


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on a horse, holding a staff, set against a background of green hills and a blue sky. Above the figure is a golden crown and a lion rampant. The seal is surrounded by the Latin motto "CETERAS SUB BIS CONSPICUA CAROLINA ACAD... A COACTEMALENSIS INTER".

TRABAJO DE GRADUACIÓN
CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (*Pinus caribaea* MORELET), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA.

BESSY CAROLINA GARCÍA MÉRIDA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2008.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (*Pinus caribaea* MORELET), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

BESSY CAROLINA GARCÍA MÉRIDA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA
EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2008.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez.
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL II	ING. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria.
VOCAL III	MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila.
VOCAL IV	P. For. Mirna Regina Valiente.
VOCAL V	P. Agr. Nery Boanerges Guzmán Aquino.
SECRETARIO	Msc. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2008.

Guatemala, Septiembre de 2008.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado sobre “CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (*Pinus caribaea* MORELET), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA”, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Bessy Carolina García Mérida

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Fuente inagotable de sabiduría, bondad y amor.

MI MAMÁ

Imelda Clementina Mérida Castañeda, por todo el apoyo, amor y bendiciones que son las que han llevado a hacer realidad esta meta.

MI PAPÁ

Edgar Rodérico García Vásquez, por darme la vida y mis primeras lecciones.

MIS HERMANOS

Ingrid, Zindy y Fredy. Por todos los momentos que hemos compartido. Por el amor y apoyo que me han dado en el transcurso de mi vida.

MIS SOBRINOS

César y Jeannifer Tello Ranero.

MIS ABUELOS

Andrea de Mérida y Victalino de Jesús Mérida (†)

Gumerinda de García y Francisco García (†)

Josefa Hidalgo -Tía Chepita- por todo el cariño incondicional para con toda mi familia.

TÍOS, PRIMOS, FAMILIA EN GENERAL. Por su cariño.

MIS AMIGOS

Lety, Levnis, Ivy, Luis, Julia, Febronio, Boris, Alba, Michelle, Douglas, Pili, Andrea, Heberto, Paulo, Elder, Marissa, Rita, Carol, Amada, Eluvia y Sandy.

Por su cariño, apoyo y comprensión en los momentos más importantes de mi vida.

COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN

Gracias por todos los momentos compartidos en los salones y fuera de los mismos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS,

A MI MAMÁ: Imelda Mérida.

MIS HERMANOS: Ingrid, Zindy y Fredy

MIS SOBRINOS: César y Jeannifer.

PATRIA GUATEMALA,

GLORIOSA Y TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

FACULTAD DE AGRONOMÍA, FAUSAC

SUBÁREA DE CIENCIAS QUÍMICAS

SECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES,

PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO DE LA SUBREGIÓN II-3 "COBÁN",

PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO DE LA SUBREGIÓN II-1 "TACTIC"-INAB-,

PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO DE LAS SUBREGIONES II-1, II-3, II-4, II-5, III-1, III-2, VIII-1, VIII-2, IX-2. -INAB-,

PERSONAL DE SECCIÓN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN EN PLANTACIONES Y BOSQUE NATURAL -INAB-,

PROPIETARIOS Y TRABAJADORES DE LAS FINCAS DONDE SE ESTABLECIERON Y MONITOREARON LAS PARCELAS PERMANENTES CON LA ESPECIE *Pinus caribaea* MORELET, UBICADAS EN PETÉN, ALTA VERAPAZ Y BAJA VERAPAZ, IZABAL ESCUINTLA, Y QUE DIERON VIDA A LA INVESTIGACIÓN DESARROLLADA.

AMIGOS, COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS

Por ser mi proveedor.

Por proporcionarme a las personas y trabajos necesarios para que este camino se abriera.

Por concederme la oportunidad de ver realizado un sueño.

FAMILIA

Por apoyarme en todos los momentos de mi vida, por ser la parte más importante en mí existir.

SUBAREA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Lic. Romeo Pérez, Lic. Enrique Flores, Gustavo Jacinto, Ing. Agr. Pedro Armira, Elizabeth.

SECCIÓN DE INVESTIGACIÓN –INAB-

Por la oportunidad de realizar la presente investigación.

PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICOS DE LA SUBREGIÓN II-3 INAB

Por todo el apoyo y enseñanzas durante mi estadía en dicha subregión. Agradezco a: Ing. Carlos Archiva, Ing. Roberto Moya, y a los técnicos: Roberto Chávez, Paulo Ortiz, Jacobo Cotto, Carlos García, Mauricio García, Adán Valdés, José Interiano, Ing. Daniel Escalante y a los compañeros epesistas Paulo Ortiz, María del Pilar, José Mejía y José Rosales, por el apoyo en el establecimiento y medición de las parcelas permanentes, así como por todos los momentos compartidos.

ING. FOR. ESTUARDO VAIDES

Por el aporte de sus conocimientos para la elaboración de la investigación, así como por la generosidad con la que comparte dichos conocimientos. Y por todo el tiempo invertido en la presente investigación.

ING. MSC. EDWIN ENRIQUE CANO MORALES

Por su aporte a la presente investigación.

ING. AGR. ADALBERTO RODRÍGUEZ

Por su apoyo durante el transcurso de la ejecución del ejercicio profesional supervisado y el aporte en la revisión del presente documento.

ING. AGR. EZEQUIEL LÓPEZ

Por la ayuda brindada en el desarrollo del análisis estadístico en la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO I	
DIAGNÓSTICO CONDICIÓN DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES -PINFOR- PLANTADAS CON LA ESPECIE: PINUS CARIBAEA VAR. HONDURENSIS MORELET EN LA SUBREGIÓN II-3 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB- COBÁN	1
1.1 Presentación	2
1.2 Objetivos	3
1. 2.1 General	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 Metodología y recursos	4
1.3.1 Fase de gabinete inicial	4
1.3.1.1 Delimitación del área de estudio	4
1.3.1.2 Revisión de documentación sobre PPM.....	4
1.3.1.3 Entrevista con personal administrativo y técnico del INAB.....	4
1.3.1.4 Análisis de información	4
1.3.1.5 Coordinación para la inspección de las parcelas permanentes	5
1.3.2 Fase de campo	5
1.3.3 Fase de gabinete final.....	5
1.4 Resultados	6
1.4.1 Formulario descripción del sitio	8
1.4.2 Formulario descripción de parcelas	9
1.4.3 Formulario descripción de la medición.....	10
1.4.4 Resultados de visitas a campo	12
1.5 Análisis de la información.....	14
1.6 Conclusiones.....	15
1.7 Bibliografía	16

CAPITULO II

INVESTIGACIÓN. CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (PINUS CARIBAEA VAR. HONDURENSIS MORELET), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA.....	17
2.1 Presentación	18
2.2 Marco teórico.....	20
2.2.1 Marco conceptual.....	20
2.2.1.1 Productividad	20
2.2.1.2 Crecimiento	20
2.2.1.3 Incremento	22
2.2.1.4 Sitio	23
2.2.1.5 Calidad de sitio.....	23
2.2.1.6 Importancia de calidad de sitio.....	23
2.2.1.7 Evaluación de la calidad de sitio	23
2.2.1.7 Parcelas permanentes de monitoreo.....	24
2.2.1.8 Análisis de regresión múltiple.....	24
2.3 Marco referencial.....	25
2.3.1 Características de la especie	25
2.3.1.1 Clasificación taxonómica.....	25
2.3.1.2 Descripción de la especie	25
2.3.1.3 Distribución natural.....	26
2.3.1.4 Usos	27
2.3.2 Características generales del área de estudio.....	28
2.3.3 Generalidades del programa de incentivos forestales –PINFOR-	29
2.3.4 Generalidades del programa manejo de información sobre recursos arboreos componente de silvicultura –MIRASILV- (versión 2.9).....	30
2.4 Objetivos	31
2.4.1 General	31
2.4.2 Específicos	31

2.5 Metodología.....	32
2.5.1 Selección del área de estudio.....	32
2.5.2 Tamaño de la muestra.....	33
2.5.3 Selección de los proyectos.....	33
2.5.4 Selección y número de parcelas permanentes de monitoreo.....	33
2.5.4.1 Tipo de parcela.....	33
2.5.4.2 Tamaño y forma de parcela.....	34
2.5.4.3 Número de parcelas y distribución por sitio.....	34
2.5.4.4 Ubicación y medición de las parcelas.....	35
2.5.5 Recopilación de datos.....	35
2.5.6 Variables a evaluar dentro de las parcelas.....	35
2.5.6.1 Variables de sitio.....	36
2.5.6.2 Variables de suelo.....	36
2.5.6.3 Variables silvícolas.....	37
2.5.7 Análisis de la información.....	37
2.5.7.1 Generación de base de datos.....	37
2.5.7.2 Determinación de rangos de calidad y productividad.....	37
2.5.7.3 Análisis de correlación.....	38
2.5.7.4 Análisis de regresión múltiple.....	38
2.5.7.5 Determinación de la productividad.....	38
2.6 Resultados y discusión.....	39
2.6.1 Análisis de crecimiento y productividad.....	40
2.6.1.1 Crecimiento.....	40
2.6.1.2 Productividad.....	42
2.6.2 Variables que determinan crecimiento y productividad.....	43
2.6.2.1 Variables fisiográficas.....	43
2.6.2.2 Análisis del crecimiento y las variables fisiográficas.....	44
2.6.2.3 Análisis de productividad y las variables fisiográficas.....	46
2.6.2.4 Variables climáticas.....	48
2.6.2.5 Análisis del crecimiento y las variables climáticas.....	48
2.6.2.6 Análisis de productividad y las variables climáticas.....	51

2.6.2.7 Variables de suelo.....	54
2.6.2.7 Análisis de crecimiento y las variables de suelo	54
2.6.2.8 Análisis de productividad y las variables de suelo	66
2.6.3 Modelos de predicción de crecimiento y productividad.....	76
2.7. Conclusiones.....	79
2.7.1 Crecimiento y productividad.....	79
2.7.2 Variables de sitio que tienen relación con el crecimiento y la productividad.....	81
2.7.3 Modelos de predicción para el crecimiento y productividad de <i>Pinus caribaea</i>	82
2.8 Recomendaciones.....	83
2.9 Bibliografía	84
2.10 Apendice	86
SERVICIOS.....	95
DESARROLLADOS EN LA SUBREGION II-3 COBÁN, DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-.....	95
3.1 Presentación	96
3.2 Objetivos	97
3.3 Metodología.....	98
3.3.1 Apoyo en actividades técnicas en la sub-región II-3, INAB.....	98
3.3.1.1 Monitoreo y evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales. –PINFOR-.....	98
3.3.1.2 Fiscalización de depósitos de madera	99
3.3.1.3 Evaluación de aprovechamientos forestales	100
3.3.2 Establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes monitoreo	100
3.3.2.1 Tamaño	101
3.3.2.2 Forma.....	101
3.3.2.3 Ubicación e instalación de parcelas	101
3.3.2.4 Demarcación y Señalamiento de Parcelas.....	101
3.3.2.5 Mantenimiento.....	102
3.3.2.6 Variables a medir	102
3.3.2.7 Medición de árboles	102

3.3.2.8 Formularios de medición y códigos de MiraSilv	103
3.4 Resultados de los servicios ejecutados.....	104
3.4.1 Apoyo en actividades realizadas por los técnicos forestales	104
3.4.1.1 Evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales –PINFOR-.....	104
3.4.1.2 Fiscalización de depósitos de madera	106
3.4.1.3 Evaluación de planes de manejo	106
3.4.2 Establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	107
3.4.3 Apoyo a otras investigaciones	110
3.5 Evaluación.....	111
3.6 Conclusiones.....	113
3.7 Recomendaciones.....	114
3.8 Bibliografía	115
3.9 Anexos	116

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Número de parcelas establecidas por año.	6
Cuadro 2. Distribución de parcelas permanentes por finca.....	7
Cuadro 3. Distribución de parcelas permanentes por especie encontrada.	8
Cuadro 4. Clasificación del sitio por tipo de dueño.....	9
Cuadro 5. Clasificación del sitio por elevación, metros sobre el nivel del mar.	9
Cuadro 6. Clasificación del sitio por tipo de paisaje.	9
Cuadro 7. Clasificación de sitio por frecuencia de fuego.	9
Cuadro 8. Clasificación de sitio por frecuencia de heladas.	9
Cuadro 9. Clasificación de sitio por pendiente promedio.	9
Cuadro 10. Número de árboles inicial dentro de la parcelas.	10
Cuadro 11. Información de inundación, drenaje, erosión, pedregosidad, viento, pendiente promedio, por parcela.....	10
Cuadro 12. Edad de la plantación al momento de la medición.	11
Cuadro 13. Formas y defectos en los árboles.	11
Cuadro 14. Información dasométrica de las parcelas permanentes.....	11
Cuadro 15. Análisis de la información, causas y efectos.	14
Cuadro 16. Crecimiento en altura, diámetro y volumen a lo largo de la vida del árbol.....	21
Cuadro 17. Clasificación taxonómica de <i>Pinus caribaea</i> var. hondurensis Morelet.	25
Cuadro 18. Características de <i>Pinus caribaea</i> var. hondurensis Morelet.....	26
Cuadro 19. Regiones y subregiones en las que se encuentra <i>Pinus caribaea</i> , dentro del programa de Incentivos Forestales -PINFOR-.....	28
Cuadro 20. Identificación de departamentos, municipios y fincas en las que se ubican las parcelas permanentes con <i>Pinus caribaea</i> evaluadas para el presente estudio.....	28
Cuadro 21. Montos para proyectos de reforestación en PINFOR.	30
Cuadro 22. Área plantada con <i>Pinus caribaea</i> por región y subregión para el año 2005, así la fase en la que se encuentran dentro del PINFOR.	32
Cuadro 23. Distribución de parcelas por región y subregión según el área planteada y el número de parcelas totales (60).	34

Cuadro 24. Variables de sitio, separadas por tipo de variable.	36
Cuadro 25. Variables de suelo a dos profundidades en las parcelas permanentes, separadas por tipo de variable.	36
Cuadro 26. Variables silvícolas directas e indirectas a ser media en las parcelas.....	37
Cuadro 27. Distribución de las parcelas permanentes muestreadas según la edad de la plantación.	39
Cuadro 28. Diferencia estadística entre las diferentes clases de crecimiento.....	40
Cuadro 29. Promedio de crecimiento y productividad obtenidos en las tres diferentes clases de crecimiento en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> del PINFOR en Guatemala.....	41
Cuadro 30. Número de ppm, número de sitios y porcentajes por clase de crecimiento, encontrados en plantaciones de pino caribe del PINFOR en Guatemala.....	41
Cuadro 31. Diferencia estadística entre las clases de productividad.	42
Cuadro 32. Promedio de crecimiento y productividad obtenidos en las tres diferentes clases de productividad en plantaciones de pino en Guatemala.....	42
Cuadro 33. Número de ppm, sitios y porcentajes por clase de productividad, encontradas en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala.....	43
Cuadro 34. Coeficientes de correlación entre las variables fisiográficas cuantitativas, IMAHTOT e IMAVOLTOT.....	44
Cuadro 35. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables climáticas, IMAHTOT e IMAVOLTOT.....	48
Cuadro 36. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables edáficas con IMAHTOT.	54
Cuadro 37. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables edáficas con IMAVOLTOT.....	67
Cuadro 39A. Nombre de las fincas, región II (Las Verapaces), por clases de crecimiento.	88
Cuadro 40A. Nombre de las fincas, región III, por clases de crecimiento.	88
Cuadro 41A. Nombre de las fincas, región VIII, por clases de crecimiento.....	89
Cuadro 42A. Nombre de las fincas, región IX, por clases de crecimiento.....	89

Cuadro 43A. Nombre de las fincas, región II (Las Verapaces), por clases de productividad.....	89
Cuadro 44A. Nombre de las fincas, región III, por clases de productividad.	90
Cuadro 45A. Nombre de las fincas, región VIII, por clases de productividad.....	90
Cuadro 46A. Nombre de las fincas, región IX, por clases de productividad.....	91
Cuadro 47A. Sumario de la selección de variables que explican el crecimiento con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala, para un n = 55.....	91
Cuadro 48A. Sumario de la selección de variables que explican la productividad con acidez, con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala, para un n = 55.	92
Cuadro 49A. Sumario de la selección de variables que explican la productividad sin acidez intercambiable, con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala, para un n = 55.	93
Cuadro 50. Resumen de proyectos evaluados.....	104
Cuadro 51. Número de parcelas según el área plantada.	105
Cuadro 52. Fiscalización de depósitos de madera y municipio en el que se encuentran.	106
Cuadro 53. Aprovechamientos forestales evaluados.	107
Cuadro 54. Parcelas permanentes ubicadas en la sub-región II-3.....	108
Cuadro 55. Evaluación de los servicios prestados.	111

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINAS
Figura 1. Ubicación de parcelas permanentes de monitoreo de la Subregión II-3.	7
Figura 2. Parcela Permanente de la finca Chitzubil.....	12
Figura 3. Parcela permanentes de la finca Chitzubil	13
Figura 4. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a elevación en metros sobre el nivel del mar (E.M.S.N.) en parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	45
Figura 5. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a pendiente en porcentaje en la parcela permanente (%PPPM) en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	46
Figura 6. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la elevación sobre el nivel del mar (metros) en las parcelas permanentes (EMSN) en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	47
Figura 7. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a pendiente en porcentaje en la parcela (%PPPM) permanente en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	47
Figura 8. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a precipitación en mm (PP) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.....	49
Figura 9. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a la temperatura en grados Celsius (TP) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	49
Figura 10. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto al déficit hídrico (número de meses que llueve por debajo de 50 mm) (DH50) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	50
Figura 11. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto al déficit hídrico (número de meses que llueve mes de 100 mm) (DH100) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	51

Figura 12. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la precipitación promedio anual (mm) (PP) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	51
Figura 13. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la temperatura promedio anual (grados Celsius) (TP) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet.....	52
Figura 14. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto al déficit hídrico menor a 50 mm (meses) (DH50) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	53
Figura 15. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto al déficit hídrico entre 50 – 100 mm (meses) (DH100) en las parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en Guatemala.	53
Figura 16. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación del pH del suelo, en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala.....	55
Figura 17. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al fósforo (ppm) (P), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala.....	55
Figura 18. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (miliequivalentes/100 g de suelo) (Ca), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> en Guatemala.	56
Figura 19. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al cobre (partes por millón) (Cu), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	57
Figura 20. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al zinc (partes por millón) (Zn), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	58
Figura 21. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al hierro (partes por millón) (Fe), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	59

Figura 22. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al manganeso (partes por millón) (Mn), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	60
Figura 23. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la capacidad de intercambio catiónico (miliequivalentes/100 g), (CIC) en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	61
Figura 24. Valores promedio de crecimiento a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el calcio (miliequivalentes/100 g), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	62
Figura 25. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el potasio (miliequivalentes/100 g) (K), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	63
Figura 26. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a materia orgánica (M.O.) (en porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	64
Figura 27. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a acidez intercambiable (Al+ H) (en porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	64
Figura 28. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a nitrógeno total (NT) (en porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	65
Figura 29. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al limo (en porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	66
Figura 30. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al pH, en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	67
Figura 31. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al fósforo (P) (partes por millón), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	68

Figura 32. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (Ca) (miliequivalentes/100 g), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	69
Figura 33. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al cobre (Cu) (partes por millón), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	70
Figura 34. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al zinc (Zn) (partes por millón), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	70
Figura 35. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al manganeso (Mn) (partes por millón), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	71
Figura 36. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (Ca) (Miliequivalentes/100 g), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	72
Figura 37. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al potasio (K) (Miliequivalentes/100 g), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	72
Figura 38. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la acidez intercambiable (Al+H) (en porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	73
Figura 39. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a materia orgánica (M.O.) (porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	74
Figura 40. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la nitrógeno total (NT) (porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	75
Figura 42. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el limo (porcentaje), en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i>	76

Figura 43A. Mapa de regiones y subregiones del Instituto Nacional de Bosques –
INAB-.....86

Figura 44A. Mapa de ubicación de las parcelas permanentes muestreadas para el
presente estudio.....87

Figura 45 Mapa de Ubicación de parcelas permanentes evaluadas en el año 2006.109

TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (*Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA.

RESUMEN

El Instituto Nacional de Bosques, -INAB- es la institución encargada de la administración de las tierras con bosque y con vocación forestal fuera de las Áreas Protegidas que existen en Guatemala. Con el fin de promover la reforestación, cuenta con el Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- desde el año 1997, a través del cual se realizan pagos en efectivo a propietarios de tierras con vocación forestal, para ejecutar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales.

Dentro del PINFOR existe una serie de especies forestales que se han denominado como prioritarias, debido a la cantidad de proyectos establecidos hasta la fecha. Dentro las primeras cinco especies se encuentran, el pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet), en la que está basado el diagnóstico, investigación y servicios prestados dentro de la institución.

Con el propósito de identificar el comportamiento de las plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet, se ha establecido una red de parcelas permanentes en los departamentos donde la especie ha sido plantada a la fecha, siendo estos: Petén, Izabal, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Escuintla. En el presente estudio se elaboró el diagnóstico de 33 parcelas permanentes, ubicadas en el departamento de Alta Verapaz y que pertenecen a la Subregión II-3 “Las Verapaces” del INAB, establecidas en los años 2003, 2004 y 2005 en un total de 7 fincas.

Estas parcelas permanentes han tenido un mantenimiento irregular ya que desde su establecimiento únicamente cuentan con una medición. Dando como resultado la pérdida de la información anual, así como el mantenimiento de la demarcación de las parcelas.

El trabajo de Investigación está basado en las Características de Sitio que Determinan el Crecimiento y la Productividad de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet), en plantaciones de 2 a 7 años, establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR- en las regiones II, III, VIII y IX, que corresponde a los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Escuintla Petén y Escuintla, respectivamente. Considerando variables de fisiografía, clima, edáficas, silvícolas directas e indirectas, debido a la dispersión dentro del territorio nacional y considerando la variabilidad de las condiciones, se presenta una serie de resultados que pueden tomarse en cuenta para el establecimiento de nuevos proyectos en dichas áreas.

Dentro de estos resultados se encuentran: en la región II fueron estudiadas 21 parcelas de las cuales, el 9.53% presentaron crecimiento bajo, 76.19% con crecimiento medio y 14.28% con crecimiento alto. En la región III se estudiaron 10 parcelas, el 20% presentaron crecimiento bajo y el 80% de crecimiento medio. En la región VIII, se muestrearon 22 parcelas permanentes, el 13.64% es de crecimiento bajo, 63.64% de crecimiento medio y 22.72% de crecimiento alto. En la región IX, se muestrearon 2 parcelas, el 100% es de crecimiento alto.

En las cuatro regiones del Instituto Nacional de Bosques donde ha sido plantado *Pinus caribaea*, existen las tres clases de productividad, de la siguiente manera: En la región II, se estudiaron 21 parcelas de las cuales el 4.76% con productividad baja, 76.19% con productividad media y 19.05% con productividad alta. Para la región III, se muestrearon 10 parcelas de las cuales el 20% es de productividad baja y el 80% de productividad media. En la región VIII, se estudiaron 22 parcelas, de las cuales el 13.64% es de productividad baja, 72.73% de productividad media y 13.63% de las parcelas se encuentran dentro de la clase de productividad alta. En la región IX, se muestrearon 2 parcelas, el 100% está dentro de la productividad media.

De las variables fisiográficas consideradas para el presente estudio, las plantaciones que presentan los mejores resultados en crecimiento y productividad están en el rango de 200 a 740 metros sobre el nivel del mar, con una pedregosidad superficial entre 1 a 10% y con pendientes que no excedan el 45%.

La variable aspecto y/o exposición de la parcela, no presentan influencia significativa sobre el crecimiento y productividad de la especie, aunque los mejores sitios tienen lugar cuando ésta es plana y pendiente media.

Dentro de las condiciones climáticas, la especie está siendo plantada en lugares con una temperatura entre 19 y 27 grados Celsius, los sitios que arrojan crecimiento y productividad alta se encuentran entre 21 y 25 grados Celsius y una precipitación promedio anual entre 1,620 y 4,000 mm.

Las condiciones de suelo en las cuales *Pinus caribaea* presenta los mejores sitios para el creciendo, son: pH entre 4.50 a 6.7, capacidad de intercambio catiónico menor de 50 meq/100 g, hasta 40% de limo, de 0 a 1% de nitrógeno total, menos de 20 meq/100 g de cobre y menos de 2 partes por millón de calcio.

El *Pinus caribaea* presenta buena productividad, en las siguientes condiciones de suelo: Calcio menor de 18 meq/100g, acidez intercambiable menor al 16%, hierro entre 0.01 y 2 partes por millón, una cantidad de limo menor al 30%, cobre entre 0.01 y 2 partes por millón, manganeso menor a 30 partes por millón, nitrógeno total menor a 1% y una cantidad de materia orgánica menor al 10%. Y dentro de las bases intercambiables; calcio menor a 50 meq/100g.

La presente investigación tiene como propósito ser una herramienta técnica para tomar las mejores decisiones en cuanto al área de siembra y requerimientos de la especie en mención.

Dentro de la diversidad de actividades realizadas en las oficinas subregionales, se desarrolló una serie de servicios siendo éstos: apoyo directo en actividades realizadas por los técnicos forestales, evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales –PINFOR-, fiscalización de depósitos de madera, fiscalización de aprovechamientos forestales, evaluación de planes de manejo, establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes de monitoreo. Así como el apoyo en el establecimiento de parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus maximinoi* en la finca Chirrepec, Cobán, Alta Verapaz y en plantaciones de Palo Blanco en plantaciones del Petén.

CAPITULO I

DIAGNÓSTICO

CONDICIÓN DE LAS PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES -PINFOR- PLANTADAS CON LA ESPECIE: *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet EN LA SUBREGIÓN II-3 DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES –INAB- COBÁN.

1.1 Presentación

El Instituto Nacional de Bosques -INAB- posee el Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, que tiene como propósitos: mantener y mejorar la producción forestal sostenible en Guatemala, incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, generar una masa crítica de bosques productores de materia prima e incentivar el establecimiento y mantenimiento de bosques para la generación de servicios ambientales. PINFOR fue aprobado en el año 1997 y en los nueve años de vigencia se ha notado la aceptación del mismo dentro de la población guatemalteca que se dedica al cultivo de bosques, esto se evidencia en el año 2005 (1), cuando se realizó la certificación de 50,570 hectáreas, con diferentes especies forestales, de los cuales 4,549.80 ha de pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet), representando con esto el 11% del total.

A través de PINFOR se ha reforestado con *pinus caribaea* en las Regiones II “Las Verapaces”, III Izabal, VIII Petén y IX Escuintla, debido a que es una especie conífera nativa de Guatemala; la Región II posee mayor área plantada con esta especie, con un total de 6,464.84 ha, de superficie terrestre. Dicha región se subdivide en seis subregiones. Realizándose el presente diagnóstico en la subregión II-3.

La sub-región II-3 abarca los municipios: Cobán, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, San Agustín Lanquín, Santa María Cahabón. La sede se encuentra en el municipio de Cobán, Alta Verapaz.

El presente diagnóstico es desarrollado como parte del proceso del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, específicamente en las parcelas permanentes con plantaciones de pino caribe, que para el año 2005 certificó una extensión de 214 ha. localizadas en la sub-región II-3 del INAB, con el propósito de conocer las condiciones en las que se encuentran las PPM en dicha localidad e identificar la problemática existente, analizando la información encontrada.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Determinar las condiciones en las que se encuentran las parcelas permanentes de monitoreo -PPM- en plantaciones de pino caribe (*Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet) dentro del programa de Incentivos Forestales en la subregión II-3 de INAB.

1.2.2 Específicos

- Identificar el número de parcelas permanentes establecidas en el período 2003 – 2005, en la subregión II-3 del INAB.
- Analizar la información de las parcelas permanentes establecidas en los años 2003 al 2005.
- Describir los recursos con los que se cuenta para el establecimiento y mantenimiento de las parcelas permanentes.

1.3 Metodología y recursos

El presente diagnóstico se realizó con la finalidad de determinar las condiciones (según formularios e información de campo), en las que se encuentran las parcelas permanentes en plantaciones de pino caribe (*Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet), del Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques –INAB-.

1.3.1 Fase de gabinete inicial

1.3.1.1 Delimitación del área de estudio: sub-región II-3 del INAB, abarcando los municipios de: Cobán, San Pedro Carchá, San Juan Chamelco, Santa María Cahabón, San Agustín Lanquín e Ixcán.

1.3.1.2 Revisión de documentación sobre PPM: los documentos consultados fueron:

- Manual para el establecimiento de parcelas permanentes, según sistema MiraSilv. (5)
- Estudios realizados por la INAB y otras instituciones en diferentes regiones de Guatemala con parcelas permanentes.
- Base de datos de la sección de Monitoreo – INAB- según el Sistema MIRASILV. (4)
- Reglamento del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-. (3)

1.3.1.3 Entrevista con personal administrativo y técnico del INAB: En esta fase se entrevistó al coordinador de sección de monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural INAB CENTRAL, en la sub-región II-3; al director subregional y técnicos forestales.

1.3.1.4 Análisis de información: Utilizando el programa Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos componente de Silvicultura, MiraSilv. (5). Se procedió a revisar la información existente en la base de datos digital (4), información que es extraída de las boletas de campo, identificándose el número de parcelas establecidas en los años 2003, 2004 y 2005, así como la ubicación de las mismas. Aunque los formularios descriptivos no se encuentran llenos al cien por ciento, por lo que dificulta el análisis entre parcelas.

1.3.1.5 Coordinación para la inspección de las parcelas permanentes

Con el objetivo de verificar la información encontrada en gabinete se realizó una visita a los lugares donde se ubican las parcelas permanentes, coordinando la actividad con el director regional, director sub-regional y técnicos forestales.

1.3.2 Fase de campo

Con el acompañamiento de técnicos forestales, los estudiantes que realizamos el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y en algunas ocasiones los propietarios de los proyectos, se realizaron las inspecciones de campo.

1.3.3 Fase de gabinete final

Se recopiló la información obtenida en la fase inicial de gabinete y en campo para ser analizada y discutida a través de un documento final que contenga dichos resultados.

1.4 Resultados

El Instituto Nacional de Bosque cuenta con la sección “monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural”, la cual tiene a su cargo el proyecto “implementación de una red de monitoreo y evaluación de plantaciones forestales y bosques naturales beneficiarios del programa de incentivos forestales” (2). Para la ejecución de este proyecto, se realizó la coordinación entre la sección de monitoreo y las sedes regionales y a la vez las sedes sub-regionales con el propósito de tomar los datos de campo y que los mismos sean posteriormente analizados.

Para el establecimiento y monitoreo de las parcelas permanentes es utilizada la metodología de Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos, componente de Silvicultura, MiraSilv, esta metodología cuenta con formularios estandarizados para la toma de datos en campo, dichas boletas luego de ser llenadas en campo son digitalizadas al programa MiraSilv y son enviadas a la sección de monitoreo en INAB central.

En el presente diagnóstico se analizó la base de datos proporcionada por la sección de monitoreo de parcelas permanentes del Instituto Nacional de Bosques. Esta base de datos cuenta con la información de parcelas permanentes a nivel nacional, para la sub-región II-3, existen 33 parcelas permanentes establecidas desde el año 2003 al 2005. En el cuadro 1 se muestra el número de parcelas establecidas por año.

Cuadro 1. Número de parcelas establecidas por año.

Año de establecimiento	Número de parcelas	Municipio
2003	27	San Agustín Lanquín, Santa María Cahabón, Cobán
2004	2	San Agustín Lanquín
2005	4	Cobán
TOTAL	33	

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Las 33 parcelas permanentes se distribuyen en seis fincas dentro de la sub-región II-3 de la siguiente forma:

Cuadro 2. Distribución de parcelas permanentes por finca.

Finca	Municipio donde se ubica la finca	Número de parcelas por finca
Finca Chajmacan	Cobán	4
Finca Chimucuy	San Agustín Lanquín	6
Finca Chimelb	San Agustín Lanquín	6
Finca Codema	Santa María Cahabón	3
Finca Agripinor	Santa María Cahabón	2
Finca Mercantil de Proyectos	Santa María Cahabón	2
Finca Chitzubil	San Agustín Lanquín	10
Total		33

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Las parcelas mencionadas anteriormente se encuentran ubicadas geográficamente, como se muestra en la siguiente figura:

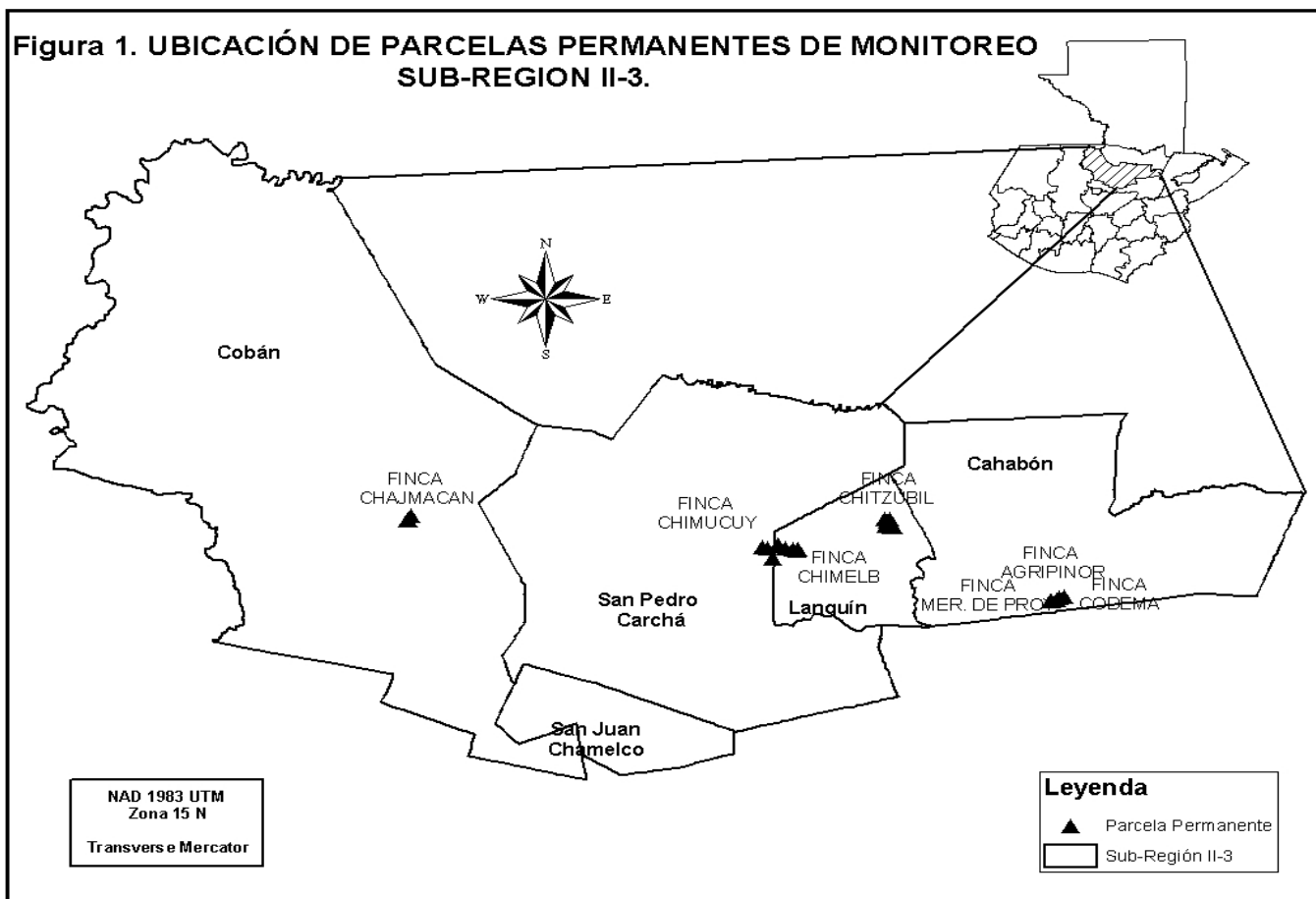


Figura 1. Ubicación de parcelas permanentes de monitoreo de la Subregión II-3.

Para la búsqueda de información por especie es necesario identificar la especie analizada y la codificación utilizada. En la metodología MiraSilv (5), el código de cada especie esta formado de seis caracteres, que corresponden a seis letras. Las primeras cuatro letras identifican el género y las últimas dos letras identifican la especie o variedad. Acorde a la base de datos consultada en la sub-región II-3 y como se muestra en el cuadro 3 se tienen 4 parcelas con *Pinus canariensis*, identificadas con el código PINUCA, y 29 parcelas corresponden a *Pinus caribaea* variedad caribaea, identificadas con el código PINUCC. Según el coordinador del proyecto de parcelas permanentes estos códigos han sido colocados erróneamente y para el caso de *Pinus caribaea* variedad hondurensis, debe utilizarse el código PINUCH.

Cuadro 3. Distribución de parcelas permanentes por especie encontrada.

Finca	Especie	Número de parcelas por finca
Finca Chajmacan	PINUCA	4
Finca Chimucuy	PINUCC	6
Finca Chimelb	PINUCC	6
Finca Codema	PINUCC	3
Finca Agripinor	PINUCC	2
Finca Mercantil de Proyectos	PINUCC	2
Finca Chitzubil	PINUCC	10

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Para cualquier medición se deben llenar tres formularios descriptivos: 1) Descripción de Sitio, Descripción de Experimento, 2) Descripción de Parcela para cada una de las parcelas que forman el experimento y 3) Descripción de cada Medición. Ver Anexos.

1.4.1 Formulario descripción del sitio

En éste formulario se colocan los datos generales de cada sitio, que en otros términos se refiere a los datos generales de cada finca. La información encontrada en este formulario podemos mencionar: nombre del sitio, nombre del dueño, tipo del dueño, ubicación, localización, ubicación geográfica, elevación, paisaje, fuego, frecuencia de heladas y pendiente promedio. Cada una de estas variables es analizada a continuación:

Cuadro 4. Clasificación del sitio por tipo de dueño.

No. Sitio (Finca)	Clasificación según el tipo de dueño	Número de parcelas
1	Individual	10
6	Industria privada	23

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 5. Clasificación del sitio por elevación, metros sobre el nivel del mar.

No. Sitio (Finca)	Elevación Metros sobre el nivel del mar	Número de Parcelas
1	599	4
6	No existe información	29

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 6. Clasificación del sitio por tipo de paisaje.

No. Sitio (Finca)	Paisaje	Número de parcelas
1	Colinas fragmentadas	4
6	No existe información	29

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 7. Clasificación de sitio por frecuencia de fuego.

No. Sitio (Finca)	Frecuencia de fuego	Número de parcelas
1	Nunca	4
6	No existe información	29

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 8. Clasificación de sitio por frecuencia de heladas.

No. Sitio (Finca)	Frecuencia de heladas	Número de parcelas
1	Nunca	4
6	No existe información	29

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 9. Clasificación de sitio por pendiente promedio.

No. Sitio (Finca)	Pendiente del sitio	Número de parcelas
7	No existe información	33

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

1.4.2 Formulario descripción de parcelas

En este formulario se anotan las variables que intervienen directamente en el sitio donde se establece la parcela, tales como: árboles originales de la especie forestal en estudio dentro de la parcela, distanciamiento de siembra, área de la parcela, inundación, drenaje, erosión, pedregosidad, viento, pendiente promedio. A continuación se presenta un resumen de la información encontrada.

Cuadro 10. Número de árboles inicial dentro de la parcelas.

Sitio (Finca)	Número de árboles inicial promedio	Número de parcelas por finca
Finca Chajmacan	60	4
Finca Chimucuy	50	6
Finca Chimelb	48	6
Finca Codema	47	3
Finca Agripinor	55	2
Finca Mercantil de Proyectos	51	2
Finca Chitzubil	53	10

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Existe diferencia en el número de árboles iniciales dentro de cada una de la parcela debido a que el espaciamiento en la siembra varía, ésta oscila entre 2.70m* 2.80m hasta 3.20m * 3.20m. En cuanto al área de las parcelas, todas reportan un área de 500 m², ya que según la metodología MiraSilv cada parcela se realiza de 25m por 20m.

La información que describe la inundación, drenaje, erosión, pedregosidad, viento, pendiente promedio, solamente se encuentra en cuatro parcelas, presentándose en el cuadro 11:

Cuadro 11. Información de inundación, drenaje, erosión, pedregosidad, viento, pendiente promedio, por parcela.

Sitio (Finca)	No. ppm	Inundación	Drenaje	Erosión	Pedregosidad	Viento	Pendiente Promedio
Finca Chajmacan	2	Nunca	Libre	moderada	Medio (10-30%)	Poco viento	40
Finca Chimucuy	2	Nunca	Libre	moderada	Poco (1 -10%)	Poco viento	35

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

1.4.3 Formulario descripción de la medición

En este formulario se colocan variables involucradas directamente con la medición de los árboles, tales como: número de mediciones, edad de los árboles, formas y defectos, sanidad, dap, altura, área basal y volumen. Las cuales son analizadas a continuación:

En cuanto al número de mediciones: las 33 parcelas presentan únicamente una medición, desde su establecimiento.

Cuadro 12. Edad de la plantación al momento de la medición.

Sitio (Finca)	Edad de la plantación al momento de la medición (meses)	Número de parcelas por finca
Finca Chajmacan	49	4
Finca Chimucuy	59 y 71	6
Finca Chimelb	59 y 23	6
Finca Codema	26	3
Finca Agripinor	25	2
Finca Mercantil de Proyectos	25	2
Finca Chitzubil	39 y 27	10
Promedio		33

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Cuadro 13. Formas y defectos en los árboles.

Forma	Numero de parcelas En las que se encuentran
Cola de zorro	5
Poco sinuoso	19
Muy sinuoso	21
Torcedura basal	23
Bifurcado	13
Inclinado	12
Enfermo	2
Con plagas	2
Copa asimétrica	0
Ejes rectos y sin defectos de forma	24

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

Nueve parcelas no presentan ningún dato en cuanto a formas y defectos. De las 33 parcelas analizadas ninguna cuenta con información sobre sanidad del fuste.

Cuadro 14. Información dasométrica de las parcelas permanentes.

Sitio (Finca)	Número de ppm por finca	DAP Promedio (cm)	Altura promedio (m)	Área Basal	Volumen (m ³ /ha/año)
Finca Chajmacan	2	12.68	6.06	7.6	16.75
	2			6.03	13.56
Finca Chimucuy	6	8.78	5.17 dato de 5 parcelas	3.2	6.63
Finca Chimelb	6	7.46 dato de 4 parcelas	4.19 dato de 5 parcelas	3.2	6.63
Finca Codema	3	3.47	1.62	0.69	0.66
Finca Agripinor	2	5.16	2.06	0.47	0.37
Finca Mercantil De Proyectos	2	5.16 dato de una parcela	2.04	1.02	0.79
Finca Chitzubil	10	5.58	3.05	2.36	3.76
Total	33				

Fuente: extracción de base de datos parcelas permanentes, INAB (4)

1.4.4 Resultados de visitas a campo

De las siete fincas en las que se encuentran las parcelas permanentes se visitaron cuatro de ellas, abarcando con esto un 60% aproximadamente del total. Las parcelas se encontraban delimitadas en algunos casos con pintura, un poco deterioradas por el clima y en otros casos con plantas como izote rojo o con zanjas en cada uno de sus esquineros.

Las placas que identifican a cada uno de los árboles no se encontraron en todas las parcelas, según los técnicos forestales y propietarios esto se debe a que personas que pasan por el lugar quitan dichas placas.

Aproximadamente el 25% de las boletas de campo de las parcelas no cuentan con dato de ubicación geográfica, lo que dificulta su ubicación en campo.



Figura 2. Parcela Permanente de la finca Chitzubil

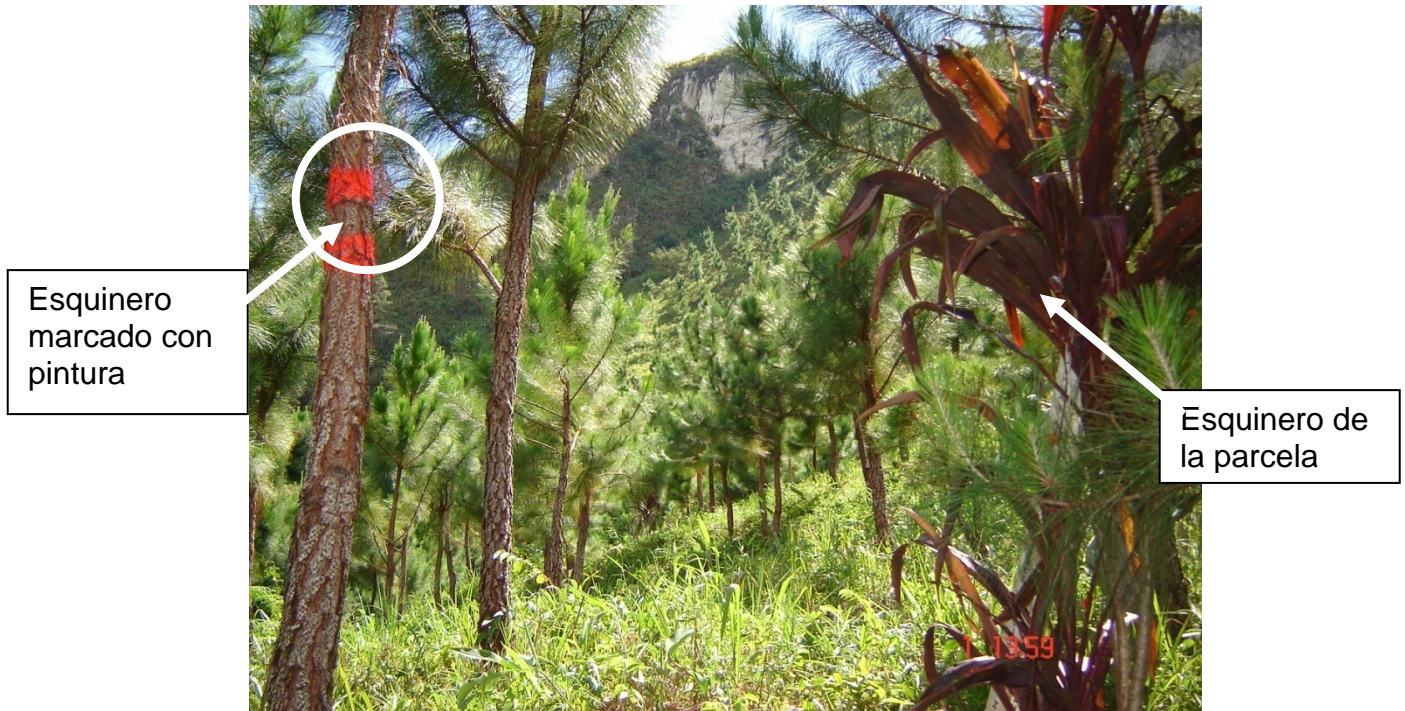


Figura 3. Parcela permanentes de la finca Chitzubil

El establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes según el reglamento PINFOR (3), corresponde al titular del proyecto, como lo indica en su artículo 33: **Monitoreo de la dinámica de las plantaciones y del bosque natural**. El titular de proyecto con área igual o mayor que diez hectáreas estará obligado a establecer y mantener en buenas condiciones parcelas permanentes de medición en los proyectos sujetos al régimen de incentivos forestales y a proveer al INAB la información generada en dichas parcelas. El INAB brindará asistencia técnica y capacitación en relación al número, tamaño y forma de las parcelas, así como el sistema de registro de la información en la base de datos correspondiente.

Según la sección de monitoreo, a través del proyecto **implementación de una red de monitoreo y evaluación de plantaciones forestales y bosques naturales beneficiarios del programa de incentivos forestales** (2), los responsables serán: propietarios, regentes, forestales, estudiantes, personal del INAB, dentro de este último están: técnicos forestales, técnicos forestales municipales, directores técnicos, directores subregionales, directores regionales.

Al momento se han establecido y monitoreado parcelas permanentes a través del personal de INAB y propietarios. Pero no todos los proyectos cuentan con parcelas permanentes establecidas.

1.5 Análisis de la información

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de la información obtenida para el desarrollo del diagnóstico.

Cuadro 15. Análisis de la información, causas y efectos.

Problema	
Escasa información sobre parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> dentro del proyecto PINFOR, en la sub-región II-3, Cobán. INAB.	
Causas	Efectos
Base de datos del INAB, no se actualiza anualmente	La información encontrada en la base de datos del INAB, presenta en algunas ocasiones una medición de la parcela permanente, por lo que se dificulta realizar un análisis comparativo del crecimiento, así como identificar el número de árboles con defectos de forma, que sirva de base para la planificación en los raleos.
Falta de aplicación del reglamento PINFOR.	La mayoría de los propietarios de los proyectos PINFOR no cuenta con parcelas permanentes, acción que según el reglamento debe aplicarse para todos aquellos propietarios con proyectos que tengan extensiones de diez hectáreas en adelante. Esta información debe ser la que mantenga actualizada a la base de datos general dentro de la institución.
Reubicación de parcelas permanentes en campo.	Propietarios que cuentan con parcelas permanentes no dan el seguimiento adecuado a las mismas, por lo que en muchas ocasiones estas llegan a perderse en campo y la información generada resulta poco provechosa. En otras ocasiones en la boleta de campo no se encuentra la ubicación geográfica.
Desconocimiento de parte de los propietarios en la metodología MIRASILV.	Los proyectos no cuentan con el número de parcelas requeridas en la metodología MIRASILV, según la cantidad de área sembrada.
Falta de tiempo por parte de los técnicos del INAB, para dar continuidad a todas las parcelas establecidas.	Actualmente quienes establecen y dan mantenimiento a las parcelas permanentes son los técnicos forestales del INAB y debido a la carga de trabajo no es posible la remediación anual de todas las parcelas, así como establecer el número de parcelas ideal por proyecto.
Poco interés en las fincas de registrar el crecimiento y rendimiento de las plantaciones.	No existe suficiente información documentada para compartir a nivel sub-regional con el propósito de conocer los casos particulares en los que haya existido problema y su forma de solucionarla.

Siendo las parcelas permanentes una herramienta importante para registrar el crecimiento y rendimiento de las plantaciones de cualquier especie, así como registrar las condiciones y características en las que se desarrolla una plantación es necesario tomar en cuenta las causas anteriormente mencionadas para mejorar la cantidad y calidad de información.

1.6 Conclusiones

Existe información digitalizada de 33 parcelas permanentes en la sub-región II-3 de INAB, establecidas en los años 2003 al 2005.

Las 33 parcelas permanentes se encuentran dentro de siete fincas a nivel sub-regional.

El monitoreo a las 33 parcelas permanentes ha sido irregular, ya que únicamente se cuenta con una medición por parcela.

No existe manteniendo en la pintura y placas en las parcelas establecidas.

Existe voluntad de parte del personal del INAB, para dar mantenimiento y/o establecimiento de las parcelas, aunque el personal asignado para el trabajo no es suficiente para realizar las evaluaciones anualmente al 100% y en algunos casos esto produce pérdida de información.

1.7 Bibliografía

1. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). s.f. Reglamento del Programa de Incentivos Forestales (copia electrónica). 10 p.
2. _____. 2004. Sección de monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural. Implementación de una red de monitoreo y evaluación de plantaciones forestales y bosques naturales beneficiarios del Programa de Incentivos Forestales. 16 p.
3. _____. 2005. Base de datos del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-, año 1998, Unidad de Fomento y Desarrollo Forestal (copia electrónica). Guatemala.
4. _____. 2006. Base de datos parcelas permanentes de monitoreo, subregión II-3, "Las Verapaces". Guatemala.
5. Ugalde Arias, L. 2003. Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos componente de Silvicultura –MIRASILV- versión 2.9. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1 CD

CAPITULO II

INVESTIGACIÓN

CARACTERÍSTICAS DE SITIO QUE DETERMINAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE PINO CARIBE (*Pinus caribaea* var. hondurensis MORELET), EN PLANTACIONES DE 2 A 7 AÑOS, ESTABLECIDAS DENTRO DEL PROGRAMA DE INCENTIVOS FORESTALES EN DIFERENTES REGIONES DE GUATEMALA.

SIDE CHARACTERISTICS THAT DETERMINE THE GROWTH AND THE PRODUCTIVITY OF THE CARIBBEAN PINE TREE (*Pinus caribaea* MORELET), IN PLANTATIONS FROM 2 TO 7 YEARS, INCLUDED IN THE FOREST INCETIVES PROGRAM, IN DIFFERENT REGIONS OF GUATEMALA.

2.1 Presentación

Con la aprobación del Decreto Legislativo 101-96, el Congreso de la República de Guatemala, crea la séptima Ley Forestal del país y con ella al Instituto Nacional de

Bosques –INAB- como la máxima autoridad en el manejo de bosques fuera de áreas protegidas.

El INAB, impulsa en el año de 1997 el Programa de Incentivos Forestales –PINFOR- siendo ésta una de las principales actividades que fomenta el establecimiento de plantaciones forestales en tierras de vocación forestal y de manejo de bosques naturales con fines de producción y de protección en Guatemala.

Actualmente dentro de PINFOR, una de las principales especies utilizadas en la reforestación, es la especie pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet) debido a que produce una madera resinosa útil para la producción de trozas. Además es una especie que crece naturalmente en diversas regiones de Guatemala, principalmente en el departamento del Petén. Aunque dentro de la base de datos de PINFOR se reporta que esta especie está siendo también plantada en los departamentos de: Las Verapaces, Izabal, Zacapa, Escuintla y Suchitepéquez.

Con el fin de conocer el crecimiento y productividad de los árboles individuales, de dichas plantaciones, el INAB a través de la unidad de Fomento y Desarrollo Forestal ha establecido y monitoreado una serie de parcelas permanentes en todo el país desde el año 2003. Sin embargo, a la fecha no se ha realizado un análisis del desarrollo de las diferentes plantaciones aprobadas por INAB, para la especie *Pinus caribaea*.

Por tal motivo en la presente investigación se realizó un análisis de 55 parcelas permanentes monitoreadas en los diversos sitios donde se encuentra plantada esta especie, con el fin de identificar las características que afectan su crecimiento y productividad y que a su vez sea una herramienta en la aprobación y establecimiento de futuros proyectos de reforestación de PINFOR.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Productividad

La productividad de un terreno para cultivar árboles maderables, madera para pulpa y otras cosechas de fibra, se expresa en términos de volumen producido por unidad de área al año (18).

Según Binkley citado por Alvarado (1) la productividad de los bosques depende de una serie de factores ambientales que comprende radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Este último factor también depende de dichas condiciones ambientales y en la mayoría de los bosques, la productividad está relacionada directamente con la absorción y disponibilidad de nutrientes.

2.2.1.2 Crecimiento

El cambium se define como la zona reproductiva localizada bajo la corteza, se encuentra en el perímetro del fuste. Esta zona es la responsable del crecimiento diamétrico del árbol y como todo crecimiento, también está influenciado por factores físicos y fisiológicos como temperatura, luz, localización geográfica de la planta, agua, contenido de auxinas y tasa de fotosíntesis (11).

Los requisitos internos para el crecimiento de los árboles son: suministro adecuado de carbohidratos, agua, minerales y reguladores hormonales del crecimiento (3).

En el crecimiento de los árboles es importante notar que las diversas partes de los árboles crecen a tasas diferentes y en tiempos distintos. Según Young (18), las ideas que tenemos respecto de la naturaleza del crecimiento del árbol depende en gran medida del aspecto del crecimiento que se observe o que se mida: incremento en el crecimiento de los renuevos, crecimiento del diámetro o crecimiento en la raíz.

2.2.1.2.1 Crecimiento de árboles individuales

El crecimiento en un árbol es resultado de los procesos en los que actúa la herencia, los factores ambientales y las prácticas de cultivo (18).

Según Veillon citado por Contreras en un árbol, la rapidez de crecimiento depende de una serie de factores no siempre fáciles de reconocer. En primer lugar, el sitio y la fertilidad del suelo, el clima y sus variaciones, luego la edad (los árboles viejos casi no crecen), los factores genéticos (especie, razas, etc.) y por fin la competencia de otras plantas (mayormente árboles).

Los tres elementos del crecimiento, altura, diámetro y volumen, no tienen un ritmo paralelo a lo largo de la vida del árbol, (4) sino como se presenta en el siguiente Cuadro:

Cuadro 16. Crecimiento en altura, diámetro y volumen a lo largo de la vida del árbol.

Período del árbol	Altura	Diámetro	Volumen
Muy joven	Muy rápido	Lento	Ninguno
Joven	Rápido	Rápido	Rápido
Maduro	Lento	Regular	Rápido
Viejo	Ninguno	Muy lento	Lento

Comenzando con la plántula, se puede medir un aumento en la cantidad de crecimiento del renuevo cada año por varios años y luego una disminución anual progresiva en el crecimiento del renuevo de un árbol que envejece. A medida que la tasa de crecimiento de un árbol disminuye en el árbol viejo, las hojas se vuelven más pequeñas y predominan las ramas muertas. El crecimiento cambial disminuye como fenómeno del envejecimiento y los anillos anuales tienden a volverse más angostos cada año. Sin embargo, un patrón consistente de anillos anuales cada vez más estrechos puede alterarse de un año a otro por influencia ambiental, especialmente por la variación en la precipitación pluvial. Conforme los árboles envejecen, tienden a tener anillos más discontinuos o faltantes hacia la base del tronco. La tasa de crecimiento de las raíces también disminuye en los árboles a medida que envejecen (18).

El crecimiento volumétrico del árbol, en general, alcanza su máximo en la edad mediana, lo cual puede ser muy diferente de una especie a otra. En la ordenación forestal el

conocimiento del período de máximo crecimiento volumétrico reviste gran importancia para su debido aprovechamiento. También es importante conocer la edad en la cual los árboles de una especie llegan al estancamiento de su crecimiento (4).

2.2.1.2.2 Crecimiento de masas forestales

El crecimiento total dentro de un rodal, puede expresarse en muchas formas que dependen específicamente de la ordenación forestal; entre estas formas, se encuentra el rendimiento total a lo largo de la rotación, incremento medio anual, incremento periódico anual, crecimiento bruto y el crecimiento neto. El crecimiento de los rodales se ve afectado por el estado de desarrollo de la comunidad, la edad, la calidad de sitio, la especie, la densidad, el área basal y los tratamientos silvícolas según De La Cruz (1976) consultado por Paiz.

2.2.1.3 Incremento

Es el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período de tiempo determinado. Consiste en la diferencia de tamaño entre el comienzo y final de un período de crecimiento. El crecimiento se manifiesta en el cambio de dimensiones de las diferentes variables que lo caracterizan según Ferreira (7). Asimismo, menciona que existen varios tipos de incrementos.

2.2.1.3.1 Incremento total

Es el crecimiento de un árbol o una masa forestal durante el resto de su vida.

2.2.1.3.2 Incremento corriente anual (ICA)

Corresponde al incremento producido en un año de intervalo. Se calcula haciendo la diferencia entre el valor al final del año menos el valor al inicio del año.

2.2.1.3.3 Incremento medio anual (IMA)

Corresponde al promedio de incremento hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad.

2.2.1.3.4 Incremento periódico

Corresponde al incremento producido en un período de tiempo mayor de un año.

2.2.1.4 Sitio

El sitio se define como un área considerada en términos de su ambiente particularmente determinado por el tipo y calidad de vegetación que el área soporta. Según Arteaga (1988), citado por Alvarado (1). El sitio está definido por un complejo de factores bióticos y abióticos (17).

2.2.1.5 Calidad de sitio

La calidad del sitio es el resultado de la interacción de los factores (suelo, clima, etc.) y la vegetación existente (17).

La calidad de sitio es la suma de muchos factores ambientales, tales como: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, la composición mineral, la pendiente, la exposición, el microclima, las especies que viven sobre el y otros más. Estos factores, a su vez, son función de la historia geológica, de la fisiografía, el microclima y del desarrollo de la sucesión vegetal, las cuales definen el crecimiento y desarrollo de la especie (5).

2.2.1.6 Importancia de calidad de sitio

El rendimiento de una plantación depende en gran parte, de la calidad productiva del sitio seleccionado, de la preparación y del manejo que se le de al mismo. En algunos sitios los árboles crecerán rápidamente, alcanzando grandes volúmenes en poco tiempo, mientras que otros el crecimiento será menor o muy pobre (17).

2.2.1.7 Evaluación de la calidad de sitio

2.2.1.6.1 Métodos de evaluación de calidad de sitio

Los métodos de evaluación de los sitios o clasificación de los mismos se han dividido en directo e indirectos, los dos procesos hacen posible estimar, en forma aproximada, el grado de productividad del sitio. (Zepeda, 1984) citado por Marin (10).

En los métodos directos la calidad de sitio es estimada en función de:

Datos históricos de rendimiento.

Datos del volumen del rodal.

Datos de crecimiento en altura dominante (índice de sitio) o crecimiento entre nudos.

Datos de incremento periódico en altura.

Es decir, estos métodos se utilizarán para clasificar sitios con plantaciones ya establecidas (17).

Cuando se desean clasificar sitios donde aún no hay plantaciones, se utilizan los métodos indirectos, los cuales utilizan:

Relaciones entre especies del estrato superior

Características de la vegetación inferior (sotobosque),

Factores edáficos, topográficos y climáticos (17).

2.2.1.7 Parcelas permanentes de monitoreo

Según Silva Salazar (1971) citado por Ugalde (15), las parcelas de medición permanente son: superficies de terreno (de forma cuadrangular, rectangular, circular, en faja) demarcadas en forma permanente para cumplir con los siguientes objetivos:

- Permitir la medición repetitiva de los árboles individuales durante la vida de la plantación.
- Comparar el efecto de diversos espaciamientos iniciales, métodos y regímenes de aclareo – poda, a efecto de ayudar a definir el tratamiento más adecuado para una especie en particular.
- Estudiar el comportamiento (crecimiento y producción) de una especie o una mezcla de ellas, bajo un manejo definido y continuo.

2.2.1.8 Análisis de regresión múltiple

La regresión es una técnica estadística que se utiliza para investigar y modelar las relaciones entre variables, con el propósito de usar la información que proporciona una de ellas para tratar de conocer en forma aproximada el comportamiento de la otra.

Cuando se tiene un grupo de variables para su análisis, se tiene que identificar a las variables que intervienen, es decir, a la variable que se usará para estimar a otra variable se llamará predictora, regresora, explicatorio o independiente, la cual es denotada por la letra X. Por lo tanto, la variable que será estimada es llamada variable respuesta o dependiente, denotada como Y. Si la predicción de la variable Y se hace considerando sola una X, la regresión es simple, si fuera mas de dos X (X_1, X_2, \dots), sería el caso de la regresión múltiple (2).

2.3 Marco referencial

2.3.1 Características de la especie

2.3.1.1 Clasificación taxonómica

Cuadro 17. Clasificación taxonómica de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet.

Reino	Plantae (Vegetal)
Sub-reino	Embryobionta
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales
Familia	Pinaceae
Género	<i>Pinus</i>
Especie	<i>Pinus caribaea</i>
Variedad	<i>Pinus caribaea</i> var. hondurensis
Nombre común	Pino del Petén

Fuente: árboles de Guatemala.

2.3.1.2 Descripción de la especie

El árbol puede alcanzar hasta 45 m de altura y 100 cm. de diámetro. Presenta corteza grisácea cuando joven; rugosa, resquebrajada en surcos longitudinales y de color oscuro en árboles adultos. Las hojas son aciculadas de 1.0 a 1.5 mm. de espesor y 13 a 33 cm. de largo, con dos a cinco canales resiníferos internos. Estas vienen agrupadas en fascículos de tres agujas y en ocasiones excepcionales dos a cuatro. Las vainas de los fascículos son de 10 a 16 mm. de largo, de color castaño claro a parduzco y nunca oscuras o negras. Las flores masculinas son amentos cilíndricos de 25 a 45 mm. de largo. Los conos no son persistentes y son de forma oblonga, asimétricos de seis a 14 cm. de largo, de 2.8 a 4.5 cm. de ancho, cuando están cerrados y de 6 a 7.5 cm. Cuando están abiertos. En su área de distribución natural los conos alcanzan su madurez entre junio y julio en sitios costaneros y de julio a agosto en las tierras altas del interior. Las semillas son angostamente ovoides de 6.5 mm. de largo y 3.5 de ancho con 2 mm. de grosor, su

color varía de pardo claro a castaño o negruzco. Las semillas poseen un ala membranosa que se desprende fácilmente y los embriones poseen de cinco a nueve cotiledones. Se estima un total de 50,000 a 60,000 semillas por kilogramo (13).

Cuadro 18. Características de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet.

Característica	<i>Pinus caribaea</i> var. hondurensis
Hojas	Con 3 agujas a veces 4 ó 5 por fascículo
Tamaño de conos	6 a 14 cm.
Semilla	Semillas con ala articulada y se desprende fácilmente
Hábitat	Vertiente atlántica de Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua
Altitud (m.s.n.m.)	0 a 850
Temperatura Media (°C)	20 a 27
Clima	Sub-húmedo Per-húmedo
Precipitación (mm/año)	950 – 3500
Meses secos al año	De 2 a 6
Suelos	Ácidos (pH 4.0 a 6.5)

Fuente: Barret y Golgi (1962) Citado por Rojas y Ortiz (13)

2.3.1.3 Distribución natural

El *Pinus caribaea* var. hondurensis se encuentra en forma natural en numerosos rodales discontinuos y fragmentados desde los 18° (Orange Salk, Belice), hasta los 12° de latitud norte (Bluefield, Nicaragua), en la vertiente atlántica del istmo centroamericano, desde el nivel del mar en las llanuras costeras, hasta las tierras del interior con elevación máxima de 850 msnm en Honduras y Belice.

En el área de distribución natural existen grandes variaciones climáticas, pero sin heladas. En la región del litoral, la temperatura media anual varía entre 24° y 27.2° C, con una precipitación de hasta 3,500 mm anuales y una estación seca de dos a tres meses, en las regiones del interior la temperatura fluctúa entre 20° y 24° C, la precipitación media anual es de 950 mm con una estación seca marcada que se extiende hasta por seis meses. Los incendios son probables en los meses con menos de 100 mm. de precipitación, normalmente de febrero a mayo en el norte y de marzo a abril en el sur (Wolffsohn) Citado por Rojas y Ortiz (13).

Pinus caribaea muestra buen crecimiento en climas húmedos de las regiones tropicales; sin embargo, en sitios sin una época seca marcada los árboles tienden a formar “cola de zorro”. El pino necesita de la ocurrencia de fuego para que se establezca naturalmente.

La especie crece sobre suelos latosólicos, formados a partir de diferentes rocas madre (granito, areniscas, andesitas, y dolomitas). El drenaje de estos sitios varía de bueno en las regiones del interior, hasta deficientes en las llanuras costeras. La reacción de los suelos es ácida y varía entre 6.5 (El Zamorano, Honduras) y 4.3 (Puerto Cabezas, Nicaragua).

Crece en suelos poco fértiles, latosoles y podsoles-pardoamarillos. No crece naturalmente en suelos con drenaje defectuoso, como sitios bajos y planos, con presión o con una capa dura e impermeable.

Esta especie crece óptimamente en suelos con buen drenaje interno y con profundidades de un metro o más. No aparece naturalmente en suelos básicos y tampoco tolera suelos poco profundos y con mal drenaje (13).

Sin embargo, puede crecer moderadamente en suelos poco profundos o en suelos saturados durante seis meses al año; en estas condiciones, la especie produce muchas raíces laterales que se extienden fuera del radio de la copa. En condiciones naturales el dosel de copas no se cierra; tal condición se presenta únicamente en los mejores sitios.

2.3.1.4 Usos

La madera de esta especie posee una coloración clara, con tonalidades que van de amarillo a amarillo-naranja en la albura y naranja oscura a café rojizo en el duramen.

Su madera es de gran versatilidad y puede utilizarse para la producción de leña, carbón, postes para tendido de redes telefónicas o eléctricas. Otros usos: pulpa para papel, láminas para contrachapados, madera para construcción, muebles y artesanías.

Las opciones de uso depende de la calidad de la madera; sin embargo, ésta no sólo está determinada por factores genéticos sino también por las condiciones ambientales de los sitios en donde crece (13).

2.3.2 Características generales del área de estudio

Localización

La presente investigación fue desarrollada en las regiones II, III, VIII y IX del Instituto Nacional de Bosques. En el Cuadro 19 se identifican las regiones y las subregiones consideradas para la presente investigación.

Cuadro 19. Regiones y subregiones en las que se encuentra *Pinus caribaea*, dentro del programa de Incentivos Forestales -PINFOR-.

Región	Subregión	Sede subregional
II	II-1	Tactic
	II-3	Cobán
	II-4	San Jerónimo
	II-5	Fray Bartolomé de las Casas
III	III-1	Izabal
	III-2	Zacapa
VIII	VIII-1	San Benito
	VIII-2	Poptún
IX	IX-2	Escuintla

Se muestrearon 20 fincas, ubicadas en cuatro regiones, en seis departamentos de Guatemala, siendo éstos: Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Zacapa y Escuintla, cubriendo doce municipios.

Cuadro 20. Identificación de departamentos, municipios y fincas en las que se ubican las parcelas permanentes con *Pinus caribaea* evaluadas para el presente estudio.

Región	Subregión	Sede	Departamento	Municipio	Finca
II	II-1	Tactic	Alta Verapaz	Senahú	Sepamac
	II-3	Cobán	Alta Verapaz	Lanquín	Santa Rita
					Chimelb
					Chitzubil
					Setzac
	II-4	San Jerónimo	Baja Verapaz	Purulha	Chimucuy
Canguinic					
II-5	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	Chisec	Chajmacan	
				Ucula	
III	III-1	Izabal La Cumbre	Izabal	Los Amates	Los Irayoles Morales
	III-2	Zacapa	Zacapa	Gualán	El Carmen Ferroalco
VIII	VIII-1	San Benito	Petén	Santa Ana	Nuevo Horizonte
	VIII-2	Poptún	Petén	San Luis Petén	Santa Isabel
				Poptún	HIFISA Machaquila
IX	IX-2	Escuintla	Escuintla	Dolores	Las Camelias
				Siquinalá	Pantaleón

2.3.3 Generalidades del programa de incentivos forestales –PINFOR-

A fines de 1996, el decreto legislativo 101-96, crea el Instituto Nacional de Bosques, INAB, delegándole en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal, que se dediquen a la ejecución de proyectos forestales.

El Programa de Incentivos Forestales **-PINFOR-**, es una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el Instituto Nacional de Bosques, INAB, con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo a la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales. El programa tiene una duración de 20 años, dando inicio en 1997 y estará vigente hasta el año 2017 (9).

Los objetivos de PINFOR son:

- Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la producción económica productiva.
- Incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosques a la actividad forestal, a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o la regeneración natural.
- Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal.
- Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales (9).
- Para la ejecución del programa de reforestación se realizan pagos económicos anualmente, estos pagos son entregados a los propietarios del proyecto, durante seis años, con un monto total de Q.12, 400.00 por hectárea incentivada. En el Cuadro 21 se describen los pagos efectuados anualmente.

Cuadro 21. Montos para proyectos de reforestación en PINFOR.

AÑO	FASE DE MANTENIMIENTO	Incentivos Q. /ha.
1	Establecimiento	5,000.00
2	Mantenimiento 1	2,100.00
3	Mantenimiento 2	1,800.00
4	Mantenimiento 3	1,400.00
5	Mantenimiento 4	1,300.00
6	Mantenimiento 5	800.00
Total		12,400.00

Fuente: Programa de Incentivos Forestales.

2.3.4 Generalidades del programa manejo de información sobre recursos arbóreos componente de silvicultura –MIRASILV- (versión 2.9)

Este programa se basa en el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo -PPM - en plantaciones y bosques naturales, los objetivos principales son:

Generar información sobre el crecimiento y productividad de las plantaciones y los bosques naturales.

- Monitorear el estado sanitario y la condición del desarrollo de las plantaciones y bosques naturales.
- Generar información relevante para conocer la dinámica de la masa forestal que permita tomar decisiones sobre las intervenciones silviculturales.
- Permitir hacer proyectos sobre la productividad esperada y los posibles retornos económicos.
- Entre los beneficios del sistema de monitoreo y evaluación de las plantaciones y bosques se encuentran:
- Permitir y facilitar la planificación técnica de las intervenciones silvícolas (limpías, podas, raleos).
- Estimar en forma más precisa los volúmenes a extraer en los raleos y al final del turno, con el fin de establecer los recursos económicos que se deben invertir para su extracción.
- Contar con una base técnica que permita la implementación de los planes de manejo.
- Analizar los beneficios económicos provenientes de esta actividad.

2.4 Objetivos

2.4.1 General

Determinar las características de sitio que influyen en el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet, en plantaciones forestales jóvenes dentro del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- en diferentes regiones en Guatemala.

2.4.2 Específicos

- Evaluar el crecimiento y la productividad de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet, en plantaciones entre 2 y 7 años en diferentes regiones de Guatemala.
- Determinar factores fisiográficos y climáticos que influyen en el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet en diferentes regiones de Guatemala.
- Identificar los factores edáficos que influyen en el crecimiento de *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet, en diferentes regiones de Guatemala.
- Desarrollar un modelo de crecimiento y productividad para *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet, tomando como base los sitios analizados.

2.5 Metodología

2.5.1 Selección del área de estudio

La investigación pretende evaluar el crecimiento y productividad de los sitios donde se encuentra plantada la especie *Pinus caribaea* Morelet, específicamente aquellos que tengan edades de 2 a 7 años, en las regiones aprobadas por PINFOR (8).

Según la base de datos de PINFOR para el año 2005 se contó con 139 proyectos de reforestación con la especie *Pinus caribaea* Morelet que equivale a 4,549.80 ha. en cuatro regiones de Guatemala. De estos proyectos, 96 plantaciones se encuentran en edades de 3 a 7 años, según PINFOR en la fase de mantenimiento 2 a mantenimiento 5, haciendo un total de 3,441.31 ha. (6).

Las áreas en donde se ha reforestado con esta especie son: Región II (Las Verapaces), Región III (Nororiente), Región VIII (El Petén), Región IX (Costa Sur). (Cuadro 39A). En el Cuadro 22 se presenta el área plantada por subregión y los departamentos en donde se encuentran los proyectos.

Cuadro 22. Área plantada con *Pinus caribaea* por región y subregión para el año 2005, así la fase en la que se encuentran dentro del PINFOR.

Región Adm. INAB	Ubicación dirección Regional	Sub región	Ubicación dirección Sub-Regional	Ubicación de los proyectos (departamento)	No. De proyectos Mantenimiento 2 a 5	Área plantada subregión (ha)	Área plantada región (ha)
II	Cobán	II.1	Tactic	Alta Verapaz	8	195.33	1456.76
		II.3	Cobán	Alta Verapaz	32	1091.33	
		II.4	San Jerónimo	Baja Verapaz	1	20.00	
		II.5	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	4	150.10	
III	Zacapa	III.1	Izabal	Izabal	9	413.63	647.87
		III.2	Zacapa	Gualán	6	234.24	
VIII	San Benito	VIII.1	San Benito	Petén	11	537.59	1273.44
		VIII.2	Poptún	Petén	20	730.60	
		VIII.4	La Libertad	Petén	1	5.25	
IX	Mazatenango	IX.1	Mazatenango	Suchitepéquez	1	9.50	63.24
		IX.2	Escuintla	Escuintla	3	53.74	
				Total	96	3441.31	3441.31

Fuente: Base de datos PINFOR 2005.

2.5.2 Tamaño de la muestra

En las cuatro regiones del INAB en las que se reporta proyectos con *Pinus caribaea*, se evaluaron un total de 60 parcelas permanentes, esta cantidad de parcelas se basó en los recursos administrativos disponibles, considerando el análisis completo de 120 muestras de suelo.

Los análisis de laboratorio para las muestras de suelo, están orientados a determinar la siguiente información:

- pH y macronutrientes
- pH y micronutrientes
- Materia Orgánica
- Capacidad de Intercambio catiónico
- Nitrógeno
- Textura

Con este estudio se evaluaron para cada sitio dos profundidades de suelo; de 0 a 20 cm y de 20-40 cm. (16).

2.5.3 Selección de los proyectos

Dentro de los criterios utilizados para seleccionar los proyectos están:

- Plantaciones puras de *Pinus caribaea* Morelet.
- Cumplimiento con los requisitos mínimos que exige PINFOR, para su aprobación.
- Accesibilidad para llegar al proyecto.
- Edad de la plantación entre 2 y 9 años.

2.5.4 Selección y número de parcelas permanentes de monitoreo

2.5.4.1 Tipo de parcela

Básicamente existen dos tipos de parcelas, temporales y permanentes. Las parcelas temporales se miden normalmente una sola vez y las parcelas permanentes permiten mediciones de crecimiento por un período largo de años. En este caso se utilizaron parcelas permanentes, coordinando esta actividad con el personal de la sección monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural, del INAB.

2.5.4.2 Tamaño y forma de parcela

Se monitorearon 36 parcelas permanentes establecidas en años anteriores (2003-2005) a la presente investigación y se establecieron 24 nuevas parcelas, utilizando la metodología MiraSilv, la cual es utilizada en la sección de monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural, dichas parcelas tienen áreas que van de 500 m² a 1000 m², siendo de forma cuadrada y rectangular.

2.5.4.3 Número de parcelas y distribución por sitio

Para determinar el número de parcelas por región y subregión se utilizó la base de datos publicada por el Departamento de Fomento y Desarrollo Forestal del INAB, para el año 2005. La distribución de las parcelas a medir por cada región se efectuó de manera proporcional al área plantada, utilizando las siguientes formulas:

Número de parcelas por región =

$$\frac{\text{Área plantada por región (ha)} * 60 \text{ (total de parcelas)}}{\text{Área total plantada (ha)}} \quad 3,441.11$$

Número de parcelas por subregión =

$$\frac{\text{Área plantada por subregión (ha)} * \text{total de parcelas}}{\text{Área total por región (ha)} \quad \text{por región}}$$

Cuadro 23. Distribución de parcelas por región y subregión según el área planteada y el número de parcelas totales (60).

División administrativa			Área (ha)		Número de parcelas	
Región INAB	Sub Región		Sub región	Región	Sub región	Región
2	2.1	Tactic	195.33	1456.76	2	24
	2.3	Cobán	1091.33		18	
	2.4	San Jerónimo	20.00		2	
	2.5	Fray Bartolomé	150.10		2	
3	3.1	Izabal	413.43	647.67	8	12
	3.2	Zacapa	234.24		4	
8	8.1	San Benito	537.59	1273.44	10	22
	8.2	Poptún	730.60		12	
	8.4	La Libertad	5.25		0	
9	9.1	Mazatenango	9.50	63.24	0	2
	9.2	Escuintla	53.74		2	
Total			3,441.11	3,441.11	60	60

Fuente: elaboración propia, según base de datos PINFOR, 2005.

2.5.4.4 Ubicación y medición de las parcelas

Según el número de parcelas establecidas anteriormente para cada subregión se revisó la base de datos de la sección de establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes del INAB con el fin de ubicar las parcelas establecidas en años anteriores en los proyectos con la especie *Pinus caribaea*, de acuerdo a la metodología del sistema MIRASILV.

Las parcelas que se establecieron, se ubicaron a través de un muestreo exploratorio, dentro del proyecto y se consideraron diferentes condiciones de sitio, tales como: tipo de suelo, pendiente, drenaje, entre otros; estas parcelas tienen un área aproximada de 500 y 1000 metros cuadrados y de forma cuadrada o rectangular.

En los casos donde existían parcelas permanentes se procedió a dar el mantenimiento necesario, como: remarcado de los esquineros, limpieza del área donde se encuentra, remediación del área, verificación de la numeración de los árboles, así como la medición de variables dasométricas.

2.5.5 Recopilación de datos

Se procedió a llenar los formularios que utiliza el programa MIRASILV versión 2.9. Así como un formulario adicional para recabar información silvícola. (Anexos).

2.5.6 Variables a evaluar dentro de las parcelas

Se han considerado como las variables a evaluar, las siguientes:

Variabes de Sitio

Variabes de Suelo (o edáficas)

Variabes Silvícolas

Considerándose estas variables como las más importantes, debido a la influencia que presentan sobre las plantaciones forestales y porque a partir de las mismas, se podrá determinar la interrelación que existe en el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea*. (12).

2.5.6.1 Variables de sitio

Estas variables se refieren a las propuestas por el sistema MIRASILV (Ugalde, 2001 (15)), las cuales se presentan en el Cuadro 24 y serán evaluadas para cada una de las PPM. Las variables de sitio se han dividido en variables climáticas y variables fisiográficas.

Cuadro 24. Variables de sitio, separadas por tipo de variable.

TIPO	VARIABLE
Variables climáticas	Temperatura media anual
	Precipitación en milímetros por año
	Déficit hídrico (número de meses con menos de 100 y 50 mm de pp)
Variables fisiográficas	Elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
	Posición topográfica (1 = cima, 2 = pendiente media, 3 = pendiente inferior y 4 = fondo plano)
	Drenaje superficial (1 = libre y 2 = impedido)
	Pedregosidad (1 = 30%, 2 entre 30 y 60% y 3 > 60%)
	Erosión (1 = ninguna, 2 = moderada, 3 = severa y 4 = muy severa)
	Pendiente media de la parcela (en porcentaje)
	Aspecto/ Exposición (1 = norte, 2 = este, 3 = sur, 4 = oeste, 5 = llano)
	Viento (1 = poco viento, no afecta el crecimiento, 2 = moderado, afecta poco el crecimiento y 3 = muy severo, afecta el crecimiento)**

**basado, si el viento ha dañado la plantación o no, se nota mas en la época y sitios mas susceptibles a los vientos.

2.5.6.2 Variables de suelo

Para la obtención de las variables de suelo se elaboró una calicata al centro de cada parcela con una profundidad de 0.50 m, obteniendo dos muestras de suelo de cada parcela, a dos profundidades diferentes: la primera de éstas de 0 a 0.20 m y la segunda de 0.20 a 0.40 m. A cada una de las muestras se le efectuó un análisis completo de fertilidad con las variables que se muestran en el Cuadro 25 que servirá para definir las variables del suelo que influyen en el crecimiento de *Pinus caribaea*.

Cuadro 25. Variables de suelo a dos profundidades en las parcelas permanentes, separadas por tipo de variable.

TIPO	VARIABLE
Análisis químico	pH, acidez extractable, contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Fósforo (P) y Nitrógeno (N), adición de bases (Ca, Mg, K) y Materia Orgánica.
Análisis físico	Contenido de arena, limo y arcilla en porcentaje.
Otras variables	Grosor del horizonte orgánico (O) y sáprico (Oa) (milímetros)
	Drenaje interno (1 = bueno, 2 = moderado, 3 = imperfecto)
	Uso anterior del suelo

2.5.6.3 Variables silvícolas

En cada una de las parcelas se tomaron las variables silvícolas, basados en la metodología del sistema MIRASILV, de manera directa, a partir de las que se obtendrán otras variables silvícolas indirectas, como se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Variables silvícolas directas e indirectas a ser media en las parcelas.

TIPO	VARIABLE
Variables silviculturales directas	Edad de la Plantación (en años)
	Espaciamiento promedio (en metros)
	DAP de todos los árboles (en milímetros)
	Altura total de todos los árboles (en decímetros)
	Área de la PPM (en metros cuadrados)
Variables silviculturales indirectas	Número inicial de árboles (árboles / ha)
	Número actual de árboles (árboles / ha)
	Altura promedio de los árboles por ha (metros)
	Altura dominante de los árboles (metros)
	Índice de sitio (metros)
	Área basal (metros cuadrados / ha)
	Volumen total

Además de las anteriores, se tomaron otras variables de manejo, tales como podas, raleos, limpiezas. Para identificar el número y la frecuencia por año de cada una de éstas; y si se efectuó alguna labor de preparación del terreno antes de establecer la plantación. (Anexo)

2.5.7 Análisis de la información

2.5.7.1 Generación de base de datos

Luego de efectuadas las mediciones de las variables, se procedió a generar una base de datos, ingresando los valores de las variables al software de MIRASIL (14).

2.6.7.2 Determinación de rangos de calidad y productividad

Al contar con la base de datos ya generada se corrieron los mismos con el fin de obtener las variables indirectas, que sirvieron para el ordenamiento de los resultados posteriores y de base para contar con los rangos de calidad y productividad.

2.5.7.3 Análisis de correlación

El análisis de la información se generó utilizando calidad expresada por el Incremento Medio Anual en Altura Total (IMAHTOT) y la productividad, expresada por el Incremento Medio Anual en Volumen Total (IMAVOLTOT), calculado por el sistema MIRASILV (14) para cada parcela. Luego de calculados estos valores, se procedió a relacionar el IMAHTOT y el IMAVOLTOT con las características climáticas, fisiográficas, silviculturales y de suelo obtenidas para cada una de las PPM, mediante el uso de una matriz de correlación de Pearson.

El fin de este análisis es determinar la correlación entre las variables de sitio con respecto del IMAHTOT y del IMAVOLTOT, utilizando para este proceso el software estadístico, INFOSTAT.

2.5.7.4 Análisis de regresión múltiple

Este análisis se desarrolló en el software SPSS, con las variables seleccionadas en el análisis gráfico y de correlación, para la generación de un modelo indirecto, que permita predecir el crecimiento (m/año) y la productividad (m³/ha/año), en sitios en los que aún no se encuentre plantado el *Pinus caribaea*. Una vez generada la base de datos en Excel, individualmente para crecimiento y productividad, se importaron a SPSS, se ejecutaron, para realizar una regresión múltiple por pasos.

Luego de realizar el análisis de regresión, se seleccionaron los modelos que presentan el mayor coeficiente de regresión (R^2).

2.5.7.5 Determinación de la productividad

Permite visualizar, de mejor manera que el incremento medio anual (IMA) en DAP, IMA en altura total, IMA en área basal y el IMA en volumen total, de tal manera que se pueda contar con datos de variables prácticas, desde el punto de vista de un silvicultor o un propietario que decida plantar esta especie. Esta parte del análisis permitió establecer si existen diferencias estadísticas entre los sitios de bajo crecimiento y los de alto crecimiento con las variables de productividad.

2.6 Resultados y discusión

Se muestrearon 60 parcelas permanentes (Anexo), cada una con un análisis de suelo, ubicadas dentro de 20 fincas, distribuidas en las cuatro regiones en las que se encuentra plantada la especie *Pinus caribaea*, dentro del proyecto de Incentivos Forestales -PINFOR-, siendo estas regiones: Región II (Las Verapaces), Región III (Zacapa e Izabal), Región VIII (Petén), Región IX (Escuintla). (Cuadro 39A).

De las 60 parcelas muestreadas, 24 se establecieron en el desarrollo de la presente investigación y 36 parcelas fueron establecidas en años anteriores (2003-2005), utilizando la metodología MiraSilv, estas parcelas tienen un área que va de 500 m² a 1,000 m², siendo de forma cuadrada y rectangular.

Las plantaciones forestales que fueron muestreadas, presentaron edades entre 2 a 9 años, de esas, únicamente se estudiaron 55 parcelas, que van de los 2 a 7 años, con el objetivo de tener una mejor consistencia en los resultados y estos puedan ser utilizados en otras plantaciones con las mismas edades.

En el Cuadro 27 se presenta el porcentaje de parcelas muestreadas según la edad de las plantaciones.

Cuadro 27. Distribución de las parcelas permanentes muestreadas según la edad de la plantación.

Edad de la plantación (años)	Número de parcelas	Parcelas (%)
2	2	3.64
3	3	5.45
4	10	18.18
5	15	27.27
6	13	23.64
7	12	21.82
Total	55	100

Como puede notarse en el cuadro anterior existe una dispersión dentro de las edades evaluadas ya que los mantenimientos a tomarse en cuenta para la presente investigación fueron de mantenimiento 2 a mantenimiento 5, según la clasificación dentro del proyecto de incentivos forestales del Instituto Nacional de Bosques.

2.6.1 Análisis de crecimiento y productividad

Se encontraron rangos, en promedio por parcela, en diámetro a la altura del pecho (dap) de 3.1 a 18.3 cm, alturas totales de 1.0 a 11.4 metros, alturas dominantes de 3.0 a 12.6 metros, área basal de 0.5 a 19.5 metros²/ha, volumen total 0.5 a 85.1 m³/ ha.

En incrementos medios anuales (IMAs) se encontraron: IMA en DAP de 0.7 a 3.0 cm/año, IMA altura total de 0.3 a 1.6 m/año, IMA área basal de 0.1 a 3.3 m²/ha/año, IMA volumen total de 0.2 a 11.7 m³/ha/año.

A continuación se describen las variables que presentan una correlación gráfica alta y/o un coeficiente de correlación alto, con relación al crecimiento y la productividad, para luego determinar a través de una regresión por pasos, cual de éstas variables están afectando el crecimiento y la productividad del *Pinus caribaea* y así establecer los modelos de crecimiento y productividad para la especie.

2.6.1.1 Crecimiento

Para realizar el análisis de crecimiento para el presente estudio en plantaciones de *Pinus caribaea* se utilizó la variable del Incremento Medio Anual en Altura Total (IMAHTOT), determinándose tres clases de crecimiento, siendo estos: **crecimiento bajo** con un IMAHTOT menor a 0.8 metros/año, **crecimiento medio** con un IMAHTOT entre 0.8 y 1.2 metros/año y **crecimiento alto** con un IMAHTOT mayor a 1.2 metros/año.

Con la finalidad de evaluar los IMAHTOT de las tres clases de crecimiento establecidas se realizó una prueba de medias, "T" de Student, presentando los resultados en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Diferencia estadística entre las diferentes clases de crecimiento.

Clase crecimiento		Valor de t
ALTO	MEDIO	Menor a 0.0001
MEDIO	BAJO	Menor a 0.0001

Para el presente estudio, se encontraron diferencias en las tres clases de crecimiento evaluadas, de acuerdo a los resultados de los valores de probabilidad de t encontrados, (p menor a 0.0001).

Cuadro 29. Promedio de crecimiento y productividad obtenidos en las tres diferentes clases de crecimiento en plantaciones de *Pinus caribaea* del PINFOR en Guatemala.

CLASE CRECIMIENTO	IMAHTOTAL (m/año)	Promedio IMA DAP (cm/año)	Promedio IMAHTOTAL (m/año)	Promedio IMA AB (m ² /ha/año)	Promedio IMAVOLTOT (m ³ /ha/año)
BAJO	< a 0.8	0.97	0.51	0.34	0.64
MEDIO	0.8 a 1.2	1.91	1.02	1.44	4.20
ALTO	> a 1.2	2.41	1.40	2.28	8.77

De las 55 parcelas permanentes analizadas existe un 12.73 % de parcelas que pertenecen a la clase crecimiento bajo (Cuadro 30), correspondiendo este porcentaje a 7 parcelas, las cuales están ubicadas en: Gualán en Zacapa, Santa Ana en Petén y Lanquín, Cobán y Senahú del departamento de Alta Verapaz, con incrementos medios anuales –IMA´s- promedio de: IMA en DAP de 0.97 cm./año, IMA en altura total de 0.51 m/año, IMA en área basal de 0.34 m²/ha/año, IMA en volumen total de 0.64 m³/ha/año.

Cuadro 30. Número de ppm, número de sitios y porcentajes por clase de crecimiento, encontrados en plantaciones de pino caribe del PINFOR en Guatemala.

CLASE CRECIMIENTO	Rango IMAHTOTAL (metros/año)	No. PPM	PPM (%)
BAJO	< a 0.8	7	12.73
MEDIO	0.8 a 1.2	38	69.09
ALTO	> a 1.2	10	18.18
TOTAL		55	100

En la clase crecimiento medio se encuentra el mayor porcentaje de parcelas evaluadas con un 69.09 % del total, esto representa 38 parcelas que se ubican en: Senahú, Lanquín, Chisec y Cobán en Alta Verapaz, Morales y Los Amates en Izabal, Santa Ana y Dolores, Poptún en Petén, Gualán en Zacapa, con incrementos medios anuales –IMA´s- promedio de: IMA en DAP de 1.91 cm./año, IMA en altura total de 1.02 m/año, IMA en área basal de 1.44 m²/ha/año, IMA en volumen total de 4.20 m³/ha/año.

El 18.18 % de las parcelas corresponde a 10 parcelas permanentes que se encuentran dentro la clase de crecimiento alto, ubicadas en: Lanquín y Cobán en Alta Verapaz, San Luis Petén y Dolores en Petén, Siquinala en Escuintla, con incrementos medios anuales –IMAs- promedio de: IMA en DAP de 2.41 cm./año, IMA en altura total de 1.40 m/año, IMA en área basal de 2.28m²/ha/año, IMA en volumen total de 8.77 m³/ha/año.

2.6.1.2 Productividad

Para realizar el análisis de productividad en plantaciones de *Pinus caribaea* se utilizó la variable del Incremento Medio Anual en Volumen Total (IMAVOLTOT), determinándose tres clases de productividad, siendo estas: **productividad baja** con un IMAVOLTOT menor a 5 metros³/ha/año, **productividad media** con un IMAVOLTOT entre 5 y 10 metros³/ha/año y **productividad alta** con un IMAVOLTOT mayor a 10 metros³/ha/año.

Con la finalidad de evaluar los IMAVOLTOT de las tres clases de productividad establecidas se realizó una prueba de medias, “T” de Student, presentando los resultados en el Cuadro 31:

Cuadro 31. Diferencia estadística entre las clases de productividad.

Clase productividad		Valor de probabilidad
ALTO	MEDIO	Menor a 0.0001
MEDIO	BAJO	Menor a 0.0001

Para el presente estudio, se encontraron diferencias entre las tres clases de productividad evaluadas (baja, media y alta) según el análisis estadístico correspondiente. Estas clases de productividad presentan diferencias entre los incrementos medios anuales –IMA´s-: DAP, Altura Total, Área Basal y Volumen Total, como puede observarse en Cuadro 32.

Cuadro 32. Promedio de crecimiento y productividad obtenidos en las tres diferentes clases de productividad en plantaciones de pino en Guatemala.

CLASE PRODUCTIVIDAD	IMAVOLTOT (m ³ /ha/año)	Promedio IMA DAP (cm/año)	Promedio IMAHTOT (m/año)	Promedio IMA AB (m ² /ha/año)	Promedio IMAVOLTOT (m ³ /ha/año)
BAJO	< a 5	0.90	0.52	0.25	0.25
MEDIO	5 a 10	1.92	1.04	1.41	4.17
ALTO	> a 10	2.49	1.39	2.78	10.73

De las 55 parcelas permanentes analizadas existe un 10.91 % de parcelas que pertenecen a la clase de productividad baja, correspondiendo este porcentaje a 6 parcelas, que están ubicadas en: Santa Ana en Peten, Gualan en Zacapa, Senahú en Alta Verapaz, Los Amates en Izabal, con incrementos medios anuales –IMA´s- promedio de: IMA en DAP de 0.90 cm./año, IMA en altura total de 0.52 m/año, IMA en área basal de 0.25 m²/ha/año, IMA en volumen total de 0.25 m³/ha/año.

Cuadro 33. Número de ppm, sitios y porcentajes por clase de productividad, encontradas en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala.

CLASE DE PRODUCTIVIDAD	IMA VOLUMEN (m ³ /ha/año)	No. PPM	PPM (%)
BAJO	< a 5	6	10.91
MEDIO	5 a 10	42	76.36
ALTO	> a 10	7	12.73
TOTAL		55	100

En la clase de productividad media se encuentra el 76.36 % del total de las parcelas, esto representa 42 parcelas, que se ubican en: Senahú, Lanquín, Cobán, en Alta Verapaz, Siquinalá en Escuintla, Los Amates y Morales en Izabal, Santa Ana, Poptún, Dolores, San Luis Petén en Petén, Gualán en Zacapa con incrementos medios anuales –IMA´s- promedio de: IMA en DAP de 1.92 cm./año, IMA en altura total de 1.04 m/año, IMA en área basal de 1.41 m²/ha/año, IMA en volumen total de 4.17 m³/ha/año.

El 12.73 % de las parcelas corresponde a 7 parcelas permanentes que se encuentran dentro la clase de productividad alta, ubicadas en: Chisec, Cobán y Lanquín en Alta Verapaz, Dolores y San Luis Petén en Petén, con incrementos medios anuales –IMA´s- promedio de: IMA en DAP de 2.49 cm./año, IMA en altura total de 1.39 m/año, IMA en área basal de 2.78 m²/ha/año, IMA en volumen total de 1.73 m³/ha/año.

2.6.2 Variables que determinan crecimiento y productividad

Para que las plantaciones tengan un buen crecimiento (reflejado en el incremento medio anual en altura) y productividad (reflejado en el incremento medio anual en el volumen), se requieren condiciones ambientales y de manejo que favorezcan el buen desarrollo de la planta. Como fue descrito en la metodología, se evaluaron tres tipos de variables conteniendo a su vez 66 variables en total. A continuación se detallan las variables que presentaron un coeficiente de correlación y análisis gráfico significativo.

2.6.2.1 Variables fisiográficas

Dentro de las variables fisiográficas cuantitativas consideradas en el presente estudio están: elevación sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), porcentaje de pendiente en la parcela, porcentaje de pendiente del sitio, detallando las correlaciones con el crecimiento y la productividad en el Cuadro 34.

Cuadro 34. Coeficientes de correlación entre las variables fisiográficas cuantitativas, IMAHTOT e IMAVOLTOT.

	Elevación (m.s.n.m.)	Pendiente en la parcela (%)	Pendiente del sitio (%)
IMAHTOT	-0.01	0.05	-0.02
IMAVOLTOT	0.01	-0.03	-0.003

Según el análisis de correlación entre las variables fisiográficas cuantitativas y el IMAHTOT e IMAVOLTOT, para el crecimiento se presentan las mejores correlaciones con la variable: pendiente dentro de la parcelas, aunque debe considerarse que la pendiente en el sitio no presenta alta correlación con respecto al crecimiento, causado probablemente por tomarse en cuenta las pendientes promedio en todas las fincas. La productividad presenta mayor correlación con la elevación, no así con la pendiente en la parcela y en el sitio.

En los siguientes párrafos se presenta la descripción del comportamiento de las variables fisiográficas que afectan el crecimiento y la productividad de *Pinus caribaea* Morelet, para el presente estudio.

2.6.2.2 Análisis del crecimiento y las variables fisiográficas

2.6.2.2.1 Elevación sobre el nivel del mar

Las 55 parcelas muestreadas se encuentran en rangos de altura entre 163 y 1,050 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), como puede observarse en la Figura 1, 53 parcelas se encuentran distribuidas en un rango que va de 163 hasta 800 m.s.n.m. y únicamente 2 parcelas se ubican en sitios con alturas por arriba de los 800 m.s.n.m., éstas se encuentran dentro del rango de crecimiento medio y están ubicadas en el departamento de Alta Verapaz.

Las parcelas que presentan crecimientos con un rango bajo, se encuentran en un rango de altura que van de 163 a 701 m.s.n.m., ubicadas en los departamentos de: Zacapa, Petén y Alta Verapaz. La mayoría de las parcelas como se puede apreciar en la Figura 4, se presentan un crecimiento medio, el rango en la altitud que van de 165 a 1050 m.s.n.m. en los departamentos de Izabal, Alta Verapaz, Petén y Zacapa. Y con crecimientos altos, se encontraron sitios con elevaciones que van de los 330 a los 744 m.s.n.m., sin importar

la zona Norte o Sur del país, como son los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Escuintla.

Para el presente estudio, no se encontraron crecimientos altos por arriba de los 800 m.s.n.m., por lo que éste valor puede considerarse como una límite fisiográfico para el establecimiento de la especie.

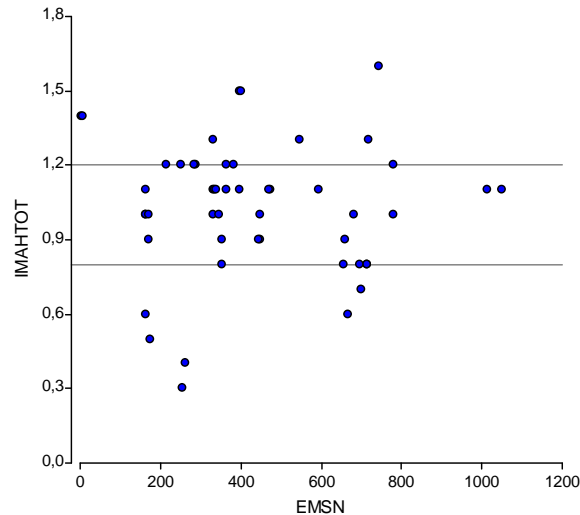


Figura 4. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a elevación en metros sobre el nivel del mar (E.M.S.N.) en parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.2.2 Porcentaje de pendiente en la Parcela

El rango de la pendiente del terreno donde se evaluaron las parcelas se encuentra entre 0 y 55 por ciento de pendiente, existiendo parcelas en las tres clases de crecimiento, como puede apreciarse en la Figura 5.

El rango de crecimiento bajo se encuentra con pendientes entre 0 y 55%, ubicadas en Zacapa, Petén y Alta Verapaz. Con un crecimiento medio, pendientes entre 0 y 55% ubicadas en Izabal, Alta Verapaz, Petén y Zacapa. Y con crecimientos altos, la pendiente esta en un rango de 5 a 45% en Peten, Alta Verapaz y Escuintla. Para esta clase de crecimiento no se encontraron parcelas que tengan una pendiente por arriba de 45%, pudiendo ser un rango para plantaciones con crecimiento alto e independientemente del área del país en el que éste sea sembrado.

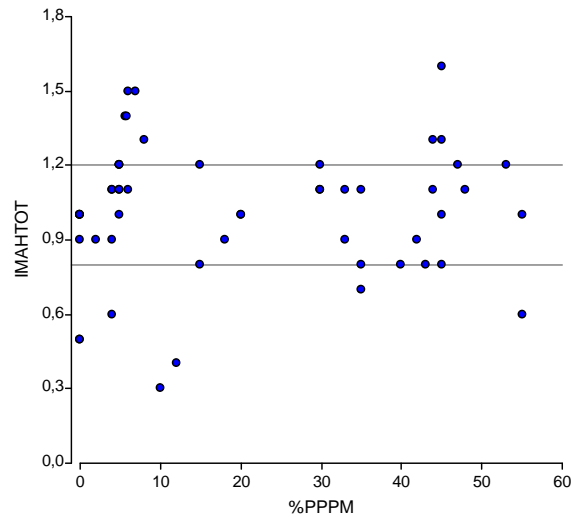


Figura 5. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a pendiente en porcentaje en la parcela permanente (%PPPM) en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

La variable porcentaje de pendiente en el sitio no presentó ninguna tendencia en el gráfico de distribución, en el crecimiento y en la productividad como las anteriores.

2.6.2.3 Análisis de productividad y las variables fisiográficas

2.6.2.3.1 Elevación sobre el nivel del mar

En la clasificación productividad baja existen 6 parcelas, con elevaciones que van desde 163 hasta 715 m.s.n.m., ubicadas en los departamentos de Petén, Zacapa y Alta Verapaz. Con crecimiento medio existen 42 parcelas ubicadas en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Escuintla, Izabal y Zacapa. En la clase alta de productividad se reporta las parcelas ubicadas en Petén y Alta Verapaz. Las plantaciones con productividad alta se encuentran por debajo de los 800 m.s.n.m.

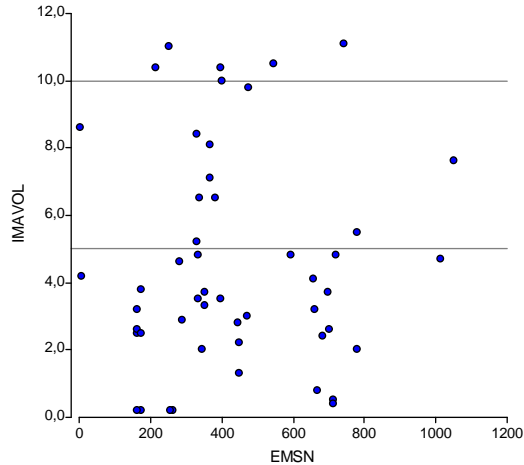


Figura 6. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la elevación sobre el nivel del mar (metros) en las parcelas permanentes (EMSN) en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.3.2 Porcentaje de pendiente del sitio general

En el rango de productividad baja, se presentan porcentajes de pendiente que van desde 0 a 55%, en el rango de productividad medio pendientes que van de 0 a 48% y para el crecimiento alto no se encontraron plantaciones por arriba del 45% dentro de las parcelas; como lo evaluado en el crecimiento, el indicador en este caso es que 45% de pendiente sobre el terreno, es el valor límite máximo para obtener crecimiento y productividad adecuado de *Pinus caribaea*.

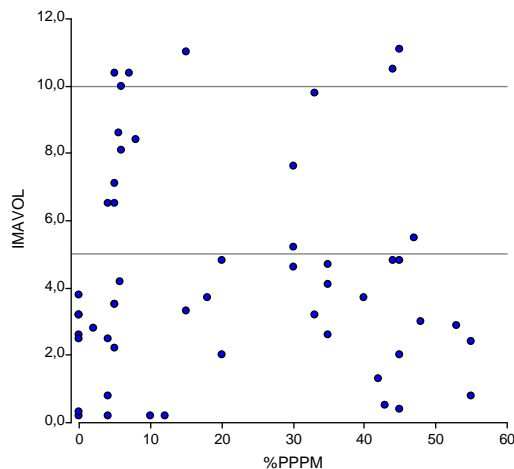


Figura 7. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a pendiente en porcentaje en la parcela (%PPPM) permanente en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.4 Variables climáticas

Las variables climáticas tomadas en cuenta para el presente estudio son: precipitación promedio anual (mm), temperatura promedio anual (° C) y déficit hídrico a menos de 50 mm por mes y menos de 100 mm por mes.

En el Cuadro 35 se presentan los resultados obtenidos de correlación de Pearson entre las variables climáticas y las variables de Incremento Medio Anual en Altura Total (IMAHTOT) e Incremento Medio Anual del Volumen Total (IMAVOLTOT).

Cuadro 35. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables climáticas, IMAHTOT e IMAVOLTOT.

	Precipitación promedio anual	Temperatura promedio anual	Déficit hídrico (< 50 mm)	Déficit hídrico (≤ 100 mm)
IMAH TOT	-0.07	-0.23	-0.43	0.13
IMAVOLTOT	0.05	-0.11	-0.47	0.03

Según el análisis del coeficiente de correlación y el análisis gráfico entre las variables climáticas y el IMAHTOT e IMAVOLTOT, el crecimiento está siendo afectado por la temperatura y déficit hídrico.

La productividad está siendo influenciada negativamente por la temperatura y el déficit hídrico, en la que se encuentra la plantación jóvenes *Pinus caribaea* Morelet, evaluadas en regiones forestales II, III, VIII y IX de Guatemala.

2.6.2.5 Análisis del crecimiento y las variables climáticas

2.6.2.5.1 Precipitación promedio anual en milímetros

La mayoría de lugares en los que se encuentran plantado el *Pinus caribaea*, para el presente estudio, presenta una precipitación promedio de 1,500 a 4,500 mm por año. Como puede apreciarse en la Figura 8, por el contrario no se evidencia diferencia entre las tres clases de crecimiento y la variación de precipitación. Sin embargo se observa una pequeña tendencia de aumentar el crecimiento cuando aumenta la precipitación, hasta llegar a 4,500 mm. de precipitación anual.

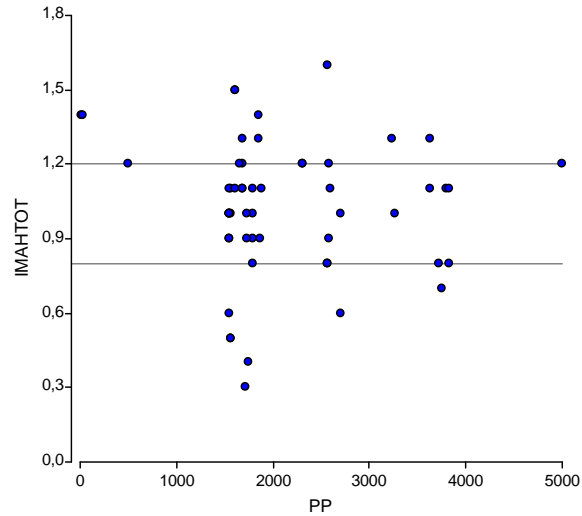


Figura 8. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a precipitación en mm (PP) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.5.2 Temperatura promedio anual en grados Celsius

En los lugares muestreados se tienen temperaturas entre 19 y 27 grados Celsius, los crecimientos altos se encuentran en el rango de temperatura de 22 a 25 centígrados, por arriba de este valor no se encontraron crecimientos de categoría alta. Estos lugares pertenecen a los departamentos de Petén, Alta Verapaz y Escuintla.

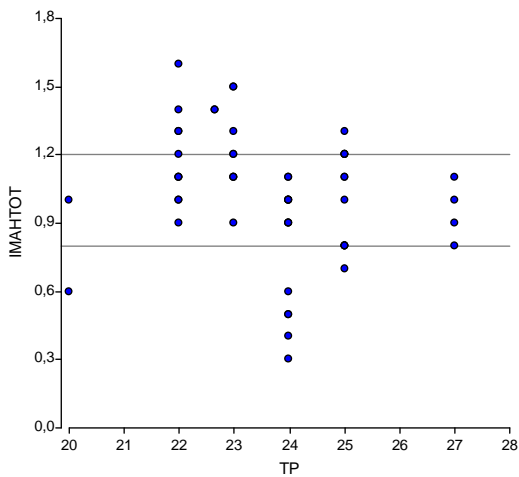


Figura 9. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto a la temperatura en grados Celsius (TP) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.5.3 Déficit hídrico

2.6.2.5.3.1 Déficit hídrico a menos de 50 mm por mes

El rango dentro del cual se encuentran el déficit hídrico menor a 50 mm durante el año, para este estudio va de 0 a 4 meses, el rango de crecimiento alto se encuentra únicamente cuando el déficit hídrico se da durante un mes. Estos lugares pertenecen a los departamentos de Petén, Alta Verapaz y Escuintla.

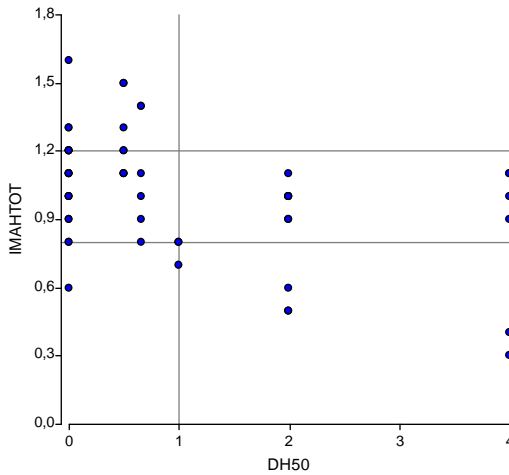


Figura 10. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto al déficit hídrico (número de meses que llueve por debajo de 50 mm) (DH50) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.5.3.2 Déficit hídrico menor a 100 mm por mes

El rango en el que se encuentra el déficit hídrico menor a 100 mm por mes es 0 a 6 meses durante el año, a medida que el número de meses con déficit hídrico aumenta también el incremento medio anual en altura total, hasta llegar a los 5 meses, como se observa en la Figura 11.

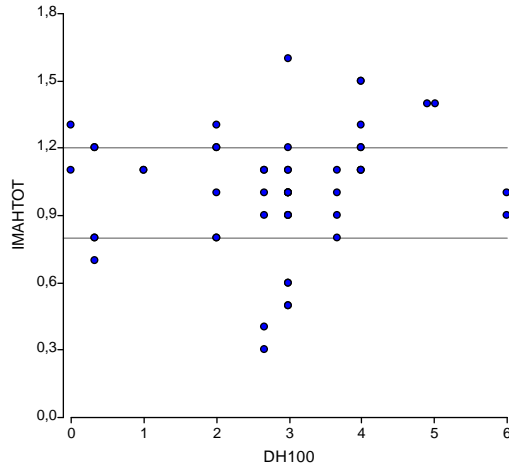


Figura 11. Valores de crecimiento (IMAHTOT) con respecto al déficit hídrico (número de meses que llueve mes de 100 mm) (DH100) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.6 Análisis de productividad y las variables climáticas

2.6.2.6.1 Precipitación promedio anual

Para las plantaciones de *Pinus caribaea* no existe una relación directa entre la precipitación y el incremento medio anual en Volumen Total, aunque cabe notar que las plantaciones que presentan una productividad alta se encuentran en sitios con precipitación promedio anual entre 1,500 y 4,000 mm por año aproximadamente.

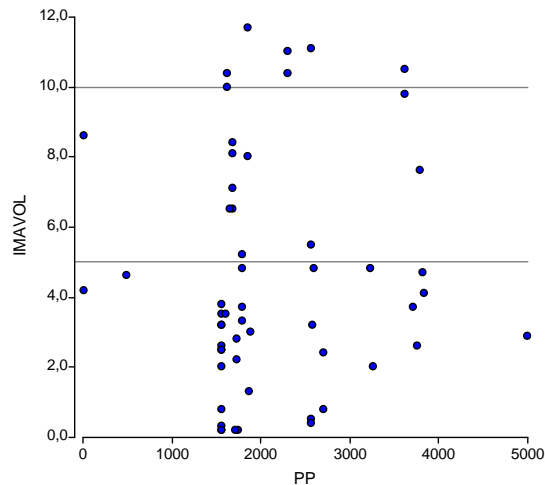


Figura 12. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la precipitación promedio anual (mm) (PP) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.6.2 Temperatura media anual

El rango de temperatura en el que se encontraron las plantaciones evaluadas para la presente investigación es de 20 a 27 grados Celsius, el crecimiento bajo se encuentra dentro de 20 a 27 centígrados, con crecimiento medio y alto están en el rango de 22 a 25 grados, definiendo a éstos como límites ideales para el crecimiento de la especie estos valores.

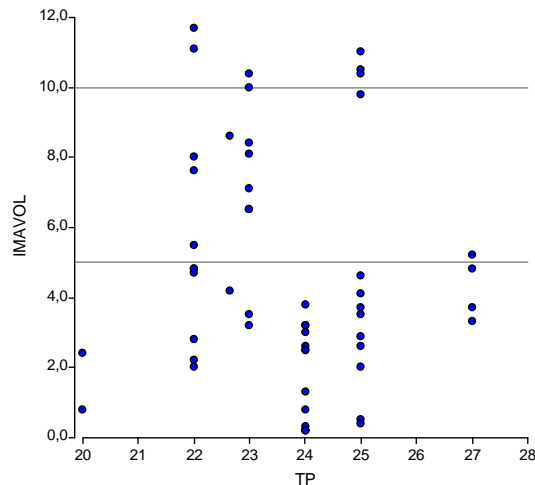


Figura 13. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto a la temperatura promedio anual (grados Celsius) (TP) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet.

2.6.2.6.3 Déficit hídrico a menos de 50 mm por mes

El déficit hídrico encontrado, con número de meses de precipitación menor a 50 mm mensuales, para este estudio es de 0 a 4 meses, los sitios de productividad media y alta se encuentran entre 0 y 1 mes, como se evidencia en la Figura 14, a medida que el número de meses de déficit hídrico aumenta la productividad va disminuyendo, por lo que puede tener influencia negativa para dicha variable.

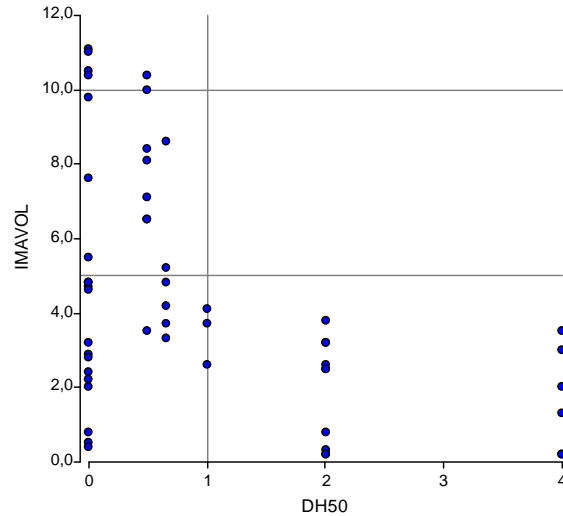


Figura 14. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto al déficit hídrico menor a 50 mm (meses) (DH50) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.6.4 Déficit hídrico menor a 100 mm por mes

La variable de déficit hídrico menor a 100 mm, no afecta significativamente a la productividad del *Pinus caribaea*. Es importante mencionar que para estas variables, se encontraron sitios con 0 a 6 meses, con precipitación menor a 100 mm, encontrando los valores de productividad alta y media por debajo de 5 meses.

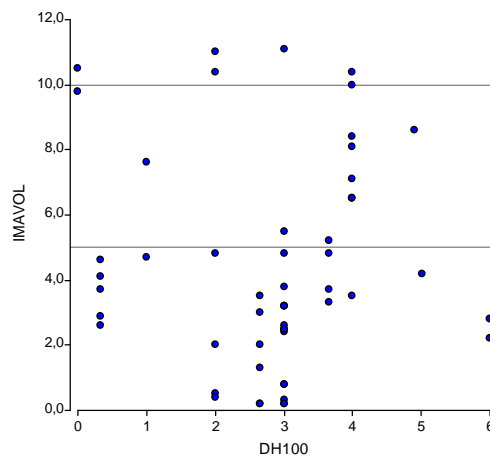


Figura 15. Valores de productividad (IMAVOLTOT) con respecto al déficit hídrico entre 50 – 100 mm (meses) (DH100) en las parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet en Guatemala.

2.6.2.7 Variables de suelo

Según el análisis del coeficiente de correlación y el análisis gráfico entre las variables de suelo y el Incremento Medio Anual en Altura Total IMAHTOT, el crecimiento está siendo afectado por las variables: fósforo, calcio, cobre, zinc, hierro, manganeso, capacidad de intercambio catiónico, de las bases intercambiables; calcio y potasio, acidez intercambiable, materia orgánica, nitrógeno total, limo.

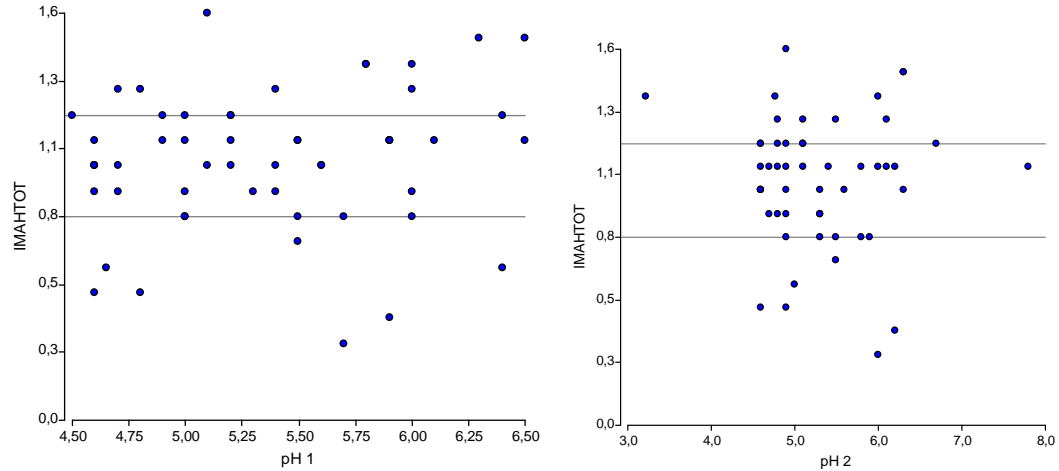
Cuadro 36. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables edáficas con IMAHTOT.

Variable Edáfica	IMAHTOT	Variable Edáfica	IMAHTOT
Fósforo (prof. 0-20)	0.14	Calcio (prof. 0-20)	0.24
Fósforo (prof. 20-40)	-0.03	Calcio (prof. 20-40)	0.33
Calcio (prof. 0-20)	0.15	Potasio (prof. 0-20)	0.22
Calcio (prof. 20-40)	0.29	Potasio (prof. 20-40)	0.23
Cobre (prof. 0-20)	-0.25	Acidez intercambiable (prof. 0 - 20)	0.11
Cobre (prof. 20-40)	0.18	Acidez Intercambiable (prof. 20-40)	0.39
Zinc (prof. 0-20)	0.14	Materia Orgánica (prof. 0-20)	0.25
Zinc (prof. 20-40)	0.30	Materia Orgánica (prof. 20-40)	0.17
Hierro (prof. 0-20)	-0.11	Nitrógeno total (prof. 0-20)	0.37
Manganeso (prof. 0-20)	-0.26	Nitrógeno total (prof. 20-40)	0.29
Manganeso (prof. 20-40)	-0.24	Limo (Prof. 0-20)	0.17
CIC (prof. 0-20)	0.29	Limo (Prof. 20-40)	0.41
CIC (prof. 20-40)	0.25		

2.6.2.7 Análisis de crecimiento y las variables de suelo

2.6.2.7.1 pH

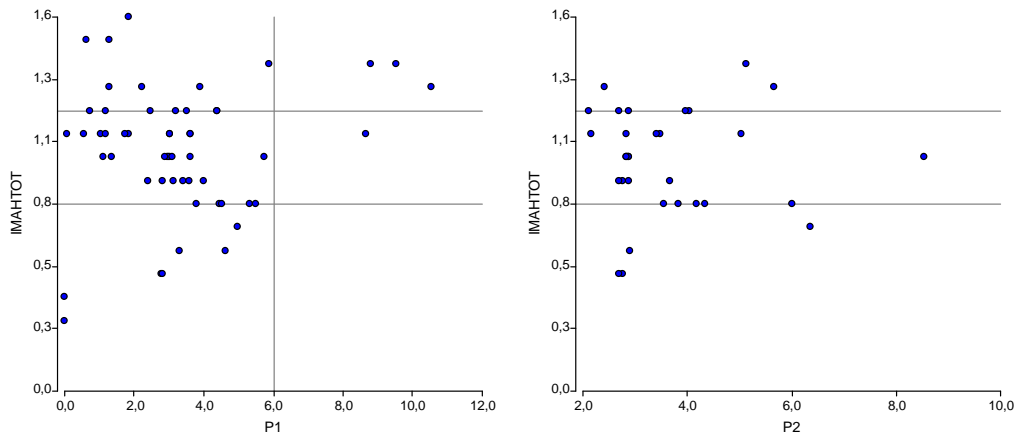
Se encontraron valores de pH entre 4.50 a 6.7, en las dos profundidades evaluadas, valores clasificados entre fuertemente ácidos a ácidos. Estos valores de pH no variaron en las dos profundidades muestreadas, como se muestra en la Figura 16. El coeficiente de correlación y el análisis gráfico indican que el pH no tiene una influencia directa en las parcelas muestreadas, aunque cabe mencionar que existen valores límite (4.50-6.70) determinantes para la especie de *Pinus caribaea*.



a) b)
 Figura 16. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación del pH del suelo, en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala.

2.6.2.7.2 Fósforo

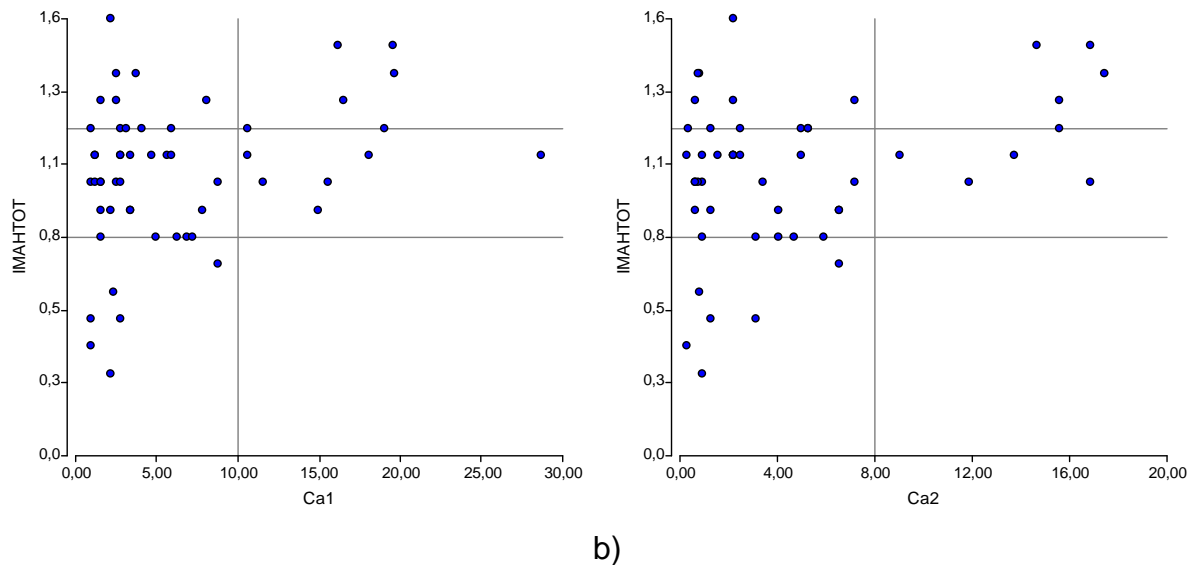
La presencia de fósforo de 0-20 centímetros de profundidad en los suelos muestreados, en cantidades que van de 0 a 10 partes por millón. En la segunda profundidad se encuentran crecimientos hasta con un contenido de fósforo de 9 ppm. Según el valor de correlación 0.14 y 0.22 para las dos profundidades respectivamente y el análisis gráfico, el fósforo influye directamente en el crecimiento del *Pinus caribaea*.



a) b)
 Figura 17. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al fósforo (ppm) (P), en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala.

2.6.2.7.3 Calcio

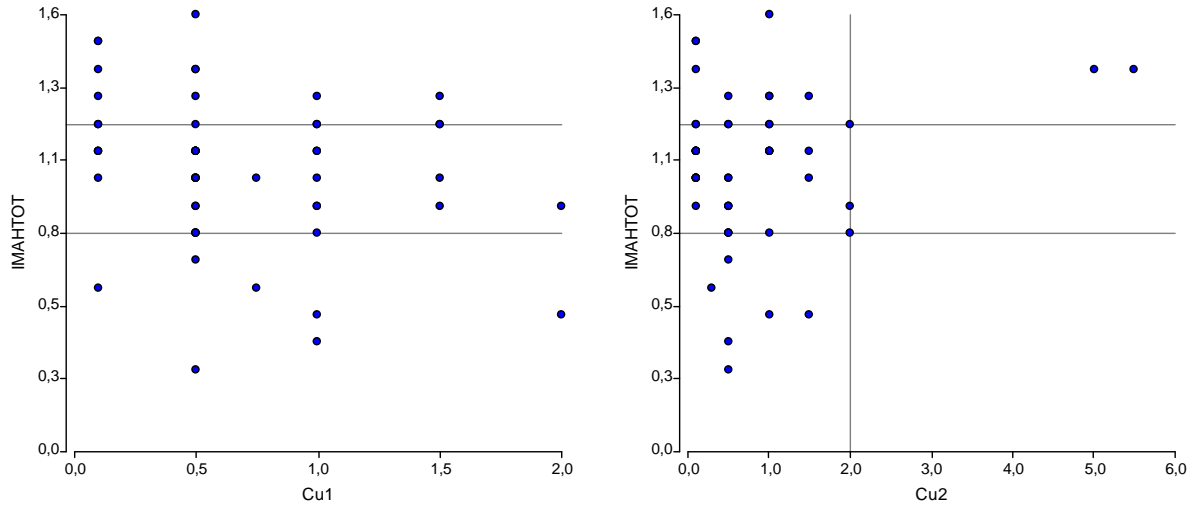
El calcio es un elemento que se encuentra tanto en la primera como en la segunda profundidad y en las tres clases de crecimiento, con una tendencia a aumentar en el IMA en altura total cuando la cantidad de calcio aumenta hasta llegar a 20 Meq/100 g y 18 Meq/100g, para la primera y segunda profundidad, respectivamente. Aunque en la primera profundidad para la clase media existe una parcela con una cantidad de calcio de 28.7 Meq/100 g en el municipio de Lanquín, del departamento de Alta Verapaz. Esto puede ser un indicador que la especie no requiere altas cantidades de calcio para su crecimiento, encontrando para este estudio, límites de 20 y 19 meq/100 g de suelo, para la primera y segunda profundidad, como valores máximos donde se están dando crecimientos adecuados, como se ve en la Figura 18.



a) b)
Figura 18. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (miliequivalentes/100 g de suelo) (Ca), en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala.

2.6.2.7.4 Cobre

Los valores de cobre encontrados en las dos profundidades va de 0.1 a 2.00 partes por millón –ppm-, encontrándose en las tres clases de crecimiento, aunque la cantidad de cobre para la clase alta en la primera profundidad es de 0.1 a 2.00 ppm y en la segunda profundidad existen dos parcelas con 5.00 y 5.50 ppm de cobre, pudiendo éste elemento influir en la obtención de crecimientos altos.



a)

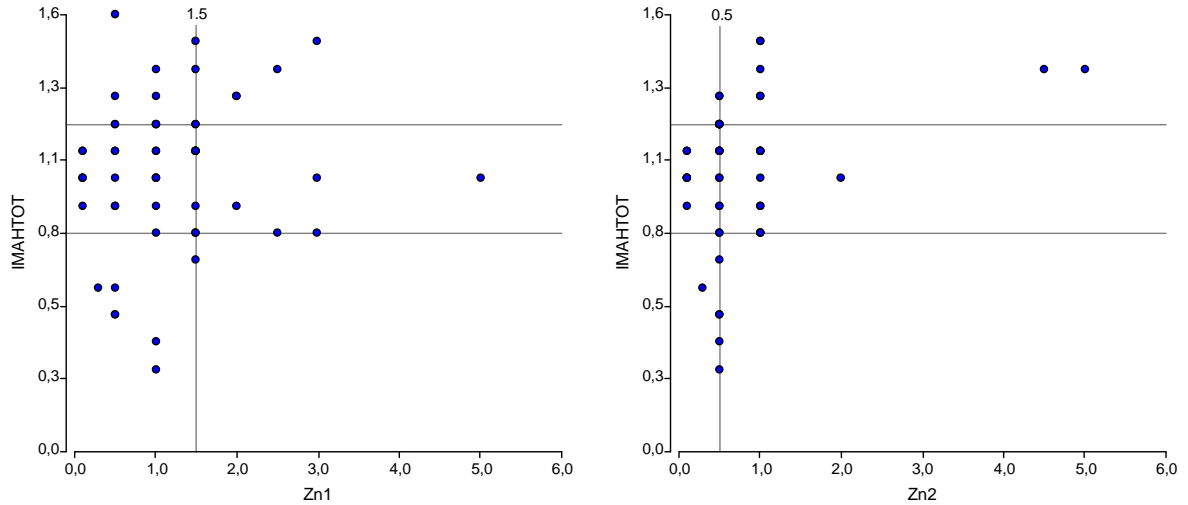
b)

Figura 19. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al cobre (partes por millón) (Cu), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.5 Zinc

En las dos profundidades del suelo que fueron evaluadas para el presente estudio, se encontró presencia de zinc en valores que van de 0.1 a 5.5 ppm para la primera profundidad y de 0.1 a 5.0 ppm en la segunda profundidad, con un coeficiente de correlación de 0.14 y 0.30 respectivamente y un análisis gráfico que hace evidente la influencia del zinc, en las plantaciones de *Pinus caribaea* (Figura 20), ya que a medida que la cantidad de zinc aumenta el IMAHTOT también aumenta.

En los sitios con más de 1.5 ppm de zinc en la profundidad que va de 0 a 20 cm., y más de 0.5 ppm de zinc de los 20 a 40 cm de profundidad no se encontraron sitios con crecimientos bajos.

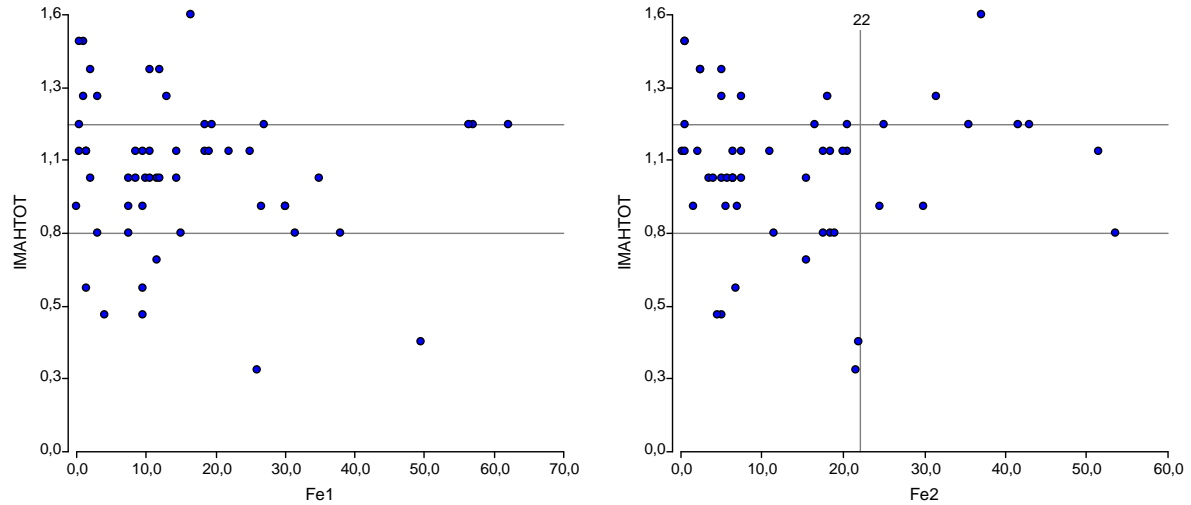


a) b)
 Figura 20. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al zinc (partes por millón) (Zn), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.6 Hierro

En los suelos muestreados, en la profundidad de 0-20 cm, se encuentra el hierro en cantidades que van de 0.1 a 62 ppm dentro de la tres clase de crecimiento, bajo, medio y alto; en la segunda profundidad (20 – 40 cm), como puede apreciarse en la gráfica existe hasta 22 ppm pueden encontrarse plantaciones entre los tres crecimientos y por arriba de los 22 hasta los 55 ppm se encuentran plantaciones con crecimientos medio y altos, variable considerada influyente para el crecimiento del *Pinus caribaea*. Figura 21.

En la profundidad de 20 a 40 cm., por arriba de los 22 ppm de contenido de hierro, no se encontraron crecimientos bajos, por lo que puede tomarse como un parámetro para la obtención de plantaciones con crecimientos medios y altos.

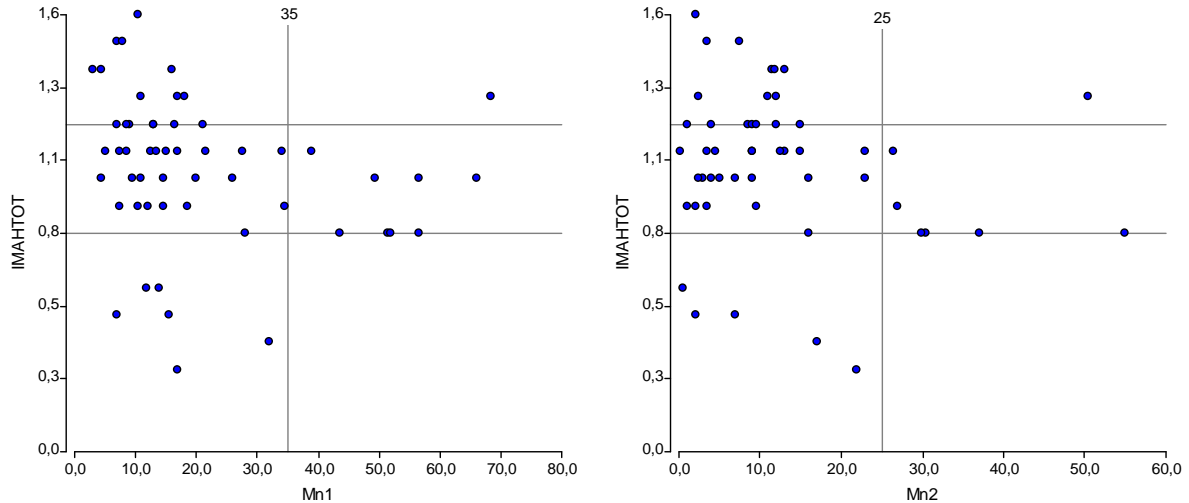


a) b)
 Figura 21. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al hierro (partes por millón) (Fe), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.7 Manganeso

En los suelos muestreados, en la profundidad de 0-20 cm, se encuentra el manganeso en cantidades que van de 3.0 a 85 ppm rango en el que se encontraron crecimientos altos; mientras que en la segunda profundidad (20 – 40 cm), existe un comportamiento como podemos ver en la Figura 22, en donde parcelas con crecimiento alto se encontraron hasta 69 ppm. Considerando el valor del coeficiente de correlación y análisis gráfico indican que el manganeso tiene tendencia de influencia negativa para el crecimiento del *Pinus caribaea*, ya que a medida que la cantidad de manganeso aumenta en el suelo el indicador de crecimiento (IMAHTOT) va disminuyendo.

Por arriba de 35 ppm de contenido de manganeso en la profundidad de 0 a 20 cm., y por arriba de 25 ppm de contenido de manganeso en la profundidad de 20 a 40 cm., no se encontraron plantaciones con crecimientos bajos.



a)

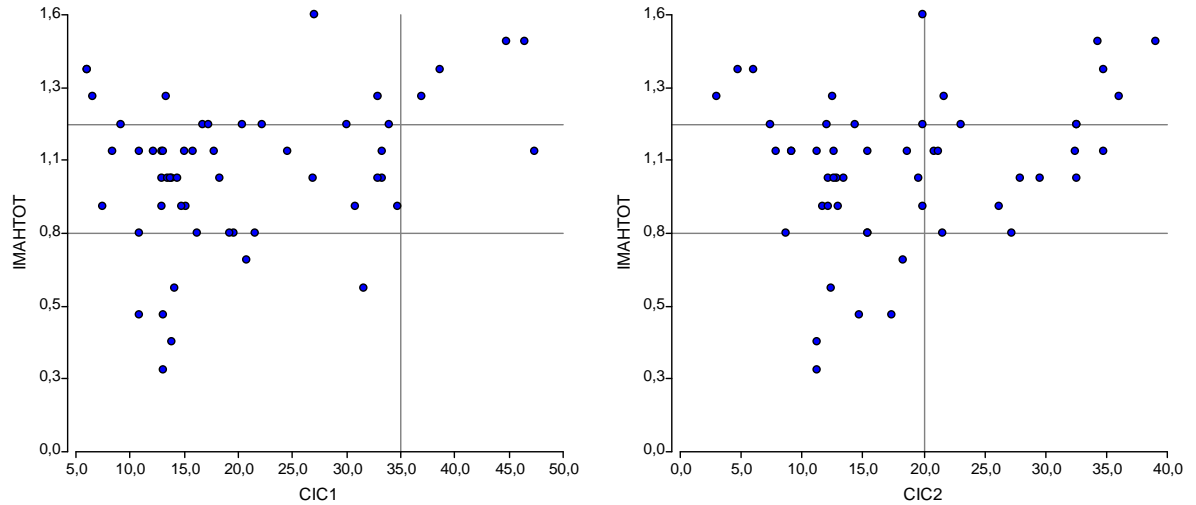
b)

Figura 22. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al manganeso (partes por millón) (Mn), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.8 Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC -

La capacidad de intercambio catiónico a la primera profundidad (0-20 cm), se encuentra en el rango de 6.52 a 47.39 Meq/100 g, según el análisis de correlación y el análisis gráfico, la Capacidad de Intercambio Catiónico tiene influencia en el crecimiento del *Pinus caribaea*, ya que en donde se obtuvieron crecimientos altos, la cantidad de CIC aumenta en el suelo, al igual que en la segunda profundidad, aunque el rango para esta profundidad va de 3.04 a 39.19. Figura 23.

Por arriba de 35 meq/100 g. en la profundidad de 0 a 20 cm., en las plantaciones muestreadas no se presentaron crecimientos bajos, mientras que de los 20 a 40 cm., por arriba de los 20 meq/100 g. no se encontraron plantaciones con crecimientos bajos.

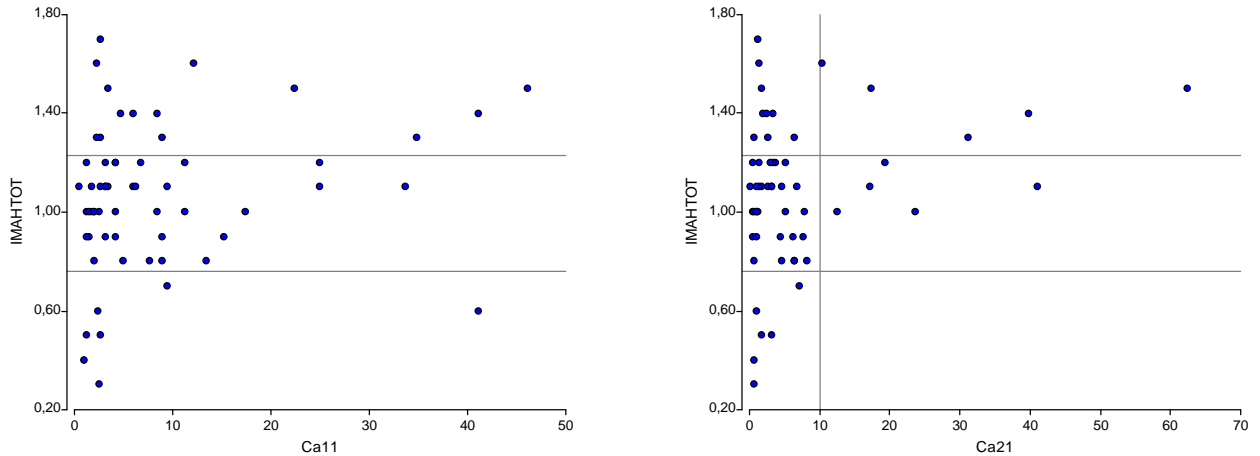


a) b)
 Figura 23. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la capacidad de intercambio catiónico (miliequivalentes/100 g), (CIC) en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.9 Bases intercambiables

2.6.2.7.9.1 Calcio

Dentro de las bases intercambiables, es analizada la cantidad de calcio para las muestras tomadas en el presente estudio, a las dos profundidades, a la primera profundidad está en un rango de 0.5 a 46.16 Meq/100 g, a medida que la cantidad de calcio aumenta la clase de crecimiento va aumentando; por lo tanto existe una relación directa entre la cantidad de calcio y el IMAHTOT, como podemos observar en la Figura 24. El comportamiento es similar para la segunda profundidad, aunque existe una evidente concentración cuando la cantidad de calcio se encuentra entre 0.25 y 10 Meq/100g, por arriba de los 10 Meq/100 g se encontraron plantaciones con crecimientos altos hasta 62.38 Meq/100 g, dentro de las bases intercambiables el calcio puede influir en el crecimiento del *Pinus caribaea*.

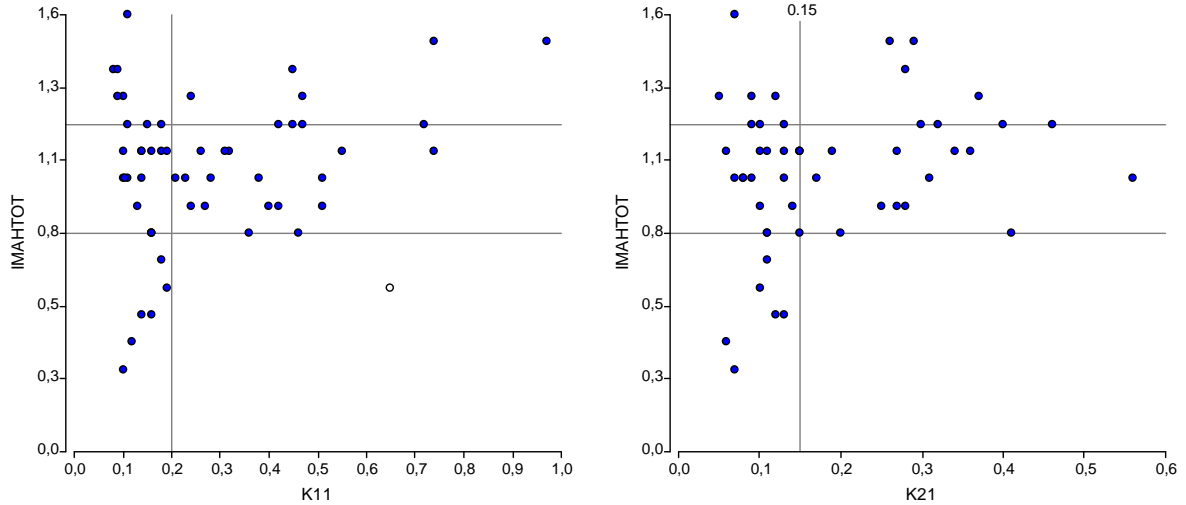


a) b)
 Figura 24. Valores promedio de crecimiento a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el calcio (miliequivalentes/100 g), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.9.2 Potasio

En el análisis de la cantidad de potasio, dando como resultado: que existe en la primera profundidad cantidades de potasio entre 0.08 y 0.97 Meq/100 g, en relación con el IMAHTOT, según el análisis de correlación y el análisis gráfico, existe relación entre la cantidad de potasio en el suelo y el IMAHTOT, se pueden tener plantaciones de clase alta en suelos que contengan entre 0.05 y 0.97 Meq/100 g, aunque a mayor cantidad de potasio pueden obtenerse mayor IMAHTOT en las plantaciones; en la segunda profundidad la cantidad de potasio está entre 0.05 a 0.56 Meq/100g, con una tendencia similar a la que se presenta en la primera profundidad, como podemos observar en la Figura 25.

Por arriba de los 0.2 meq/100 g., y 0.15 meq/100 g., en las diferentes profundidades respectivamente no se encontraron plantaciones con crecimientos bajos.



a)

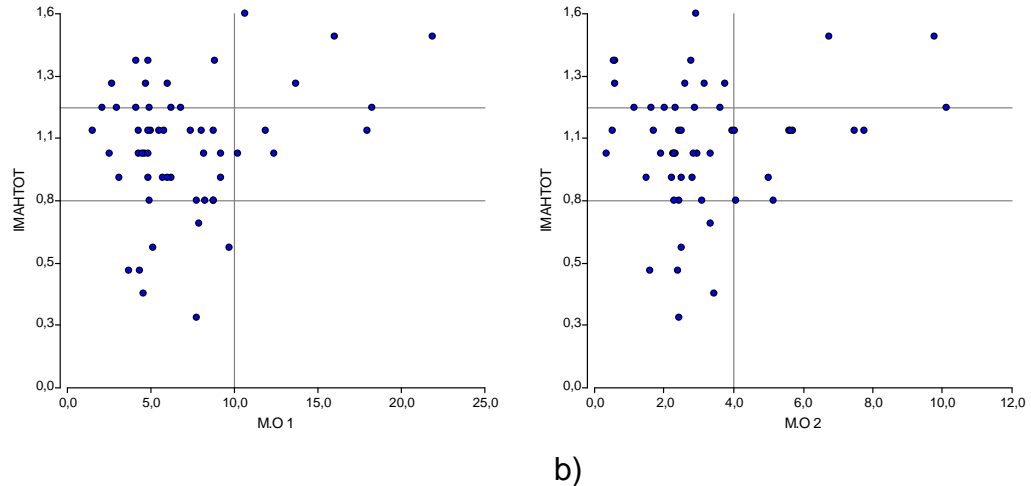
b)

Figura 25. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el potasio (miliequivalentes/100 g) (K), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.9 Materia Orgánica

Se encontró materia orgánica en el suelo a las dos profundidades con porcentajes que van de 1.5 a 21.85 por ciento y de 0.35 a 10.11 por ciento, respectivamente, el mayor número de parcelas se encuentra dentro de la categoría de crecimiento medio, pero en general y con un valor de correlación de 0.25 y 0.17, esta variable puede influir en el crecimiento del *Pinus caribaea*. La tendencia en esta variable es que a mayor presencia de materia orgánica el IMAHTOT, tenderá a aumentar.

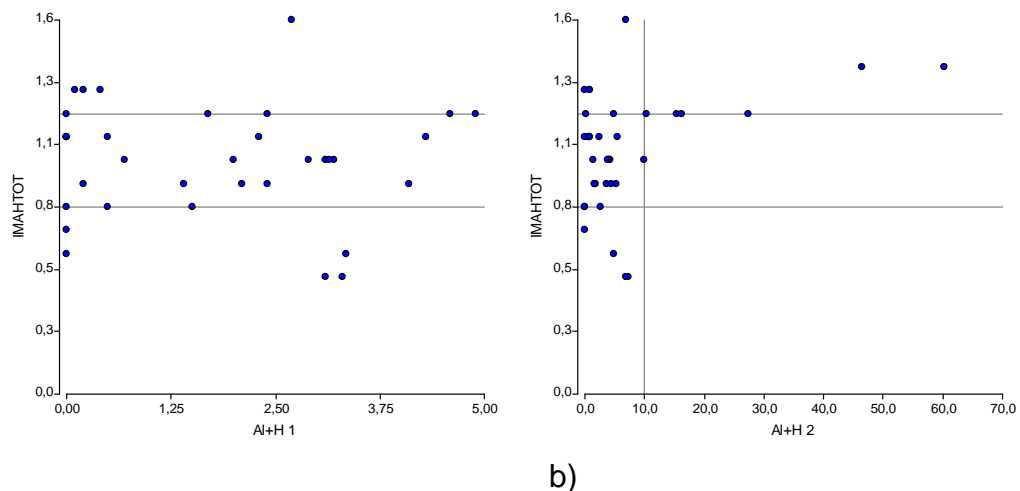
En la primera profundidad (0-20 cm.) no existieron plantaciones con crecimiento bajo, con contenidos de materia orgánica por arriba del 10 por ciento y en la segunda profundidad (20-40 cm.) no existieron plantaciones con crecimiento bajo por arriba de el 4 por ciento.



a) b)
 Figura 26. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a materia orgánica (M.O.) (en porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.10 Acidez intercambiable

Se encontraron valores de acidez intercambiable entre 0 y 4.9 por ciento en la primera profundidad; las plantaciones de clase alta en crecimiento, aparecen dentro del mismo rango; para la segunda profundidad el rango va de 0 – 27.4 por ciento; de 0 a 10 por ciento existen plantaciones con crecimiento bajo, medio y alto, por arriba de 10 por ciento hasta llegar a 27.4 únicamente aparecen plantaciones con crecimientos altos, parámetro que debe ser tomado en cuenta para la obtención de crecimientos altos. Por lo tanto, la acidez intercambiable, puede ser una variable que influye en el crecimiento del *Pinus caribaea*.

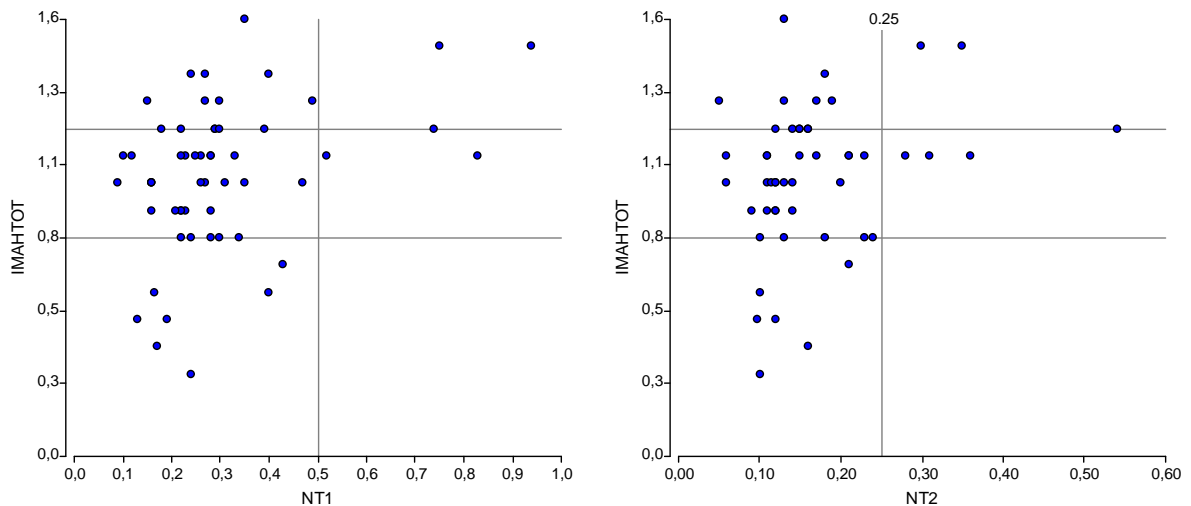


a) b)
 Figura 27. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a acidez intercambiable (Al+ H) (en porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.7.11 Nitrógeno Total

El nitrógeno total esta presente en los suelos evaluados, en un rango de 0.09 a 0.94 por ciento para la primera profundidad; de 0.05 a 0.54 por ciento en la segunda profundidad, presenta un coeficiente elevado dentro de los rangos obtenidos para el presente estudio, 0.37 y 0.29, respectivamente y a nivel gráfico como podemos apreciar en la Figura 28 existe influencia en el crecimiento del *P. caribaea*. Aunque en la primera profundidad se presentaron crecimientos bajos de 0.07 a 0.5 por ciento y de 0.5 a 0.94 por ciento se presentaron crecimientos medios y altos; en la segunda profundidad de 0.07 a 0.25 por ciento existieron crecimientos bajos y de 0.25 a 0.54 crecimientos medios y altos en menor cantidad.

En la primera profundidad no existieron plantaciones con crecimiento bajo, con cantidad de nitrógeno por arriba de 0.5 por ciento de nitrógeno y en la segunda profundidad por arriba de 0.25 por ciento.



a) b)
 Figura 28. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a nitrógeno total (NT) (en porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

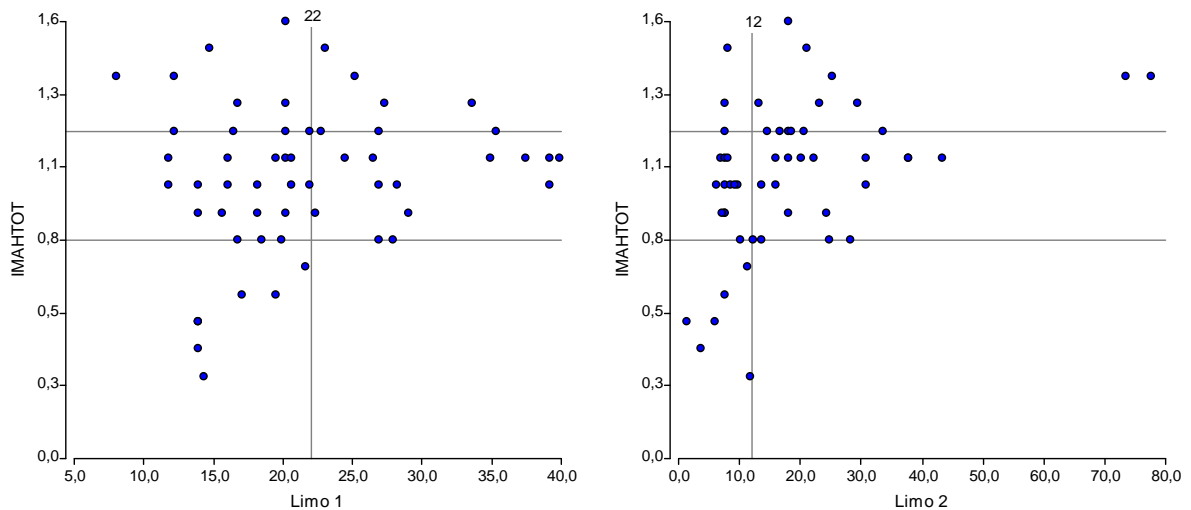
2.6.2.7.12 Textura

De las texturas encontradas en estos suelos, el limo presentó mayor correlación (0.17 y 0.41) con el incremento medio anual en altura total.

2.6.2.7.13 Limo

El limo esta presente en cantidades que van de un 2 por ciento a un 40 por ciento, en la primera profundidad (0–20 cm) y en la segunda profundidad se presenta de 1.34 a 77.66 por ciento; según el coeficiente de correlación presentado anteriormente (0.17 y 0.41) y el gráfico, Figura 29, el limo tiene influencia en el crecimiento de *Pinus caribaea*, ya que en la primera profundidad el rango en el que se encontraron crecimientos altos va de 22 a 35 por ciento y en la segunda profundidad va de 12 por ciento a 77.66 por ciento.

En la primera profundidad no se presentaron plantaciones con crecimiento bajo, con contenidos de limo por arriba de 22 por ciento y en la segunda profundidad no se presentaron plantaciones con crecimiento bajo, con contenido de limo por arriba del 12 por ciento.



a) b)
Figura 29. Valores promedio de crecimiento (IMAHTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al limo (en porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8 Análisis de productividad y las variables de suelo

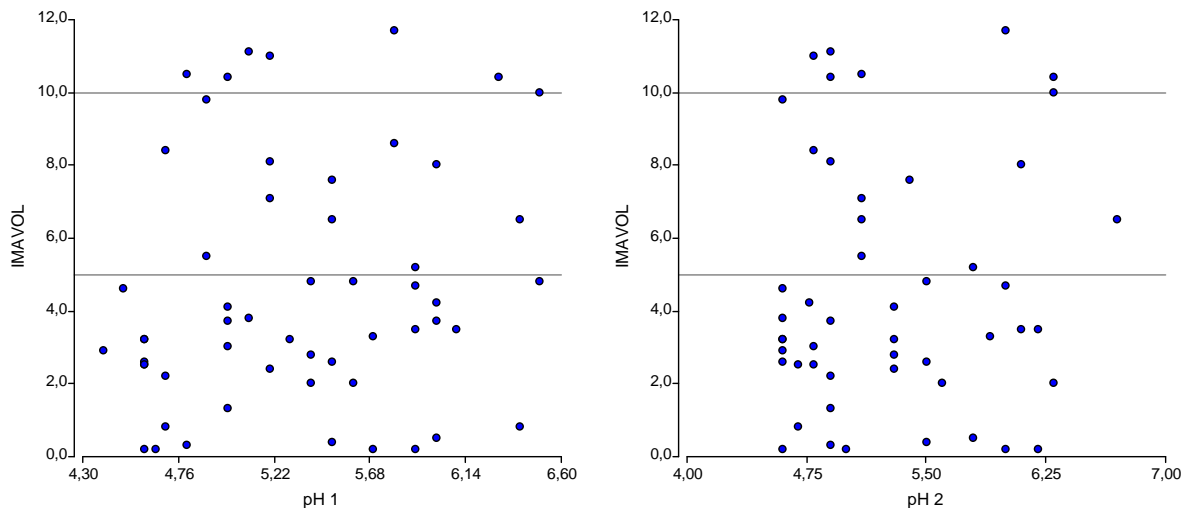
Según el análisis de los coeficiente de correlación y análisis gráfico entre las variables de suelo y el Incremento Medio Anual en Altura Total (IMAVOLTOT), la productividad esta siendo afectado por las variables: pH, fósforo, calcio, cobre, zinc, hierro, manganeso, calcio, bases intercambiables: calcio y potasio. Acidez intercambiable, materia orgánica, nitrógeno total y limo. En el Cuadro 37, se presentan las variables edáficas anteriormente mencionadas con el valor de correlación de Pearson obtenida.

Cuadro 37. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables edáficas con IMAVOLTOT.

Variable Edáfica	IMAVOLTOT	Variable Edáfica	IMAVOLTOT
pH (prof. 0-20)	0.16	Calcio (prof. 20-40)	0.32
Fósforo (prof. 0-20)	0.24	Potasio (prof. 0-20)	0.17
Calcio (prof. 0-20)	0.17	Acidez intercambiable (0-20)	-0.15
Calcio (prof. 20-40)	0.26	Acidez Intercambiable (20-40)	0.11
Cobre (Prof. 0-20)	-0.23	Materia Orgánica (prof. 0-20)	0.16
Zinc (prof. 0-20)	0.19	Materia Orgánica (prof. 20-40)	0.23
Zinc (prof. 20-40)	0.15	Nitrógeno total (prof. 0-20)	0.37
Hierro (prof. 20-40)	0.15	Nitrógeno total (prof. 20-40)	0.13
Manganeso (prof. 20-40)	-0.12	Limo (prof. 0-20)	0.26
Calcio (prof. 0-20)	0.27	Limo (prof. 20-40)	0.31

2.6.2.8.1 pH

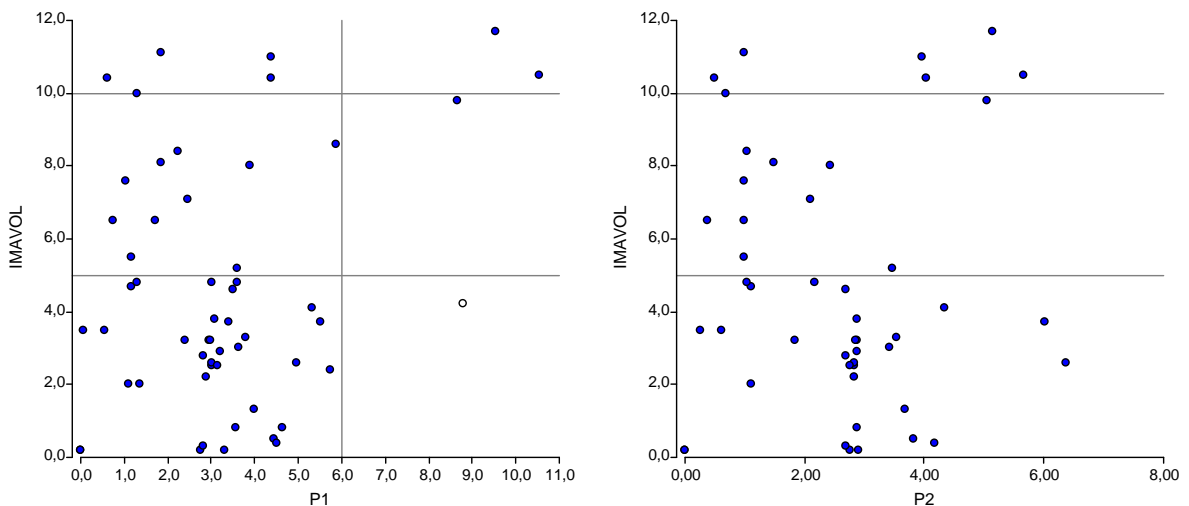
El pH de los suelos muestreados va de fuertemente ácido a neutro y ligeramente básico, con valores de 4.3 y 6.6 en las dos profundidades, para esta variable como es evidente según la Figura 30, la productividad alta esta en valores de 4.7 y 6.8. En la segunda profundidad se presentan valores de pH para los crecimientos altos y medio entre 4.75 y 6.8, con los datos obtenidos en el coeficiente de correlación, del pH en la primera profundidad, puede influir en el crecimiento del *Pinus caribaea*.



a) b)
 Figura 30. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al pH, en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.2 Fósforo

Según el análisis de correlación presentada anteriormente y el gráfico que estos datos generan, Figura 31, para la primera profundidad existen valores de fósforo en la productividad baja 0.01 a 10.54 ppm y las parcelas con productividad alta está dentro éste rango. Para la segunda profundidad la cantidad de fósforo va de 3.22 a 7.8 ppm, demostrando según el coeficiente de correlación y el gráfico que no existe una correlación directa entre la cantidad de fósforo en la segunda profundidad y el incremento en el volumen total, por lo que únicamente se considerará el fósforo a la primera profundidad como una variable que influye en la productividad del *Pinus caribaea*.

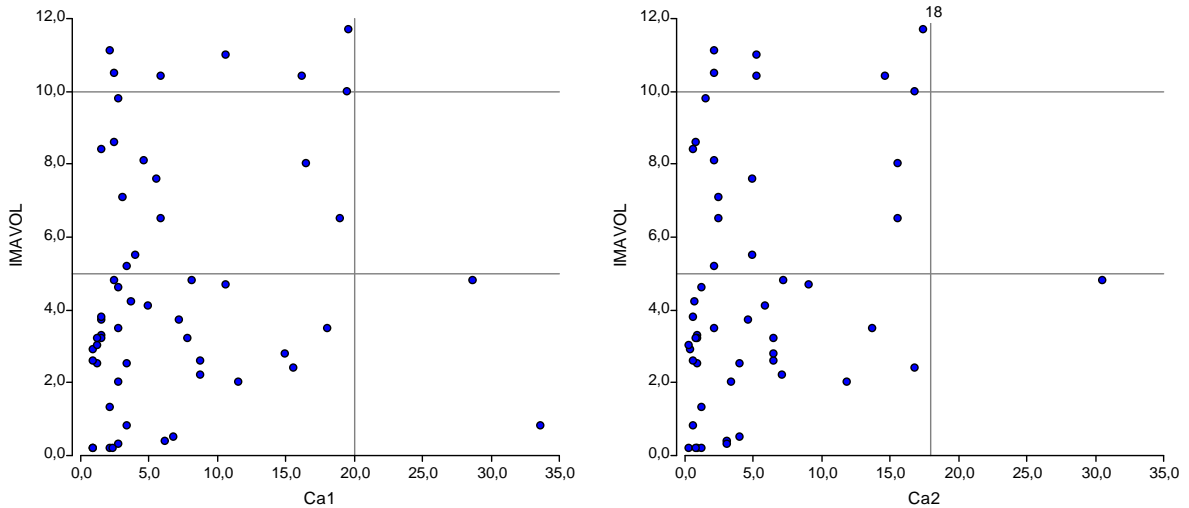


a) b)
 Figura 31. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al fósforo (P) (partes por millón), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.3 Calcio

El calcio ésta presente en las tres clases de productividad, la cantidad de calcio encontrada en el suelo va de 0.94 hasta 33.68 Meq/100 g, como puede apreciarse en la Figura 32 la distribución de las parcelas con crecimiento bajo, medio y alto es de 0.94 hasta 20.00 Meq/100 g, arriba de este valor existen dos parcelas con crecimiento bajo ubicadas en el municipio de Gualán, Zacapa. En la segunda profundidad existe una distribución similar, ya que se presentan parcelas con diferentes tipos de productividad en cantidades de calcio que van de 0.31 a 18.00 Meq/100 g. y existe una parcela ubicada en Senahú, Alta Verapaz, con un valor 30.56 Meq/100 g., como podemos ver en la Figura 30.

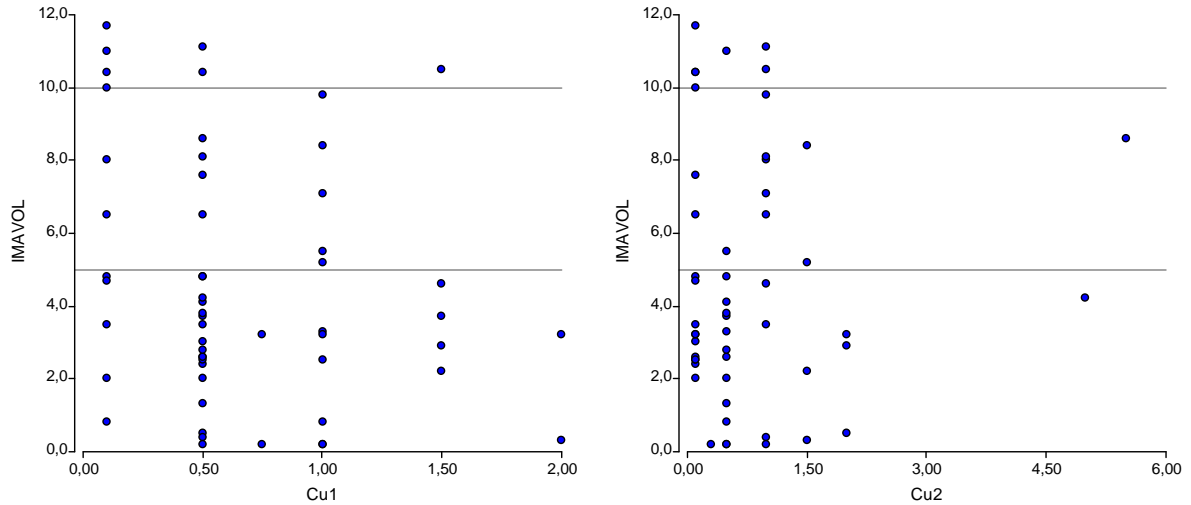
En la productividad por arriba de 20 meq/100 g. de calcio en la profundidad de 0 a 20 cm., no existieron plantaciones con crecimiento medio ni alto y en la profundidad de 20 a 40 cm., no existieron plantaciones con crecimientos medio, ni alto, por arriba de los 18 meq/100 g. de calcio.



a) b)
 Figura 32. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (Ca) (miliequivalentes/100 g), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.4 Cobre

Para la primera profundidad la cantidad de cobre encontrada va de 0.1 a 2.0 ppm, con un valor de correlación de -0.23 y según la Figura 33 en la que se demuestra la distribución de las parcelas el cobre influye de forma negativa en la productividad del *Pinus caribaea*, ya que a medida que la cantidad de cobre aumenta la cantidad de parcelas con crecimiento bajo. En la segunda profundidad no existe una relación directa con la productividad del *Pinus caribaea*, aunque evidentemente existe una distribución de las parcelas entre 0.1 y 2.0 ppm y únicamente dos parcelas con crecimiento bajo y medio con valores de 5.0 y 5.5 ppm.



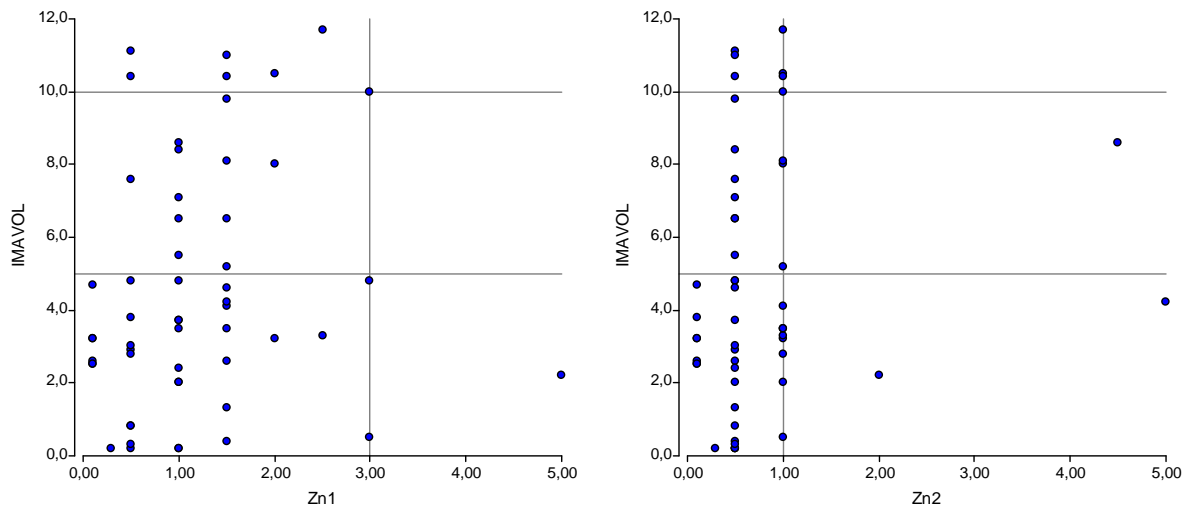
a)

b)

Figura 33. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al cobre (Cu) (partes por millón), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.5 Zinc

El zinc, a la primera profundidad presenta una agrupación en las parcelas que tiene un contenido de zinc de 0.1 a 3.0 ppm, aunque para la segunda profundidad existe un límite en 1.0 ppm, valor que puede afectar para obtener productividad media y alta dentro de las plantaciones de *Pinus caribaea*.



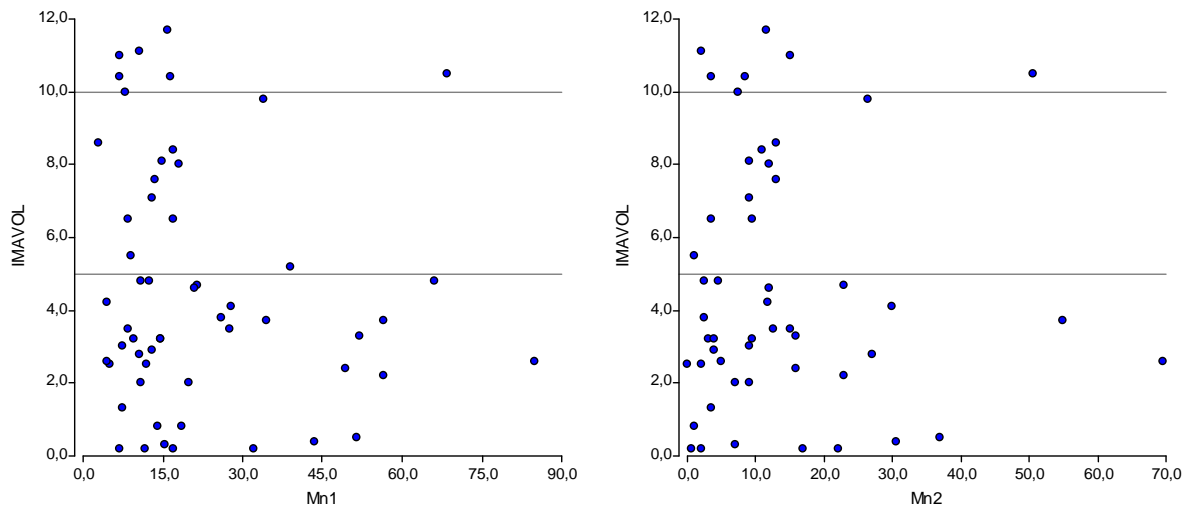
a)

b)

Figura 34. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al zinc (Zn) (partes por millón), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.6 Manganeso

La cantidad de manganeso en los sitios evaluados, para la primera profundidad entre 3.0 y 85.00 ppm, y como se aprecia en la Figura 35, tiene una influencia negativa, debe considerarse que la mayoría de los rangos de productividad medio y alto se encuentran hasta 30 ppm, la segunda profundidad no existe una distribución muy amplia por lo que presenta un bajo valor en la correlación por lo que no tiene influencia directa en la productividad del *Pinus caribaea*.



a)

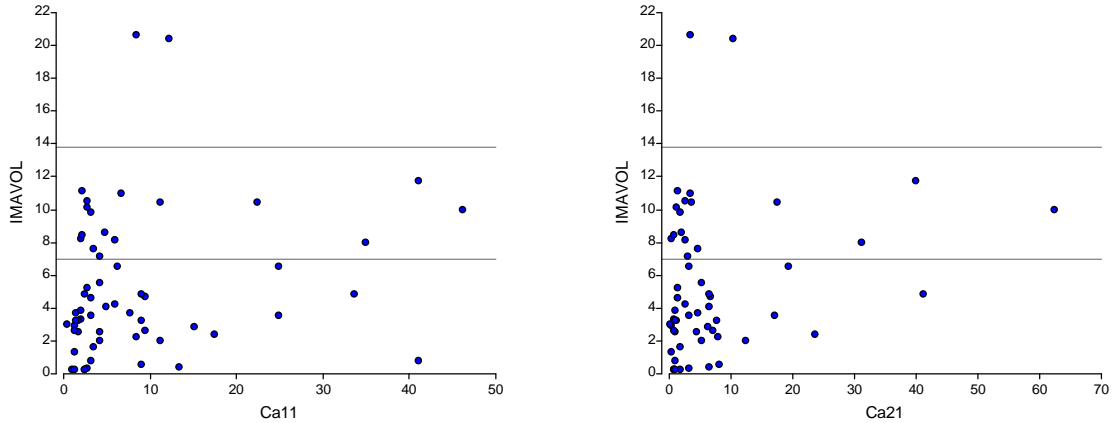
b)

Figura 35. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al manganeso (Mn) (partes por millón), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.7 Bases Intercambiables

2.6.2.8.7.1 Calcio

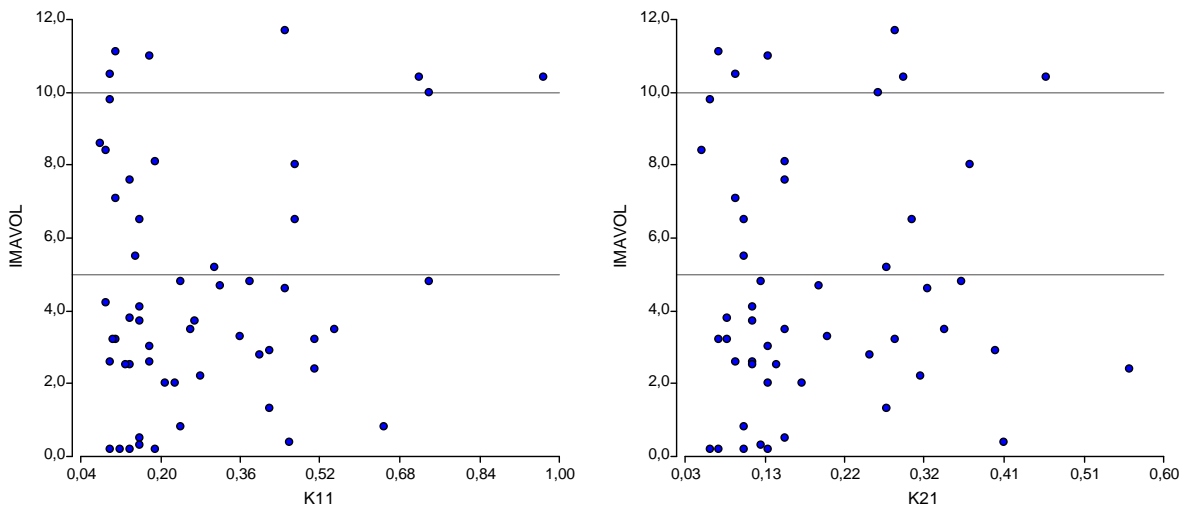
Según los datos obtenidos en los coeficientes de correlación presentados en el cuadro dentro de las bases intercambiables, el calcio puede influir en el IMAVOLTOT, evidenciado en la Figura 36. De 0 a 20 cm. La mayoría de las parcelas se encuentra agrupadas con valores de calcio entre 0.1 y 10 ppm, por arriba de este valor existen plantaciones con productividad media y baja; de 20 a 40 cm. El comportamiento de la productividad es muy similar a la primera profundidad.



a) b)
 Figura 36. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al calcio (Ca) (Miliequivalentes/100 g), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.7.2 Potasio

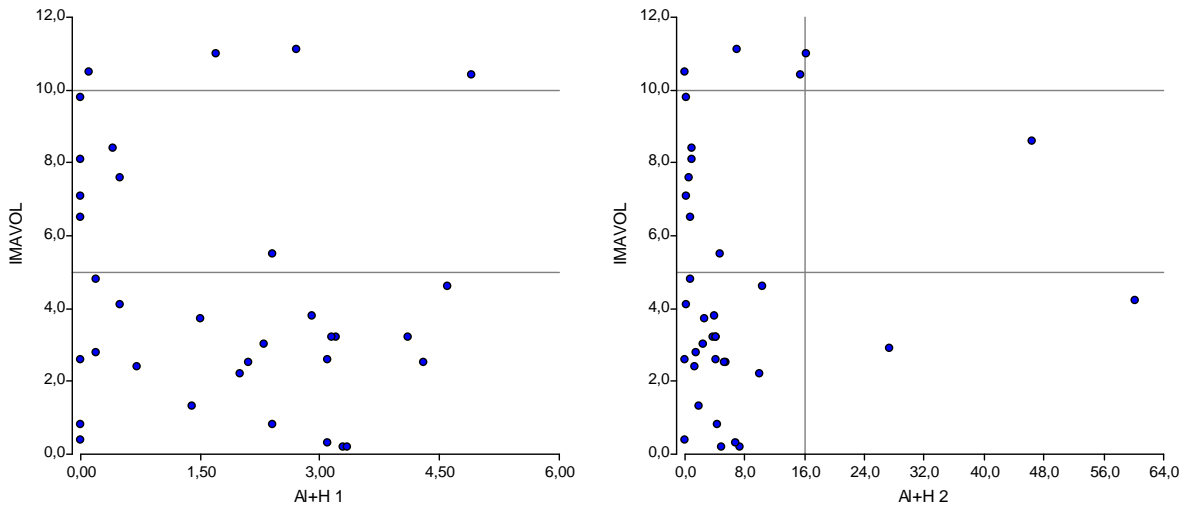
Dentro de las bases intercambiables que pueden influir en la productividad del *Pinus caribaea*, ésta el potasio según los valores evaluados en la primera profundidad, en la profundidad de (0-20 cm.) en las que se presentaron concentraciones que van de 0.08 a 0.97 Meq/100 g, con un valor de correlación de 0.17. Los valores encontrados en la segunda profundidad se encuentran muy dispersos, con un valor de correlación muy bajo, por tal motivo no será considerado para la generación del modelo de productividad.



a) b)
 Figura 37. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación al potasio (K) (Miliequivalentes/100 g), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.8 Acidez Intercambiable

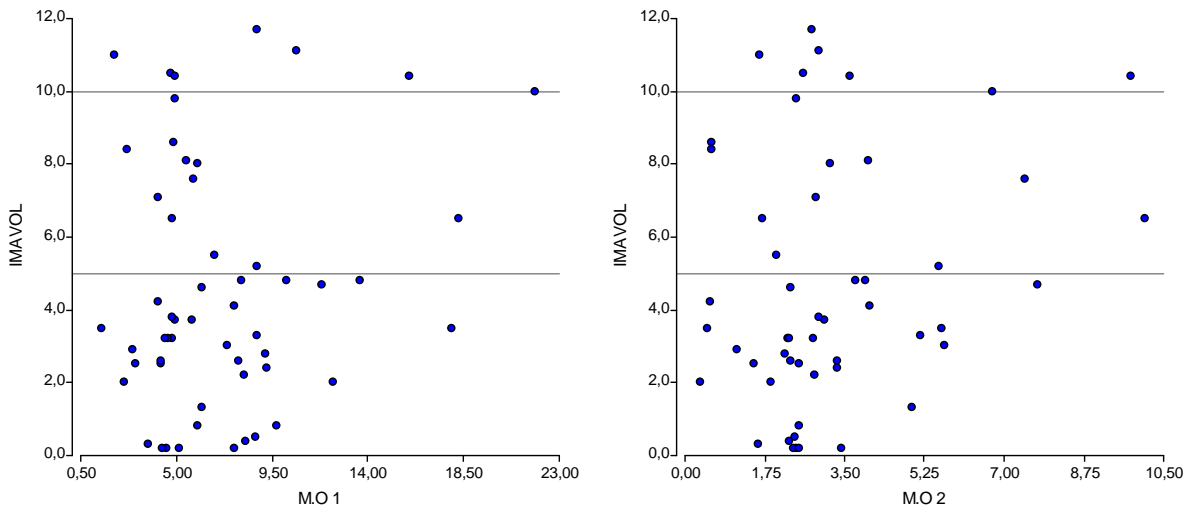
Los valores obtenidos en la acidez intercambiable en la primera profundidad, son valores que van de 0 a 4.9 por ciento, el coeficiente de correlación para esta variable es de -0.14 y como es evidente en la Figura 36 la productividad es afectada negativamente por la acidez intercambiable, ya que el mayor número de parcelas se encuentra en la obtención de productividad baja y en la segunda profundidad 52 parcelas con crecimiento bajo, medio y alto se encuentran con un rango de acidez intercambiable de 0 hasta 16 Meq/100 g.



a) b)
 Figura 38. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la acidez intercambiable (AI+H) (en porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.9 Materia Orgánica

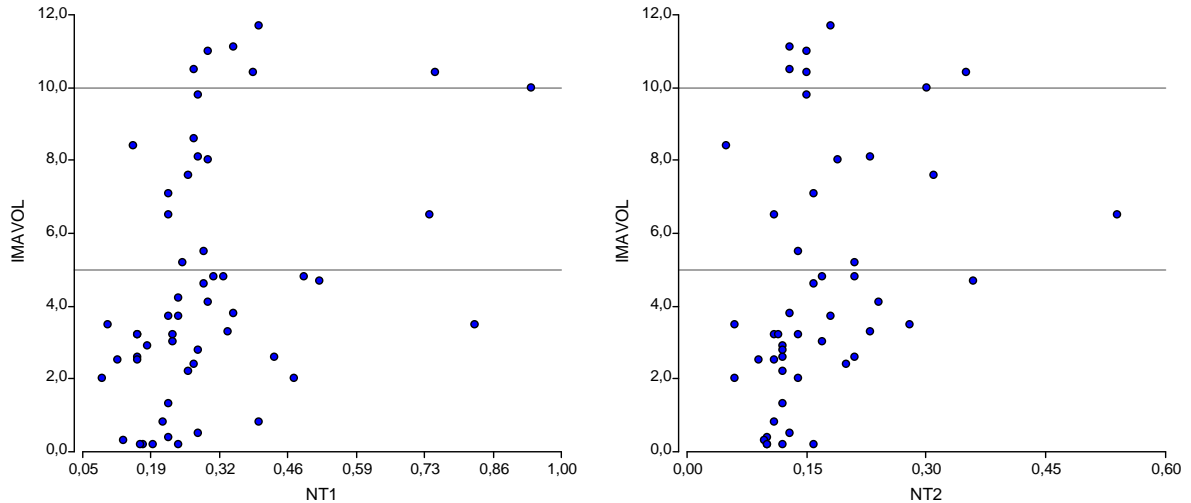
El contenido de materia orgánica aumenta el aporte de nutrientes al suelo si los sitios tienen las condiciones necesarias para que éstos logren desprenderse, dentro de los sitios evaluados se encuentra una cantidad de materia orgánica de 1.50 a 1.85 por ciento, para la primera profundidad, la distribución de productividad (IMAVOLTOT) para esta variable, es positiva, aunque la mayoría de la parcelas presentan crecimientos bajos, entre más materia orgánica exista en el suelo va aumentar la productividad. En la Figura 39 se aprecia que los valores obtenidos en la segunda profundidad son similares a la primera profundidad.



a) b)
 Figura 39. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a materia orgánica (M.O.) (porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.10 Nitrógeno Total

Las plantaciones de *Pinus caribaea* se encuentran en rangos de nitrógeno total de 0.09 a 0.94 por ciento, para la primera profundidad (0 - 0.20 cm.), y de 0.05 a 0.54 por ciento para la segunda profundidad (20 – 40 cm.), que según la distribución presentada en la Figura 40, aumentan a medida que los valores de nitrógeno llegan a 1%, siendo este el límite de tolerancia para obtener sitios con productividad alta.



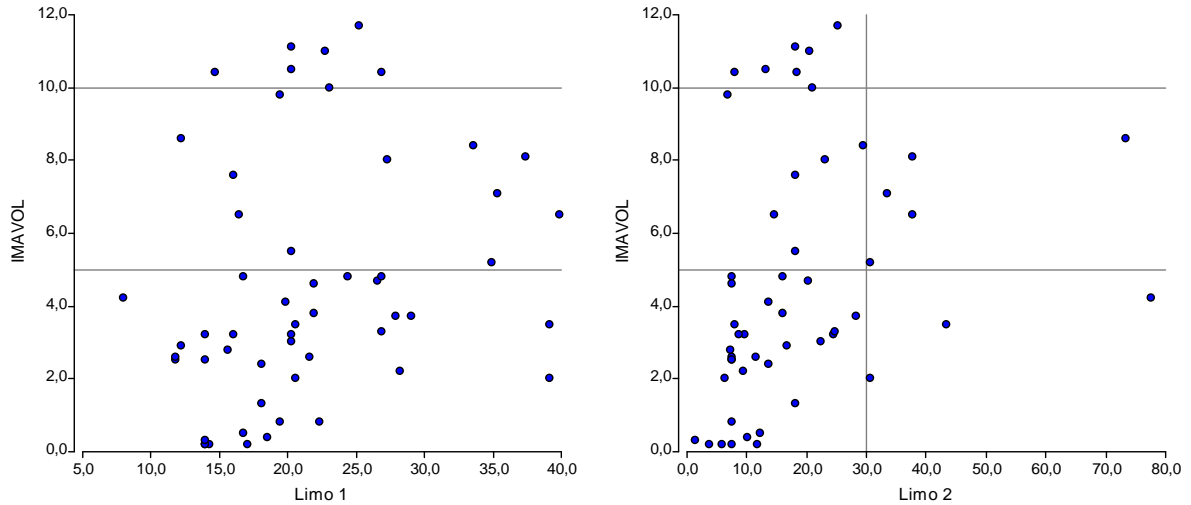
a) b)
 Figura 40. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a la nitrógeno total (NT) (porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.2.8.11 Textura

Según los coeficientes de correlación obtenidos y el análisis grafico realizado en la textura, tienen relación con el IMAVOLTOT, es el limo, como se describe a continuación:

2.6.2.8.11.1 Limo

Como puede apreciarse en la Figura 41, en la primera profundidad existe una relación con la productividad, ya que los valores presentan una tendencia a aumentar a medida que la cantidad de limo ésta presente en el suelo, las plantaciones que tienen una productividad alta se encuentran dentro de un rango de 15 a 27 por ciento de limo. La segunda profundidad las plantaciones con productividad alta se encuentran dentro del rango de 1 a 30 por ciento.



a) b)
 Figura 42. Valores promedio de productividad (IMAVOLTOT) a la primera (a) y segunda (b) profundidad en relación a el limo (porcentaje), en plantaciones de *Pinus caribaea*.

2.6.3 Modelos de predicción de crecimiento y productividad

Para la generación de estos modelos se realizó una matriz general de variables, donde se incluyeron en las primeras dos columnas las variables respuesta, que corresponden al incremento medio anual en altura total y el incremento medio anual en volumen total por parcela, estimados a través del programa MIRA-SILV. En las siguientes columnas se listaron el total de variables fisiográficas, climáticas y de suelo (a las dos profundidades), que después de haber realizado en análisis de correlación y gráfico inciden en las variables respuesta. De esta manera con ayuda del programa estadístico SPSS y con el procedimiento de regresión por pasos, se obtuvieron las variables que afectan el IMA en altura total y el IMA volumen total para la presente investigación.

Generación de un modelo indirecto, para predicción del crecimiento de *Pinus caribaea*, sin acidez:

En el modelo general establecido para *Pinus caribaea*, para la presente investigación, se evaluaron 55 parcelas permanentes, el mejor modelo obtenido explica la variable de crecimiento con 4 variables independientes, las cuales son edáficas. Los valores del análisis de regresión por pasos se observa en el Cuadro 31A.

Para el crecimiento, el modelo generado presentó un R^2 de 0.535

$$C = 1.654 + 0.14 (CIC1) + 0.15 (Limo 2) - 0.263(pH 1) + 0.703 (NT 1)$$

En donde:

C= crecimiento en m/año.

CIC1 = Capacidad de intercambio catiónico, en meq/100 g, en la profundidad de 0 - 20 cm.

Limo2 = limo, en porcentaje en la profundidad de 20 – 40 cm.

pH 1 = pH, en la profundidad de 0 - 20 cm.

NT 1 = nitrógeno total, porcentaje, en la profundidad de 0 - 20 cm.

Generación de un modelo indirecto, para predicción del crecimiento de *Pinus caribaea*, con acidez:

En el modelo general establecido para *Pinus caribaea*, para la presente investigación, se evaluaron 55 parcelas permanentes, el mejor modelo obtenido explica la variable de crecimiento con 4 variables independientes, de las cuales 2 son climáticas y 2 son edáficas. Los valores del análisis de regresión por pasos se observa en el Cuadro 32A.

Para el crecimiento, el modelo generado presentó un R^2 de 0.643

$$C = 1.560 - 0.435 (DH50) + 0.79 (DH502) - 0.35 (Ca122) - 0.184 (Cu2)$$

En donde:

C= crecimiento en m/año.

Df50 = déficit hídrico, menor de 50 mm, en número de meses.

Df502 = déficit hídrico, elevado al cuadrado, menor de 50 mm, al cuadrado, en número de meses.

Ca122= calcio, elevado al cuadrado, Miliequivalentes/100 g, en la profundidad de 0 - 20 cm.

Cu2 = cobre, partes por millón, en la profundidad de 20 – 40 cm.

Generación de un modelo indirecto, para predicción de la productividad de *Pinus caribaea*, con acidez intercambiable. (Al+H)

En el modelo establecido para la predicción de productividad de *Pinus caribaea*, para la presente investigación, se evaluaron 55 parcelas permanentes, el mejor modelo obtenido explica la variable de productividad con un total de 7 variables independientes, de las cuales 2 son climáticas y 5 son de suelo. Los valores del análisis de regresión por pasos se observa en el Cuadro 33A.

Para el crecimiento, el modelo generado presentó un R^2 de 0.877

$$P = 16.453 - 6.332 (DH50) - 0.452 (CIC2) + 1.074 (DH502) - 0.520 (Ca13) + 0.507 (Ca2) + 0.113 (Al+H2) - 0.001 (Fe12).$$

En donde:

P = productividad en m³/ha/año.

Df50 = déficit hídrico, menor de 50 mm, en número de meses.

CIC2 = Capacidad de intercambio catiónico, en meq/100 g, en la profundidad de 20 - 40 cm.

Df502 = déficit hídrico, menor de 50 mm, al cuadrado, en número de meses.

Ca13 = calcio, Miliequivalentes/100 g., en la profundidad de 20 – 40 cm.

Ca2 = calcio, Miliequivalentes/100g., en la profundidad de 20 – 40 cm.

Al+H2 = acidez intercambiable, porcentaje, en la profundidad de 20 – 40 cm.

Fe12= hierro, Partes por millón, en la profundidad de 0 - 20 cm.

Generación de un modelo indirecto, para predicción de la productividad de *Pinus caribaea*: sin acidez intercambiable (Al+H).

En el modelo establecido para la predicción de productividad de *Pinus caribaea*, para la presente investigación, se evaluaron 55 parcelas permanentes, el mejor modelo obtenido explica la variable de productividad un total de 9 variables independientes, de las cuales 1 es climática, 1 es fisiográfica y 7 son de suelo. Los valores del análisis de regresión por pasos se observa en el Cuadro 34A.

Para la productividad, el modelo generado presentó un R^2 de 0.757

$$P = 0.185 - 0.737 (DH50) + 0.110 (Limo\ 2) + 0.074 (Cu22) - 0.083 (Mn1) + 19.752 (NT1) - 0.029 (MO12)$$

En donde:

Df50 = déficit hídrico, menor de 50 mm, en número de meses.

Limo2 = limo, en porcentaje, en la profundidad de 20 – 40 cm.

Cu22 = cobre, partes por millón, al cuadrado en profundidad de 0 – 20 cm.

Mn1 = manganeso, partes por millón, en la profundidad de 0 – 20 cm.

NT 1 = nitrógeno total, en porcentaje, en la profundidad de 0 - 20 cm.

MO12 = materia orgánica, en porcentaje, al cuadrado en la profundidad de 0 - 20 cm.

2.7. Conclusiones

2.7.1 Crecimiento y productividad

En el análisis de crecimiento y productividad de las plantaciones de *Pinus caribaea*, establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales, se establecieron tres clases de crecimiento, expresadas en: incremento medio anual en altura total y tres clases de productividad, expresadas en incremento medio anual del volumen total, en 55 parcelas establecidas a nivel nacional.

Para el presente estudio se encontró que el 13.73% de las parcelas se encuentran en crecimientos bajos, con incrementos medios anuales promedio de: incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 0.97 cm./año, incremento medio anual en altura total de 0.51 m/año, incremento medio anual en área basal de 0.34 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 0.64 m³/ha/año.

El 69.09% de las parcelas están dentro de la clase de crecimiento medio, con incrementos medios anuales promedio de incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 1.91 cm./año, incremento medio anual en altura total de 1.02 m/año, incremento medio anual en área basal de 1.44 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 4.20 m³/ha/año.

El 18.18% de las parcelas, se encuentran dentro de la clase de crecimiento alto, con incrementos medios anuales promedio de incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 2.41 cm./año, incremento medio anual en altura total de 1.40 m/año, incremento medio anual en área basal de 2.28 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 8.77 m³/ha/año.

En las cuatro regiones del Instituto Nacional de Bosques donde ha sido plantado el *Pinus caribaea*, se encuentra distribuidas las tres clases de crecimiento, establecidas en el presente estudio, de la siguiente manera: En la región II fueron estudiadas 21 parcelas de las cuales: el 9.53% con crecimiento bajo, 76.19% con crecimiento medio y 14.28% con crecimiento alto. En la región III, se estudiaron 10 parcelas, el 20% es de crecimiento bajo y el 80% de crecimiento medio. En la región VIII, se muestrearon 22 parcelas permanentes, el 13.64% es de crecimiento bajo, 63.64% de crecimiento medio y 22.72% de crecimiento alto. En la región IX, se muestrearon 2 parcelas, el 100% es de crecimiento alto.

En la productividad, existe un 10.91% de parcelas que pertenecen a la clase de productividad baja, con incrementos medios anuales promedio de: incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 0.90 cm./año, incremento medio anual en altura total de 0.52 m/año, incremento medio anual en área basal de 0.25 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 0.25 m³/ha/año.

En la clase de productividad media se encuentra el 76.36% del total de las parcelas, con incrementos medios anuales promedio de incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 1.92 cm./año, incremento medio anual en altura total de 1.04 m/año, incremento medio anual en área basal de 1.41 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 4.17 m³/ha/año.

El 12.73% de las parcelas corresponde a la clase de productividad alta, con incrementos medio anuales promedio de incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho de 2.49 cm./año, incremento medio anual en altura total de 1.39 m/año, incremento medio

anual en área basal de 2.78 m²/ha/año, incremento medio anual en volumen total de 10.73 m³/ha/año.

En las cuatro regiones del Instituto Nacional de Bosques donde ha sido plantado *Pinus caribaea*, existe las tres clases de productividad, de la siguiente manera: En la región II, se estudiaron 21 parcelas de las cuales el 4.76% con productividad baja, 76.19% con productividad media y 19.05% con productividad alta. Para la región III, se muestrearon 10 parcelas de las cuales el 20% es de productividad baja y el 80% de productividad media. En la región VIII, se estudiaron 22 parcelas de las cuales el 13.64% es de productividad baja, 72.73% de productividad media y 13.63% de las parcelas se encuentran dentro de la clase de productividad alta. En la región IX, se muestrearon 2 parcelas, el 100% está dentro de la productividad media.

2.7.2 Variables de sitio que tienen relación con el crecimiento y la productividad

Después de la evaluación realizada en las variables fisiográficas consideradas para el presente estudio, las plantaciones que presentan los mejores resultados en crecimiento y productividad están en el rango de 200 a 740 metros sobre el nivel del mar, con una pedregosidad superficial entre 1 a 10% y con pendientes que no excedan el 45%.

La variable aspecto y/o exposición de la parcela, no presentan influencia significativa sobre el crecimiento y productividad de la especie, aunque los mejores sitios tienen lugar cuando ésta es plana y pendiente media.

Dentro de las condiciones climáticas, la especie está siendo plantada en lugares con una temperatura entre 19 y 27 grados Celsius, los sitios que arrojan crecimiento y productividad alta se encuentran entre 21 y 25 grados Celsius y una precipitación promedio anual entre 1,620 y 4,000 mm.

Las condiciones de suelo en las cuales *Pinus caribaea* presenta los mejores sitios para el crecimiento, son: pH entre 4.50 a 6.7, capacidad de intercambio catiónico menor de 50 meq/100 g, hasta 40% de limo, de 0 a 1% de nitrógeno total, menos de 20 meq/100 g de cobre y menos de 2 partes por millón de calcio.

Para el presente estudio el *Pinus caribaea* presenta buena productividad, en las siguientes condiciones de suelo: calcio menor de 18 meq/100g, acidez intercambiable menor al 16%, hierro entre 0.01 y 2 partes por millón, una cantidad de limo menor al 30%, cobre entre 0.01 y 2 partes por millón, manganeso menor a 30 partes por millón, nitrógeno total menor a 1% y una cantidad de materia orgánica menor al 10%. Y dentro de las bases intercambiables; calcio menor a 50 meq/100g.

2.7.3 Modelos de predicción para el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea*

Los modelos generados para predecir el crecimiento y productividad de *Pinus caribaea*, en la República de Guatemala, presentan valores de r^2 : 0.535, 0.643, 0.877 y 0.757, valores considerados como valores altos o significativos, por tal motivo pueden ser aplicados para hacer estimaciones, aunque los resultados con un margen de error del 30 % al 47% aproximadamente.

El mejor modelo encontrado para predecir el crecimiento, sin tomar en cuenta la acidez extraíble es $IMAHTOT = 1.654 + 0.14 (CIC1) + 0.15 (Limo\ 2) - 0.263(pH\ 1) + 0.703 (NT\ 1)$, con un R^2 igual a 0.535.

El mejor modelo encontrado para predecir el crecimiento, es $IMAHTOT = 1.560 - 0.435 (DH50) + 0.79 (DH502) - 0.35 (Ca122) - 0.184 (Cu2)$, con un R^2 igual a 0.643.

El mejor modelo encontrado para predecir la productividad, es $IMAVOLTOT = 16.453 - 6.332 (DH50) - 0.452 (CIC2) + 1.074 (DH502) - 0.520 (Ca13) + 0.507 (Ca2) + 0.113 (Al+H2) - 0.001 (Fe12)$, con un R^2 igual a 0.877.

El mejor modelo encontrado para predecir la productividad, sin tomar en cuenta la acidez extraíble es $IMAVOLTOT = 0.185 - 0.737 (DH50) + 0.110 (Limo\ 2) + 0.074 (Cu22) - 0.083 (Mn1) + 19.752 (NT1) - 0.029 (MO12)$, con un R^2 igual a 0.757.

2.8 Recomendaciones

Se recomienda tomar en cuenta las siguientes características del sitio: altitud en un rango de 200 a 740 metros sobre el nivel del mar, con una pedregosidad superficial entre 1 a 10% y con pendientes que no excedan el 45%, temperatura que oscile entre 21 y 25 grados Celsius y una precipitación promedio anual mayor de 1650 mm.

Dentro de las variables de suelo, se recomiendan los siguientes niveles críticos: pH menor de 6.4; contenido de zinc menor a 5.5 partes por millón, una capacidad de intercambio catiónico menor de 50 meq/100 g, cantidad de potasio menor a 1 meq/100 g, materia orgánica menor a 20 %, nitrógeno total no mayor al 1%, suelos de textura con contenido de limo menor a 40%, cantidad de fósforo menor a 10.5 partes por millón, cantidad de calcio de 62 partes por millón, acidez intercambiable menor al 27%, cantidad de sodio menor al 0.43 meq/100 g.

Se recomienda utilizar los modelos indirectos generados para predecir el crecimiento y productividad (tomando en cuenta la variable de acidez intercambiable) para *Pinus caribaea*, aunque el modelo de crecimiento presenta un R^2 de 0.535, el margen de error puede ser hasta de 47% y no así para el modelo generado para productividad (sin tomar en cuenta la variable de acidez intercambiable), ya que el valor de R^2 es de 0.877 el error puede ser de 12.3%. Por lo tanto se recomienda la validación de los modelos generados.

Se recomienda realizar este tipo de investigación en todas las subregiones del Instituto Nacional de Bosques, donde se cultive *Pinus caribaea*, con el fin de establecer modelos de crecimiento y productividad por cada una de las regiones y así ser validados para cada subregión.

Para cumplir con uno de los objetivos del programa de Incentivos Forestales y de los productores, debe considerarse el manejo silvicultural oportuno para que estas plantaciones en un futuro puedan aumentar la productividad y con esto tener un bosque económicamente rentable.

2.9 Bibliografía

1. Alvarado Jerónimo, WV. 2004. Factores edáficos y fisiográficos que afectan el crecimiento inicial de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en plantaciones establecidas dentro del programa de incentivos forestales en las Verapaces. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 134 p.
2. Álvarez Cajas, VM; González Ramírez, BH. Modelación de regresión: programa permanente de capacitación en estadística aplicada. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática. 34 p.
3. CATIE, CR. 2003. Árboles de Centro América: un manual para extensionistas. Costa Rica. 1 CD.
4. Contreras R, JF. 1987. Estudio del crecimiento y rendimiento del *Pinus caribaea* Morelet en Machaquilá, Poptún, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 96 p.
5. Daniel, PW; Helms, UE; Baker, FS. 1982. Principios de silvicultura. 2 ed. México, McGraw-Hill. 4191 p.
6. Escobedo López, M. 1995. Índices de sitio para *Pinus pseudostrobus* Lindl, en los departamentos de Chimaltenango y Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
7. Ferreira, O. 1995. Manual de ordenación de bosques. Siguatepeque, Honduras, s.e. 128 p.
8. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2005. Base de datos del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-, Unidad de Fomento y Desarrollo Forestal (copia electrónica). Guatemala. Consultado feb 2006. (Base de datos).
9. _____. 2005. Programa de incentivos forestales (en línea). Guatemala. Consultado 16 mar 2006. Disponible en <http://www.inab.gob.gt>
10. Marín Roma, JP. 2002. Generación de curvas parciales de índice de sitio para plantaciones de *Pinus caribaea* var. hondurensis, en tres localidades de la república de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 39 p.
11. Ortega Baldizón, H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. hondurensis en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis MSc. Costa Rica, CATIE. 110 p.
12. Paiz Schwartz, G. 1998. Estudio de crecimiento de tres especies de pino (*Pinus* spp.) en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.

13. Rojas, F; Ortiz, E. 1991. Pino caribe, *Pinus caribaea* Morelet var. hondurensis (Barret y Golfari), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 60 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 175).
14. Ugalde Arias, L. 2001. 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-SILV. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p.
15. _____. 2002. Sistema MIRASILV versión 2.8. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1 CD.
16. Vaides López, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y la productividad de teca (*Tectona grandis* L.F.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p.
17. Vásquez, W; Ugalde, LA. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Costa Rica, CATIE. 33 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 256).
18. Young, RA. 1991. Introducción a las ciencias forestales. México, Limusa. 632 p.

2.10 Apéndice

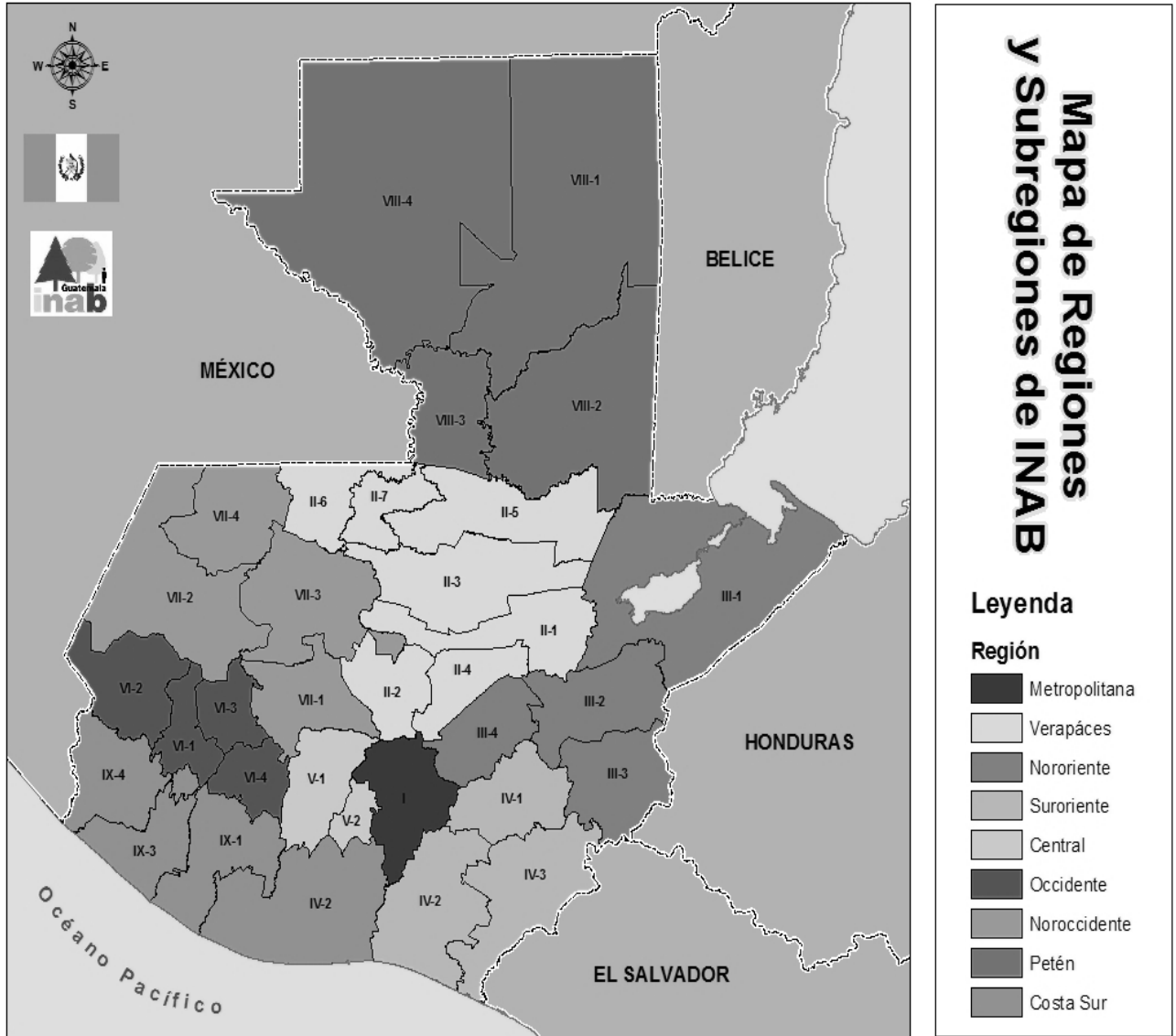


Figura 43A. Mapa de regiones y subregiones del Instituto Nacional de Bosques –INAB-.

Tomando en cuenta que el presente estudio se encuentra distribuido en cuatro regiones de Guatemala, a continuación se presenta el nombre, ubicación, subregión, por clase de crecimiento:

Cuadro 39A. Nombre de las fincas, región II (Las Verapaces), por clases de crecimiento.

Subregión	Finca	Municipio	Departamento	IMAHTOTAL (m/año)	Clase de crecimiento
II-3	Chimelb	Lanquin	Alta Verapaz	0.6	Bajo
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	0.7	Bajo
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	0.8	Medio
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	0.8	Medio
II-1	Sepamac	Senahu	Alta Verapaz	0.8	Medio
II-1	Sepamac	Senahu	Alta Verapaz	0.8	Medio
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	0.9	Medio
II-3	Chimelb	Lanquin	Alta Verapaz	1.0	Medio
II-3	Santa Rita	Lanquin	Alta Verapaz	1.0	Medio
II-3	Ucula	Coban	Alta Verapaz	1.1	Medio
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	1.1	Medio
II-3	Setzac	Lanquin	Alta Verapaz	1.1	Medio
II-3	Setzac	Lanquin	Alta Verapaz	1.1	Medio
II-5	Candelaria	Chisec	Alta Verapaz	1.2	Medio
II-5	Candelaria	Chisec	Alta Verapaz	1.2	Medio
II-3	Canguinic	Coban	Alta Verapaz	1.2	Medio
II-3	Canguinic	Coban	Alta Verapaz	1.2	Medio
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	1.2	Medio
II-3	Ucula	Coban	Alta Verapaz	1.3	Alto
II-3	Santa Rita	Lanquin	Alta Verapaz	1.3	Alto
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	1.6	Alto

Cuadro 40A. Nombre de las fincas, región III, por clases de crecimiento.

Region-sitio	Finca	Municipio	Repto.	IMAHTOTAL (m/año)	Clase de crecimiento
III-2	El Carmen	Gualan	Zacapa	0.3	Bajo
III-2	El Carmen	Gualan	Zacapa	0.4	Bajo
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	0.8	Medio
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	0.9	Medio
III-1	Los Irayoles	Los Amates	Izabal	0.9	Medio
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	1.0	Medio
III-2	Ferroalco	Gualan	Zacapa	1.0	Medio
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	1.1	Medio
III-2	Ferroalco	Gualan	Zacapa	1.1	Medio
III-1	Los Irayoles	Los Amates	Izabal	1.1	Medio

Cuadro 41A. Nombre de las fincas, región VIII, por clases de crecimiento.

Region-sitio	Finca	Municipio	Depto.	IMAHTOTAL (m/año)	Clase de crecimiento
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.5	Bajo
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.5	Bajo
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.6	Bajo
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.9	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.9	Medio
VIII-2	Machaquila	Poptun	Peten	0.9	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	1.0	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	1.0	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	1.0	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	1.0	Medio
VIII-2	Machaquila	Poptun	Peten	1.0	Medio
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	1.1	Medio
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	1.1	Medio
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	1.1	Medio
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	1.1	Medio
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	1.2	Medio
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	1.2	Medio
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	1.3	Alto
VIII-2	Santa Izabel	San Luis Peten	Peten	1.3	Alto
VIII-2	Santa Izabel	San Luis Peten	Peten	1.4	Alto
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	1.5	Alto
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	1.5	Alto

Cuadro 42A. Nombre de las fincas, región IX, por clases de crecimiento.

Region-sitio	Finca	Municipio	Depto.	IMAHTOTAL (m/año)	Clase de crecimiento
IX-2	Pantaleon	Siquinala	Escuintla	1.4	Alto
IX-2	Pantaleon	Siquinala	Escuintla	1.4	Alto

Tomando en cuenta que el presente estudio se encuentra distribuido en cuatro regiones de Guatemala, el análisis por región se presenta a continuación junto al nombre, ubicación, subregión, por clase de productividad:

Cuadro 43A. Nombre de las fincas, región II (Las Verapaces), por clases de productividad.

Region-sitio	Finca	Municipio	Depto.	IMA VOL. TOTAL m³/ha/año	Clase de Productividad
II-1	Sepamac	Senahu	Alta Verapaz	0.4	Baja
II-1	Sepamac	Senahu	Alta Verapaz	0.5	Media
II-3	Chimelb	Lanquin	Alta Verapaz	0.8	Media
II-3	Santa Rita	Lanquin	Alta Verapaz	2.0	Media
II-3	Chimelb	Lanquin	Alta Verapaz	2.4	Media
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	2.6	Media
II-3	Canguinic	Coban	Alta Verapaz	2.9	Media
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	3.2	Media
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	3.7	Media
II-3	Chajmacan	Coban	Alta Verapaz	4.1	Media
II-3	Canguinic	Coban	Alta Verapaz	4.6	Media
II-3	Setzac	Lanquin	Alta Verapaz	4.7	Media

II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	4.8	Media
II-3	Santa Rita	Lanquin	Alta Verapaz	4.8	Media
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	5.5	Media
II-3	Setzac	Lanquin	Alta Verapaz	7.6	Media
II-3	Ucula	Coban	Alta Verapaz	9.8	Media
II-5	Candelaria	Chisec	Alta Verapaz	10.4	Alta
II-3	Ucula	Coban	Alta Verapaz	10.5	Alta
II-5	Candelaria	Chisec	Alta Verapaz	11.0	Alta
II-3	Chitzubil	Lanquin	Alta Verapaz	11.1	Alta

Cuadro 44A. Nombre de las fincas, región III, por clases de productividad.

<i>Region-sitio</i>	<i>Finca</i>	<i>Municipio</i>	<i>Depto.</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m³/ha/año</i>	<i>Clase de productividad</i>
III-2	El Carmen	Gualan	Zacapa	0.2	Baja
III-2	El Carmen	Gualan	Zacapa	0.2	Baja
III-1	Los Irayoles	Los Amates	Izabal	1.3	Media
III-2	Ferroalco	Gualan	Zacapa	2.0	Media
III-1	Los Irayoles	Los Amates	Izabal	3.0	Media
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	3.3	Media
III-2	Ferroalco	Gualan	Zacapa	3.5	Media
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	3.7	Media
III-1	La Cumbre	Morales	Izabal	4.8	Media
IIII-1	La Cumbre	Morales	Izabal	5.2	Media

Cuadro 45A. Nombre de las fincas, región VIII, por clases de productividad.

<i>Region-sitio</i>	<i>Finca</i>	<i>Municipio</i>	<i>Depto.</i>	<i>IMA VOL. TOTAL m³/ha/año</i>	<i>Clase de productividad</i>
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.2	Baja
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.2	Baja
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.3	Baja
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	0.8	Media
VIII-2	Machaquila	Poptun	Peten	2.2	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	2.5	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	2.5	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	2.6	Media
VIII-2	Machaquila	Poptun	Peten	2.8	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	3.2	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	3.2	Media
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	3.5	Media
VIII-1	Nuevo Horizonte	Santa Ana	Peten	3.8	Media
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	6.5	Media
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	6.5	Media
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	7.1	Media
VIII-2	Santa Isabel	San Luis Peten	Peten	8.0	Media
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	8.1	Media
VIII-2	HIFISA	Poptun	Peten	8.4	Media
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	10.0	Alta
VIII-2	Las Camelias	Dolores	Peten	10.4	Alta
VIII-2	Santa Isabel	San Luis Peten	Peten	11.7	Alta

Cuadro 46A. Nombre de las fincas, región IX, por clases de productividad.

Region-sitio	Finca	Municipio	Depto.	IMA VOL. TOTAL m³/ha/año	Clase de productividad
IX-2	Pantaleon	Siquinala	Escuintla	4.2	Media
IX-2	Pantaleon	Siquinala	Escuintla	8.6	Media

Cuadro 47A. Sumario de la selección de variables que explican el crecimiento con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala, para un n = 55.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5.869	0.656		8.941	0.000
	VAR00004	-1.501	0.433	-0.528	-3.464	0.002
2	(Constant)	11.359	1.404		8.091	0.000
	VAR00004	-2.195	0.386	-0.772	-5.691	0.000
	VAR00032	-.288	0.068	-0.573	-4.221	0.000
3	(Constant)	13.395	1.276		10.495	0.000
	VAR00004	-5.176	0.837	-1.822	-6.181	0.000
	VAR00032	-0.358	0.059	-0.712	-6.034	0.000
	VAR00005	0.900	0.234	1.072	3.850	0.001
4	(Constant)	14.757	1.205		12.245	0.000
	VAR00004	-5.780	0.761	-2.034	-7.590	0.000
	VAR00032	-0.329	0.053	-0.653	-6.198	0.000
	VAR00005	0.946	0.206	1.128	4.596	0.000
	VAR00034	-0.260	0.084	-0.339	-3.090	0.004
5	(Constant)	15.483	1.115		13.884	0.000
	VAR00004	-5.922	0.687	-2.085	-8.625	0.000
	VAR00032	-0.380	0.051	-0.756	-7.425	0.000
	VAR00005	0.977	0.185	1.164	5.269	0.000
	VAR00034	-0.495	0.114	-0.646	-4.345	0.000
	VAR00014	0.415	0.150	0.414	2.762	0.010
6	(Constant)	15.409	1.046		14.738	0.000
	VAR00004	-5.862	0.644	-2.063	-9.102	0.000
	VAR00032	-0.440	0.055	-0.874	-7.972	0.000
	VAR00005	0.992	0.174	1.182	5.705	0.000
	VAR00034	-0.473	0.107	-0.617	-4.404	0.000
	VAR00014	0.498	0.146	0.496	3.414	0.002
	VAR00058	0.115	0.053	0.201	2.179	0.039
7	(Constant)	16.453	1.083		15.193	0.000
	VAR00004	-6.332	0.637	-2.229	-9.941	0.000
	VAR00032	-0.452	0.052	-0.899	-8.742	0.000
	VAR00005	1.074	0.166	1.280	6.457	0.000
	VAR00034	-0.520	0.102	-0.679	-5.081	0.000
	VAR00014	0.507	0.136	0.506	3.728	0.001
	VAR00058	0.113	0.049	0.196	2.283	0.031
VAR00025	-0.001	0.000	-0.169	-2.214	0.036	

a Dependent Variable: VAR00001

Cuadro 48A. Sumario de la selección de variables que explican la productividad con acidez, con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala, para un n = 55.

<i>Model</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
1	(Constant)	5.869	0.656		8.941	0.000
	VAR00004	-1.501	0.433	-0.528	-3.464	0.002
2	(Constant)	11.359	1.404		8.091	0.000
	VAR00004	-2.195	0.386	-0.772	-5.691	0.000
	VAR00032	-0.288	0.068	-0.573	-4.221	0.000
3	(Constant)	13.395	1.276		10.495	0.000
	VAR00004	-5.176	0.837	-1.822	-6.181	0.000
	VAR00032	-0.358	0.059	-0.712	-6.034	0.000
	VAR00005	0.900	0.234	1.072	3.850	0.001
4	(Constant)	14.757	1.205		12.245	0.000
	VAR00004	-5.780	0.761	-2.034	-7.590	0.000
	VAR00032	-0.329	0.053	-0.653	-6.198	0.000
	VAR00005	0.946	0.206	1.128	4.596	0.000
	VAR00034	-0.260	0.084	-0.339	-3.090	0.004
5	(Constant)	15.483	1.115		13.884	0.000
	VAR00004	-5.922	0.687	-2.085	-8.625	0.000
	VAR00032	-0.380	0.051	-0.756	-7.425	0.000
	VAR00005	0.977	0.185	1.164	5.269	0.000
	VAR00034	-0.495	0.114	-0.646	-4.345	0.000
	VAR00014	0.415	0.150	0.414	2.762	0.010
6	(Constant)	15.409	1.046		14.738	0.000
	VAR00004	-5.862	0.644	-2.063	-9.102	0.000
	VAR00032	-0.440	0.055	-0.874	-7.972	0.000
	VAR00005	0.992	0.174	1.182	5.705	0.000
	VAR00034	-0.473	0.107	-0.617	-4.404	0.000
	VAR00014	0.498	0.146	0.496	3.414	0.002
	VAR00058	0.115	0.053	0.201	2.179	0.039
7	(Constant)	16.453	1.083		15.193	0.000
	VAR00004	-6.332	0.637	-2.229	-9.941	0.000
	VAR00032	-0.452	0.052	-0.899	-8.742	0.000
	VAR00005	1.074	0.166	1.280	6.457	0.000
	VAR00034	-0.520	0.102	-0.679	-5.081	0.000
	VAR00014	0.507	0.136	0.506	3.728	0.001
	VAR00058	0.113	0.049	0.196	2.283	0.031
	VAR00025	-0.001	0.000	-0.169	-2.214	0.036

a Dependent Variable: VAR00001

Cuadro 49A. Sumario de la selección de variables que explican la productividad sin acidez intercambiable, con el procedimiento STEPWISE, de SPSS, evaluadas en plantaciones de *Pinus caribaea* en Guatemala, para un n = 55.

<i>Model</i>		<i>Unstandardized Coefficients</i>		<i>Standardized Coefficients</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>		
1	(Constant)	5.735	0.560		10.232	0.000
	VAR00063	-1.226	0.323	-0.492	-3.794	0.000
2	(Constant)	3.756	0.818		4.591	0.000
	VAR00063	-1.270	0.296	-0.510	-4.286	0.000
	VAR00111	0.128	0.041	0.369	3.104	0.003
3	(Constant)	2.785	0.826		3.372	0.002
	VAR00063	-1.089	0.281	-0.437	-3.880	0.000
	VAR00111	0.130	0.038	0.374	3.404	0.001
	VAR00068	0.050	0.017	0.329	2.920	0.006
4	(Constant)	4.444	0.829		5.360	0.000
	VAR00063	-1.256	0.246	-0.505	-5.099	0.000
	VAR00111	0.120	0.033	0.346	3.634	0.001
	VAR00068	0.077	0.016	0.508	4.728	0.000
	VAR00085	-0.079	0.020	-0.428	-3.939	0.000
5	(Constant)	1.714	1.098		1.562	0.126
	VAR00063	-0.883	0.247	-0.355	-3.578	0.001
	VAR00111	0.133	0.030	0.384	4.457	0.000
	VAR00068	0.085	0.015	0.559	5.741	0.000
	VAR00085	-0.080	0.018	-0.437	-4.487	0.000
	VAR00105	6.895	2.042	0.326	3.376	0.002
6	(Constant)	0.185	1.129		0.164	0.870
	VAR00063	-0.737	0.231	-0.296	-3.189	0.003
	VAR00111	0.110	0.028	0.318	3.882	0.000
	VAR00068	0.074	0.014	0.487	5.263	0.000
	VAR00085	-0.083	0.016	-0.450	-5.042	0.000
	VAR00105	19.752	4.707	0.934	4.196	0.000
	VAR00102	-0.029	0.010	-0.649	-2.977	0.005

a Dependent Variable: VAR00060

CAPITULO III

SERVICIOS

**DESARROLLADOS EN LA SUBREGION II-3 COBÁN, DEL INSTITUTO NACIONAL DE
BOSQUES -INAB-**

3.1 Presentación

El Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es un programa académico que tiene una duración de diez meses en el que el estudiante pone a disposición de la institución cooperante los conocimientos y destrezas adquiridos, a través de una serie de servicios que ayuden a desarrollar el trabajo de la institución.

En este caso la institución cooperante es el Instituto Nacional de Bosques –INAB- que es el ente responsable del manejo del recurso bosque en Guatemala, dicha institución se encuentra dividida en nueve regiones a nivel nacional y a su vez en sub-regiones. En el presente documento se describen los servicios prestados en la sub-región II-3, en el período comprendido de febrero a noviembre.

Se plantearon como servicios: el apoyo técnico en la sub-región II-3, sub-región que comprende los municipios de: Cobán, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Lanquín, Santa María Cahabón. Las actividades técnicas propuestas para el desarrollo de los servicios consistieron en la evaluación de proyectos forestales dentro del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-, evaluación de depósitos de madera y evaluación de aprovechamientos forestales.

Además con el propósito de conocer y dar seguimiento al proyecto: “Implementación de una Red de Monitoreo y Evaluación de Plantaciones Forestales y Bosques Naturales Beneficiarios del Programa de Incentivos Forestales, -PINFOR-“(5), se realizó el establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes en plantaciones con la especie *Pinus caribaea*, en la sub-región II-3.

3.2 Objetivos

- Apoyar las actividades realizadas por los técnicos forestales de la sub-región II-3 del INAB.
- Establecer parcelas permanentes en las plantaciones ubicadas dentro de la sub-región II-3, con la especie *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet.
- Monitorear las parcelas permanentes establecidas en los años 2004 y 2005, en la sub-región II-3.

3.3 Metodología

3.3.1 Apoyo en actividades técnicas en la sub-región II-3, INAB.

3.3.1.1 Monitoreo y evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales. –PINFOR-

El Estado otorga incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques, INAB, en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales. (3). Los incentivos forestales son entregados mediante la emisión de Certificados de Inversión Forestal, para la entrega de dichos certificados se realiza el monitoreo y evaluación de los proyectos del programa de incentivos forestales, PINFOR.

El monitoreo y evaluación de los proyectos esta a cargo del personal técnico de INAB, en los meses de enero a julio. Existen parámetros técnicos para la evaluación del cumplimiento de las actividades planificadas en los planes de manejo forestal de las plantaciones, dentro de estos parámetros se encuentran: (4):

a) **Área:** El área evaluada en el campo deberá ser el 100% del área propuesta en el plan de manejo forestal de plantación. Sí, como resultado de la evaluación el área real del proyecto es menor que la contemplada en el plan, entonces el incentivo se otorgará solamente para el área plantada y que cumpla con los otros parámetros a evaluar.

b) **Supervivencia:** es la cantidad de plantas que llegan con vida al final de cada año, tomando como punto inicial la fecha de plantación; se acepta como índices mínimos certificables los siguientes:

b.1) Al final del primer año: 85% de la densidad inicial

b.2) Al final del segundo año: 80% de la densidad inicial

b.3) Al final del tercer año: 75% de la densidad inicial

b.4) Al final del cuarto año: 75% de la densidad inicial

c) **Fitosanidad:** se refiere a la cantidad de plantas vivas por unidad de área, expresada en porcentaje, que se encuentra libre de daños irreversibles por plagas y enfermedades. El límite mínimo certificable de plantas sanas por hectárea será del 75% de la densidad inicial. La densidad mínima inicial para proyectos de plantación será de 1,111 árboles por hectárea.

d) **Medidas de protección contra incendios:** se refiere al establecimiento de medidas de protección tendientes a prevenir daños causados por incendios forestales (brechas y rondas contra fuegos).

e) **Labores culturales:** se refiere a la ejecución de las actividades de limpieza de la plantación para eliminar la competencia por luz, humedad, nutrientes y espacio ocasionada por malezas a la plantación.

f) **Medidas silviculturales:** se evalúan las medidas silviculturales propuestas en el plan de manejo forestal de plantación, las cuales deberán estar realizadas en un 100% según lo planificado.

3.3.1.2 Fiscalización de depósitos de madera

El personal técnico del INAB fiscaliza los aserraderos y depósitos de madera. Con el fin de cuantificar, cualificar y verificar la procedencia lícita de los productos forestales. (3)

Para llevar a cabo esta actividad se realizan inspecciones periódicas a las instalaciones de la industria para constatar la información presentada.

En la fiscalización se solicita al propietario, administrador o encargado en funciones los libros de control de ingresos y egresos, la documentación legal que acredita los productos forestales adquiridos y se estima la volumetría en patio (3).

Levantando en el lugar un acta administrativa no notarial donde se hace constar lo actuado. Dejando una copia de este documento. De encontrarse anomalías deben ser consideradas según lo indica la ley forestal.

3.3.1.3 Evaluación de aprovechamientos forestales

Para que el INAB otorgue una licencia de aprovechamiento sostenible de un bosque es necesario que el propietario presente un plan de manejo, este es un programa de acciones desarrolladas técnicamente, que conducen a la ordenación silvicultural de un bosque, con valor de mercado o no, asegurando la conservación, mejoramiento y acrecentamiento de los recursos forestales. (3).

El Plan de Manejo aprobado por el INAB, es un instrumento fundamental en el monitoreo del aprovechamiento y de las técnicas silviculturales aplicadas a la masa forestal.

Antes de otorgar la licencia forestal debe realizarse una evaluación en campo de los datos presentados en el plan de manejo, como:

- a) Descripción biofísica de la propiedad.
- b) La superficie con bosque.
- c) Tipo y clase de bosque.
- d) Área a intervenir.
- e) Áreas de protección.
- f) El volumen a extraer.
- g) El sistema de corta.
- h) La recuperación de la masa forestal. Extensión y método de regeneración.
- i) Las medidas de prevención contra incendios forestales; y
- j) El tiempo de ejecución.

3.3.2 Establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes monitoreo

En el INAB, para el establecimiento de parcelas permanentes es utilizada la metodología Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos componente de Silvicultura, MiraSilv, (1, 2) la cual es descrita brevemente a continuación:

3.3.2.1 Tamaño: El tamaño de parcelas se expresa normalmente en términos de un número de árboles o en base a una superficie de área en metros cuadrados, o en metros lineales en el caso de cercas vivas, árboles en líneas o en linderos. En el caso de un número de árboles, con un espaciamiento regular se puede calcular la superficie de la parcela.

El tamaño apropiado de una parcela, ésta en base al número de árboles o una superficie y esta varía dependiendo de los objetivos de la investigación o del producto final. En este caso fueron utilizadas parcelas con dimensiones de 500 a 1,000 metros cuadrados.

3.3.2.2 Forma: En el caso de parcelas permanentes en plantaciones con espaciamientos regulares, es común utilizar parcelas rectangulares o cuadradas. Estas facilitan la ubicación, la demarcación permanente y el sentido de medición de los árboles en mediciones consecutivas a largo plazo.

3.3.2.3 Ubicación e instalación de parcelas: Las parcelas deben ser establecidas dentro de los estratos seleccionados, considerando aspectos como: condiciones de sitio, topografía, suelos, pedregosidad, uso anterior del sitio, métodos de preparación del terreno, mantenimiento y material vegetativo. Todos estos factores pueden influir y/o modificar el crecimiento de una especie en un determinado estrato de la plantación. Es importante poder cubrir las diferentes condiciones de sitio y crecimiento dentro de la plantación.

3.3.2.4 Demarcación y Señalamiento de Parcelas: Las parcelas deben marcarse en el terreno de manera que, se puedan reubicar en el futuro por personas o técnicos diferentes a los que las establecieron originalmente, con el fin de facilitar y asegurar las mediciones futuras sin errores. Para tal efecto, se recomienda delimitar las esquinas de las parcelas con postes de concreto o tubos plásticos enterrados, dejando al menos un metro afuera de la superficie del suelo. En caso de no contar con postes, se pueden hacer zanjas en el suelo en las esquinas, éstas pueden ser de un metro de largo a cada lado de la esquina, con un ancho de 15 a 20 cm y de unos 25 a 30 cm de profundidad. Además, marcando

con cinta plástica, pintura o placas metálicas, los tres árboles del borde de cada esquina, facilita la reubicación y medición de los árboles en mediciones futuras.

3.3.2.5 Mantenimiento: Especialmente cuando las parcelas se establecen en plantaciones jóvenes se recomienda hacer limpiezas y verificar que las señas de ubicación y delimitación sean fáciles de localizar.

3.3.2.6 Variables a medir: Las principales variables a medir son diámetro, altura total y sobrevivencia. En el formulario de Árboles en Pie se tienen códigos definidos para clasificar la forma de los árboles individuales. Sí se desea elaborar modelos de índice de sitio, se debe medir la altura dominante de los árboles más altos de la parcela; la altura promedio en una proporción de 100 árboles por hectárea.

3.3.2.7 Medición de árboles: Todos los árboles originales ó que deberían haber sido plantados en la parcela de medición, deben ser medidos y enumerados en forma secuencial del uno hasta el último árbol de la parcela. Los árboles que por un error no se plantaron, se cortaron o que fueron raleados se consideran como árboles muertos y deben tener el código de -99. Los árboles que por alguna razón no se midieron, (árboles quebrados, muy delgados que no ameritan medir el diámetro, etc.), pero que están vivos deben tener el código -88, en una futura medición, cuando se considere apropiado, estos árboles pueden ser medidos.

Antes de iniciar la medición de los árboles, se debe hacer el croquis de la parcela en el formulario correspondiente, incluyendo señas o indicaciones que permitan la reubicación de la parcela y la numeración de los árboles. De manera que, en todas las mediciones los árboles tendrán el mismo número en el formulario. Se recomienda iniciar en la esquina noreste de la parcela con el árbol número uno y avanzar siguiendo las líneas de la plantación.

Debe tenerse en cuenta que, árboles que en algún momento se les asigna el código -99 (muertos), este código debe permanecer para las futuras mediciones. En el caso de

árboles bifurcados, los formularios de MIRA permiten medir los fustes (ejes) en forma separada dentro de cada árbol.

3.3.2.8 Formularios de medición y códigos de MiraSilv: Para cualquier tipo de medición se deben llenar, una sola vez, los tres formularios descriptivos: el formulario de Descripción de Sitio, Descripción de Experimento, Descripción de Parcela para cada una de las parcelas que forman el experimento y la Descripción de cada Medición.

Para las mediciones silviculturales existe el formulario: a) Crecimiento de Árboles en Pie. En el que se ingresan los datos: número de árbol, número de ejes por árbol, diámetro de cada árbol a la altura del pecho –dap- (en mm), altura de cada árbol (en dm), el ó los códigos de forma que se hayan identificado en cada árbol y por último el código de sanidad.

Códigos utilizados en el sistema MiraSilv:

Código de país (CoPais): el código correspondiente para Guatemala, es GT.

Código de Proyecto (CoProy): el código del proyecto corresponde al código de la región y subregión del INAB, en este caso I32.

Código de Experimento (CoExp): el número que ha sido designado a cada finca dentro del programa.

Código de Lote: un lote es un grupo de parcelas establecidas en una misma fecha y en un área similar dentro de una finca, en una finca pueden existir más de un lote. Este se numera de 1 en adelante.

Código de Región y Sitio (NsSitio): corresponde al código del proyecto más el número correspondiente a la finca.

Código de Especies (CoEspec): para la especie *Pinus caribaea* variedad hondurensis se utiliza el código PINUCH.

3.4 Resultados de los servicios ejecutados

3.4.1 Apoyo en actividades realizadas por los técnicos forestales

3.4.1.1 Evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales –PINFOR-

Se acompañó a los técnicos forestales del INAB, encargados de realizar la evaluación en campo a 78 proyectos, ubicados dentro de la sub-región II-3. Los cuales se identifican por municipio en el siguiente cuadro:

Cuadro 50. Resumen de proyectos evaluados.

Actividad	Municipio	Cantidad de proyectos
Inspección de Campo de proyectos de Reforestación.	Cobán, A.V.	38
Inspección de Campo de proyectos de Reforestación.	San Pedro Carchá, A.V.	26
Inspección de Campo de proyectos de Reforestación.	Lanquín, A.V.	10
Inspección de Campo de proyectos de Reforestación.	San Juan Chamelco, A.V.	4
Apoyo en elaboración de dictámenes para pago de proyectos PINFOR.		

En cada uno de los proyectos se procedió a evaluar las variables: área, supervivencia, fitosanidad, medidas de protección contra incendios, labores culturales y medidas silviculturales, como se especifica en la metodología, los resultados son colocados en la libreta de campo para ser utilizados en la elaboración del análisis estadístico realizado por el INAB, (ANEXO) para el dictamen correspondiente, el cual es acreditado por el técnico forestal responsable de la evaluación, así como el sub-director regional.

Para realizar la evaluación respectiva del área, esto quiere decir verificar que el área propuesta en el plan de manejo sea la encontrada en campo, se procede a la medición de la misma con ayuda de un navegador (GPS), con una precisión de cinco metros en promedio. Y luego en gabinete procesado a través del programa MapMaker.

Para la evaluación de las variables de supervivencia y fitosanidad se procede a levantar parcelas temporales de 100 m², según el siguiente cuadro:

Cuadro 51. Número de parcelas según el área plantada.

Área Sembrada (ha)	Número de Parcelas
2	4
4	6
6	8
8	10
10	12
12	14
14	16
16	18
18	20
20 en adelante	30

Fuente: INAB.

En la libreta de campo fueron anotados: el número de parcela, número de plantas vivas y sanidad, de cada uno. Así, como el mantenimiento de las rondas contra incendios y si se realizó la limpia y plateos respectivos. En el caso de las plantaciones mayores de cuatro años y según el sitio, si se ha realizado la poda respectiva. Con el fin de mantener una plantación para producción. Cabe mencionar que existen lugares con muy buenos sitios y puede observarse buen desarrollo en la plantación e incluso necesitar los primeros raleos, y obtener los primeros beneficios de la plantación.

En cada uno de los proyectos también es evaluada la especie encontrada, ya que en algunos casos ha sido necesario resembrar con otra especie o en caso extremo cambiarla por la especie que se adapte mejor al área. Dentro de las especies evaluadas están: *Pinus maximinoi*, especie predominante en el área debido a su grado de adaptabilidad, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Quercus sp.*, *Tectonia grandis*, *Cupressus sp.*, *Cedrella odorata*, Caoba, Palo blanco. (Anexos).

En caso de que el proyecto de reforestación no cumpla con los términos requeridos para su debida aprobación, esto es informado al propietario o representante, para que en un tiempo prudencial esto sea corregido y se proceda a realizar una segunda evaluación y para su respectiva aprobación.

3.4.1.2 Fiscalización de depósitos de madera

Se visitaron seis depósitos de madera, cubicando la madera encontrada en patio y comparando esta información con la encontrada en los libros de registro del respectivo depósito, siendo estos los libros de ingresos y egresos. Luego el técnico responsable procede a levantar el acta respectiva. En caso que se encuentre algún tipo de anomalía el propietario del depósito tiene cinco días hábiles para justificar ante el INAB, su condición actual.

El nombre de los depósitos de madera fiscalizados y su ubicación son presentados en el cuadro 52:

Cuadro 52. Fiscalización de depósitos de madera y municipio en el que se encuentran.

Nombre del deposito de madera	Ubicación
Buena Vista	San Juan Chamelco
Chioya	San Juan Chamelco
Juanito	San Juan Chamelco
Santiago	San Pedro Carchá
Amigo	San Pedro Carchá
Santiago	San Pedro Carchá

Fuente: propia

Los productos encontrados en los depósitos de madera fueron: viga, tabla y tablón. Según los propietarios, estos productos son utilizados a nivel local. En estos depósitos trabajan predominantemente con la especie Pinus.

3.4.1.3 Evaluación de planes de manejo

Previo a realizar en campo la evaluación del plan de manejo debe revisarse los datos presentados en el documento (Plan de manejo) ya que en campo se verificará dicha información, como: mapas de ubicación, vías de acceso, colindancias, delimitación de rodales, número de árboles a extraer, área de compromiso de reforestación, información que es anotada en la libreta de campo para el análisis correspondiente en gabinete. En caso que la información no coincida se informa al regente forestal que realice las respectivas enmiendas. El dictamen es elabora por el técnico forestal responsable de dicha actividad.

Se acompañó a técnicos forestales a cuatro evaluaciones de planes de manejo, siendo estos aprovechamientos en las fincas presentadas en el Cuadro 53:

Cuadro 53. Aprovechamientos forestales evaluados.

Nombre de la Finca	Nombre del propietario	Ubicación
Sacrruhá	-----	Cobán
Sin nombre.	Ignacio Ché	Cobán
Sin nombre	Emiliano Cruz	Cobán
Sin nombre	Pablo Mo	Cobán

Fuente: propia

El regente forestal, quien realiza el plan de manejo presenta un inventario de los árboles a aprovechar. En estos planes de manejo se realizó un censo de los cuales fueron evaluados el 30% del total de los árboles. De estos árboles se tomaron las variables: diámetro a la altura del pecho (dap) en centímetros, altura en metros, y el número de los árboles. En Gabinete son comparados los datos tomados en campo con los datos presentados por el regente, par su aprobación se acepta un margen de error en volumen de hasta cinco metros cúbicos.

El apoyo en las actividades técnicas consiste en la evaluación en campo así como la elaboración de informe en gabinete. Este consta de: datos generales de la finca, evaluación de campo, dictamen técnico. (Anexo)

3.4.2 Establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus caribaea*.

Como resultado de este servicio se establecieron diez parcelas permanentes y se procedió a la remediación de ocho de ellas, en plantaciones que se encuentran vigentes dentro del Programa de Incentivos Forestales, con la especie *Pinus caribaea*. Y que en el año 2005 se registraron dentro de mantenimiento 3 a mantenimiento 5. Los formularios utilizados se presentan en los Anexos.

A continuación se presenta un cuadro de resultados identificando el nombre la finca, el número de parcelas permanentes en el sitio y la actividad realizada.

Cuadro 54. Parcelas permanentes ubicadas en la sub-región II-3.

Nombre de la finca	Ubicación	No. De parcelas	Actividad	Tamaño de cada ppm
Setzac	Lanquín	2	Establecimiento	500m ²
Santa Rita	Lanquín	2	Establecimiento	500m ²
Chitzubil	Lanquín	4	Remediación	500m ² y 1000m ²
Chajmacan	Cobán	3	Remediación	500m ²
Chimelb	Lanquín	2	Establecimiento	500m ²
Chimucuy	Carchá	1	Remediación	500m ²
Uculá	Cobán	2	Establecimiento	500m ²
Canguinic	Cobán	2	Establecimiento	500m ²
Total		18		

Fuente: propia

Las parcelas permanentes son ubicadas geográficamente tomando un punto con GPS, de preferencia éste es ubicado donde se encuentra el árbol uno. A continuación se presenta un mapa con la ubicación de las parcelas evaluadas en el año 2006.

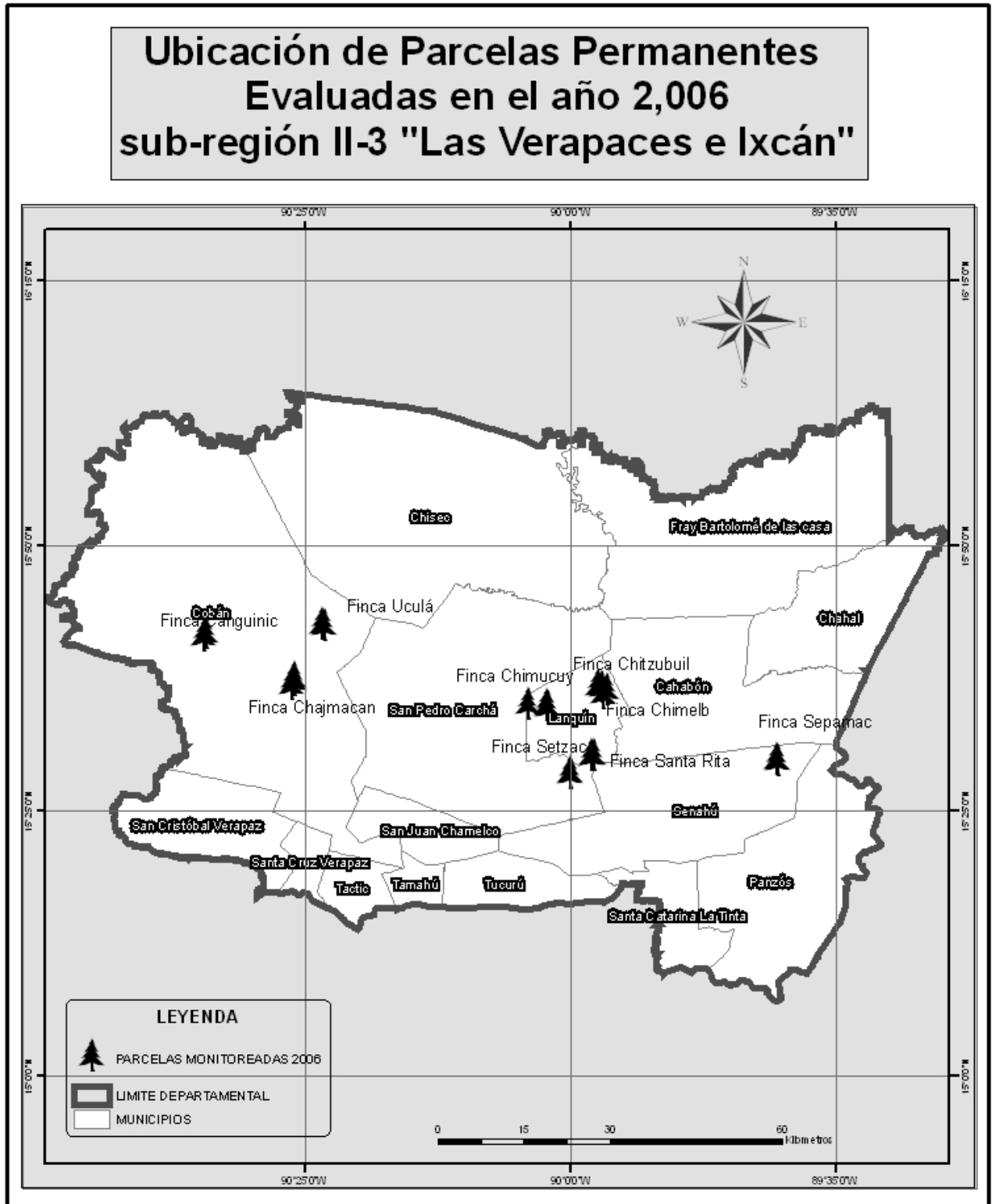


Figura 45 Mapa de Ubicación de parcelas permanentes evaluadas en el año 2006.

La información generada en estas parcelas es almacenada en las boletas de campo y luego digitalizadas a través del programa MIRASILV. Dentro de las variables a detallar se encuentran: edad de la plantación, supervivencia, diámetro a la altura del pecho (dap), altura total promedio, altura dominante, índice de sitio, incremento medio anual (IMA) en dap, incremento medio anual (IMA) en altura total, área basal en altura, volumen por hectárea, incremento medio anual (IMA) volumen. Obteniendo los siguientes resultados:

Las 18 parcelas están distribuidas en 8 proyectos dentro de los municipios de Cobán, Carchá y Lanquín, sub-región II-3. La edad promedio de estas plantaciones es de 5 años, la más joven es la que se encuentra ubicada en la Finca Santa Rita con 3 años y medio y la plantación mayor es la que se encuentra en la Finca Chimucuy con 7 años.

El porcentaje de supervivencia, tomando en cuenta el número de árboles vivos encontrados dentro de la parcelas es de 82%, la plantación con menor porcentaje de supervivencia se encuentra en la Finca Setzac, con 60% y la que tiene el mayor porcentaje se encuentra en la Finca Chajmacan con 96%.

Las variables dap y altura total son necesarias para estimar el volumen que puede obtenerse de una plantación, en este caso son obtenidos por parcelas, de dimensión conocida, (500m² y 1000 m²), para luego ser proyectadas en el resto de la plantación. El dap y altura promedio están entre 10.74 cm y 5.63m respectivamente. La finca Chimelb presenta los menores diámetros y alturas con 6.41cm y 3.17m, en tanto que la Finca Chitzubil tiene 14.38cm y 7.98 m.

El incremento medio anual (IMA), es la cantidad de materia que aumenta en un período de tiempo (un año), en el caso IMA en dap y altura total de estas plantaciones se encuentra en 2.10 cm (dap) y 1.10 m (altura). El área basal en promedio se encuentra en 9.13m²/ha.

3.4.3 Apoyo a otras investigaciones

La investigación es una de las actividades prioritarias realizadas en el Instituto Nacional de Bosques, para la generación de información del sector forestal guatemalteco, es por

eso que como parte de los servicios se presenta el apoyo prestado a las siguientes investigaciones:

- Acompañamiento en investigación de Industrias Forestales en Petén. (EPS Hiram Ordóñez). Sub-región VIII-1.
- Monitoreo de plantaciones a través de parcelas permanentes en plantaciones de *Pinus maximinoi*. En la finca Chirrepec. Sub-región II-3 del INAB. (EPS Paulo Ortiz).
- Establecimiento de parcelas permanentes en plantaciones de palo blanco en Petén. (PPS Alejandra Prera) Sub-región VIII-1.

El apoyo a los investigadores, referidos anteriormente, consistió en el acompañamiento a campo en las diferentes sub-regiones, así como la toma de datos, según la investigación desarrollada.

3.5 Evaluación

Como parte de la evaluación a los servicios prestados dentro de la Subregión II-3, “Las Verapaces e Ixcán”, a continuación se presenta un cuadro resumen, en el que se indican los objetivos formulados para el desarrollo de los servicios, luego se describen los servicios propuestos y por último los logros obtenidos durante un período de diez meses.

Cuadro 55. Evaluación de los servicios prestados.

OBJETIVO	SERVICIO	LOGRO
Apoyar las actividades realizadas por los técnicos forestales de las sub-región II-3 del INAB.	Apoyo en actividades realizadas por los técnicos forestales: Evaluación de plantaciones para la certificación de proyectos del programa de incentivos forestales.	78 proyectos forestales evaluados, de las especies: <i>Pinus maximinoi</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus caribaea</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Tectonia grandis</i> , <i>Cupressus sp.</i> , <i>Cedrella odorata</i> , entre otras.
	Fiscalización de depósitos de madera.	Fiscalización de 6 depósitos de madera, ubicados en San Juan Chamelco y San Pedro Carchá., A.V.
	Evaluación de planes de manejo.	6 planes de manejo evaluados, ubicados en Cobán, A.V.
Establecer parcelas permanentes en las plantaciones ubicadas dentro de las sub-región II-3, con la especie <i>Pinus caribaea</i> .	Establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> .	Establecimiento de 10 parcelas permanentes, ubicadas en Lanquín y Cobán, A.V.

Monitoreo de parcelas permanentes establecida en los años 2004 y 2005, en la sub-región II-3.	Apoyo a otras investigaciones.	Mantenimiento a 8 parcelas permanentes de <i>Pinus caribaea</i> . Acompañamiento en investigación de Industria Forestal en Petén. Monitoreo de plantaciones a través de parcelas permanentes en plantaciones de <i>Pinus maximinoi</i> , en la finca Chirrepec, sub-región II-3 del INAB. Establecimiento de parcelas permanentes en plantaciones de Palo Blanco en Petén.
---	--------------------------------	---

Los servicios prestados dentro de la Instituto Nacional de Bosques, surgen de las actividades realizadas por los técnicos de campo y las necesidades de la sección de monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural, actividad que a la fecha realizan los técnicos forestales de la Institución.

Las actividades realizadas por los practicantes del ejercicio profesional supervisado, ayudan a agilizar las actividades de los técnicos en el campo de la subregión II-3, del INAB, ya que ésta subregión cuenta con una gran cantidad de proyectos forestales a evaluar anualmente, así como la fiscalización de depósitos de madera y evaluación de planes de manejo.

En cuanto al establecimiento y mantenimiento de parcelas permanentes, actividad que es coordinada por la sección de monitoreo y evaluación de plantaciones en cooperación con los directores regionales, directores subregionales, técnicos forestales y propietarios, se sugiere que se realice el mantenimiento respectivo de las parcelas establecidas en años anteriores.

3.6 Conclusiones

- Se apoyó en las actividades que realizan los técnicos forestales de la sub-región II-3 del INAB, tal como: Evaluación de 78 proyectos PINFOR, fiscalización de seis depósitos de madera, evaluación de cuatro aprovechamientos forestales.
- Se establecieron y se realizó la medición de diez parcelas permanentes en las plantaciones ubicadas dentro de la sub-región II-3, con la especie *Pinus caribaea*, en los municipios: Lanquín y Cobán.
- Se realizó la remediación de ocho parcelas permanentes establecidas en los años 2004 y 2005, en la sub-región II-3, en los municipios de: Lanquín, Cobán y San Pedro Carchá.

3.7 Recomendaciones

Las actividades que realizan los técnicos forestales son diversas, evaluación de proyectos PINFOR, evaluación de planes de manejo, fiscalización de depósitos e industrias de madera, evaluación de compromisos de reforestación, actividades que son cotidianas del movimiento forestal dentro de la institución. Recomiendo que se siga involucrando al estudiante dentro de estas actividades como se realiza a la fecha.

El trabajo realizado en el levantamiento y mantenimiento de parcelas permanentes está involucrada la participación del personal de INAB, como: director regional, sub-director regional, técnicos forestales, practicantes de diferentes instituciones, la sección de monitoreo de plantaciones y la participación de propietarios y trabajadores de fincas, la información obtenida a través de esta actividad es importante para llevar un control dentro de la finca y a nivel regional, esta información puede utilizarse para realizar un análisis comparativo del crecimiento de las plantaciones, es por esto que se recomienda que se realice anualmente el mantenimiento de éstas. Y se haga conciencia a los propietarios de dichos proyectos de la necesidad del mantenimiento y actualización de la información obtenida.

3.8 Bibliografía

1. CATIE, CR. 2003. Centro 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. Costa Rica. 10 p.
2. CATIE, INFOA, CR. 2003. Manejo de información sobre recursos arbóreos componente de silvicultura, MiraSilv: sistema Mira, versión 2.9. Costa Rica. (Software).
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). s.f. Reglamento del Programa de Incentivos Forestales (en línea). Guatemala. 10 p. Consultado 17 mar 2006. Disponible en www.inab.gob.gt
4. _____. 2004. Sección de monitoreo y evaluación en plantaciones y bosque natural: implementación de una red de monitoreo y evaluación de plantaciones forestales y bosques naturales beneficiarios del Programa de Incentivos Forestales. 16 p.
5. _____. 2006. Reglamento de la ley forestal. Guatemala. 25 p.

3.9 Anexos

EVALUACION DE COMPROMISOS DE REFORESTACION

NOMBRE PROYECTO. _____

AREA REFORESTADA _____ Ha.

ESPECIE _____

AREA VERIFICADA _____ Ha.

FECHA DE LA EVALUACION _____

No. Unidad	Tamaño de la muestra mts2	Plantas por Hectárea	DAP cms. Promedio.	Altura total Promedio mts.	Plantas sanas	Plantas dañadas				Plantas/ha. Según plan.
						Plagas	Enfermedad	Fuego	Total.	
1	100	0	-	-	-	-	-	-	-	
2	100	0	-	-	-	-	-	-	-	
3	100	0	-	-	-	-	-	-	-	
4	100	0	-	-	-	-	-	-	-	
5	100	0	-	-	-	-	-	-	-	

Porcentaje de sobrevivencia.	-
Porcentaje de plantas sanas/ha.	-
(%) plantas atacadas/plagas/ha.	-
(%) plantas atacadas/enfermedades/Ha.	-

Análisis estadístico	Sobrevivencia		Fitosanidad	
Media.	-		-	
Desviación Estándar.	-		-	
Coeficiente de variación	-		-	
Error estándar de la media	-		-	
Error de muestreo	-		-	
Intervalo de confianza.	-	-	-	-

Anexo 2



Pinus caribaea
Plantación ubicada en Lanquín



Pinus maximinoi
Plantación ubicada en Cobán



Palo Blanco
Plantación ubicada en Lanquín



Pinus maximinoi
Plantación ubicada en Cobán



Tectonia grandis
Plantación ubicada en Lanquín

EL MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

El manejo forestal sostenible es aprovechar los productos y servicios del bosque, para beneficiar económica, social y ambientalmente a los propietarios, a las poblaciones aledañas y a la sociedad en general.

¿Qué es la licencia forestal?

Según la Ley Forestal, "Licencia Forestal es la facultad que otorga el Estado a personas individuales o jurídicas, para que por su cuenta y riesgo realicen aprovechamientos sostenibles de los recursos forestales, incluyendo madera, semillas, resinas, gomas y otros productos no maderables, en terrenos de propiedad privada, cubiertos de bosques".

La Licencia Forestal también es la autorización para desarrollar un Plan de Manejo forestal. El aprovechamiento de madera y otros productos leñosos, puede hacerse solamente con Licencia Forestal otorgada por el INAB dentro de un período de 60 días, que se cuentan a partir del cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento de la Ley Forestal.

La Licencia es sólo para el propietario o poseedor legítimo del terreno o del bosque por el tiempo que garantice el desarrollo del Plan de Manejo Forestal.

No cumplir el Plan de Manejo Forestal es un delito que se denuncia ante las autoridades y lleva a cancelar la Licencia Forestal.



Tipos de licencias forestales

Manejo Forestal: Para el aprovechamiento forestal sostenible con fines comerciales.



Saneamiento Forestal: Aprovechamiento forestal para eliminar plagas y enfermedades forestales.



Salvamento Forestal: Aprovechamiento forestal de árboles muertos por factores naturales.



Cambio de Uso: Aprovechamiento del suelo para otros usos (no forestales).

Fines Científicos: Aprovechamiento forestal con fines de investigación científica y desarrollo tecnológico.

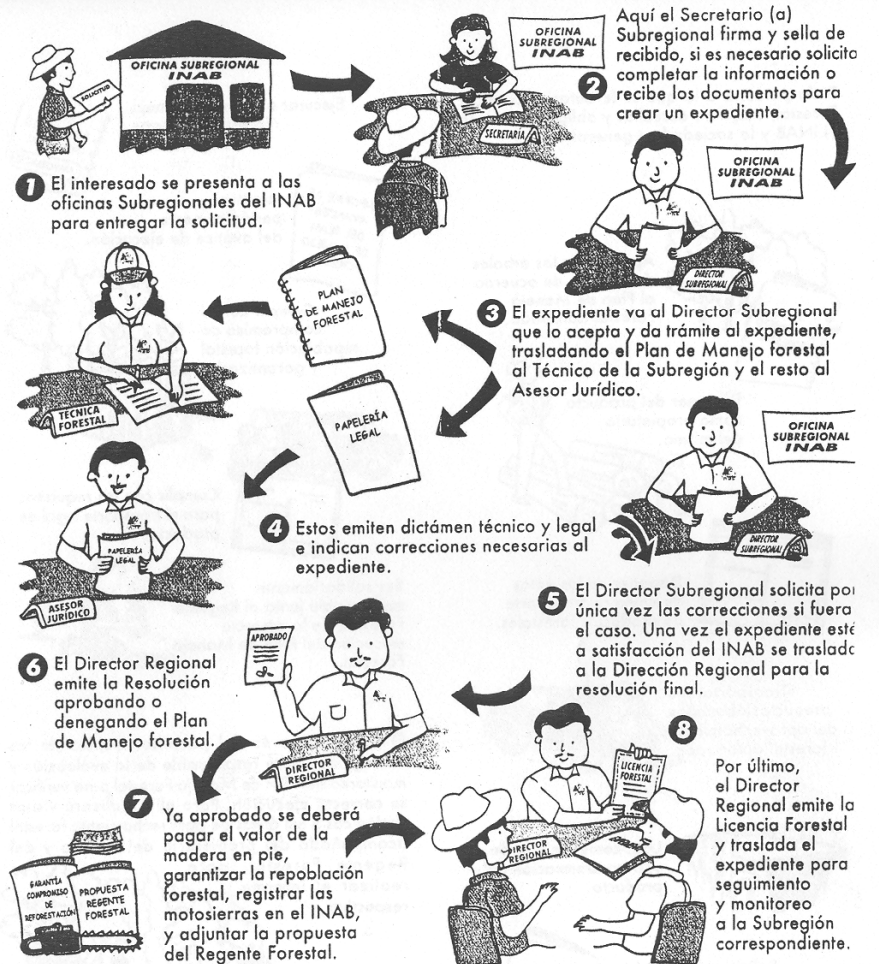
Requisitos para obtener licencia forestal

La solicitud se presenta en oficinas Subregionales del INAB, con la siguiente información y documentación:

- Solicitud escrita indicando nombre del propietario del bosque, dirección, número de cédula, lugar para recibir notificaciones, descripción de lo que se solicita y firma autenticada.
- Certificación del Registro de la Propiedad que acredite la propiedad del bien, indicando las anotaciones y gravámenes que contiene. Si no está inscrita en el Registro, se podrá presentar otro documento legal que acredite la propiedad.
- Plan de Manejo Forestal.



Pasos para solicitar licencias forestales



2

DESCRIPCIÓN DE EXPERIMENTO

Form. 2 Hoja 1 de 3
CATIE, MIRA-SILV 02/00

Código de país: ¹ Código de proyecto: ² No. serial del experimento: ³

Número de la Región - Sitio: ⁴ Número total de lotes: ⁵

Código de tipo de experimento: P=Parcelas individuales; D=Experimento con diseño estadístico ⁶

Número de nivel del factor uno: ⁷ dos: ⁸ tres: ⁹

Descripción de nivel del factor 1: _____¹⁰ Descripción de nivel del factor 2: _____¹¹

Descripción de nivel del factor 3: _____¹²

Código de tipo de diseño experimental:
0=sin diseño, 1=bloques completamente al azar, 2=bloques irrestricto al azar, 3=factorial,
4=cuadrado latino, 5=parcela subdividida, 6=nelder, 7=bloques incompletos al azar,
8=otro: _____¹³

Número total de repeticiones: ¹⁴

Código de estado del experimento:
CA = Cancelado CO = Concluido o finalizado
AS = Activo sin cambio AC = Activo con cambio ¹⁵

Fecha de establecimiento o plantación (dd-mm-aaaa): ¹⁶

Duración esperada del experimento (años): ¹⁷ Número total de tratamientos del experimento: ¹⁸

Elevación promedio del experimento: ¹⁹

Número serial de perfil de suelo correspondiente a este experimento: ²⁰

Eliminación de la vegetación:
1>manual, 2=mecánico, 3=químico, 4=fuego, 5=animal
códigos en orden de importancia (hasta 3 opciones) ²¹

Código del método de preparación del suelo antes de la plantación:
0=no hay información, 1=ninguno, 2=arado, 3=subsolado (subsuelaje),
4=otro _____²²

Método de establecimiento de la plantación:
0=no hay información, 1>manual, 2=mecánico o aéreo, 3>manual+mecánico ²³

Código de tipo de vegetación utilizada en la plantación:
0=no hay información, 1=plantación, 2=siembra directa, 3=vegetación natural,
4=vegetación natural interplantada, 5=vegetación natural + siembra directa,
6=dispersión de semillas. ²⁴

Código de material vegetativo utilizado en la plantación:
0=no hay información, 1=semilla, 2=planta en bolsa plástica, 3=planta en otro tipo
de envase, 4=estaca pequeña, 5=estaca tipo poste, 6=pseudo-estaca (con poda de raíz
y/o de hojas), 7=raíz desnuda, 8=trasplante de regeneración natural, 9=otro _____²⁵

Código de topografía:
0=no hay información, 1=plana, 2=cumbre o cima, 3=escarpada,
4=cumbre redondeada, 5=pendiente media, 6=terracea, 7=pendiente inferior,
8=depresión, 9=llanura de inundación, 10=varía dentro del experimento ²⁶

Fertilización durante la plantación:
0=no hay información, 1=no, 2=si ²⁷

Fórmula o tipo del fertilizante usado(macro y micro elementos, u orgánico): _____²⁸

Cantidad de fertilizante: ²⁹

Unidad de aplicación del fertilizante: 1=g/árbol, 2=kg/ha, 3=ml/árbol, 4=l/ha ³⁰

Método de aplicación del fertilizante:
0=no hay información, 1=en el hoyo, 2=alrededor del árbol, 3= disperso en la plantación,
4=en líneas, 5=foliar, 6=aéreo, 7=otro: _____³¹

Notas: ³²

5

Form. 3 Hoja 1 de 1
CATIE, MIRA-SILV 02/00

DESCRIPCIÓN DE PARCELA

Código del país: ¹

Código del proyecto: ²

Número serial del experimento: ³

Número serial de tratamiento: ⁴

Número serial de lote dentro del sitio: ⁵

Número serial de repetición: ⁶

Código de tratamiento: ⁷

Especie - parcela: ⁸

Fecha de plantación(dd-mm-aaaa): - - ⁹

Número serial del nivel del factor uno: ¹⁰ dos: ¹¹ tres: ¹²

Descripción de nivel del factor 1: _____ ¹³ Descripción de nivel del factor 2: _____ ¹⁴

Descripción de nivel del factor 3: _____ ¹⁵

Número de árboles originales en la parcela: ¹⁶

Espaciamiento(cm): X X ^{17 18 19}

Area de la parcela: ²⁰ Unidad: 1= m^2 , 2= m ²¹

Código o nombre del lote: _____ ²²

Número de identificación del lote de semilla: ²³

Banco o entidad que suministró las semillas: _____ ²⁴

Procedencia o fuente de semillas: _____ ²⁵

Código de frecuencia de inundaciones:
0=no hay información, 1=nunca, 2=raro(< 1 vez al año),
3=ocasional(1 a 3 veces por año), 4=frecuentes(> 3 veces por año) ²⁶

Código del drenaje externo: 1=libre, 2=impedido ²⁷

Código de erosión:
0=no hay información, 1=ninguna, 2=moderado,
3=severo, 4=muy severo ²⁸

Código de pedregosidad superficial:
0=no hay información, 1=poco(1-10%),
2=medio(10-30%), 3=alto(> 30%) ²⁹

Código de aspecto geográfico o exposición de la parcela:
0=no hay información, 1=norte, 2=este, 3=sur, 4=oeste,
5=llano, 6=Noreste, 7=Noroeste, 8=Sureste, 9=Suroeste ³⁰

Código de frecuencia del viento:
0=no hay información, 1=poco viento(no afecta crecimiento),
2=moderado(afecta poco el crecimiento),
3=muy ventoso(restringe el crecimiento) ³¹

Pendiente promedio de la parcela en porcentaje: ³²

Lat. en grados: Lat. minutos: Lat. segundos: Norte = N, Sur = S: ³³

Long. en grados: Long. minutos: Long. segundos: Este = E, Oeste = W: ³⁴

Observaciones: ³⁵

6

Form. 4a Hoja 1 de 1
CATIE, MIRA-SILV 05/99

CROQUIS DEL EXPERIMENTO

(El croquis debe incluir la ubicación de las parcelas del experimento)

Código del país: ¹Código del proyecto: ²No. serial del experimento: ³Región - Sitio: -⁴Número serial de lote
dentro del sitio: ⁵Código de la especie: ⁶

Esquema del experimento, de acuerdo al diseño en el campo

Escala 1: 1 cm =

