saquichaj	Cobán	5,66	5,23	1,33	38,26	6,19	0,89	63,20	3,50	55,20	3,60
26	P-4 Saquichaj	Cobán	5,69	5,08	2,09	73,25	7,11	1,04	66,40	3,80	60,20	3,80
27	P-5 Saquichaj	Cobán	5,58	4,60	2,28	42,33	4,53	0,84	64,00	4,20	66,20	4,50
28	P-6 Saquichaj	Cobán	5,51	5,02	1,90	35,99	2,20	0,74	66,00	3,50	58,40	3,50
29	P-7 Saquichaj	Cobán	5,28	5,55	1,33	22,08	3,20	0,64	64,00	3,50	52,00	3,80

Chiquimula, Octubre 24 de 2016

PhD. Rodolfo Augusto Chicas Soto, Laboratorio de Suelos CUNORI

CUADRO 16
Categorización de las PPMF del municipio de Cobán, Alta Verapaz. 2016

No-	PARCELA	EDAD Años	ALTURA DOMINANTE m	ÍNDICE DE SITIO	CATEGORÍA
1	SAQUICHAJ 1	17	23,9	19,00	BUENO
2	SAQUICHAJ 2	17	20,4	16,22	MEDIO
3	SAQUICHAJ 3	17	20,7	16,46	MEDIO
4	SAQUICHAJ 4	17	19,8	15,74	MEDIO
5	SAQUICHAJ 5	17	18,3	14,55	MEDIO
6	SAQUICHAJ 6	17	18,1	14,39	MEDIO
7	SAQUICHAJ 7	17	18,7	14,87	MEDIO
8	SAMAC 1	18	27,9	21,78	BUENO
9	SAMAC 2	18	26,1	20,38	BUENO
10	SAMAC 3	18	25,8	20,14	BUENO
11	SAMAC 4	18	32,9	25,69	EXCELENTE
12	SAMAC 5	18	28,6	22,33	BUENO
13	CHICOJ 1	12	16,7	15,22	MEDIO
14	CHICOJ 2	12	21,8	19,87	BUENO
15	CHICOJ 3	12	19,5	17,77	MEDIO
16	CHICOJ 4	12	24,4	22,24	BUENO
17	CHICOJ 5	12	22,0	20,05	BUENO
18	CHICOJ 6	12	20,8	18,96	BUENO
19	COXOPUR 1	8	17,5	20,11	BUENO
20	COXOPUR 2	8	15,1	17,36	MEDIO
21	COXOPUR 3	8	16,7	19,20	BUENO
22	COXOPUR 4	8	16,4	18,85	BUENO
23	COXOPUR 5	8	16,8	19,31	BUENO
24	COXOPUR 6	8	17,1	19,65	BUENO
25	GUADALUPE 1	5	14,5	25,31	EXCELENTE
26	GUADALUPE 2	5	15,1	26,36	EXCELENTE
27	GUADALUPE 3	5	12,6	21,99	BUENO
28	GUADALUPE 4	5	11,3	19,72	BUENO
29	GUADALUPE 5	5	11,8	20,60	BUENO

Fuente: Procesamiento de datos de campo.

No. 137-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

INGENIERÍA AGRONÓMICA

Al trabajo titulado:

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO PARA Pinus maximinoi H.E. Moore, EN PARCELAS PERMANENTES DE EVALUACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE COBÁN, ALTA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

HÉCTOR ROLANDO LÉMUS LÓPEZ

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 12 de Julio de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

