

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación
Escuela de Postgrado

Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (*Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea* Morelet, *Pinus oocarpa* Schiede y *Tectona grandis* L.F.), del Programa de Incentivos Forestales en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala.

Ricardo Ismael Avila Folgar

Turrialba, Costa Rica
2003

DEDICATORIA

A nuestro DIOS Todopoderoso:

Por que sin él nada es posible. Por permitirme siempre tener su bendición y amor. Por brindarme la oportunidad de tener a mi madrecita conmigo. y por dejarme compartir con mi familia, amigos y país esta nueva meta.

A mi Papá(+): Ricardo Avila Palencia

Por que aunque no estés físicamente hoy conmigo, me acompañas siempre. Papá si voz supieras como te extraño. Pero lo que hoy nos separa, nos unirá para siempre. A voz en especial te dedico este acto.

A mi Madrecita: María Pilar Folgar

A quien tengo la oportunidad divina hoy de poder abrazar y agradecer, todo ese esfuerzo apoyo, cariño y bendiciones derramadas a lo largo de toda mi vida. Madrecita lo que le pido a Dios es que te recuperes muy pronto, que sea este acto un motivo más de recuperación.

A mis hermanos:

Carlos Humberto, Héctor Oswaldo y en especial a Maria Olivia Avila Folgar y a su hija Vanesa por todo el apoyo demostrado hacia mi persona, ayer, hoy y siempre. Gracias hermanos.

A mi esposa Vilma:

Quien ha compartido a mi lado todo el esfuerzo y sacrificio antes y después del proceso de maestría. A quien siempre ha sabido compartir conmigo malos y buenos momentos. A ella toda mi admiración.

A mis hijos:

Ricardo Alfonso y Violeta Maria Avila Leonardo, porque sin ellos no tendría esa fuerza interior, que hace que todo sea posible.

A mis Sobrinos:

A Carlos, Karla, Douglas, Michel, Oswaldo, Silvia, Gabriela y Dalia.

A mis Suegros y Cuñada(o)s:

Por todo el apoyo brindado antes y después de este proceso, durante mi ausencia a mis hijos y esposa.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea reconocer siguientes personas e instituciones que hicieron posible este trabajo:

- Al CATIE, Escuela de Postgrado y autoridades en turno. Por haberme aceptado y darme la oportunidad a través de la beca-préstamo, para realizar mis estudios de maestría.
- Al Dr. Luis A. Ugalde Arias, Profesor Consejero y Asesor Principal. Por darme siempre ese invaluable apoyo, consejo y enseñanza, en todo momento en la realización de esta investigación. DIOS bendiga siempre, a su familia y su trabajo.
- Al Dr. Allan Gonzáles. Miembro Comité asesor. Por sus acertados consejos y apoyo en todo tiempo.
- Al M.Sc. Manuel Gómez. Miembro Comité asesor. Por su apoyo incondicional.
- Al M.Sc. Ottoniel Monterroso. Miembro Comité asesor. Por que siempre estuvo ahí para brindarme su tiempo y consejos valiosos.
- Al M.Sc. Eddy Díaz. Miembro Comité asesor. Por todo el apoyo y tiempo brindado en la logística para la ejecución de este trabajo de investigación en Guatemala.
- Al Gerente, Ing. Garavito y Subgerente, Ing. Zannoti del INAB. Porque sin la ayuda y apoyo brindado no hubiese sido posible que terminará esta investigación.
- Al Regional, Ing. Carlos Archila, Subregionales y Técnicos de la Región II del INAB (Alta y Baja Verapaz). Por el apoyo incondicional en la logística implementada en la ejecución del establecimiento de las PPM. Además por toda esa amistad brindada hacia mi persona.
- A Gustavo López, quien siempre estuvo ahí para brindarme su valioso tiempo con los análisis estadísticos.
- A Estuardo Vaidez, Manuel Mollinedo y Diego Tobar por su valiosa ayuda y aportes en esta investigación.
- A Marco Tulio Aceituno por su valiosa ayuda en el análisis estadístico.
- A mis compañeros de promoción y compañeros de maestría 2002/2003. Fue un gusto haber estudiado y compartido con todos y cada uno de ustedes.
- A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme dado la oportunidad de recibir grandes enseñanzas.

AVILA FOLGAR, RI. M.Sc. 2003. Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (*Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* Schiede y *Tectona grandis* L.F.), del Programa de Incentivos Forestales en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala.

Palabras claves: *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Tectona grandis*, crecimiento, productividad, Parcela Permanente de Monitoreo (PPM), Incremento Medio Anual (IMA).

RESUMEN

Con este estudio se inicia un proceso de investigación el cual se desarrolló como parte del convenio entre INAB-CATIE-FAO, para implementar un sistema integrado de manejo de información forestal, el cual incluye una base de datos técnica y gerencial-administrativa.

Esta investigación se realizó en la región forestal 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala, a inicios del año 2002. siendo los objetivos específicos el establecimiento de una red de parcelas de monitoreo (PPM); el análisis y comparación en crecimiento y rendimiento de las especies prioritarias por subregión forestal, tamaño de finca, y tipo de propietario, así como también, la evaluación del estado actual en términos de forma y defectos de los árboles, sobrevivencia y el estado fitosanitario de las plantaciones por especie y subregión. Con base al diseño de muestreo estratificado al azar condicionado, se establecieron y se midieron en 49 fincas, 246 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM), de las cuales 141 PPM se establecieron en plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore lo que equivale a un 57%; 29 PPM en *Pinus oocarpa* Schiede (12%); 43 PPM en *Pinus caribaea* Morelet (18%) y 33 PPM en *Tectona grandis* L.F. (13%). La intensidad de muestreo fue de 17.5% del área total reforestada con plantaciones comprendidas entre 1 a 5 años de edad con las cuatro especies analizadas.

Se encontraron diferencias estadísticas en la evaluación de las variables de crecimiento y productividad en relación a las distintas modalidades: "subregión forestal, Tamaño de finca y Tipo de propietario" consideradas. Entre las especies *Tectona grandis* L.F. fue superior al resto de especies analizadas del genero *Pinus*. dentro de las tres especies de *Pinus*, *P. maximinoi* fue superior a *P. caribaea* y *P. oocarpa* respectivamente.

Con base al IMAVol se logró establecer en términos de porcentaje que un 89% de las plantaciones de *Pinus maximinoi* y *P. caribaea* se ubican en la clase de crecimiento alto (7.81 y 1.32 m³/ha/año), mientras que un 11% se ubican en crecimiento bajo (0.89 y 0.14 m³/ha/año) respectivamente. En relación a *Pinus oocarpa* el 93% de las plantaciones están en sitios con crecimiento alto (1.89 m³/ha/año) y solamente un 7% se encuentran en sitios con crecimiento bajo (0.13 m³/ha/año). Para el caso de *Tectona grandis* el 61% de las plantaciones están en sitios con crecimiento alto (14.81 m³/ha/año) y un 39% (5.72 m³/ha/año) esta en sitios con crecimiento bajo.

El 71% de las plantaciones evaluadas con edades mayores a 3 años, están en su fase de mantenimiento III Y IV respectivamente. Algunas de estas plantaciones están en sitios donde los árboles tienen muy buen crecimiento, las actividades de manejo deben realizarse cuando la plantación es más joven. Al postergar los raleos y las podas, se reduce el crecimiento en diámetro y la calidad de la madera.

En relación a la evaluación de las características cualitativas, resultó que *Pinus maximinoi* y *Tectona grandis* mostraron 46 y 48% de ejes rectos. Con base en estos resultados se podría esperar que con un manejo forestal apropiado a través de raleos y podas en forma oportuna, se puedan mejorar considerablemente la calidad de estas plantaciones. Por el contrario para *Pinus caribaea* y *P. oocarpa* los porcentajes de ejes rectos son menores 29% y 25% respectivamente. La calidad de estas plantaciones es más delicada.

SUMMARY

This study initiates a process of research developed as part of a agreement between Inab-Catie-Fao, to implement an integrated system of forestry, information that includes a technical and administrative management file of data .

This research was carried out in forestry region 2 in the departments of Alta and Baja Verapaz Guatemala in the beginnings of 2002. being the specific objectives the establishment of a group of a network of monitoring plots PPM, the analysis and comparison in growth and yield of priority species for the forest subregión, size of farm, type of owner, and also the evaluation actual state in terms of size and defects in the trees, survival and phytosanitary state of species plantations and subregión. In base of a design of stratified sampling conditioned randomized, were established and measured in 49 farms, 246 permanent plots of monitoring ppm which 141 PPM were established in plantations of *Pinus maximinoi* H. e. Moore which is equal to 57% 29 PPM in *Pinus oocarpa* Schiede 12% 43 PPM in *Pinus caribaea* Morelet 18% and 33 PPM in *Tectona grandis* L.F. 13%. The intensity of sampling was of 17,5% of total area afforested with plantations between 1 and 5 years of age in the 4 species analysed.

Statistical differences were found in the evaluation of variables of growth and productivity in relation to different forms: forest subregión, farm size, type of owner considered Between the species *Tectona grandis* L. F. was higher than the species analysed of the gender *Pinus*. *P. maximinoi* was higher than *P.caribaea* and *P.oocarpa* respectively.

In base of IMAVol was established in terms of percentage then a 89% of *Pinus maximinoi* plantations and *P. caribaea* were placed in the class of high growth 7.81 y 1.32 m³/ha/year, while a 11% were placed in low growth 0.89 and 0.14 m³/ha/year respectively In relation to *Pinus oocarpa* the 93% of the plantations were located in sites with small growth 0.13 m³/ha/year. For the case of *Tectona grandis* the 61% of the plantations were in sites of high growth 14.81 m³/ha/year and a 39% 5.72 m³/ha/year were in sites of low growth.

The 71% of plantations evaluated with ages higher than 3 years were in a phase of maintenance 3 and 4 respectively. Some of these plantations are in sites where trees have a good growth, the

management activities should be realized when the plantation is much younger. When clearings and prunings are delayed, the growth in diameter is reduced and quality of timber.

In relation to the evaluation of qualitative characteristics, resulted that *Pinus maximinoi* and *Tectona grandis* showed 46 and 48% of straight axes. On the other way for *Pinus caribaea* and *P. oocarpa* the percentages of straight axis were lower 29% and 25% respectively.

Key Words: *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Tectona grandis*, growth, productivity, permanent monitoring plot ppm, annual medium increase.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMÁTICA	3
1.2 JUSTIFICACION	5
2. OBJETIVO GENERAL	6
2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
3. HIPÓTESIS	7
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
4.1 Antecedentes del programa de incentivos forestales.....	8
4.2 Marco general del programa de incentivos forestales.....	11
4.2.1 Misión	11
4.2.2 Visión.....	12
4.2.3 Objetivos.....	12
4.2.4 Metas	12
4.2.5 Montos a incentivar.....	13
4.2.6 Area mínima y máxima para el ingreso al PINFOR.....	13
4.2.7 Especies prioritarias	13
4.2.8 Regiones prioritarias.....	14
4.2.9 Grupos beneficiarios.....	15
4.3 Procesos administrativos del programa.....	16
4.3.1 Ingreso al programa de incentivos forestales	16
4.3.2 Aprobación de proyectos	17
4.3.3 Evaluación de proyectos.....	17
4.3.4 Certificación de proyectos	18
4.3.5 Pago de los incentivos.....	18
4.3.6 Parámetros que se evalúan en plantaciones a nivel de campo	18
4.3.6.1 Area	18
4.3.6.2 Sobrevivencia	18
4.3.6.3 Fitosanidad	19
4.3.6.4 Medidas de protección contra incendios.....	19
4.3.6.5 Labores culturales.....	19
4.4 Resultados del programa de incentivos fiscales en Guatemala.....	19
4.5 Experiencias de programas de incentivos forestales en otros países.....	20
4.5.1 República de Chile.....	20
4.5.2 Republica oriental del Uruguay.....	23
4.5.3 República de Costa Rica	24
4.5.4 República de panamá.....	26
4.6 Especies prioritarias analizadas.....	28
4.6.1 Descripción de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore.....	28
4.6.1.1 Nombre común	28
4.6.1.2 Descripción botánica.....	28
4.6.1.3 Distribución y hábitat.....	28
4.6.1.4 Usos más generales	29
4.6.1.5 Crecimientos y rendimiento	29
4.6.2 Descripción de <i>Pinus oocarpa</i> :.....	31
4.6.2.1 Nombre común	31
4.6.2.2 Descripción botánica.....	31

4.6.2.3	Distribución y hábitat.....	32
4.6.2.4	Usos más generales	32
4.6.2.5	Crecimientos y rendimiento	32
4.6.3	Descripción de <i>Pinus caribaea</i> Morelet	33
4.6.3.1	Nombre común	33
4.6.3.2	Descripción botánica.....	34
4.6.3.3	Distribución y hábitat.....	34
4.6.3.4	Usos más generales	34
4.6.3.5	Crecimientos y rendimiento	35
4.6.4	Descripción de <i>Tectona grandis</i> L.F.....	36
4.6.4.1	Nombre común	36
4.6.4.2	Descripción botánica.....	36
4.6.4.3	Distribución y hábitat.....	37
4.6.4.4	Usos más generales	38
4.6.4.5	Crecimientos y rendimiento	39
4.7	Conceptos	40
4.7.4	Plantación.....	40
4.7.5	Plan de reforestación.....	40
4.7.6	Establecimiento de plantación	41
4.7.7	Mantenimiento de plantación.....	41
4.7.8	Evaluación	41
4.7.9	Parcela permanente	42
4.7.10	Productividad	42
4.7.11	Rendimiento.....	42
4.7.12	Incremento.....	42
4.7.13	Incremento medio anual:(IMA)	43
4.7.14	Crecimiento.....	43
4.7.15	Calidad de sitio e índice de sitio	43
4.7.16	Incentivos.....	44
5	MATERIALES Y MÉTODOS	47
5.1	Materiales	47
5.2	Métodos.....	47
5.2.1	Localización del estudio.....	47
5.2.2	Establecimiento y medición de PPM en plantaciones del PINFOR.....	47
5.2.3	Capacitación para la evaluación inicial de las plantaciones	49
5.2.4	Tipo de parcela	49
5.2.5	Tamaño y forma de parcelas	49
5.2.6	Número de parcelas	50
5.2.7	Ubicación e instalación de parcelas	51
5.2.8	Demarcación y señalamiento de parcelas.....	51
5.2.9	Mediciones del área.....	51
5.2.10	Variables medidas:	52
5.2.11	Medición de árboles.....	52
5.2.12	Formularios de medición y códigos de mira	53
5.2.13	Definición de la población y la muestra	53
5.2.14	Procesamiento, análisis e interpretación de los datos.....	58
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
6.1	Establecimiento y medición de parcelas permanentes de valuación y monitoreo en plantaciones forestales de PINFOR	60

6.2	Situación actual de las plantaciones de 4 especies en la región 2 Alta y Baja Verapaz	63
6.2.1	Análisis y comparación en crecimiento y rendimiento por subregión forestal	63
6.2.2	Comportamiento de variables de crecimiento y productividad por especie analizada y subregión forestal	65
6.2.3	Comportamiento de cuatro especies analizadas en relación a las variables de crecimiento y productividad	77
6.2.4	Comportamiento entre especie, calidad de sitio y subregiones:	85
6.2.5	Comportamiento de especies analizadas en relación a la calidad de sitio (crecimiento alto y bajo)	100
6.2.6	Análisis de interacción especie*sitio:	101
6.2.7	Comportamiento de las especies analizadas entre fincas consideradas:	102
6.2.8	Análisis de cuatro especies analizadas por tamaño de finca	107
6.2.9	Análisis de las especies analizadas por tipo de propietario	112
6.2.10	Análisis multivariado (cluster), para tamaño de finca, tipo propietario y tipo de subregión forestal	117
6.2.11	Análisis de las variables fisiográficas (altitud y pendiente) en relación a la clase de crecimiento (alto y bajo) de las especies consideradas	120
6.2.12	Características cualitativas de plantaciones de las especies analizadas:	124
6.2.12.1	Defectos de fuste de especies analizadas	124
6.2.12.2	Sobrevivencia de las plantaciones	126
6.2.12.3	Estado fitosanitario por especie a nivel de la región 2	129
6.2.12.4	Espaciamientos de las plantaciones de especies analizadas	130
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
8.	BIBLIOGRAFIA	151

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Área reforestada en las regiones prioritarias durante el período 1997-2001.	9
Cuadro 2. Montos a incentivar para la actividad de reforestación del PINFOR.....	13
Cuadro 3. Especies Prioritarias para proyectos de reforestación del Programa de Incentivos forestales.....	14
Cuadro 4. Regiones prioritarias para establecer plantaciones forestales –PINFOR-	15
Cuadro 5. categoría de actor y/o propietario.	16
Cuadro 6. Parámetros para la evaluación de plantaciones dentro del PINFOR.....	17
Cuadro 7. Incrementos subregión 2.1	30
Cuadro 8. Incrementos subregión 2.3	30
Cuadro 9. Incrementos subregión 2.4	31
Cuadro 10. Incrementos Medios Anuales de la Subregión 2.1.....	35
Cuadro 11. Subregión 2.3	35
Cuadro 12. Subregión 2.4	36
Cuadro 13. Rendimientos para <i>Tectona grandis</i> L.F. reportados para Costa Rica.	40
Cuadro 14. Las subregiones que conforman la región forestal II.	47
Cuadro 15. Variables silviculturales directas e indirectas.....	52
Cuadro 16. Distribución de muestras “n” por tamaño de finca para las nueve regiones forestales.....	55
Cuadro 17. Distribución de fincas por subregión y tamaño de finca en la región II.	55
Cuadro 18. Distribución de fincas por subregión y tipo de actor en la región II.....	56
Cuadro 19. Distribución de fincas por subregión forestal y especie en la región II.....	56
Cuadro 20. Distribución de PPM por subregión y tamaño de finca en la región II.....	56
Cuadro 21. Distribución de PPM por subregión y tipo de actor en la región II.	56
Cuadro 22. Distribución de PPM por subregión forestal y especie en la región II.	57
Cuadro 23. Area muestreada por especie y tamaño de finca en la región 2.	57
Cuadro 24. Distribución de fincas y PPM, por tamaño de finca y especies analizadas en las plantaciones comprendidas entre 3 a 5 años de edad en la región II.....	58
Cuadro 25. Distribución de fincas y PPM por subregión forestal y tamaño de finca.....	60
Cuadro 26. Distribución de fincas y PPM por subregión forestal y especie analizada. .	60
Cuadro 27. Area muestreada por especie y tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja V.....	61
Cuadro 28. Distribución de fincas y PPM, por tamaño de finca y especies analizadas en plantaciones de 3 a 5 años de edad en la región 2, en Alta y Baja Verapaz.....	62
Cuadro 29. Comportamiento de las especies analizadas en IMA en Dap, altura y en volumen en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por subregión forestal en región II en los departamentos de Alta y Baja Verapaz.....	63
Cuadro 30. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por subregión forestal y especie considerada en región 2, Alta y Baja Verapaz.....	65
Cuadro 31. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en AlTot m/año de plantaciones de 3 a 5 años de edad, por subregión forestal y especie considerada.....	67

Cuadro 32. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen m ³ /ha/año para plantaciones mayores a 36 meses de edad, por especie analizada y subregión forestal en la región 2, en Alta y Baja Verapaz.....	69
Cuadro 33. Comportamiento del promedio y rangos en Incrementos Medios Anuales (IMA), por especie analizada en plantaciones mayores a 36 meses de edad, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	77
Cuadro 34. Promedios en IMADap en cm/año por calidad de sitio, especie y subregión forestal, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	86
Cuadro 35. Promedios en IMAAITot en m/año por calidad de sitio, por especie y subregión forestal en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	87
Cuadro 36. Promedios en IMAVol en m ³ /ha/año por calidad de sitio, por especie y subregión forestal en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	88
Cuadro 37. Promedios y rango de IMAVol m ³ /ha/año y el porcentaje de las plantaciones mayores a 36 meses clase de sitio de las especies analizadas, en relación a la calidad de sitio en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	90
Cuadro 38. Rangos de crecimiento y rendimiento en volumen observados en torno a la calidad de sitio, provenientes de plantaciones entre 12 y 60 meses de edad en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	94
Cuadro 39. Rangos de crecimiento y rendimiento en volumen observados en torno a la calidad de sitio, provenientes de plantaciones mayores a 30 meses de edad en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	95
Cuadro 40. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por <i>Pinus maximinoi</i> y finca en región 2.....	103
Cuadro 41. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por <i>Pinus oocarpa</i> y finca en región 2, Alta y Baja Verapaz.	105
Cuadro 42. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por <i>Pinus caribaea</i> y finca en región 2, Alta y Baja Verapaz.	106
Cuadro 43. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por <i>Tectona grandis</i> L.F. y finca en región 2, Alta y Baja Verapaz.....	106
Cuadro 44. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz	107
Cuadro 45. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en AITot m/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz	108
Cuadro 46. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen m ³ /ha/año, de las especies analizadas en plantaciones de 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	109
Cuadro 47. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz	112
Cuadro 48. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en AITot m/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz	113

Cuadro 49. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Vol m ³ /ha/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	114
Cuadro 50. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 1.....	117
Cuadro 51. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 2.....	118
Cuadro 52. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 3.....	118
Cuadro 53. Resumen de los promedios para defectos del fuste, por especie en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	124
Cuadro 54. Supervivencia en porcentaje por subregión forestal, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	126
Cuadro 55. Estado fitosanitario en porcentaje de las especies analizadas en la región 2, Alta y Baja Verapaz forestal.	129

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área total en porcentaje de las especie analizadas en los departamentos de Alta y Baja Verapaz (región forestal II – INAB-)	11
Figura 2. Subregiones analizadas en relación al IMA en Vol m ³ /ha/año y la edad.	64
Figura 3. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> en relación a IMAVol, por subregión forestal.	71
Figura 4. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> en relación a IMADap, por subregión forestal.....	71
Figura 5. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> en relación a IMAAITot, por subregión forestal.....	72
Figura 6. Comportamiento de <i>P. oocarpa</i> en relación a IMADap, por subregión forestal.	72
Figura 7. Comportamiento de <i>P. oocarpa</i> en relación a IMAAITot, por subregión forestal.	73
Figura 8. Comportamiento de <i>P. caribaea</i> en relación a IMADap, por subregión forestal.	73
Figura 9. Comportamiento de <i>P. caribaea</i> en relación a IMAAITot, por subregión forestal.	74
Figura 10. Comportamiento de <i>P. caribaea</i> en relación a IMAVol, por subregión forestal.	74
Figura 11. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> L.F. en relación a IMADap, por subregión forestal.....	75
Figura 12. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> L.F. en relación a IMAAITot, por subregión forestal.....	75
Figura 13. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> L.F. en relación a IMAVol, por subregión forestal.....	76
Figura 14. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore; edad en relación a IMADap.	81
Figura 15. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore; edad en relación a IMAAITot.	81
Figura 16. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore; edad en relación a IMAVol.....	82
Figura 17. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore; IMAVol en relación a IMADap.....	82
Figura 18. Comportamiento de <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore; Dap en relación a IMAVol.	82
Figura 19. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> L.F.; en relación a IMADap.	83
Figura 20. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> ; edad en meses en relación a IMAAITot.	83
Figura 21. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> ; edad en meses en relación a IMAVol.	84
Figura 22. Comportamiento de <i>Tectona grandis</i> ; IMAVol en relación a IMADap.....	84
Figura 23. Comportamiento de las especies analizadas en rendimiento por clase de sitio en la región 2 en los departamentos de Alta y Baja Verapaz.	91
Figura 24 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m ³ /ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para <i>Pinus maximinoi</i> en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	92
Figura 25 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m ³ /ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para <i>Pinus oocarpa</i> en la región 2, Alta y Baja Verapaz	92
Figura 26 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m ³ /ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para <i>Pinus caribaea</i> en la región 2, Alta y Baja Verapaz	93
Figura 27 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Vol en m ³ /ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para <i>Tectona grandis</i> L.F. en la región 2, Alta y Baja Verapaz.....	93
Figura 28. Curva de IS ₁₀ con valores promedio de 20 PPM de <i>Tectona grandis</i> L.F. en la subregión I25 con sede en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	96
Figura 29. Curva de IS ₁₀ con valores promedio de 10 PPM de <i>Tectona grandis</i> L.F. en lote de plantación del Experimento 01 en la subregión I25 con sede en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.....	97
Figura 30. Curva de IS ₁₀ con valores promedio de 10 PPM de <i>Tectona grandis</i> L.F. en lote de plantación del Experimento 02 en la subregión I25.....	98

Figura 31. Curva de IS(10) con valores de altura dominante con plantaciones de <i>Tectona grandis</i> L.F. de 38 meses de edad en la subregión I21, región 2, Tactic, Alta Verapaz. ...	98
Figura 32. Curva de IS ₁₀ con valores de altura dominante para plantaciones de <i>Tectona grandis</i> L.F. en la subregión I23, región 2 en Cobán, Alta Verapaz.....	99
Figura 33. Relación entre la interacción sitio*especie con respecto a la variable IMA en Volumen en m ³ /ha/año de las especies analizadas en la región 2 en Alta y Baja Verapaz.....	101
Figura 34. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAVol.	110
Figura 35. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMADap cm/año.	111
Figura 36. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAAITot m/año.	111
Figura 37. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMADap cm/año.	115
Figura 38. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAAITot m/año.	116
Figura 39. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAVol m ³ /ha/año.	116
Figura 40. Representación gráfica de la ubicación de las fincas consideradas en relación a las variables de crecimiento y productividad de las especies analizadas en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	119
Figura 41. Comportamiento del Índice de Sitio de <i>Tectona grandis</i> L.F. con respecto a la altitud en msnm en la región II en el departamento de Alta Verapaz.	123
Figura 42. Comportamiento del Índice de Sitio de <i>Tectona grandis</i> L.F. con respecto a la altitud en msnm en la región II en el departamento de Alta Verapaz.	123
Figura 43. Supervivencia en porcentaje por especie y subregión, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.	127

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo forestal en varios países tropicales y en especial en América Central, en la última década ha tenido un auge muy importante, especialmente en el establecimiento de plantaciones forestales; esto se ha visto favorecido en gran parte, por la aprobación y puesta en marcha en varios países de programas de incentivos forestales, con el propósito de promover la reforestación con la participación de productores individuales, comunidades, cooperativas y/o empresas privadas (Ugalde 2001).

El problema de la deforestación es importante en materia ambiental y socioeconómica en Guatemala, por lo que se ha declarado de importancia y urgencia nacional el aumento de la cobertura forestal o reforestación. Con este interés, el gobierno de Guatemala en 1996 creó el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) del Instituto Nacional de Bosques, con el propósito de proporcionar a los propietarios de tierras de vocación forestal un incentivo económico directo anual, por área plantada, durante los primeros seis años a partir del establecimiento de la plantación (Castañeda et al. 2003)

El programa de Incentivos Forestales desde 1997 ha fomentado el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales de varias especies en todo el país, para ello selecciono diez especies que se convirtieron en las prioritarias a plantar, así como también se seleccionaron las áreas prioritarias del norte (Petén, Izabal, Alta y Baja Verapaz) para la ejecución del programa, con el objetivo de crear polos de desarrollo de materia prima para la industria nacional. Actualmente en estas áreas se concentra el 66.16% de los proyectos.

Durante el periodo 1997-2002 se establecieron 31,000 ha de reforestación y 30,000 ha de manejo sostenible de bosques naturales con una inversión del estado, solo en incentivos para los propietarios de tierras, de 217 millones de quetzales¹ (\$ US 27 millones) esto es una inversión que proviene del 1% de los ingresos generales del estado, lo que constituye un esfuerzo grande estatal (castañeda et al. 2003)

Como puede observarse en estas áreas prioritarias año con año aumentan la tasa de reforestación, sin embargo se hace imprescindible reconocer que la mayoría de las

¹ Tasa de cambio Diciembre 2003: US\$ 1= 8.05 Quetzales.

plantaciones se han establecido en sitios y/o con especies no apropiadas, en algunos casos no se conoce plenamente los paquetes silviculturales de algunas de ellas, esto es un mensaje directo que implica realizar esfuerzos en aspectos de investigación forestal conjunta.

A la fecha el Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- desde su creación (1996) ha sido objeto de varios estudios (consultorias), unas financiadas por el Departamento de Investigaciones del Instituto y otras por instituciones diferentes al Instituto Nacional de Bosques; sin embargo cabe destacar que estas evaluaciones al momento de realizarse no se disponía de toda la información base necesaria para poder realizar estimaciones objetivas, precisas y más completas. Es más hasta el inicio de esta investigación a través de un convenio entre INAB-CATIE-FAO, se iniciaron las primeras gestiones para elaborar un sistema de manejo de información forestal el cual incluye una base de datos técnica y gerencial-administrativa (Ugalde 2003); la cual permitirá conocer, monitorear y evaluar con bases técnicas, económicas y financieras el estado, desarrollo y la productividad de las plantaciones en sus diferentes fases de crecimiento.

Con el fin de contar con una evaluación del Programa de Incentivos Forestales, aprovechando las recientes evaluaciones realizadas de las plantaciones en el año 2002, y la creación del nuevo sistema de información forestal del INAB, se planteó la presente investigación, la cual contempla la evaluación de las plantaciones establecidas con el PINFOR en la región 2 (Alta y Baja Verapaz) de Guatemala.

1.1 PROBLEMÁTICA

La implementación de ciertos proyectos de reforestación en América Central continúan teniendo algunos problemas, cuando luego de implementar excelentes procesos previos a la inversión y posterior al establecimiento, la capacidad productiva potencial de los sitios, las condiciones de suelo y otros aspectos, se tornan en principal discusión y preocupación (Mollinedo 2003).

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) a través del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) ha centrado el mayor esfuerzo en el establecimiento de plantaciones, sin embargo se ha descuidado en el tema del manejo forestal, el monitoreo y la evaluación del crecimiento y productividad de las plantaciones, siendo uno de los vacíos más grandes para la institución, en estos momentos la falta de una base de datos que facilite información del crecimiento y rendimiento de las plantaciones que han recibido incentivos a nivel nacional con fines de producción de madera para aserrío (Ugalde, 2001).

Actualmente el PINFOR cuenta con la información base descriptiva sobre el propietario que recibe el beneficio económico de los incentivos forestales, el nombre de la finca, la ubicación, la especie y área plantada así como la sobrevivencia de la plantación incentivada, además de otras variables no precisamente técnicas. Sin embargo la **mayor limitante** es el no contar con información precisa sobre la dinámica de la plantación que se está incentivando PAFG (1996); no se tienen datos de crecimientos, rendimientos, productividad ni de la calidad en términos de forma y defectos de los árboles, así como el estado fitosanitario de las plantaciones, en las diferentes regiones y subregiones forestales de todo el país.

De manera que el PINFOR no cuenta con registros que reflejen el comportamiento del potencial productivo de las plantaciones, especialmente de aquellas con objetivos de producción de madera de aserrío; aspecto de gran importancia para conocer el impacto en la **cantidad y calidad** actual y futura de las plantaciones.

El no contar con este tipo de información técnica forestal, dificulta al Instituto Nacional de Bosques (INAB) poder **documentar y demostrar a la sociedad civil en general y al estado de Guatemala el beneficio técnico y el impacto de los resultados a corto, mediano y largo plazo del otorgamiento de incentivos** bajo el sistema actual del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), o de cualquier otro mecanismo que se decida implementar en el futuro (Ugalde, 2003)

1.2 JUSTIFICACION

Para conocer la dinámica de las plantaciones forestales de PINFOR, es necesario generar información cuantitativa sobre crecimiento, rendimiento, productividad y estado actual en términos de forma y defectos de los árboles, así como el estado fitosanitario de las plantaciones, en las diferentes regiones y subregiones forestales de todo el país a través una **red de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM)**.

El establecimiento y mediciones periódicas de las PPM, proporcionan información base de las plantaciones del Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), que servirá para desarrollar e implementar de mejor forma las operaciones y actividades correctas en el tiempo oportuno (Ugalde 2001). Además de ser la herramienta más eficaz y eficiente para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales, así como la información base para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento entre otros (Ugalde 2001). De acuerdo con Kleinn y David (2002), las parcelas permanentes permiten, a los investigadores forestales, observar diversas variables económicas y ecológicas relevantes, y coleccionar evidencia objetiva en términos de información base.

Las PPM son la herramienta técnica básica para medir el impacto de los resultados a corto, mediano y largo plazo del otorgamiento de incentivos bajo el sistema actual del Programa de Incentivos Forestales.

La necesidad de implementar este monitoreo y evaluación a las plantaciones forestales de PINFOR converge perfectamente con la propuesta realizada por el Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG, 1996), relacionada con mejorar sustancialmente las bases de datos del PINFOR a fin de aumentar la precisión acerca del estado actual de cada proyecto forestal incentivado. Esta base de datos deberá arrojar información confiable sobre las masas forestales incentivadas y sobretodo, deberá permitir hacer las estimaciones y proyecciones de cosecha y oferta de productos forestales a futuro.

2. OBJETIVO GENERAL

Evaluación de la calidad y crecimiento inicial de las plantaciones de cuatro especies prioritarias de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* Schiede y *Tectona grandis* L.F., establecidas con el programa de incentivos forestales en región 2, departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecimiento y medición de una red de parcelas permanentes para el monitoreo y evaluación de las plantaciones forestales en el programa de incentivos forestales en la región 2 en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala.
2. Análisis y comparación en crecimiento y rendimiento de las especies prioritarias por tipo de subregión forestal, tamaño de finca, y tipo de propietario en la región 2 en los departamentos de Alta y Baja Verapaz.
3. Análisis del comportamiento en crecimiento y rendimiento de las plantaciones del Programa de Incentivos Forestales con relación a la pendiente y altitud.
4. Evaluar el estado actual en términos de forma y defectos de los árboles, sobrevivencia y el estado fitosanitario de las plantaciones por especie y subregión en la región 2, departamentos de Alta y Baja Verapaz.

3. HIPÓTESIS

1. No existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento de las especies prioritarias con fines de producción de madera por subregión, tamaño de finca y tipo de propietario.
2. No existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento de las especies analizadas entre calidad de sitio con bajo y alto crecimiento, ni en la interacción entre especie por sitio (especie*sitio).
3. No existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento en relación a la pendiente y altitud para cada una de las especies analizadas.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Antecedentes del programa de incentivos forestales

El primer incentivo a la reforestación y manejo de plantaciones forestales en Guatemala surgió en el año de 1974, mediante el Decreto 58-74 donde se estableció que personas naturales o jurídicas residentes o domiciliadas en el país podían deducir del Impuesto sobre la Renta hasta un cincuenta por ciento (50%) del valor del impuesto, por concepto de reforestación y mantenimiento de plantaciones (Menéndez, 2002).

Según Menéndez (2002), este programa estuvo vigente hasta diciembre de 1996; reforestándose 18,865.29 ha, establecidas en 53 municipios de 19 departamentos del país, siendo Livingston e Izabal los municipios de mayor área reforestada; utilizándose tanto especies coníferas como latifoliadas, pero fue el pino caribe (*Pinus caribaea* Morelet) el que se plantó con mayor frecuencia.

El Programa de Incentivos Fiscales emitió hasta abril del año 2002, la cantidad en quetzales de Q 276,747,320.54 en Certificados de Inversión Forestal (CIF), siendo un costo promedio de reforestación y mantenimiento (9 años) por hectárea de Q 14,669.66. Creándose durante el desarrollo de este programa 22 empresas reforestadoras como ejecutoras de los proyectos de reforestación y participaron 217 empresas y 57 personas individuales como inversionistas directos en las plantaciones, que a su vez se convierten en los beneficiarios directos del Programa (Menéndez, 2002).

Luego de dos décadas de vigencia de incentivo en Guatemala, se han reforestado un total de 15,354 ha y se estima que se han invertido 66 millones de quetzales. Esto equivale a una reforestación promedio de 768 ha/año a un costo de Q. 4,298/ha² (US\$ 534.00/ha). Estas cifras, comparadas con el ritmo de la deforestación, con la capacidad productiva maderera del país o con la demanda de madera industrial, resultan poco significativas (Política de fomento, 1994)

² Tasa de cambio Diciembre 2003 US\$ 1= 8.05 quetzales.

A pesar de ello en comparación con otros programas de incentivos en el país, las cifras son altas y únicamente pueden equipararse a los resultados del Fideicomiso para la Reforestación del Nororiente del País (proyecto 5,000 has), bajo el cual se reforestaron un total de 5,731 has en cinco años (1,789 ha/año). El valor total de las plantaciones es de 30 millones de quetzales (US\$ 3.7 millones), cifra que representa el logro de los incentivos crediticios (Políticas de fomento, 1994).

El nuevo entorno legal e institucional en Guatemala, debido a la aprobación de una nueva ley forestal y con ella la creación de una nueva Institución Forestal, que pretende dentro de sus objetivos: incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndolos a un manejo racional y sostenido, de acuerdo con su potencial biológico y económico (Díaz, 1998). En 1996 se emitió el Decreto Legislativo 101-96 (Ley Forestal vigente).

Con el Decreto Legislativo 101-96, se inició una nueva etapa en el sector forestal, creándose el Instituto Nacional de Bosques (INAB), entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa. Órgano de dirección y autoridad competente del sector público en materia forestal (INAB 1998).

En febrero de 2002, al momento de iniciar esta investigación de acuerdo con la base de datos de manejo de plantaciones del Programa de Incentivos Forestales, se han establecidas y/o en fase de mantenimiento 27,586.60 hectáreas con especies latifoliadas y coníferas.

El 77% de la superficie total incentivada está concentrado en las áreas prioritarias establecidas, Las Verapaces, Izabal y Petén, ver el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Área reforestada en las regiones prioritarias durante el período 1997-2001.

Región	Superficie reforestada	
	hectáreas	porcentaje
Las Verapaces	10,085.47	37%
Petén	4,254.94	15%
Izabal	7,046.29	25%
Subtotal	21,386.70	77%
Resto del País	6,199.90	22%
Total	27,586.60	100%

Fuente: Programa de Incentivos Forestales –INAB–.

De las 27,586,60 ha incentivadas, 10,085.47 ha corresponden a la región II (Alta y Baja Verapaz); de estas las especies analizadas en esta investigación concentran 7,798.70 ha, que se distribuyen en *Pinus maximinoi* H.E. Moore 2,874.47 ha; *Pinus oocarpa* Schiede 1681.08 ha; *Pinus caribaea* 1,590.32 ha y *Tectona grandis* L.F. 1,249.59 ha respectivamente (Figura 1).

Según Revolorio et al. (2002), de los Q 132,208,813 de inversión efectuada durante el período 1998-2001, Q 128,606,558 corresponden a incentivo por plantación, lo que equivale a 97.3% durante los primeros cuatro años de ejecución del programa. El 67% del monto incentivado se asignó en las regiones de las Verapaces, Izabal y Petén. Áreas consideradas entre otras prioritarias del Programa. De acuerdo con Castañeda (2003), durante el periodo 1997-2002 se han establecido 31,000 ha de reforestación y 30,000 ha de manejo sostenible de bosques naturales con una inversión del estado, solo en incentivos para los propietarios de tierras, de 210 millones de quetzales (\$ US 27 millones).

De acuerdo al tamaño de los proyectos, los incentivos se han distribuido de la siguiente manera: un 16% se asignó a proyectos menores de 15 ha, un 31% a proyectos entre 15 y 45 ha, un 33% a proyectos entre 45 y 90 ha y un 20% a proyectos mayores de 90 ha (Revolorio, 2002).

La distribución en la región 2, Alta y Baja Verapaz; de las especies analizadas en esta evaluación se presenta en la figura 1, observándose que la especie con mayor presencia en orden descendente es *Pinus maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. caribaea* y *Tectona grandis* respectivamente.

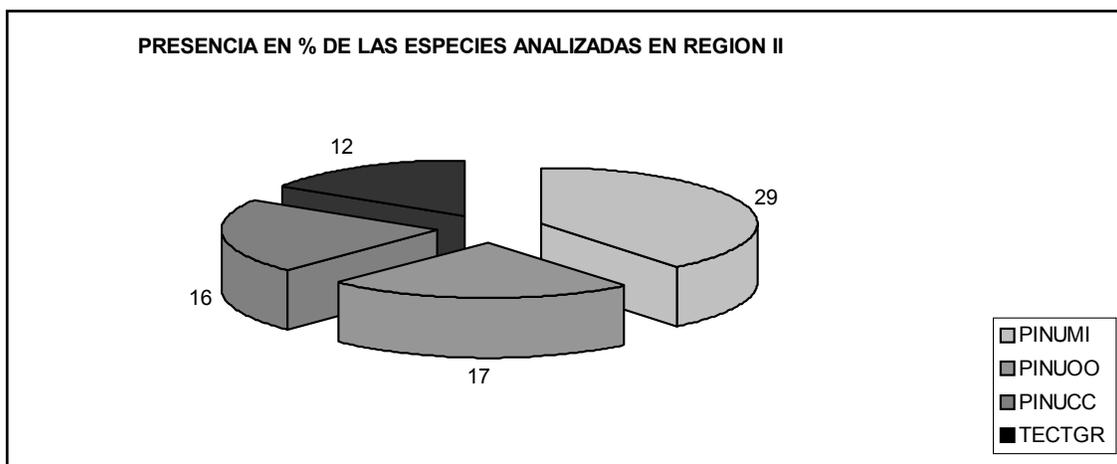


Figura 1. Área total en porcentaje de las especie analizadas en los departamentos de Alta y Baja Verapaz (región forestal II – INAB-).

4.2 Marco general del programa de incentivos forestales

El Programa de Incentivos Forestales es una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo que promueve el INAB. El Artículo 71 del Decreto Legislativo 101-96, Ley Forestal, delega en el INAB en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas, otorgar incentivos forestales a los propietarios de tierras de vocación forestal, que ejecuten proyectos de reforestación, es así como inicia el Programa de Incentivos Forestales – PINFOR – en 1997, con vigencia para 20 años de acuerdo con la Ley Forestal, Artículo 73.

De acuerdo con Revolorio et al. (2002), Para la implementación efectiva del Programa de Incentivos Forestales, el Instituto Nacional de Bosques en conjunto con el Plan de Acción Forestal para Guatemala desarrolló un Plan Estratégico para el Programa, siendo los principales elementos:

4.2.1 Misión

El Programa de Incentivos Forestales contribuye a reducir la deforestación, impulsa la oferta de productos forestales competitivos, genera servicios ambientales y empleo en el área

rural, mediante el fomento de la creación de núcleos de producción forestal regional de alta productividad.

4.2.2 Visión

El Programa de Incentivos Forestales es un instrumento de la política forestal que promueve una mayor incorporación de la población guatemalteca a la actividad forestal formal, incentivando la inversión para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales, el manejo sostenido de bosques naturales y la silvicultura con fines ambientales.

4.2.3 Objetivos

El Programa de Incentivos Forestales es un instrumento financiero de la política forestal, al igual que los incentivos crediticios contemplados tanto en la política forestal vigente. Para cumplir su misión, el Programa plantea los siguientes objetivos (Reglamento Forestal, 1998):

- a) Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la actividad económica productiva.
- b) Incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosque a la actividad forestal, a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o regeneración natural.
- c) Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal.
- d) Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales.

4.2.4 Metas

Se espera que en el período de duración del programa (1997-2016), se alcance una meta de 285,000 ha con plantaciones.

4.2.5 Montos a incentivar

Los montos de los incentivos han sido determinados por el INAB, estos son fijos y en el caso de reforestación se otorgan durante seis años, el año de establecimiento y cinco años de mantenimiento, conforme los costos de producción para cada año. En el cuadro se presentan los montos.

Cuadro 2. Montos a incentivar para la actividad de reforestación del PINFOR.

Año	Incentivo (Q / hectárea)
0 Establecimiento	5,000
1 Mantenimiento	2,100
2 Mantenimiento	1,800
3 Mantenimiento	1,400
4 Mantenimiento	1,300
5 Mantenimiento	800
Total	12,400

Los fondos con que se pagan los incentivos forestales provienen directamente del gobierno. De acuerdo con el Artículo 72 de la Ley Forestal, el Estado destina anualmente una partida en el Presupuesto de Ingresos y Egresos de la Nación.

4.2.6 Area mínima y máxima para el ingreso al PINFOR

El área mínima para ingresar al PINFOR, es dos (2) ha., en el mismo municipio pertenecientes a uno o varios propietarios; Mientras que el área máxima para los proyectos a establecer es de ciento cuarenta (140) ha.

4.2.7 Especies prioritarias

Dentro del Programa de Incentivos Forestales se han determinado especies que se consideran prioritarias para el proceso de reforestación, mismas que se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especies Prioritarias para proyectos de reforestación del Programa de Incentivos forestales.

Grupo de Especies	Nombre Científico y Común
Coníferas	<i>Pinus oocarpa</i> (pino colorado) <i>Pinus caribaea</i> (pino caribe, ocote blanco) <i>Pinus maximinoi</i> (pino candelillo) <i>Cupressus lusitanica</i> (ciprés común) <i>Abies guatemalensis</i> (pinabete)
Latifoliadas	<i>Cybastax donell-smithii</i> (palo blanco) <i>Tectona grandis</i> (teca) <i>Gmelina arborea</i> (melina) <i>Alnus</i> sp. (aliso, ilamo) <i>Vochysia guatemalensis</i> (San Juan) <i>Callophyllum brasiliense</i> (Santa María) <i>Virola koschnii</i> (sangre)

La selección de estas especies se fundamenta en que se conoce plenamente su silvicultura, que presentan una amplia ductilidad en productos (trozas debobinables, trozas aserrables, postes), con tecnologías industriales para producir productos con un alto valor agregado y que tienen un buen mercado nacional o internacional. Así como de lecciones aprendidas de programas de reforestación impulsados en el país (Revolorio, 2002).

Según Revolorio (2002), El Programa también ha incentivado plantaciones con más de 85 diferentes especies, entre las cuales es preciso mencionar que existe un grupo de nueve especies no consideradas prioritarias que concentran un 27% de la superficie reforestada.

4.2.8 Regiones prioritarias

La priorización de regiones para la ejecución del Programa de Incentivos Forestales, lo establece la Ley Forestal vigente en el Artículo 803 y el Artículo 604, donde se señala que el programa de incentivos forestales estará dirigido hacia zonas de alta productividad forestal (Cuadro 4).

³ Ley Forestal. Artículo 80. Especies y regiones a reforestar por incentivos. La Junta Directiva del INAB determinará las especies de árboles forestales y las regiones donde se establecerá la reforestación por los incentivos forestales.

⁴ Reglamento Ley Forestal. Artículo 60. Programa de Incentivos Forestales. Este programa estará dirigido hacia zonas de alta productividad forestal.

Cuadro 4. Regiones prioritarias para establecer plantaciones forestales –PINFOR-.

Región Forestal	Departamento
II	Las Verapaces
III	Izabal
VIII	El Petén
IX	Escuintla, Retalhuleu y Suchitepéquez

4.2.9 Grupos beneficiarios

La ley forestal y su reglamento, define a los beneficiarios del programa como aquellos propietarios de tierras de vocación forestal que estén comprendidos en cualquiera de los grupos siguientes:

Pequeños y grandes propietarios:

- Pequeños propietarios: propietarios de tierras de vocación forestal con proyectos de 2 a 15 ha.
- Grandes propietarios: propietarios de tierras de vocación forestal con proyectos de más de 15 ha.
- Municipalidades, comunidades y grupos organizados:

Municipalidades: Alcaldes o poseionarios de tierras municipales que cuentan con el aval de la corporación municipal para desarrollar proyectos forestales en tierras municipales de vocación forestal.

Comunidades: miembros de comunidades que tengan derechos de propiedad sobre tierras comunales registradas.

Grupos sociales organizados: Cooperativas, comités, asociaciones u otra forma de organización de la sociedad civil, cuyos miembros sean propietarios de terrenos de vocación forestal.

La sección de el Programa de Incentivos Forestales tiene su propia categorización de propietarios y/o actores ⁵, a continuación se presenta el cuadro 5.

Cuadro 5. categoría de actor y/o propietario.

Categoría de actor y/o propietario	Código
Individuales	1
Empresas	2
Comunidades	3
Comités	4
Cooperativas	5
ONGS	6
OCS	7
Asociaciones	8
Fundaciones	9
Municipalidades	10

Para el período 1997-2000 se realizaron 848 proyectos, en los cuales se identificaron a 538 distintos beneficiarios, lo cual refleja la participación de los mismos en más de un proyecto. Por su parte, los beneficiarios que mayor inclusión han tenido al Programa con al menos un proyecto han sido las personas individuales, quienes constituyen el 63% del total de beneficiarios del Programa.

Los beneficiarios que han sido incentivados con la mayor cantidad de proyectos han sido las personas individuales quienes se adjudican el 51% de proyectos, luego le sigue las empresas privadas con un 20% respectivamente (Revolorio et al. 2002)

4.3 Procesos administrativos del programa

4.3.1 Ingreso al programa de incentivos forestales

Para ingresar al PINFOR y poder tener sus beneficios, existen dos restricciones que son necesarias cumplir por parte del usuario de acuerdo con el Artículo 71 de la Ley Forestal:

- Ser propietario de la tierra en que se ejecutará el proyecto.
- Para proyectos de reforestación, el terreno sea de vocación forestal.

Los requisitos de ingreso al PINFOR para proyectos de reforestación son los siguientes:

⁵ Ing. Agr. Edwin Pereira. Técnico Forestal del programa de Incentivos Forestales. Entrevista personal.

- Solicitud de ingreso
- Estudio de Calificación de tierras por capacidades de uso
- Plan de Reforestación
- Fotocopia de la cédula de vecindad del propietario y/o Representante Legal
- Fotocopia del Número de Identificación Tributaria (NIT)
- Certificación del Registro General de la Propiedad Inmueble, del terreno en que se ejecutará el proyecto
- Abrir una cuenta de depósitos monetarios en BANRURAL.

4.3.2 Aprobación de proyectos

Para la aprobación de un proyecto de reforestación, después de haber ingresado la documentación correspondiente, el INAB, realiza las siguientes actividades:

- Análisis técnico del plan de reforestación
- Análisis jurídico de la documentación que ampara la propiedad de la tierra
- Verificación de la vocación de la tierra conforme el estudio de calificación de tierras presentado

Si se satisfacen los anteriores análisis y verificaciones, el INAB aprueba el proyecto y el usuario está facultado para iniciar la ejecución de las actividades.

4.3.3 Evaluación de proyectos

El INAB realiza la evaluación de la ejecución de las actividades planificadas y aprobadas al final de cada año, ello para determinar la conveniencia de hacer efectivo el incentivo. A continuación se presenta un resumen de los parámetros que el INAB utiliza en la evaluación.

Cuadro 6. Parámetros para la evaluación de plantaciones dentro del PINFOR

Parámetro	Requisito	Observaciones
Sobrevivencia	Primer año: mínimo 85% Segundo año: mínimo 80% Tercer año: mínimo 75% Cuarto año: mínimo 75%	Este parámetro se evalúa estadísticamente mediante la aplicación de un intervalo de confianza del 90%.
Fitosanidad	Mínimo 75% de plantas sanas	Se evalúa de la misma manera que el parámetro de sobrevivencia.
Protección contra incendios	100% de la planificación	Se evalúa conforme las medidas

forestales	correspondiente	de longitud y anchura especificadas, así como la ubicación planificada.
Limpias, podas y raleos	100% de la planificación correspondiente	Se evalúa conforme las especificaciones planificadas.
Area	100% de la planificada	Si el área que se evalúa resulta ser menor que la planificada, el incentivo se pagará para el área evaluada.

4.3.4 Certificación de proyectos

El INAB certifica el proyecto, dependiendo de los resultados de la evaluación emitiendo un Certificado de Incentivo Forestal –CIF- al propietario. En este certificado se solicita al Ministerio de Finanzas Públicas que haga efectivo el pago del incentivo a que tiene derecho el propietario.

4.3.5 Pago de los incentivos

El incentivo se paga al propietario, contra la presentación del Certificado de Incentivo Forestal emitido por el INAB, es el Ministerio de Finanzas Públicas que hace el pago en efectivo del certificado de incentivo forestal al titular del proyecto forestal. El monto del Incentivo se deposita en una cuenta de depósitos monetarios que para el efecto ha abierto el propietario en el Banco de Desarrollo Rural (BANRURAL).

4.3.6 Parámetros que se evalúan en plantaciones a nivel de campo

Con base al artículo 28 del reglamento del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR- los parámetros técnicos a evaluar en las plantaciones son las siguientes:

4.3.6.1 Area

El incentivo se otorga únicamente para el área plantada, para ello INAB corrobora el área propuesta del plan de reforestación.

4.3.6.2 Sobrevivencia

Tomando la fecha de plantación como punto de partida, se contabilizan las plantas que se mantienen vivas al final del año de evaluación. Para ello se cuenta con índices mínimos

certificables. Este parámetro se evalúa en los primeros cuatro años de desarrollo de la plantación.

4.3.6.3 Fitosanidad

Se toma la cantidad de plantas vivas libres de daños por plagas y enfermedades. Existe un límite mínimo (75%) certificable de plantas sanas por unidad de área (ha) con respecto a la densidad correspondiente al año de evaluación.

4.3.6.4 Medidas de protección contra incendios

Se refiere a todas aquellas medidas que tienen la finalidad de prevenir daños causados por incendios forestales, en este caso no son más que brechas y rondas corta fuegos, evaluándolas en longitud y ancho.

4.3.6.5 Labores culturales

Básicamente se refiere a las actividades de limpieza a realizar en la plantación, esta al igual que la anterior debe estar ejecutada en un 100% al momento de la evaluación.

4.4 Resultados del programa de incentivos fiscales en Guatemala

Según Menéndez (2002) las primeras plantaciones se establecieron sin objetivos y metas definidos, la motivación fue hacer uso del Certificado de Inversión Forestal para deducir los impuestos; por lo que no existieron criterios técnicos de definición de áreas prioritarias de acuerdo a la vocación del suelo, especies recomendables, áreas mínimas o máximas y montos a incentivar por proyecto.

El 81% de las plantaciones (168 proyectos) se encuentra en buen estado, los que significa que poseen características comerciales o de función protectora. El 11% del total reforestado se clasifica como plantaciones regulares, lo que significa que presentan calor comercial, pero que han tenido problemas de **manejo silvicultural**. Únicamente el 2% de la totalidad de proyectos se clasifica como malos, lo que indica que **no tienen valor comercial por tener un desarrollo muy lento, por mala selección de sitio, de especies y calidad de semilla**.

Existió mala ejecución y/o administración de los proyectos por parte de algunas empresas reforestadoras, pues el interés fundamental se convirtió en cobrar sus honorarios (17%) de administración, sin importar la calidad de las plantaciones.

Algunos inversionistas se interesaban solo en los CIF, dando poca o ninguna importancia a las plantaciones; cuando se creó el programa no existía capacidad instalada y experiencia técnica sobre silvicultura del manejo de plantaciones en el país.

Muchas plantaciones no tuvieron el éxito esperado ya que las semillas que se utilizaron para la producción de planta no llenaron ningún control de calidad; **además de no tomarse en cuenta la calidad de sitio, la especie a plantar, el distanciamiento adecuado para cada especie al momento de establecer los proyectos.**

Importante resaltar que además de lo anteriormente expuesto, se puede determinar que no se encontró , y **no existe ha la fecha un programa de Evaluación y monitoreo para las plantaciones establecidas durante este programa**, que se halla institucionalizado a nivel de país.

4.5 Experiencias de programas de incentivos forestales en otros países

4.5.1 República de Chile

Chile posee una trayectoria sostenida como productor y exportador de productos y subproductos forestales. En 1931 se emitió la Ley de Bosques, y fue cuando se fomentó la forestación a través de las exenciones tributarias⁶, y la participación activa y directa del Estado para lograr una protección adecuada del medio relacionado con el sector (Wisecarver, 1989).

De 1931 a 1973 el Estado chileno jugó un papel proteccionista hacia el sector forestal, contra la competencia externa, gozando la industria de importación de maquinaria sin aranceles, rebajas y franquicias; las tasas nominales de protección de un 116% para maderas y muebles, 128% para papel y tasas efectivas de 501% para madera y 1299% para

⁶ Exención total del impuesto territorial durante 30 años, el de 1ra. Categoría, global, complementario, tasas adicionales, herencias, donaciones, etc.

papel. Ello propicio que para 1953 existieran 3 plantas de celulosa. (Wisecarver et al. citado por Menéndez DJ., 2002)

En 1973 con la llegada al poder del régimen militar chileno, dio un vuelco la economía, como consecuencia de una orientación en política económica muy distinta a la aplicada en las décadas anteriores, la cual las características siguientes: (Yoma, 1995).

- Derecho a la propiedad privada.
- Economía de mercado.
- Apertura de comercio exterior.
- Principio de subsidiariedad del Estado en áreas no desarrolladas por la iniciativa privada.

En 1974 inició el programa de Incentivos Forestales en Chile, al promulgarse el Decreto Ley 701⁷, mediante el cual se bonificó el 75% de los costos de reforestación por ha, por especie, por densidad y por región de país. También se bonificó el 75% de los costos de la primera y segunda poda y el 75% de los gastos de mantenimiento anual, todos fijados por el Estado. El pago de los costos se efectuó contra resultados, en todo tamaño y tipo de propiedad. (Menéndez, 2002).

Otras características de dicha ley fueron la inexpropiabilidad de áreas con plantaciones, franquicias tributarias y líneas de crédito para el fomento forestal.

Las políticas forestales implementadas por el Estado chileno a partir de 1973, fueron:

- Privatización de la producción forestal.
- Venta de terrenos estatales a la empresa privada.
- Incentivos forestales y fiscales (Decreto Ley 701)
- Desarrollo de infraestructura, como caminos y puertos.
- Producción orientada a pulpa y astilla.
- Apoyo del Estado, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores, para buscar mercados en el ámbito mundial.

⁷ Ley de Fomento Forestal, proyectando dicho programa a 20 años.

- Organización del sector forestal en un 90%.
- Utilización de medios de comunicación a favor del bosque.

La inversión realizada por el Estado chileno en concepto de pago de bonificaciones alcanzó la cantidad de US\$ 140,000,000.00 para el período de 20 años (1974-1994), plantando 1,800,000 ha, a razón de 90,000 ha/año. Las exportaciones alcanzaron el 14.7% del total exportado por el país (Menéndez, 2002).

En 1979 se modificó la Ley de Fomento Forestal, para permitir la incorporación de los pequeños propietarios a las actividades silvícola.

En Chile se aprobó una ley que dio continuidad al programa de incentivos por 15 años más, dirigido esencialmente a los pequeños productores forestales y a la recuperación de terrenos altamente degradados. Las bonificaciones aumentan de un 75% a un 90% para pequeños productores forestales, con lo que se intenta ayudar directamente a los más necesitados del sector campesino nacional, promoviendo la diversificación forestal en el país, desde el punto de visto geográfico, de especies y de agentes productivos; y en el caso de recuperación de áreas degradadas se cubrirá el 75% de los costos netos en cualquier tamaño y tipo de propietario.

El éxito logrado se debe a la existencia de políticas que apuntaron a un desarrollo sólido y sostenido en el tiempo, así como a una estabilidad en las reglas. Importante el cambio en la visión de corto plazo a largo plazo, ya que el sector forestal requiere necesariamente, por su propia naturaleza, de períodos largos para la maduración de sus ciclos, tanto para el desarrollo de los recursos básicos.

Los resultados del Desarrollo chileno se reflejan en 1,800,000 ha plantadas, con un crecimiento de 65,700 mt³/día, aproximadamente 24 millones de mt³/año.

De acuerdo con Menéndez (2002), desde el punto de vista económico-social, se desarrollo una capacidad enorme, propiedad de pocas y grandes consorcios de empresas transnacionales, quienes en la ejecución de sus proyectos se fueron tecnificando de tal manera, que para un vivero que produce 18 millones de plántulas, únicamente tienen

contratadas a 18 personas, esto generó un gran desempleo y la redistribución del ingreso no fue equitativa.

Así mismo se han presentado otros problemas:

- No se desarrollo la pequeña industria.
- Los incentivos no llegaron a los pequeños productores.
- No se han valorizado los servicios ambientales que el produce el bosque.
- Poca absorción de profesional forestal local.
- Perdida de poder del productor.

Desde el punto de vista ambiental, la critica está dirigida a que las dos especies mayormente plantadas en Chile⁸ son exóticas, lo que generó una disminución de la biodiversidad (fauna y flora) y de los propios mecanismos de regeneración para esos ecosistemas.

4.5.2 Republica oriental del Uruguay

En Uruguay las plantaciones se incrementaron, apoyadas por la ley forestal de 1968 que, a través de exoneraciones impositivas, promovía la plantación de especies aptas para la industria de la madera. Sin embargo, entre 1975 y 1979 fue cuando se plantaron grandes extensiones de Eucaliptos y Pinus (Carrere et at. citado por Menéndez, 2002).

En 1987 se aprobó una nueva ley forestal, para promover las plantaciones, que incluye subsidios, exoneraciones impositivas y créditos blandos. Esta nueva ley difiere muy poco de la anterior de 1968, con la peculiaridad de que es financiada por un préstamo del Banco Mundial

La Ley Forestal (No. 15.939) se planteó como objetivo: “que la base política del desarrollo forestal era la creación de una masa critica de bosques artificiales formados por especies de rápido crecimiento y con mercado conocido, concentrados en zonas de alta productividad y

⁸ Pinus radiata 83% y Eucaliptus camaldulensis 17%

buena ubicación respecto a puertos y vías de comunicación”. La base sustentable de las plantaciones se fortalece con la decisión de conservación total de un recurso forestal, que cumple un importante rol en la protección del suelo, el control de las fuentes hídricas y la conservación de la fauna.

Las principales características del Programa de Incentivos Forestales son: Al año de realizada la plantación se reintegra hasta un 50% del costo fijo de la misma, los bosques plantados y la tierra cubierta por ellos quedan exonerados de todo impuesto, los equipos e insumos para la plantación, explotación y procesamiento de madera se exoneran de todo impuesto, existen líneas de crédito promocionales con plazos que alcanzan los 12 años con 10 años de gracia para los intereses.

Como resultado de la implementación de éste Programa se plantaron 23,631 has en el año 1992; 34,808 has en 1993 y 33,768 has en 1994.

4.5.3 República de Costa Rica

En la Ley Forestal No. 4465, del 25 de noviembre de 1969, se conoce por primera vez un incentivo forestal a la reforestación; pero es hasta en 1973 cuando se promulga el reglamento a dicha ley⁹ el cual establece en su artículo 90 las pautas para hacer efectivo dicho incentivo. (FONAFIFO citado por Menéndez, 2002).

En enero de 1979 se complementa la ley con la emisión del Decreto No. 9495-AH, en donde se reglamentan y establecen concretamente los beneficios para proyectos de reforestación; el incentivo consistía en un descuento de 16 mil colones/ha, que equivalían a \$US 2,000 como deducción de impuesto de renta, por las inversiones realizadas en esos proyectos; pero debido a que se considero que para algunos casos ese monto no era suficiente, se publico otro decreto ejecutivo (No. 0531-AH) el cual posibilitaría del monto a deducir.

Mediante este sistema entre los años 1979 y 1994 se reforestaron 35,597.37 ha, lo que equivale a una inversión del Estado mediante el uso del instrumento de deducción del impuesto sobre la renta de \$ US 40.2 millones.

⁹ Decreto Ejecutivo No. 2923

Los incentivos creados por dicha ley facilitaron el establecimiento de plantaciones forestales, pero solo beneficiaron a los grandes empresarios que debido a sus actividades debían pagar altas sumas de dinero al fisco por concepto del impuesto sobre la renta. Además era discriminatorio contra la mayoría de los dueños de fincas que en razón de sus actividades no eran contribuyentes del impuesto sobre la renta. Esto provocó que en la nueva Ley Forestal 7032 se creara el Certificado de Abono Forestal (CAF), sistema que, a diferencia del anterior “permite una mayor participación de los propietarios en el proceso de reforestación. Estos certificados son títulos valores emitidos por el Estado que pueden hacerse efectivos en los puestos de bolsa y para realizar pagos al fisco” .

Para los pequeños propietarios se creó -como otro elemento democratizador- el CAFA (Certificado de Abono Forestal Adelantado), dirigido para los propietarios sin suficiente capacidad financiera para establecer plantaciones con sus propios recursos.

Los Certificados de Abono Forestal también se utilizaron para subsidiar actividades de protección y manejo de bosque, al crearse los Certificados de Abono Forestal para Manejo (CAFMA) y para Protección de Bosque (CPB), en 1994 y 1995, respectivamente.

Además de los incentivos económicos, las últimas leyes establecen la posibilidad de obtener otros incentivos a las fincas que se sometan voluntariamente al régimen forestal; siendo el Artículo 67 que determina como una obligación del Estado el desalojar a las personas que invadan los inmuebles sometidos al régimen forestal. Y los Artículos 63 y 87 que establecen beneficios para las personas que reforesten con recursos propios, sin utilizar los incentivos del Estado. Estos beneficios eran no pago del impuesto territorial para las áreas sometidas y no pago del impuesto sobre la renta por los ingresos que se obtengan por la venta de los productos de la plantación.

El efecto de los incentivos establecidos por las leyes No. 7032 y 7174, “originó la reforestación y protección de más de ciento quince mil hectáreas, con un promedio de 12,800 ha/año; mientras que con el esquema de deducción de impuesto sobre la renta se reforestó alrededor de treinta y cinco mil hectáreas en quince años (un promedio de 2,373 ha/año)” .

4.5.4 República de Panamá

El 23 de noviembre de 1992, mediante la Ley No. 24 se establecen incentivos y se reglamenta la actividad de reforestación en la República de Panamá, a través del Decreto Ejecutivo No. 89 del Ministerio de Hacienda y Tesoro, del 8 de Junio de 1993, la vigencia de esta Ley es por 25 años. (Suirá, 2002)

Esta ley promueve el establecimiento, desarrollo y mejoramiento de la industria forestal para que aproveche como materia prima el producto y/o subproductos que se puedan obtener mediante la actividad de reforestar. (Asamblea Legislativa, 1992)

Según Suirá (2002), la ley señala como incentivo, que las utilidades de personas naturales o jurídicas, derivadas de la comercialización de productos extraídos de plantaciones forestales, hasta la corta final, están exentas del pago del Impuesto Sobre la Renta. Debido a que las plantaciones son relativamente jóvenes, los beneficios por este incentivo aún no se han ejecutado.

La inversión forestal puede ser directa como indirecta, la norma legal señala como inversión directa a los desembolsos de dinero destinados directamente a la actividad de establecimiento, manejo y aprovechamiento de las plantaciones forestales y como inversión indirecta a los desembolsos destinados a la compra de bonos, acciones y valores de empresas dedicadas al establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales (Suirá, 2002).

Según Suirá (2002) señala la Ley, que las inversiones forestales directas o indirectas que se hagan en organizaciones, institutos privados o instituciones educativas, que se dediquen a la investigación de la silvicultura, de la industria forestal, los gastos podrán ser considerados deducibles en un cien por ciento para los efectos del Impuesto Sobre la Renta, siempre y cuando los dineros invertidos provengan de fuentes distintas a la reforestación.

De igual manera, se exonera del pago del Impuesto de Importación la introducción al país de maquinarias, equipos e insumos necesarios para el uso exclusivo de las actividades de reforestación, el manejo y aprovechamiento de las plantaciones forestales.

Otro incentivo que establece la Ley es que todo inversionista extranjero que realice una inversión forestal por la suma de B/40,000.00 o más se le otorgará una visa de inmigrante en calidad de inversionista (ANAM citado por Suiira, 2002).

La norma legal establece que el gobierno creará todos los mecanismos para realizar y hacer factible el cambio de la deuda externa por reforestación, en busca de fondos nacionales e internacionales para financiar la reforestación privada. De igual manera, señala el fomento de un seguro forestal contra incendios al que se podrán acoger los propietarios de las plantaciones.

Los préstamos forestales preferenciales tienen un tramo preferencial, inferior a la tasa de interés del mercado local de hasta 4 puntos porcentuales, para lo cual el gobierno fomentará estas líneas de crédito a través de la banca oficial y privada y se le otorgará un crédito fiscal a las personas que otorguen estos préstamos hasta por 10 años, el mismo es aplicable al pago de los impuestos, por la diferencia entre los ingresos que el banco hubiese recibido en el caso de haber cobrado la tasa de interés del mercado local. Además, se consideran gastos deducibles para los efectos del Impuesto Sobre la Renta el 100% de los intereses pagados para financiar la reforestación y sus actividades derivadas y afines.

La inversión forestal directa es regulada a través de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), entidad que emite las certificaciones al Ministerio de Economía y Finanzas para que el contribuyente, para este caso el reforestador, se acoja al beneficio del incentivo fiscal (Impuesto Sobre la Renta). La certificación deberá ser adjuntada a la declaración de rentas.

4.6 Especies prioritarias analizadas

4.6.1 Descripción de *Pinus maximinoi* H.E. Moore

4.6.1.1 Nombre común

También se le conoce como pino, pino canis (México), pino candelillo (Guatemala), pinabete (Honduras). (Salazar et al. 2000)

4.6.1.2 Descripción botánica

Pertenece a la familia Pinaceae y género *Pinus*. Es un árbol de 20 a 35 m de altura y de 45 a 100 cm de diámetro. Tiene copa muy densa, ramas con ángulo recto y horizontalmente verticiladas. La corteza joven es delgada y lisa, cuando vieja se quiebra en plaquetas elongadas con fisuras color café rojizas. Presenta follaje denso, verde azulado mate o verde grisáceo, notoriamente colgantes. Acículas generalmente cinco por fascículo, delgadas, de 20 a 28 cm de largo y 0.7 a 0.8 mm de ancho, márgenes finamente serrados, estomas, presente en la superficie dorsal y ventral. Las vainas son persistentes, de 12 a 18 mm de largo. Canales resiníferos medios, usualmente dos. Los estróbilos masculinos estaminados, y los femeninos subterminales, oblongos, aislados o en grupos de cuatro a cinco, con pedúnculos largos y escamosos, las escamas son delgadas.

La madera es de color castaño pálido, textura fina, grano recto, superficie medianamente lustrosa, olor agradable y sabor no característico. Tiene su peso específico de 0.44 a 0.50 g/cm³ ligeramente liviana; es fácil de tratar con preservantes, moderadamente fácil de trabajar y con buena velocidad de secado, sin presentar defectos.

4.6.1.3 Distribución y hábitat

P. maximinoi se distribuye naturalmente desde el sureste de México, centro de Guatemala y Honduras, norte del El Salvador hasta el noroeste de Nicaragua; su rango altitudinal varía de 600 a 2400 msnm; con precipitaciones de 1000 a 2400 mm y temperaturas de 18 a 21°C. A menudo crece asociado con *Pinus pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P. Herrerae* y *P. Michoacana*.

Crece en suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5), con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica.

4.6.1.4 Usos más generales

Utilizada en construcciones livianas, muebles, carpintería artículos torneados, contra chapados, artesanías, puertas, gabinetes, ventanas, postes para transmisión eléctrica y pulpa para papel.

4.6.1.5 Crecimientos y rendimiento

La producción encontrada por Núñez (1986), en finca Chichén, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala para un rodal homogéneo a una edad media de 22 años, fue una producción de $153 \text{ m}^3/\text{ha}$, densidad media de 352 árboles por ha, un DAPcc de 33.2 cm y una altura de 23.94 m, recibiendo una precipitación de 2,332 mm.

Además Núñez (1986), determino que el incremento (IMA en volumen) fue de $9.78 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$. IMA en DAP de 1.23 cm/año, IMA en altura de 1.09 m/año, para bosque natural de *Pinus maximinoi* con edad media de 22 años.

Escobar (1987), encontró en Jalapa, Departamento de Jalapa, Guatemala; para *Pinus maximinoi* a una edad media de 22 años, una producción de $154 \text{ m}^3/\text{ha}$, con una densidad media de 500 árboles por ha, un DAPcc de 23.5 cm y una altura de 16.5 m, recibiendo una precipitación de 1,120 mm/año. Para el mismo bosque Escobar (1987), determino un IMA en DAP de 1 cm/año, IMA en altura de 0.95 m/año y en volumen de $0.0176 \text{ m}^3/\text{año}$.

Paiz (1998), reporta bajo condiciones de plantación en Cobán (finca Saquichaj), Alta Verapaz, Guatemala; para *Pinus maximinoi* una densidad media de 520 árboles/ha después de 18 años de establecida., un IMA en DAP 0.90 cm/año., un IMA en altura 1.8 m/año., un IMA en volumen de $7.83 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$.

Vaidez (2000), encontró en San Jerónimo, Baja Verapaz, Guatemala; para una plantación de *Pinus maximinoi*, a una edad de 9 años, los dos mejores índices de sitio presentan un IMA en altura de 1.5 y 2 m/año, los tres sitios inferiores no bajan de un 0.90 m/año. un IMA

en DAP de 1.5 y 1.6 cm/año para los dos mejores sitios, para los otros tres no bajan de 1 cm/año. un IMA en volumen dando para el mejor sitio 0.015 m³/año y para el sitio más bajo es de 0.006 m³/año.

Castañeda et al. (2003), en la caracterización técnica de las plantaciones de PINFOR en Guatemala; encontró que la Región con los mejores incrementos en altura es la de las Verapaces (Departamentos de Alta y Baja Verapaz). Con base a los datos obtenidos se clasificaron los sitios altos como aquellos que alcanzan un incremento medio anual mayor de 0.72 m. Para sitios medios el valor se maneja entre 0.59 – 0.72 m. Para sitios de baja productividad, el IMA es menor a 0.59 m. Tanto el incremento Medio Anual como el Corriente Anual tienen un decrecimiento en el cuarto año, de seguir esta tendencia, podría esperarse un primer raleo a la edad de 5 años.

Para la Región 2.1 el IMA en altura en promedio es de 0.66 m/año, ello puede apreciarse en el cuadro 7.

Cuadro 7. Incrementos subregión 2.1

Edad (años)	ICA (m)	IMA (m)
I	0.314	0.314
II	1.091	0.500
III	1.730	0.900
IV	1.148	0.916
Promedio	1.071	0.66

La subregión 2.3 reportó, un IMA en altura Promedio de 0.694 m/año. Esta región posee los incrementos más altos hasta el tercer año, el último posee una disminución también asociada a las otras regiones. Esto podemos observarlo en el cuadro 8.

Cuadro 8. Incrementos subregión 2.3

Edad (años)	ICA (m)	IMA (m)
I	0.327	0.326
II	1.323	0.492
III	1.743	1.028

IV	1.473	0.933
Promedio	1.217	0.694

La subregión 2.4 comprende Baja Verapaz, esta región muestra los incrementos más bajos a nivel de subregión.

Cuadro 9. Incrementos subregión 2.4

Edad (años)	ICA (m)	IMA (m)
I	0.373	0.373
II	1.190	0.689
III	1.281	0.809
Promedio	0.948	0.623

Las variables que inciden en el crecimiento en altura de *Pinus maximinoi* son: Altitud, Precipitación y profundidad del suelo (Castañeda et al. 2003).

4.6.2 Descripción de *Pinus oocarpa*:

4.6.2.1 Nombre común

Pino prieto, pino resinoco, ocote macho (México); pino colorado, pino ocote, pino (América Central).

4.6.2.2 Descripción botánica

Pertenece a la familia Pinaceae y genero *Pinus*. Árbol monoico, de copa irregular con ángulo de ramificación variable; ramas finas y relativamente ralas. Alcanza alturas de hasta 45 cm. Con diámetros de 75 a 90 cm. El fuste es recto y cilíndrico, la corteza fuertemente fisurada de 5 a 10 cm de grueso; se descortezan en largas bandas irregulares, escamosas de color rojizo oscuro a grisáceo. Las hojas son Acículas de 14 a 25 cm de largo y hasta 1.5 mm de ancho, con 3 a 8 canales resiníferos normalmente septables, de color verde brillante, erguidas, gruesas y ásperas, con los bordes finamente aserrados; unidas en grupos de cinco. Las vainas de los fascículos son persistentes, oscuras de 15 a 25 mm de largo. Los estróbilos masculinos son estaminados, de 1 a 3 cm de largo por 1 cm de ancho y los estróbilos femeninos son de mayor tamaño y producen en el extremo de las ramitas en cantidad mucho mejor que los masculinos.

La madera presenta una ligera diferencia entre albura y duramen. La albura es de color amarillo cremoso y el duramen café pálido. Textura fina, con brillo de mediano a alto, vetado pronunciado, con anillos de crecimiento visibles. Su peso específico varía de 0.51 a 0.55 g/cm³, moderadamente pesada. Es fácil de preservar. Secar y trabajar. Moderadamente resistente a la pudrición blanca y café y resistente al ataque de termitas.

4.6.2.3 Distribución y hábitat

Pinus oocarpa se distribuye naturalmente desde los 28 N en el noroeste de México hasta los 12 N en Nicaragua. Las mayores existencias continuas de esta especie se hallan en los altiplanos centrales de América Central, desde el noroeste de Nicaragua pasando por Honduras, el norte de El Salvador y el centro de Guatemala hasta los 18 N en el sur de México. Su rango altitudinal varía entre los 600 y 1200 msnm, con precipitaciones mínimas de 650 mm y una época seca de cinco a seis meses, con temperaturas de 13 a 23 C. En condiciones naturales se encuentra creciendo sobre suelos erosionados, delgados, arenosos, bien drenados, ácidos a neutros (pH de 4.5 a 6.8), de baja fertilidad, derivados de materiales de origen volcánico antiguo, con un alto contenido de cuarzo.

4.6.2.4 Usos más generales

Utilizada en construcción en general, muebles, ebanistería, molduras, paredes interiores, artesanías y para pulpa y papel.

4.6.2.5 Crecimientos y rendimiento

Spiegeler (1981), encontró para *Pinus oocarpa* a los 20 meses de edad asociado con cultivos anuales, un IMA en altura de 0.72 m., un IMA en DAP basal de 1.18 cms en asocio y de 0.79 cms en parcelas sin cultivo.

Según Villafuerte (1987), encontró que el incremento promedio en diámetro 0.54 cm/año; es mayor en los terrenos que presentan una pendiente con exposición Oeste, mientras que en los terrenos con exposición este, el incremento es de 0.52 cm/año.

Mientras que el incremento en Área Basal con corteza es de 0.22 m²/ha/año. El incremento promedio en altura es de 0.29 m/árbol/año, presentando estos valores más altos en los primeros y últimos años, 0.43 y 0.44 respectivamente (Villafuerte, 1987).

Según Villafuerte (1987), el incremento (IMA en volumen) obtenido en finca de la municipalidad de San José La Arada, Chiquimula, Guatemala, fue de 1.78 m³/ha/año. Para bosque natural de *Pinus oocarpa*, de edad media de 37 años.

Rojas (1988), encontró en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, Guatemala; en bosque natural un IMA en DAP de 1.07 cm/año., el IMA en área basal fue de 0.002 m²/año., mientras que para el IMA en altura resultó ser de 0.92 m/año., un IMA en volumen de 0.02 m³/año sin corteza y 0.03 m³ con corteza; esto equivale a 2.67 m³/ha/año sin corteza y 3.26 m³/ha/año con corteza.

Morales (1990), reportó que en el bosque comunal de Santo Domingo Los Ocotes, San Antonio La Paz, El Progreso, Guatemala; un IMA para DAP de 0.05 m/año y en altura de 0.3 m/año.

Itzep (1995), en las plantaciones de Finca Rosalía, Gualan, Zacapa y Salama I, Baja Verapaz, Guatemala; encontró un IMA en altura de 0.86 m para Santa Rosalía y 0.83 m para Salama I.,

4.6.3 Descripción de *Pinus caribaea* Morelet

4.6.3.1 Nombre común

Pitch pine, White pine, yellow pine(Belice), pino de la costa (Honduras), ocote blanco (Guatemala), pino caribe (Costa Rica), pino caribeño de Honduras (América Latina), caribbean pine (Países de habla inglesa).

4.6.3.2 Descripción botánica

Pertenece a la familia Pinaceae y genero *Pinus*. Árbol hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro, con copa cónica e irregular. Presenta corteza grisácea cuando joven; rugosa, resquebrajada en surcos longitudinales y de color oscuro en árboles adultos. Follaje verde pálido, erecto. Las hojas son aciculares de 1 a 1,5 mm de ancho y de 13 a 33 cm de largo, con dos a cuatro canales resiníferos internos; agrupadas en grupos de tres o cuatro. Las vainas de las fascículas son de 10 a 16 mm de largo, de color castaño claro a pardusco. Las flores masculinas son amentos cilíndricos de 25 a 45 mm de largo. Los estróbilos femeninos son marrón, con pedúnculos cortos, en grupos de dos a cuatro.

La madera posee una coloración clara, con tonalidades que van desde el amarillo a amarillo-naranja en la albura oscura a marrón rojizo en el duramen. De textura fina, brillo de mediano a alto, veteado medio. Su peso específico es de 0.44 mg/cm² moderadamente liviana.

4.6.3.3 Distribución y hábitat

Pinus caribaea se encuentra en forma natural en numerosos rodales discontinuos y fragmentos desde los 18 N en Belice, hasta los 12 N en Bluefields, 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, con precipitaciones anuales de 950 a 3500 mm y una estación seca de dos a tres meses, con temperaturas de 24 a 27,2 C.

Crece en suelos poco fértiles, latosoles y podsoles pardoamarillos, ácidos (pH de 4 a 6.5). No crece naturalmente en suelos con drenaje defectuoso, como sitios bajos y planos, con depresión o con una capa dura e impermeable.

4.6.3.4 Usos más generales

Utilizada en construcción en general, fabricación de muebles y artesanías, láminas para contrachapados, pulpa para papel, parquet para pisos, postes para tendido eléctrico,

producción de leña y carbón. La resina se utiliza en la elaboración de desinfectantes y pinturas.

4.6.3.5 Crecimientos y rendimiento

Contreras (1987), encontró en Machaquilá, Poptún Petén, un IMA en DAP de 0.73 cm/año, un IMA en altura de 0.75 m/año, y un IMA un volumen de 6.30 m³/ha/año respectivamente.

De acuerdo con Paiz (1998), reporta bajo condiciones de plantación en Cobán (finca Saquichaj), Alta Verapaz, Guatemala; para *Pinus caribaea* una densidad media de 450 árboles/ha después de 18 años de establecida., un IMA en DAP de 1.15 cm/año., un IMA en altura 0.90 m/año., un IMA en volumen de 8.12 m³/ha/año.

Según Marín (2002), reporta para tres localidades: 1. finca semuc-6, municipio de El Estor, Departamento de Izabal, 2. proyecto Tóquela, municipio de Livingston, Departamento de Izabal y Finca Lorena, municipio de Poptún, Departamento de El Petén, Guatemala; un IMA en Dap de para la mejor localidad de 2.12 cm (Livingston), mientras que las otras dos localidades es de 1.69 cm para El Estor y 1.48 m en Poptún. En altura fue de 1.20 m para Livingston, 1.19 m para Poptún y 1.12 para El Estor respectivamente.

Castañeda et al. (2003), en la caracterización técnica de las plantaciones de PINFOR en Guatemala; reporta que la subregión con incrementos más bajos fue la 2.4, en los siguientes cuadros y/o tablas puede apreciarse los diferentes IMA en altura de las subregiones analizadas.

Cuadro 10. Incrementos Medios Anuales de la Subregión 2.1

Edad (años)	IMA (m)	ICA (m)
I	0.51	0.51
II	0.377	0.755

Cuadro 11. Subregión 2.3

Edad (años)	IMA (m)	ICA (m)
I	0.47	0.47
II	0.3	0.2
III	0.39	0.64

Cuadro 12. Subregión 2.4

Edad (años)	IMA (m)	ICA (m)
I	0.46	0.46
II	0.17	0.13

Según Castañeda (2003), para *Pinus caribaea* los sitios altos son aquellos con IMA's en altura mayores a 0.57 m. Un sitio medio entre 0.37-0.50 m. Un sitio bajo está por debajo de 0.37 m.

Las variables con mayor correlación, que inciden en el crecimiento para *Pinus caribaea* fueron el pH, la profundidad y el rango altitudinal, por el contrario la precipitación no tuvo efecto significativo en el crecimiento. *P. caribaea* se desarrolla en suelos con pH menor al 6.3 con un rango altitudinal no mayor de 500 msnm (Castañeda 2003).

4.6.4 Descripción de *Tectona grandis* L.F.

4.6.4.1 Nombre común

En la mayoría de los países donde se ha introducido esta especie, es teca¹⁰. En la India, se le conoce como Sahún, sagon, sagan, skhu, toca, slip, tru, Indian oak. (Chaves et al. 1991).

4.6.4.2 Descripción botánica

Pertenece a la familia Verbenaceae. Árbol deciduo, puede alcanzar mas de 50 m de altura y 2 m, en América Central, alcanza alturas superiores a los 30 m. Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y delgada (12 mm), fisurada, de color café claro que se desprende en placas grandes y delgadas; sin olor o sabor característico.

Las hojas son opuestas, grandes, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos, limbos membranáceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas

¹⁰ originaria de Birmania, Tailandia y algunas partes de la India. La especie fue introducida a Trinidad con semillas procedentes de Tenasserim en Birmania, para luego ser ampliamente distribuida a Belice, Antigua, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México. También se han establecido plantaciones en Brasil, Perú, El Salvador y Honduras.

caras (Lopez, 1977; Aristeguieta, 1973, citados por Chaves et al. 1991). Inflorescencia en panículas erectas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Pedicelos de 1 a 4 mm de largo. Brácteas grandes foliáceas. Bractéolas numerosas, lineal-lanceoladas. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bifido. Ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Benthall, 1933; López, 1977; FAO, 1975; citados por Chaves et al. 1991).

Little et al. (1969), citado por Chaves (1991), menciona que la madera posee una albura de coloración amarillenta blancuzca, el corazón es de color verde oliva y al cortarse se torna café oscuro. La madera es moderadamente dura, pesada y presenta anillos de crecimiento. La madera de teca es fina y dura, cualidad muy apreciada por silvicultores para diversos usos, contiene sílice; su densidad de 0,61 a 0,69; fácil de trabajar, secar y preservar; su durabilidad natural es buena y tiene buena estabilidad dimensional. Tiene un aceite antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de organismos (Grupo de Tecnología Apropriada, 1984; Webb, 1980; Universidad de Costa Rica, 1979; Keogh, 1979; Torres y Silverborg, 1972; Little y Dixon, 1969; citados por Chaves y Fonseca, 1991).

4.6.4.3 Distribución y hábitat

Tectona grandis, se encuentra en bosques tipo monzónico, en bosque seco tropical y en bosque húmedo tropical. Usualmente está asociada con otras especies en el dosel superior como: *Xylia dolabriformis*, *X. Kerrii*, *Largeostremia caluculata*, *L. Balasoe*, *Bombas insigne*, *Terminalia tomentosa*. En el dosel inferior es común encontrarla con *Gmelina arborea*, *Vitex peduncularis*, *Dalbergia* sp; *Cortón oblongifolius*, entre otras (Mahaphol, 1954; Streets, 1962; citados por Chaves y Fonseca, 1991). En su distribución natural crece en sitios con temperaturas entre 13 C Y 35 C, con una media de 24 C (Mahaphol, 1954; citado por Chaves et al. 1991). Sin embargo varios autores recomiendan para un óptimo desarrollo, una temperatura media de 25 C (Flinta, 1960). Según Rodríguez (1963), citado por Chaves y Fonseca (1991), indica que el ámbito puede ser entre 40 C y 12,5 C.

Según Lamprecht (1990), menciona que teca requiere de una temperatura media anual de 21 a 28 C. La experiencia en América Central, recomienda sin embargo, considerar dos

límites térmicos observados en Honduras, el primero esta entre 25 C Y 28 C clasificado como bueno y el segundo entre 20 C y 25 C clasificado como malo, porque fuera de esas condiciones la especie no prospera adecuadamente (Salazar, 1973; citado por Chaves y Fonseca, 1991). Sin embargo en estudios más recientes, según Montero et al. (2001), los mejores crecimientos de teca se obtuvieron entre los 26 y 27 C de temperatura media anual.

De acuerdo con Flinta (1960), citado por Chaves (1991), se requiere en general una precipitación entre 1000 y 1800 mm/año. según Lamprecht (1990), teca requiere una estación seca bien definida, en los lugares donde se distribuye naturalmente, esto comprende de tres a siete meses, con precipitación media anual de 760 a 5000 mm. Sin embargo la experiencia en América Central indica que el rango varía entre 1250 y 2500 mm/año, con una estación seca bien definida entre 3 a 5 meses (CATIE, 1986; Bauer, 1982; Webb, 1980; FAO, 1975 y Bell, 1973; citados por Chaves, 1991). Según Rodríguez (1963), en Centro América se ha plantado en sitios cuya precipitación varía de 889 hasta 3689 mm/año; parecido a la de su sitio de origen, donde la precipitación va de 760 a 5080 mm/año. sin embargo Watterson (1971), señala condiciones de clima monzónico.

La teca requiere un mínimo de 1000 mm para producir madera y 760 mm/año para productos secundarios (Parry, 1957; citado por Chaves 1991).en cuanto al requerimiento de altitud, según Flinta (1960) y CATIE (1986), citado por Chaves (1991), reportan que en la India, Birmania y Tailandia, crece desde el nivel del mar hasta los 1000 m. En Centro América se ha ensayado desde 0 m hasta 600 msnm.

4.6.4.4 Usos más generales

La madera de teca se puede utilizar para los más diversos fines. Para construcción de embarcaciones, es extraordinariamente adecuada para construcciones terrestres y acuáticas, así como para acabados interiores de lujo y para mueblería de lujo. La madera contiene un aceite que impide la oxidación de los clavos. Es materia prima para la industria de chapas y de madera terciada. Y puede utilizarse para leña y carbón (Lamprecht 1990).

4.6.4.5 Crecimientos y rendimiento

Según Padilla (1977), reporta que la mejor plantación se localizó en la Finca Camelia, Tiquizate con un crecimiento anual promedio de 2.33 cm de DAP y un crecimiento en altura de 1.0 m/año.

Castañeda et al. (2003), encontró en la caracterización técnica de las plantaciones de PINFOR en Guatemala; un IMA en altura que va desde 0.21 hasta 5.15 m/año., la mayor parte del área plantada con teca (29.11%) está en sitios de calidad media (IMA en altura de 1.28 – 3.61 m/año) para una edad de dos años.

Según Castañeda et al. (2003), para la Región II: Verapaces y Quiché, el 44.23% del total del área plantada con teca en esta Región se encuentra por debajo de la curva de crecimiento para sitios de calidad media. Los peores crecimientos se reportarán en el municipio de Cahabón.

El 90% de los proyectos de teca, fueron establecidos con una densidad inicial de 1,111 árboles/ha y con arreglo al cuadro, con distanciamiento entre árbol de 3 x 3 m. La certeza sobre la calidad del material genético con el cual se establecen muchas de las plantaciones, es un problema ya que no se tiene seguridad de que éstas puedan ser competitivas (castañeda et al. 2003).

Mollinedo (2003), encontró que mientras menor es la saturación de acidez y mayor sea la saturación de calcio, la productividad de los sitios alcanzará los crecimientos altos. Las concentraciones a las que están relacionadas estos porcentajes son: concentración de acidez <2.25 cmol+/l equivalente al <10% de saturación de Acidez. Mientras que la concentración de Calcio >8.0-10.0 cmol+/l es equivalente a un >40% de saturación de Calcio.

A continuación se presentan rangos de productividad (valores promedio), provenientes de plantaciones con rango amplio de edades, de varios autores, todas las plantaciones se encuentran en Costa Rica.

Cuadro 13. Rendimientos para *Tectona grandis* reportados para Costa Rica.

Variable	Unidad	Marginal	Bajo	Medio	Alto	Excelente	Fuente
IMA dap	cm/año	< 1.90	1.91-2.49 < 1.5	2.50-3.01 1.6 – 1.9	3.02-3.8 >2.0	>3.81	Vallejos(1996) Vásquez y Ugalde (1995)
IMA Alt.	m/año	<1.63	1.64 – 2.32 < 1.5	2.33 – 3.14 1.6 – 1.9	3.15 – 4.05 >2.0	>4.06	Vallejos(1996) Vásquez y Ugalde (1995)
IMA AB	m ² /año	<0.97	0.97 – 2.04 < 1.5 3.4	2.05 – 2.77 1.6 – 2.4 12.1	2.78 – 3.73 >2.5 17.5	>3.74 19.1	Vallejos(1996) Vásquez y Ugalde (1995) Montero (1999)
IMA Vol.	m ³ /año	<3.20	3.21 – 11.83 < 12 <5.0	11.84–18.00 12.1 - 17.9 5.0 – 10.9	18.0-26.57 > 18 11.1 – 18.0	>26.58 >18	Vallejos(1996) Vásquez y Ugalde (1995)

4.7 Conceptos

4.7.4 Plantación

Según FAO citado por Castañeda et al. (2003), las plantaciones forestales se definen como rodales establecidos mediante plantación establecidos mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación.

Establecimiento de un bosque mediante plantas que previamente han sido cuidadas en vivero (Galindo et al., citado por Menéndez 2002). De acuerdo con la Ley Forestal (1996), es una masa arbórea; son bosques establecidos por siembra directa o indirecta de especies forestales. Estos pueden ser voluntarios u obligatorios.

4.7.5 Plan de reforestación

Documento que contiene la propuesta de planificación y ejecución en detalle de las actividades a realizar para poblar con especies forestales una unidad de tierra en el espacio y en el tiempo, con objetivos claramente definidos (Reglamento Forestal, 1999).

4.7.6 Establecimiento de plantación

Es la etapa de una reforestación en la que las plántulas o brinzales han superado el prendimiento en campo y pueden seguir creciendo únicamente con cuidados de protección y mantenimiento (Reglamento Forestal, 1999).

4.7.7 Mantenimiento de plantación

Es la etapa de una reforestación en la que las plantas pueden seguir creciendo gracias a los cuidados que se les brinden para garantizar su adecuado desarrollo (Reglamento Forestal, 1999).

4.7.8 Evaluación

Según Lewin citado por Menéndez (2002), El verbo evaluar significa " establecer o determinar el valor o resultado" . la evaluación puede realizarse con dos fines: 1) para tomar una decisión de aceptación o rechazo, cuando se estudia un proyecto específico; 2) para decidir el ordenamiento de varios proyectos en función de su rentabilidad. Lewin citado por Menéndez (2002).

Evaluación según (Horton et al. 1993 citado por Moncada et al. 1995), supone juzgar, estimar o determinar el valor o calidad de la investigación propuesta, en marcha o ya completada, generalmente en términos de su relevancia, eficacia, eficiencia e impacto. Y seguimiento como observa o controla las actividades de investigación y su contexto, sus resultados e impacto. Sus metas son asegurar que la ejecución se realiza de acuerdo con el plan, proveer un registro del uso de insumos, actividades y resultados y cuidar que no haya desviaciones de las metas iniciales y de los productos esperados.

El seguimiento o monitoreo provee la información necesaria para evaluar la calidad o valor de la investigación. Los sistemas de monitoreo deben ser diseñados para proveer la información requerida por las diversas clases de evaluación que se lleven a cabo (Horton et al. 1993 citado por Moncada et al. 1995).

4.7.9 Parcela permanente

Según Ugalde (2001), define a la Parcela Permanente como la herramienta más eficaz y eficiente para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además que, proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal, entre otros.

De acuerdo con Pereira (1999), una Parcela Permanente de medición forestal es un área delimitada de bosque, para obtener información de una población con base en los datos obtenidos de una muestra (en diferentes estados de desarrollo), que sirve para medir y registrar la dinámica de las especies forestales que la contienen.

4.7.10 Productividad

Es la capacidad productiva del sitio (Prodan et al. 1997). Señala también que la productividad es un concepto biológico y no puede expresarse matemáticamente. Por ello, se ha optado por representar la calidad de sitio a través de un valor o índice denominado índice de sitio e índice de productividad, ambos populares porque son una expresión cuantitativa de la calidad de sitio.

4.7.11 Rendimiento

Es el crecimiento de un árbol o masa forestal por unidad de superficie en un período de tiempo determinado.

4.7.12 Incremento

Es el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período de tiempo determinado.

4.7.13 Incremento medio anual:(IMA)

Es el promedio anual del incremento total. Se obtiene dividiendo las dimensiones totales del árbol o masa forestal dentro de la edad total.

4.7.14 Crecimiento

Según Prodan et al. (1997), define el crecimiento como el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento a esa edad. De acuerdo con Gálvez y Rodas (1999), el crecimiento es la tasa de aumento en volumen, expresado en metros cúbicos.

Las variables a las que más interesa conocer su comportamiento en cuanto a crecimiento son: El volumen, la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el área basal, ya que el campo son las más utilizadas en la medición del crecimiento (Galloway, 2003).

4.7.15 Calidad de sitio e índice de sitio

Prodan et al. (1997), se refiere a la calidad de sitio como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Y no es más que la respuesta, en el desarrollo de una especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas). La estimación de la calidad de sitio a partir de factores ambientales presenta una importante variación en la metodología, siendo la variable más utilizada el índice de sitio (IS) basada en la relación altura-edad, tomando la altura dominante a partir del promedio de los 100 árboles más altos por ha (Herrera y Alvarado, 1998).

Según Herrera y Alvarado (1998), el Índice de Sitio es la estimación de la altura dominante que los árboles dominantes de una plantación coetánea alcanzan a una edad en particular, conocida como edad base. El índice de Sitio es la expresión de la calidad de sitio.

Carmean y Cutter et al. (1975 y 1983), citados por Vásquez y Ugalde (1994), dividen los métodos para clasificar la calidad de sitio en métodos directos y métodos indirectos¹¹. Desde el punto de vista práctico estas se estratifican en clases de sitio, para facilitar el manejo posterior. Vásquez y Ugalde (1994), consideraron tres clases de sitio, siendo estas: **ALTO**, que significa plantaciones con el mejor crecimiento, superior al promedio, sitios con mayor potencial económico. **MEDIO**, significa sitios buenos, están alrededor del promedio, con manejo apropiado tendrían posibilidades de ser rentables. **BAJO**, son aquellos sitios que están por debajo del promedio, son considerados como marginales, poco rentables, y no deberían ser recomendados para la especie en atención.

4.7.16 Incentivos

Beattie, 1995; McGaughey y Gregersen, 1988; Southgate, 1995 citados por Castañeda et al. (2003), coinciden en los motivos para la utilización de incentivos:

Modificar la tendencia antiforestal de los agricultores quienes tradicionalmente han considerado a los bosques como enemigos del desarrollo agrícola.

Establecer una masa crítica de plantaciones para el crecimiento inicial de industrias forestales competitivas.

Reducir el riesgo y la incertidumbre que surgen especialmente de los largos períodos de gestación de las inversiones forestales.

Reducir los problemas de flujo de fondos durante los períodos largos que se requieren para recobrar los costos de establecimiento y mantenimiento de una plantación hasta que se comiencen a percibir ingresos.

¹¹ Métodos Indirectos estiman la calidad de sitio con base a datos históricos de rendimiento en volumen, crecimiento en altura dominante (IS), crecimiento entre nudos; utilizándose estos para clasificar sitios con plantaciones ya existentes. Los Métodos Indirectos, se clasifican sitios donde no existen plantaciones, y para ello se utilizan relaciones entre especies, características de vegetación (sotobosque) o factores de suelo y sitio.

Acelerar el desarrollo inicial de las plantaciones ya sean para propósitos de silvicultura, industria o social.

Gregersen, citado por Keipi (1998), define el incentivo como subvenciones públicas al sector privado de formas diversas, con el fin de promover actuaciones de entidades privadas que sean convenientes desde el punto de vista social. Y clasifica a los incentivos en Directos e Indirectos¹². Según Paiz (1999), en Guatemala existen varios tipos de incentivos forestales, puestos en práctica, Directos: Dinero, fiscales, alimentos por trabajo, plántulas, herramientas, equipo y créditos.; Indirectos: Seguridad de tenencia de tierra, servicios (asistencia técnica, capacitación, investigación y comercialización).

Según Field, citado por Díaz (1998), un " incentivo" es algo que atrae o rechaza a la gente, y que le hace modificar su comportamiento de alguna manera. Un "incentivo económico" es eso que el mundo económico conduce a que las personas canalicen en ciertas direcciones sus esfuerzos de producción y consumo.

Haitia y Keipi; citados por Díaz (1998), describen las razones prevalecientes para el uso de incentivos forestales de la manera siguiente:

Modificar el sesgo social en contra de las inversiones forestales entre los agricultores quienes tradicionalmente han considerado a los bosques como un enemigo del desarrollo agrícola.

Aumentar las tasas de rendimiento de las inversiones que puedan tener una rentabilidad privada baja pero que ofrezcan beneficios externos para la sociedad.

Reducir el riesgo y la incertidumbre, que surgen especialmente de largos periodos que toman las inversiones de reforestación.

¹² los Incentivos Directos son aquellos que se entregan directamente al productor, pueden ser en dinero, en especies o mixtos. Incentivos Indirectos pueden conformar la información sobre mercados, la capacitación e investigación entre otros.

Reducir los problemas de flujo de fondos durante los periodos largos que se requieren para recobrar los costos de establecimiento y mantenimiento de una plantación hasta los ingresos de cosecha.

Establecer una masa critica de plantaciones necesarias para el crecimiento inicial de industrias forestales o competitivas.

Acelerar el desarrollo inicial de las plantaciones ya sean para propósitos de silvicultura industrial o social.

Según el PAFG (1996), incentivos forestales son todos aquellos estímulos que otorga el estado para promover la reforestación y la creación de bosques y/o el manejo sostenible del bosque natural. Mientras que Del Camino (1985) puntualiza que un incentivo es lo que incita o mueve una cosa.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

El equipo y materiales utilizados fueron: cintas diamétricas, vara métrica medidora de alturas, brújula, GPS, clinómetro, demarcadores indelebles, nylon, tableros, formularios MIRA, azadón y machete.

5.2 Métodos

5.2.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en la región forestal 2, en los Departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala (Ver anexo 1), en ella se concentra la mayor cantidad de proyectos de incentivos forestales para plantaciones, posee el 36.55% del área plantada de todo el país y el 39.32% de la totalidad de proyectos. El cuadro 14 presenta las subregiones que forman la region 2.

Cuadro 14. Las subregiones que conforman la región forestal II.

Subregión	Municipio
II-1	Tactic A.V.
II-2	Rabinal B.V.
II-3	Cobán A.V.
II-4	San Jerónimo B.V.
II-5	Fray Bartolomé de las Casas A.V.
II-6	Ixcan, Quiche.

5.2.2 Establecimiento y medición de PPM en plantaciones del PINFOR

En esta fase se realizó un diagnostico inicial de la información disponible en relación a la asignación de los incentivos forestales y sobre el seguimiento de los mismos. se realizó un análisis con personal de apoyo del INAB del Programa de Incentivos Forestales sobre los mecanismos y la información generada durante el proceso para la aprobación y asignación de los mismos, la documentación para la solicitud, y expedientes que se elaboran para cada proyecto de reforestación.

Esto contempló la revisión total de 1119 expedientes en papel y archivos individuales en Excel con información administrativa y financiera sobre los pagos en las diferentes etapas de los proyectos; y la información técnica sobre las evaluaciones para la certificación (aprobación) del pago de los incentivos en cada etapa, la cual incluye promedios de las mediciones realizadas en parcelas temporales de 100 m² localizadas en forma aleatoria.

Se diseñó la estructura de dos bases de datos en archivos de Excel, que son la base para compilar toda la información generada por el PINFOR. Una base de datos para la **información administrativa y financiera**, y una **base de datos técnica forestal** con la información sobre la información de mediciones de las evaluaciones que realiza el personal de las regionales del INAB.

Estas dos bases de datos en Excel están siendo utilizadas como la plataforma para el diseño y elaboración del nuevo sistema integrado que maneje las dos bases de datos en módulos que pueden ser instalados en forma independientes pero que estarán ligados para dar la flexibilidad y realizar búsquedas y reportes en forma integrada.

Con el fin de integrar toda la información que se encuentra almacenada en diferentes archivos individuales relacionada con la asignación de los incentivos forestales, se consideró necesario, complementar esta información, con la revisión de todos los expedientes de los archivos físicos de los proyectos PINFOR. Para esta actividad se contó con el apoyo de técnicos de la sección de Monitoreo del PINFOR.

Además se recopiló información de documentación disponible en bibliotecas de las diversas instituciones y organizaciones relacionadas con el tema de incentivos forestales y plantaciones del país. Para ello se consideró al Instituto Nacional de Bosques (INAB), Plan de Acción Forestal de Guatemala (PAFG), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Rafael Landívar (URL) entre otras.

La información normativa obtenida de documentos, Leyes como la Ley Forestal (101-96), Reglamento de los Incentivos Forestales, por el cual se reglamenta la actividad de

reforestación, investigaciones, tesis de universidades en relación con incentivos forestales y plantaciones forestales.

5.2.3 Capacitación para la evaluación inicial de las plantaciones

Como parte del proceso se realizó una capacitación con el personal técnico del INAB, denominado Metodología para el Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en el cual participaron un total de 67 personas. 56 técnicos forestales, 4 Directores Técnicos y 3 Directores Subregionales representantes de la 9 regiones forestales del INAB, así como 3 alumnos de la USAC que realizan actualmente su ejercicio profesional supervisado; esta capacitación estuvo a cargo del instructor PhD Luis Ugalde Arias – CATIE .

5.2.4 Tipo de parcela

Para el establecimiento y medición de las Parcelas Permanentes de Monitoreo se utilizó la guía técnica para programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA (Ugalde 2001). El tipo de parcela utilizada, fue permanente cuyo objetivo principal es permitir mediciones de crecimiento por un periodo largo de años.

5.2.5 Tamaño y forma de parcelas

Según Ugalde (2001), en plantaciones en bloque con fines de producción de madera con un rango de espaciamiento inicial de aproximadamente 2.5 x 2.5 a 3x3 m, comunes en varios países tropicales, y con especies que requieren de 2 a 4 raleos, dependiendo del crecimiento y dimensiones del producto final; para llegar a su cosecha final con un número aproximado de unos 100 a 150 árboles. Con estas condiciones se recomiendan parcelas permanentes de 80 a 100 árboles iniciales. Esta cantidad de árboles permitiría hasta 3 o 4 raleos de aproximadamente 50% cada uno en base al número de árboles y llegaría al turno final de corta con unos 10 a 15 árboles por parcela.

El tamaño de parcela utilizado se calculó con base a una superficie de área en metros cuadrados, las parcelas son rectangulares¹³ de 20 x 25 m.; con un área de 500 mt² , la cual nos permite monitorear dos intervenciones silvícolas aproximadamente, es decir en

¹³ Estas facilitan la ubicación, la demarcación permanente y el sentido de medición de los árboles en mediciones consecutivas a largo plazo.

promedio de 8 a 10 años más de mediciones. Se utilizó este criterio debido al tiempo que se tuvo para llevar a cabo la investigación y además porque el PINFOR incentiva durante un tiempo de 6 años a los propietarios; sin embargo quedó abierta la posibilidad de agrandar las parcelas en área (1000 mt²) si hubiese interés por parte del productor y/o empresa en seguir el monitoreo hasta el turno final de la plantación.

5.2.6 Número de parcelas

Según Ugalde (2001), el número total de parcelas requerido puede ser completado en un proceso de varios años, de manera que, normalmente no se requiere conocer el número o establecer todas las parcelas en el primer año. El número total de parcelas permanentes para una determinada especie debe permitir la estratificación de los rodales de la finca de acuerdo a calidades de sitio y productividad. Eso puede ser ajustado y complementado en el tiempo. El Programa de Incentivos Forestales – PINFOR – mantiene su propia metodología del número de parcelas a realizar en las certificaciones anuales en los proyectos. (ver anexo)

Dentro de cada finca La intensidad de muestreo fue del 1% del área total reforestada por especie y edad; por ejemplo, si la finca posee 15 ha de reforestación con una misma edad de *Pinus maximinoi* el área a muestrear debe ser: $15 \text{ ha} \times 10,000 \text{ m}^2 = 150,000 \text{ m}^2$ esto se multiplica por el 0.01% = 1500 m², como el área de la parcela en metros cuadrados a establecer es de 500, entonces 1500 m² se divide entre 500 m² y esto nos da el No. de parcelas que para este caso son 3, a establecer en esta finca.

La estrategia fue la de establecer un número mínimo de parcelas que permitan estimar la productividad con un nivel de predicción aceptable para la institución INAB. En el futuro Lo que se deberá seguir haciendo es reestimar mejor el número de parcelas tomando como base el coeficiente de variación con un nivel aceptable de predicción, para ello se deberán utilizar las formulas conocidas para el calculo de parcelas necesarias.

5.2.7 Ubicación e instalación de parcelas

Para esta investigación en particular, se realizó un reconocimiento a través de un recorrido de las áreas en las fincas reforestadas diferenciando las plantaciones por especie y fecha de plantación. Actividad que permitió visualmente estratificar áreas con diferente tipo de crecimiento, para ello se tomó como referencia la altura total dominante de los árboles, para la selección de áreas de plantación de bajo y alto crecimiento, para luego distribuir las parcelas.

Con base a la guía para el establecimiento y medición de PPM (Ugalde, 2001), las parcelas se establecieron dentro de los estratos seleccionados cubriendo de esta forma las diferentes condiciones de sitio y crecimiento dentro de la plantación, de manera que quedaron PPM tanto en el sitio de crecimiento alto como en bajo crecimiento según la intensidad de muestreo.

En este caso se establecieron en los sitios ó fincas PPM en áreas de alto crecimiento y bajo crecimiento por especie y fecha de plantación.

5.2.8 Demarcación y señalamiento de parcelas

Según Ugalde (2001), las parcelas deben marcarse en le 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. Se hicieron zanjas en el suelo en las esquinas de la parcela, 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.

5.2.9 Mediciones del área

De acuerdo con la guía técnica de PPM (Ugalde 2001), luego de establecidas las parcelas en plantaciones donde el espaciamiento no es siempre regular, se procedió a medir la superficie exacta de la parcela rectangular, para lo cual se midieron los cuatro lados de la

parcela y la pendiente para realizar los cálculos correspondientes corrigiendo por la pendiente. Tomando el callejón (entre las líneas de plantación), como punto inicial respetando el espaciamiento real de los árboles.

5.2.10 Variables medidas:

En cada parcela, se midieron variables silvícolas, basados en la metodología de MIRA, de manera directa, a partir de las cuales se obtuvieron otras variables indirectas.

Cuadro 15. Variables silviculturales directas e indirectas.

TIPO	VARIABLE
Variables silviculturales directas	Dap de todos los árboles (en milímetros).
	Altura total de los surcos centrales de PPM (en decímetros).
	Códigos de forma y defectos de fustes.
	Estado fitosanitario
	Edad de la plantación (en meses)
	Espaciamiento promedio (en metros)
	Fecha de medición
Variables silviculturales indirectas	Número inicial de árboles (árboles/ha)
	Número actual de árboles (árboles/ha)
	Altura promedio de los árboles por ha (metros)
	Dap promedio de los árboles por ha (cms)
	Índice de sitio (metros)
	Área basal (metros cuadrados / ha)
	Volumen total (metros cúbicos / ha)

5.2.11 Medición de árboles

Todos los árboles originales ó que deberían haber sido plantados en la parcela de medición, fueron medidos y enumerados en forma secuencial del uno hasta el último árbol de la parcela. Los árboles que por error no se plantaron, se cortaron o que fueron raleados se consideran como árboles muertos y la variable de medición 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 (Ugalde, 2001).

Antes de iniciar la medición de los árboles, se hizo el croquis de la parcela en el formulario correspondiente, incluyendo señas o indicaciones para facilitar la reubicación de la parcela y la numeración de los árboles. De manera que, en todas las mediciones los árboles tienen el mismo número en el formulario. Se inicio en la esquina noreste de la parcela con el árbol número uno y avanzar en sig sag siguiendo las líneas de la plantación a favor de la pendiente (Ugalde, 2001).

5.2.12 Formularios de medición y códigos de mira

Los formularios utilizados fueron: Descripción del Sitio; Descripción del Experimento; Descripción de Parcela y Medición de árboles en pie (ver anexo 2); Se realizó el llenado de los formularios con equipo y personal técnico de INAB; los datos o valores levantados se ingresaron al programa Mirasilv (Ugalde 2001), luego se procedió a la verificación de toda la información, para luego imprimirla y guardarla en archivos identificados respectivamente para el análisis posterior.

5.2.13 Definición de la población y la muestra

Se utilizó el listado de beneficiarios del programa de incentivos forestales del Instituto Nacional de Bosques –INAB- para determinar el número de muestras por región forestal (9 regiones forestales en total) a nivel nacional. (Ver Anexo 3)

A este marco lista, se le realizó un análisis de varianza (ANDEVA), que sirvió para observar que la variabilidad estaba distribuida en todas las regiones; esto indicaba que daba lo mismo un muestreo estratificado ó un irrestricto al azar, sin embargo por el interés del INAB en el tipo de estudio requerido se utilizó el estratificado completamente al azar para el método de selección de la muestra, además porque el INAB mantiene una cobertura geográfica por regiones forestales distribuida a nivel de país.

Se utilizó un muestreo estratificado completamente al azar; que comprendió dos fases; 1) se estratifico por regiones y tamaño de finca y 2) la selección de las fincas condicionado a la especie completamente al azar.

calculo de la muestra: se utilizo la formula para poblaciones finitas.

$$N = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}$$

Donde:

N= Tamaño de la población

σ^2 = varianza de la proporción

D= B²/4 B= Estimación del error (10%)

4= Da aproximadamente un nivel de confianza del 95%

Ejemplo para el calculo de muestra a nivel nacional:

Tamaño de finca: 0 – 7 ha

$$n = \frac{377 \times 2.5}{376 \times \frac{0.342}{4} + 2.5} = 70 \text{ fincas}$$

Tamaño de finca: 7 - 15 ha

$$n = \frac{229 \times 4.68}{228 \times \frac{1.022}{4} + 4.68} = 17 \text{ fincas}$$

Tamaño de finca: 15 – 45 ha

$$n = \frac{310 \times 68.31}{309 \times \frac{0.542}{4} + 68.31} = 37 \text{ fincas}$$

Tamaño de finca: > 45 ha

$$n = \frac{203 \times 694}{202 \times \frac{7.9^2}{4} + 694} = 37 \text{ fincas}$$

total de fincas a muestrear: **161** en las 9 regiones forestales.

Para el cálculo de la muestra (ver anexo 3), se formarán 4 tamaños de finca de la siguiente manera: tamaño 1) de 0-7 ha; 2) 7-15ha; 3)15-45 ha y 4) >45 ha respectivamente. La muestra se obtuvo Por cada tamaño de finca, en total se sacaron cuatro muestras, que sumándolas dieron la cantidad total mínima de **161 fincas** (14%) a muestrear para las nueve regiones forestales. Luego se calculo por región proporcionalmente y dentro de la región por tamaño de finca condicionado a la especie. El cuadro 16 presenta la distribución proporcional en las 9 regiones del país.

Cuadro 16. Distribución de muestras “n” por tamaño de finca para las nueve regiones forestales.

Región	muestra por región		Tamaño de finca (ha)								fincas por región
			0 – 7 ha		7 – 15 ha		15 – 45 ha		>45		
	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	
I	26	4	13	2	5	1	6	1	2	0	26
II	440	65	159	29	77	6	125	15	79	15	440
III	95	14	14	3	16	1	27	3	38	7	95
IV	15	2	0	0	6	1	5	1	4	0	15
V	61	9	29	5	20	2	10	1	2	1	61
VI	60	8	22	4	20	1	15	2	3	1	60
VII	87	13	50	9	11	1	20	2	6	1	87
VIII	252	38	74	14	64	7	61	7	53	10	252
IX	83	12	16	3	10	1	41	5	16	3	83
Total	1119	165	377	69	229	21	310	37	203	38	1119

N= número de fincas por región.

n= muestra por región

La muestra que se obtuvo para la región 2 (Alta y Baja Verapaz) fue de 65 fincas, equivalente al 15% con respecto al total de fincas en la región 2.

Aún con todo el apoyo logístico del Instituto Nacional de Bosques, faltó tiempo para cubrir todas las fincas, logrando establecer y medir las PPM únicamente en 50 fincas (77%) de las 65 seleccionadas para la región 2; en los cuadros 17 hasta la 22, puede observarse como quedó la distribución de fincas y PPM por subregión forestal, tamaño de finca, tipo de actor y especie.

Cuadro 17. Distribución de fincas por subregión y tamaño de finca en la región II.

Subregión Forestal	Tamaño de finca ha				Total Fincas
	< 7	7 - 15	15 – 45	> 45	
I21	5	0	2	4	11
I22	1	1	1	0	03
I23	2	8	6	5	21
I24	8	2	1	1	12
I25	0	0	0	2	02
Total	16	11	10	12	49

Cuadro 18. Distribución de fincas por subregión y tipo de actor en la región II.

Subregión Forestal	Tipo de Actor			Total Fincas
	Individual	Grupo organizado	Empresa	
I21	6	3	2	11
I22	3	0	0	03
I23	11	2	8	21
I24	8	3	1	12
I25	2	0	0	02
Total	30	8	11	49

Cuadro 19. Distribución de fincas por subregión forestal y especie en la región II.

Subregión Forestal	Especie analizada				Total Fincas
	PINUMI	PINUOO	PINUCC	TECTGR	
I21	7	1	2	1	11
I22	2	1	0	0	03
I23	14	0	6	1	21
I24	7	5	0	0	12
I25	0	0	0	2	02
Total	30	7	8	4	49

Cuadro 20. Distribución de PPM por subregión y tamaño de finca en la región II.

Subregión Forestal	Tamaño de finca ha				Total PPM
	< 7	7 - 15	15 - 45	> 45	
I21	02	13	10	44	69
I22	06	0	05	0	11
I23	13	16	34	52	115
I24	12	4	7	8	31
I25	0	0	0	20	20
Total	33	33	56	124	246

Cuadro 21. Distribución de PPM por subregión y tipo de actor en la región II.

Subregión Forestal	Tipo de Actor			Total PPM
	Individual	Grupo organizado	Empresa	
I21	36	09	24	69
I22	11	0	0	11
I23	49	38	28	115
I24	24	05	02	31
I25	20	0	0	20
Total	140	52	54	246

Cuadro 22. Distribución de PPM por subregión forestal y especie en la región II.

Subregión Forestal	Especie analizada				Total Fincas
	PINUMI	PINUOO	PINUCC	TECTGR	
I21	36	09	16	08	69
I22	06	05	0	0	11
I23	83	0	27	05	115
I24	14	17	0	0	31
I25	0	0	0	20	20
Total	139	31	43	33	246

En resumen con las 49 fincas se logró muestrear un área de 1,294.9 ha lo que equivale a un 17.5% de intensidad de muestreo con respecto al total de área ocupada por las especies analizadas (7,394 ha) en la región 2; en el cuadro 23 se presenta la distribución del área de muestreo por especie y tamaño de finca.

Cuadro 23. Area muestreada por especie y tamaño de finca en la región 2.

Especie	Area ha	%	Tamaño de finca en hectáreas								Σ ha	% Area
			0 – 7		7– 15		15 – 45		>45			
			ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
PINUMI	2,874	39	57.9	10.4	103.6	18.6	114.3	20.5	280.82	50.4	556.58	42.9
PINUOO	1,681	23	19.3	1.1	26.2	1.6	116.3	6.9	45.0	2.7	206.78	16.0
PINUCC	1,590	21	----	----	33.0	2.1	55.0	3.5	209.0	13.1	297.0	22.9
TECTGR	1,249	17	----	----	----	----	43.5	3.5	191.0	15.3	234.50	18.2
Subtotal	7,394	100	77.2	3.1	162.8	7.3	329.1	34.4	725.80	81.5	1294.9	100

De las 49 fincas que concentran plantaciones con edades de 1 a 5 años de edad, se separaron las fincas con plantaciones con edades iguales o mayores a 3 años para hacer los análisis de productividad; quedando únicamente 33 fincas que concentran edades de 3 a 5 años de edad, a continuación se presenta la forma en que quedaron distribuidas. Con relación al número de PPM, en las 33 fincas quedaron 151 en total.

Cuadro 24. Distribución de fincas y PPM, por tamaño de finca y especies analizadas en las plantaciones comprendidas entre 3 a 5 años de edad en la región II.

Especie	Total fincas Región 2 evaluadas	Fincas Evaluadas > 3 años	Tamaño de finca en hectáreas								Σ Fca	Σ ppm
			menor a 7 ha		7 a 15 ha		15 a 45		mayor a 45 ha			
			Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm		
PINUMI	49	24	9	14	6	13	4	17	5	56	24	100
PINUOO		3	----	----	----	----	3	18	----	----	3	18
PINUCC		3	----	----	----	----	1	4	2	8	3	12
TECTGR		3	----	----	----	----	----	---	3	21	3	21
TOTAL		33	9	14	6	13	8	39	10	85	33	151

5.2.14 Procesamiento, análisis e interpretación de los datos

Posterior a la fase del establecimiento y medición de las PPM, el proceso continuó con la digitalización de la información contenido en los formularios utilizados al programa MIRA (Ugalde 2003), para ello se tuvo el cuidado de grabar la información llevando un orden de jerarquía, iniciando primero por grabar los códigos de País, Proyecto y Especie, para luego seguir con sitios, experimentos, parcela y por ultimo a mediciones, es acá donde se ingresan todos los datos por árbol individual del formulario al programa; quedando grabadas las variables de Dap y altura además de información con relación a efectos y defectos de fuste, estado fitosanitario y sobrevivencia respectivamente.

Para realizar diferentes tipos de análisis a los datos, se tuvo que exportar todos los datos de MIRA, hacia Excel, pero primero se separaron las fincas con plantaciones menores a 3 años de edad de las plantaciones mayores a 3 años, esto porque en los análisis de productividad en aquellas plantaciones menores a 3 años estos no son significativos a estas edades; luego se hizo una separación por especie para observar que parcelas estaban en sitios de crecimiento alto y sitios de crecimiento bajo, para hacer esta división se tomo de base el promedio de la variable IMA en altura total y las parcelas que estaban por encima del promedio estaban en sitio de crecimiento alto y las que estaban por debajo estaban en sitio con crecimiento bajo.

Para realizar el análisis y comparación entre el crecimiento y rendimiento de las especies, por subregión forestal, tamaño de finca y tipo de propietario, se corrió un Análisis De Varianza –ANDEVA -, con el programa SAS, en el departamento de Biometría – CATIE – para ello las variables utilizadas fueron IMA en Dap (cm/año/ha), Altura (m/año/ha), Area Basal (m²/año/ha) y Volumen (m³/año/ha); el mismo análisis se realizó para observar diferencias entre sitios, interacción entre especie por sitio (especie*sitio).

Luego de realizado el ANDEVA, para las fuentes de variación anteriormente mencionadas, se procedió a correr la prueba de comparación de medias (Duncan), para visualizar las diferencias de las fuentes de variabilidad.

Posteriormente se realizó un análisis multivariado para todas las especies por tamaño de finca, subregión forestal y tipo de propietario, tomando como base las variables de crecimiento y productividad, con la finalidad de conformar grupos de especies similares en producción y determinar si estos grupos estaban relacionados con el tamaño de finca, subregión forestal y el tipo de propietario.

En el caso del análisis del comportamiento en crecimiento y rendimiento de las plantaciones con relación a la pendiente, altitud, se realizó el procedimiento estadístico de regresión lineal múltiple por pasos, procedimiento que facilita visualizar en que medida estos gradientes están influenciando la respuesta de la especie a un sitio en particular mediante la generación de un modelo; en este procedimiento estadístico se utilizó el procedimiento stepwise el cual sirvió para la selección de las variables más correlacionadas con la variable respuesta Índice de Sitio (IS).

En la evaluación de las características cualitativas de las plantaciones de especies analizadas, se tomó el efecto y defectos de fuste, porcentaje de sobrevivencia y estado fitosanitario, se realizó el análisis estadístico para comparar las cuatro especies con estas características, por subregión forestal, tamaño de finca y tipo de propietario; también para este caso se corrió un Análisis de Variancia – ANDEVA – para observar diferencias entre estas fuentes de variación, además se realizó comparación de medias (Duncan) para ver que fuente es diferente.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Establecimiento y medición de parcelas permanentes de valuación y monitoreo en plantaciones forestales de PINFOR

De un total de 65 fincas se muestrearon 49 (75%) fincas, en las cuales se establecieron y se midieron 246 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en plantaciones forestales con edades entre 1 a 5 años localizadas en la región II en los departamentos de Alta y Baja Verapaz. En los cuadros 25 y 26, se presenta la distribución de Fincas y Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) por subregión forestal, tamaño de finca y por especie.

Cuadro 25. Distribución de fincas y PPM por subregión forestal y tamaño de finca.

Región y Subregión Forestal	Fincas Evaluadas	tamaño de finca en hectáreas								Total fincas	total PPM
		< 7 ha		15 – 15 ha		15 – 45 ha		>45 ha			
		Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm		
I21*	49	5	2	0	13	2	10	4	44	11	69
I22		1	6	1	0	1	5	0	0	3	11
I23		2	13	8	16	6	34	5	52	21	115
I24		8	12	2	4	1	7	1	8	12	31
I25		0	0	0	0	0	0	2	20	2	20
TOTAL		16	33	11	33	10	56	12	124	49	246

Cuadro 26. Distribución de fincas y PPM por subregión forestal y especie analizada.

Región y Subregión Forestal	Fincas Evaluadas	tamaño de finca en hectáreas								Total fincas	total PPM
		PINUMI		PINUOO		PINUCC		TECTGR			
		Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm		
I21*	49	7	36	1	9	2	16	1	8	11	69
I22		2	6	1	5	0	0	0	0	3	11
I23		14	83	0	0	6	27	1	5	21	115
I24		7	14	5	17	0	0	0	0	12	31
I25		0	0	0	0	0	0	2	20	2	20
TOTAL		30	141	7	29	8	43	4	33	49	246

*I21 = Inab, Región 2, Subregión forestal 1.

Como se observa en el cuadro 25 se establecieron y se midieron un total de 246 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) distribuidas de la siguiente manera: para *Pinus maximinoi* H.E. Moore 141 PPM equivalente a un 57%; *Pinus oocarpa* Schiede 29 PPM (12%); *Pinus caribaea* 43 PPM (18%) y para *Tectona grandis* L.F un total de 33 PPM equivalentes a un 13% respectivamente.

Las 49 fincas muestreadas representan 1,294.9 ha, de un total de 7,394 ha que es el área ocupada por las especies analizadas en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, lo que equivale a un 17.5% de intensidad de muestreo. En el cuadro 27 se presenta el área muestreada y el porcentaje por tamaño de finca y especie analizada.

Cuadro 27. Área muestreada por especie y tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja V.

Especie analizada	Area ha	%	Tamaño de finca en hectáreas								% área total	
			0 - 7		7 - 15		15 - 45		> 45			Σ ha
			ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
PINUMI	2,874	39	57.9	10.4	103.6	18.6	114.3	20.5	280.8	50.4	556.6	42.9
PINUOO	1,681	23	19.3	1.1	26.2	1.6	116.3	6.9	45.0	2.7	206.8	16.0
PINUCC	1,590	21	----	----	33.0	2.1	55.0	3.5	209.0	13.1	297.0	22.9
TECTGR	1,249	17	----	----	----	----	43.5	3.5	191.0	15.3	234.5	18.2
Total	7,394	100	77.2	3.1	162.8	7.3	329.1	34.4	725.8	81.5	1294.9	100

Para todas las 246 PPM evaluadas se realizaron análisis de crecimiento, calidad de los árboles así como también el estado fitosanitario de los mismos, sin embargo para los análisis de rendimiento en volumen se consideraron únicamente las plantaciones con edades de tres o más años de edad, quedando un total de 151 PPM; esta consideración se realizó debido a que a edades menores las aportaciones en rendimiento en volumen no son significativas. Esta separación por edad dio como resultado el cuadro 28, donde se aprecia la cantidad de fincas evaluadas, su distribución y la cantidad de PPM respectivamente.

Cuadro 28. Distribución de fincas y PPM, por tamaño de finca y especies analizadas en plantaciones de 3 a 5 años de edad en la región 2, en Alta y Baja Verapaz.

Especie	Total fincas Región 2 evaluadas	Fincas Evaluadas > 3 años	Tamaño de finca en hectáreas								Σ Fca	Σ ppm
			<7 ha		7 a 15 ha		15 a 45		>45 ha			
			Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm	Fca	ppm		
PINUMI	49	24	9	14	6	13	4	17	5	56	24	100
PINUOO		3	----	----	----	----	3	18	----	----	3	18
PINUCC		3	----	----	----	----	1	4	2	8	3	12
TECTGR		3	----	----	----	----	----	---	3	21	3	21
TOTAL		33	9	14	6	13	8	39	10	85	33	151

Nomenclatura:

PINUMI: *Pinus maximinoi* **PINUOO:** *Pinus oocarpa* **PINUCC:** *Pinus caribaea* **TECTGR:** *Tectona grandis* L.F.

Fca: finca **ppm:** parcelas permanentes de monitoreo

6.2 Situación actual de las plantaciones de 4 especies en la región 2, Alta y Baja Verapaz

6.2.1 Análisis y comparación en crecimiento y rendimiento por subregión forestal

El comportamiento de las diferentes subregiones consideradas en relación a los Incrementos Medios Anuales (IMA) en **Dap** en cm/año, **altura** en m/año y en **volumen** m³/ha/año de *P. maximinoi*, *ocarpa*, *caribaea* y *Tectona grandis* en plantaciones mayores a 36 meses de edad en la región 2, Alta y Baja Verapaz. En el cuadro 29 se observa los diferentes valores en promedio de las variables consideradas.

Cuadro 29. Comportamiento de las especies analizadas en IMA en Dap, altura y en volumen en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por subregión forestal en región II en los departamentos de Alta y Baja Verapaz.

Variable	Tactic A.V. I21			Rabinal B.V. I22			Cobán A.V. I23			San Jerónimo B.V. I24			Fray Bart. las Casas A.V. I25		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
IMA Dap	1.34	0.28	2.79	1.03	0.59	1.63	1.93	0.59	2.97	1.32	0.71	2.64	2.56	1.94	3.18
IMA AI_{Tot}	1.02	0.13	2.02	0.75	0.38	1.27	1.39	0.11	2.19	0.94	0.46	1.70	2.40	1.55	3.33
IMA Vol	4.20	0.01	20.13	0.83	0.10	1.89	5.27	0.02	19.20	1.84	0.03	11.72	13.10	4.05	27.10

Nomenclatura:

A.V.: Alta Verapaz **B.V.** Baja Verapaz

I21: subregión forestal Inab, región 2, subregión 1, con sede en Tactic, Alta Verapaz

I22: subregión forestal Inab, región 2, subregión 2, con sede en Rabinal, Baja Verapaz

I23: subregión forestal Inab, región 2, subregión 3, con sede en Cobán, Alta Verapaz

I24: subregión forestal Inab, región 2, subregión 4, con sede en San Jerónimo, Baja Verapaz

I25: subregión forestal Inab, región 2, subregión 5, con sede en Fray Bartolomé las Casas, Alta Verapaz

IMADAP: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año

IMAAITot: Incremento medio anual en altura total en m/año

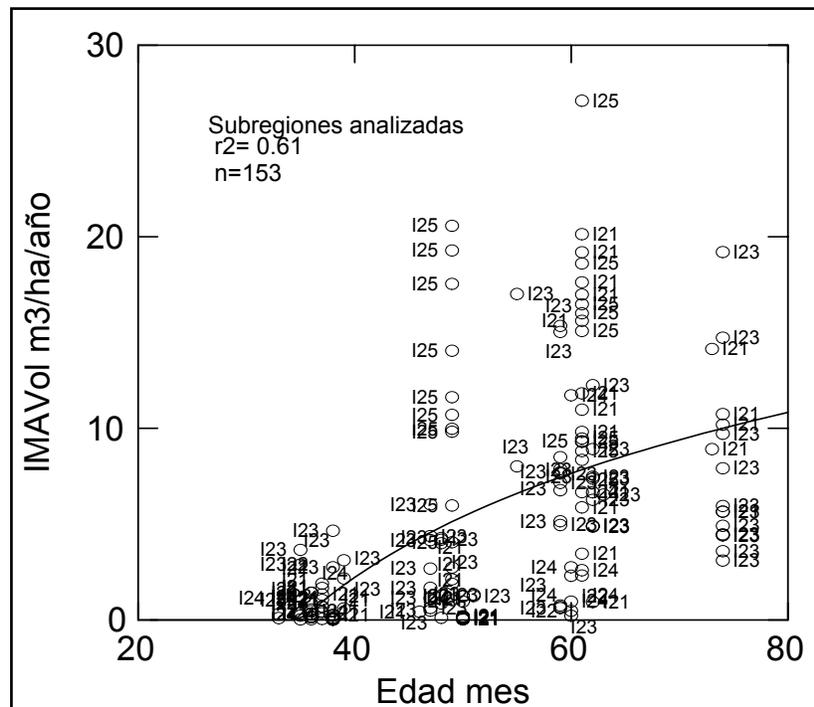
IMAVol: Incremento medio anual en volumen en m³/ha/año

Prom: promedio **Min:** mínimo **Máx:** máximo

En la comparación entre las subregiones se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.0001$); al realizar la prueba de Duncan, se obtiene que las subregiones I25 y I23 con sede en Fray Bartolomé de las Casas y Cobán A.V., alcanzaron los mejores promedios comparadas con las demás subregiones en relación a los IMADap y IMAAITot; para las subregiones I21, I22 y I24 no se mostraron diferencias entre si. Para el caso de la variable IMAVol los mejores promedios los arroja la subregión 125 (13.10 m³/ha/año); y las subregiones I21, I23 y I24 demostraron un comportamiento similar, al hacer la comparación

con la subregión I22 esta fue diferente arrojando el promedio más bajo. Dentro de las subregiones la diferencia numérica es considerable.

En este caso es congruente la diferencia estadística encontrada entre las diferentes subregiones forestales consideradas, debido a que las mismas presentan diferentes condiciones de clima, topográfica y edáfica. Otra razón es que la diferencia estadística encontrada, se debe también a que las variables de Incremento Medio Anual (IMA) que se utilizaron para el análisis de varianza pertenecen a especies con ritmos de crecimiento distintos *Tectona grandis* L.F.(Teca) y Pinos.



Nomenclatura:

- I21: subregión forestal Inab, región 2, subregión 1, con sede en Tactic, Alta Verapaz
- I22: subregión forestal Inab, región 2, subregión 2, con sede en Rabinal, Baja Verapaz
- I23: subregión forestal Inab, región 2, subregión 3, con sede en Cobán, Alta Verapaz
- I24: subregión forestal Inab, región 2, subregión 4, con sede en San Jerónimo, Baja Verapaz
- I25: subregión forestal Inab, región 2, subregión 5, con sede en Fray Bartolomé las Casas, Alta Verapaz

Figura 2. Subregiones analizadas en relación al IMA en Vol m3/ha/año y la edad.

6.2.2 Comportamiento de variables de crecimiento y productividad por especie analizada y subregión forestal

Comparando las cuatro especies analizadas por cada subregión forestal considerada en relación a los IMA'S en Dap, AlTot y Volumen, se obtienen los siguientes resultados que se muestran en el cuadro 30.

Cuadro 30. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por subregión forestal y especie considerada en región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Tactic A.V. I21			Rabinal B.V. I22			Cobán A.V. I23			San Jerónimo B.V. I24			Fray Bart. las Casas A.V. I25		
	IMADap			IMADap			IMADap			IMADap			IMADap		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
PINUMI	1.66	0.29	2.79	1.46	1.25	1.63	2.01	0.97	2.97	1.33	0.71	2.64	----	----	----
PINUOO	0.58	0.28	1.23	0.70	0.59	0.86	----	----	----	1.29	0.79	2.01	----	----	----
PINUCC	0.83	0.54	1.2	----	----	----	1.56	1.05	2.32	----	----	----	----	----	----
TECTGR	0.60	0.54	0.66	----	----	----	1.51	0.59	2.37	----	----	----	2.56	1.94	3.18

Nomenclatura:

A.V.: Alta Verapaz B.V. Baja Verapaz

I21: subregión forestal Inab, región 2, subregión 1, con sede en Tactic, Alta Verapaz

I22: subregión forestal Inab, región 2, subregión 2, con sede en Rabinal, Baja Verapaz

I23: subregión forestal Inab, región 2, subregión 3, con sede en Cobán, Alta Verapaz

I24: subregión forestal Inab, región 2, subregión 4, con sede en San Jerónimo, Baja Verapaz

I25: subregión forestal Inab, región 2, subregión 5, con sede en Fray Bartolomé las Casas, Alta Verapaz

PINUMI: *Pinus maximinoi* **PINUOO:** *Pinus oocarpa* **PINUCC:** *Pinus caribaea* **TECTGR:** *Tectona grandis* L.F.

IMADAP: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año

Prom: promedio **Min:** mínimo **Máx:** máximo

En el análisis de varianza para *Pinus maximinoi* y su comportamiento entre las subregiones I21, I22, I23 y I24 donde esta presente, resultó que existen diferencias estadísticas significativas ($P= 0.001$) para la variable IMADap; al realizar la prueba de Duncan la subregión I23 arrojó el mejor promedio (2.01 cm/año) en comparación a las demás subregiones y la que arrojó el promedio más bajo fue la subregión I24 (1.33 cm/año). Sin embargo esta subregión (I24) muestra una variabilidad en rangos de IMADap observados de 0.71 a 2.64 cm/año para esta especie. Si en esta subregión se potencializa

mejor la selección de sitios para el establecimiento de plantaciones la respuesta en la variable IMADap posiblemente mejore considerablemente.

En relación a ***Pinus oocarpa*** esta se concentra en las subregiones I21, I22 y I24; con base al análisis de varianza realizado en relación a IMADap se observa que entre estas subregiones existen diferencias estadísticas significativas ($P= 0.004$); con la prueba Duncan se encontró que la subregión I24 obtuvo el mejor promedio de IMADap (1.29 cm/año) al compararla con las demás subregiones.

Para el caso de ***Pinus caribaea*** localizado en las subregiones I21 y I23, se encontró diferencia estadística entre las subregiones ($P= 0.01$); con la prueba Duncan resultó que la subregión I23 obtuvo el mejor promedio (1.56 cm/año) al compararla con la subregión I21 que arrojó un promedio en IMADap de 0.83 cm/año.

En el caso de ***Tectona grandis*** L.F esta se ubica en las subregiones I21, I23 y la I25; con base al análisis de varianza realizado resultó que existe diferencia estadística significativa ($P= <0.0001$); al realizar la prueba de Duncan, se observa que el mejor promedio en IMADap lo obtuvo la subregión I25 con valores promedio de 2.56 cm/año, luego sigue la subregión I23 (1.51 cm/año) y por último la subregión I21 (0.60 cm/año).

En resumen con base a los rangos mínimos y máximos en IMADap observados en cada una de las subregiones, las especies analizadas tienen la posibilidad de mejorar su potencial del promedio en IMADap, en la medida que se seleccionen de mejor manera los sitios para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Cuadro 31. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en AITot m/año de plantaciones de 3 a 5 años de edad, por subregión forestal y especie analizada.

ESPECIE	Tactic A.V. I21			Rabinal B.V. I22			Cobán A.V. I23			San Jerónimo B.V. I24			Fray Bart. las Casas A.V. I25		
	IMAAITot			IMAAITot			IMAAITot			IMAAITot			IMAAITot		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max
PINUMI	1.26	0.42	2.02	1.13	1.01	1.27	1.49	0.87	2.19	0.93	0.46	1.70	----	----	----
PINUOO	0.56	0.33	1.04	0.47	0.38	0.51	----	----	----	0.97	0.60	1.48	----	----	----
PINUCC	0.46	0.38	0.53	----	----	----	0.92	0.76	1.25	----	----	----	----	----	----
TECTGR	0.44	0.13	0.75	----	----	----	0.99	0.11	2.09	----	----	----	2.40	1.55	3.33

Nomenclatura:

IMAAITot: Incremento Media Anual en altura total en m/año.

A.V.: Alta Verapaz **B.V.** Baja Verapaz

Las plantaciones de *Pinus maximinoi* localizadas en las subregiones I21, I22, I23 y I24 como se observa en cuadro 31, mostraron con base al análisis de varianzas estadísticas ($P= 0.0001$) en relación a IMAAITot; al realizar la prueba de Duncan resultó que la subregión I23 mostró el mejor promedio (1.49 m/año) en IMAAITot al compararla con la subregión I24 (0.93 m/año).

En el estudio de caracterización de plantaciones comprendidas entre 1 a 4 años de edad, del PINFOR, Castañeda et al. (2003), reporta para *Pinus maximinoi* un IMAAITot promedio para la subregión I21 de 0.66 m/año; para I23 de 0.69 m/año; y para la subregión I24 IMAAITot de 0.62 m/año. Estos promedios están por debajo de los encontrados en esta evaluación.

Para *Pinus oocarpa* las subregiones donde esta presente son: I21, I22 y I24 respectivamente. Al realizar el análisis de varianzas, se encontraron diferencias estadísticas ($P= 0.006$) entre las subregiones; al realizar la prueba de Duncan resultó que la subregión I24 muestra el mejor promedio (0.97 m/año) en IMAAITot que las subregiones I21(0.56 m/año) y I22 (0.47 m/año) respectivamente.

Las subregiones donde se presenta *Pinus caribaea*, son las siguientes: I21 y I23, con base al análisis de varianzas, resultó que existe diferencia estadística ($P=0.0008$) entre las

subregiones consideradas con una; al realizar la prueba de Duncan se observó que la subregión I23 (0.92 m/año) muestra mejor valor promedio en IMAAITot al compararla con la subregión I21 (0.46 m/año).

En el caso de *Tectona grandis* L.F, esta se localiza en las subregiones I21, I23 y I25 respectivamente. Al realizar el análisis de varianza para la variable IMAAITot se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.001$) significativas entre las subregiones; al realizar la prueba de Duncan resultó que la subregión I25 arrojó el mejor promedio (2.40 m/año) con una edad de 61 meses; al comparar esta subregión con las otras, los IMAAITot encontrados fueron para la I21 fue de 0.44m/año y 0.99 m/año para la subregión I23 respectivamente.

Otros estudios realizados en Costa Rica, reportan que existen plantaciones de 60 meses de edad de haber sido establecidas, que presentan un Incremento Medio Anual en altura que va desde 2.62 a 3.06 m/año y este disminuye considerablemente al alcanzar una edad de 108 meses, con un rango en IMA en altura que varía de 1.83 a 2.24 m/año. Los datos observados para *Tectona grandis* L.F. en la subregión I25 en IMAAITot son similares tomando en cuenta la edad a que se reportarán estos valores en Costa Rica (Chávez 1989, citado por Chávez et al 1991).

Es relevante anotar que la plantación encontrada en la subregión I21 en la finca Marichaj, para *Tectona grandis* L.F. se reporta con edad de 38 meses, sin embargo en el campo se encontró casi un 40% de replante, situación que distorsiona los resultados de una plantación con esta edad; esta actividad de replante se realiza comúnmente encontrándose en varios de los proyectos evaluados, en las subregiones consideradas y especies analizadas, para cumplir con el mínimo de prendimiento exigido, y asegurar la aceptación por parte del INAB en la certificación anual realizada.

Cuadro 32. Rangos de Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen m³/ha/año para plantaciones mayores a 36 meses de edad, por especie analizada y subregión forestal en la region 2, en Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Subregión I21			I22			I23			I24			I25		
	IMAVol			IMAVol			IMAVol			IMAVol			IMAVol		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
PINUMI	6.16	0.01	20.13	1.39	0.87	1.89	6.03	0.48	19.20	1.75	0.03	11.72	----	----	----
PINUOO	0.22	0.02	0.95	0.26	0.10	0.47	----	----	----	2.02	0.09	6.67	----	----	----
PINUCC	0.14	0.06	0.26	----	----	----	1.32	0.59	3.11	----	----	----	----	----	----
TECTGR	0.06	0.01	0.10	----	----	----	1.69	0.02	3.65	----	----	----	13.10	4.05	27.10

Nomenclatura:

IMAVol: Incremento Medio Anual en Volumen m³/ha/año

Se aprecia en cuadro 32, para *Pinus maximinoi* H.E. Moore, se encontró diferencia estadística (P=0.03) entre las subregiones donde esta presente para un IMAVol en m³/ha/año, al realizar la prueba de Duncan resultó que el mejor promedio lo arroja la subregión I21 con 6.16 m³/ha/año y el promedio más bajo corresponde a la subregión I22 con 1.39 m³/ha/año.

En relación a *Pinus oocarpa*, este se concentra en las subregiones I21, I22 y I24; en base al análisis de varianza realizado se determinó que no existe diferencia estadística entre los promedios de IMAVol en las diferentes subregiones consideradas. Sin embargo existe una diferencia numérica entre estas subregiones.

Para el caso de *Pinus caribaea*, únicamente aparece en las subregiones I21 Y I23; encontrando al realizar el análisis de varianza para IMAVol diferencia estadística (P= 0.03) entre estas dos subregiones; en la prueba de Duncan se observa que la subregión I23 obtiene el mejor promedio (1.32 m³/ha/año) al compararla con la subregión I21 que obtuvo el promedio (0.14 m³/ha/año) más bajo.

Para la especie *Tectona grandis* L.F., al realizar el análisis de varianza en relación al IMAVol para cada subregión forestal, se encontró diferencia estadística significativa (P= 0.0002) entre las subregiones; al realizar Duncan resultó que el mejor promedio al comparar

entre las subregiones lo arrojó la subregión I25 (13.10 m³/ha/año) y la subregión con el promedio más bajo lo obtuvo la I21 (0.06 m³/ha/año). En este caso el promedio que se reporta en volumen para la subregión I21 es muy bajo porque es un lote de plantación, de la finca Marichaj, donde se encontró un porcentaje de replante, por consiguiente estas plantas de al menos 20 meses de edad distorsionan los datos para una plantación que se reporta con una edad de 38 meses.

Como puede apreciarse en la subregión I25, el valor máximo para *Tectona grandis* L.F. fue de 27.10 m/año, este valor lo arrojó una PPM de las 10 establecidas en este lote de plantación, la edad para esta plantación es de 61 meses y posee una densidad de árboles por ha de 1100.

Para observar las tendencias o comportamiento de las 5 subregiones forestales consideradas con relación al IMA Vol, se utilizaron todas las observaciones de plantaciones con edades mayores a 36 meses.

Como se puede apreciar *Tectona grandis* L.F. tiene con respecto al género Pinus, diferencias estadísticas muy marcadas siendo esta especie superior en cuanto al IMA en volumen; y dentro de Pinus las diferencias existentes son numéricas, aunque es notable que dentro de cada especie también puede notarse las diferencias estadísticas y numéricas.

a) Comportamiento gráfico de las especies por subregiones consideradas en plantaciones mayores a 36 meses de edad

A continuación se presenta el comportamiento de las especies analizadas de gráfica para visualizar las diferencias estadísticas mostradas en el análisis de varianza.

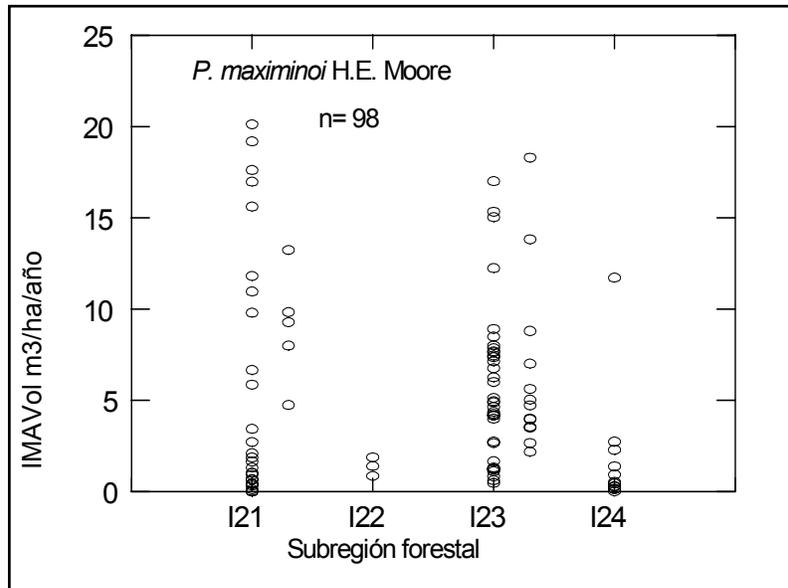


Figura 3. Comportamiento de *P. maximinoi* en relación a IMAVol, por subregión forestal.

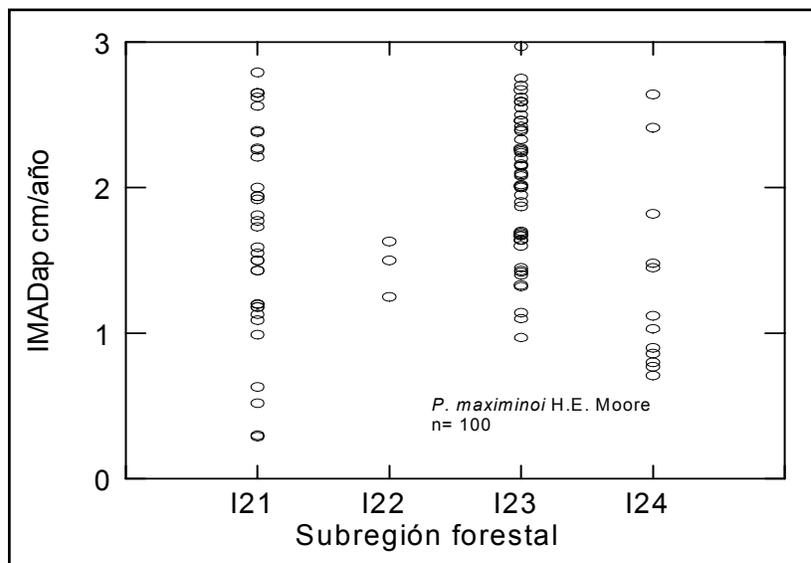


Figura 4. Comportamiento de *P. maximinoi* en relación a IMADap, por subregión forestal.

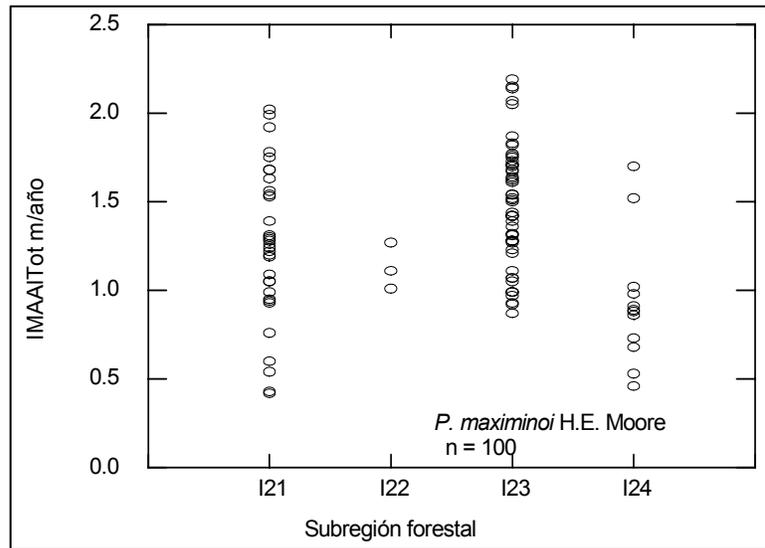


Figura 5. Comportamiento de *P. maximinoi* en relación a IMAAITot, por subregión forestal.

En relación al *Pinus maximinoi*, castañeda et al. (2003), reporta que en promedio para plantaciones con edades entre 1 y 4 años en las subregiones I21, I23 y I24 los IMA (m) alcanzados son 0.66, 0.69 y 0.62 respectivamente, mientras que lo encontrado en esta evaluación en IMA en altura para las mismas subregiones fue: 1.26, 1.49 y 0.94 respectivamente; Estos incrementos se alcanzaron en plantaciones comprendidas entre 3 y 5 años de edad. Posiblemente las diferencias encontradas con los reportados con Castañeda se deban a que son plantaciones que por la edad que tienen están bien adaptadas al sitio.

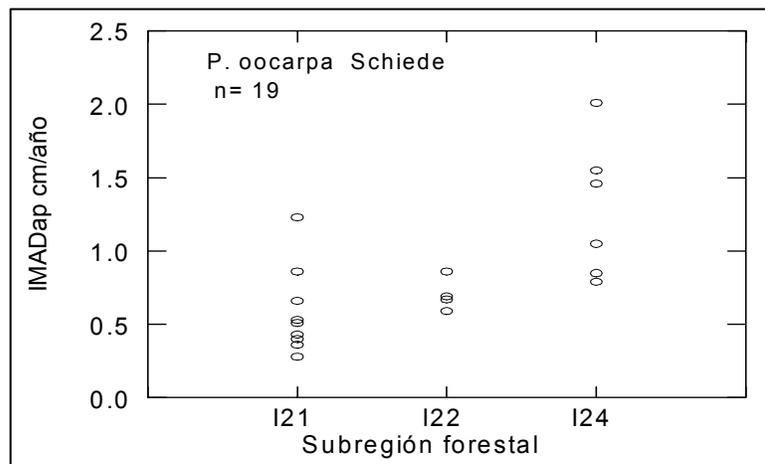


Figura 6. Comportamiento de *P. oocarpa* en relación a IMADap, por subregión forestal.

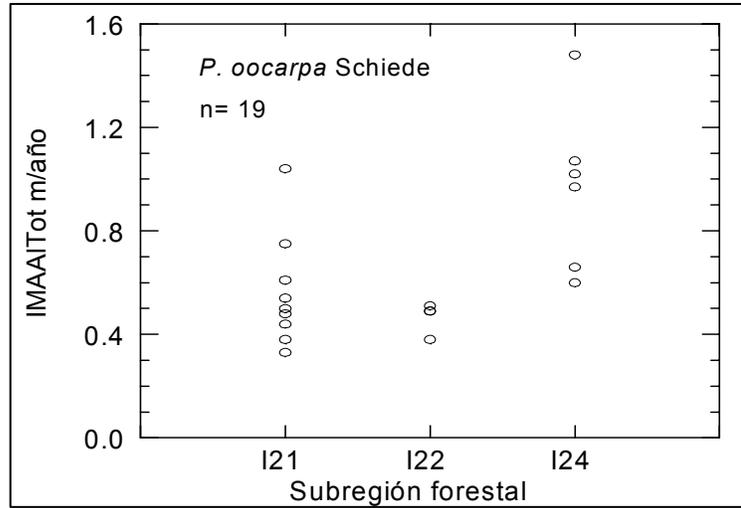


Figura 7. Comportamiento de *P. oocarpa* en relación a IMAAITot, por subregión forestal.

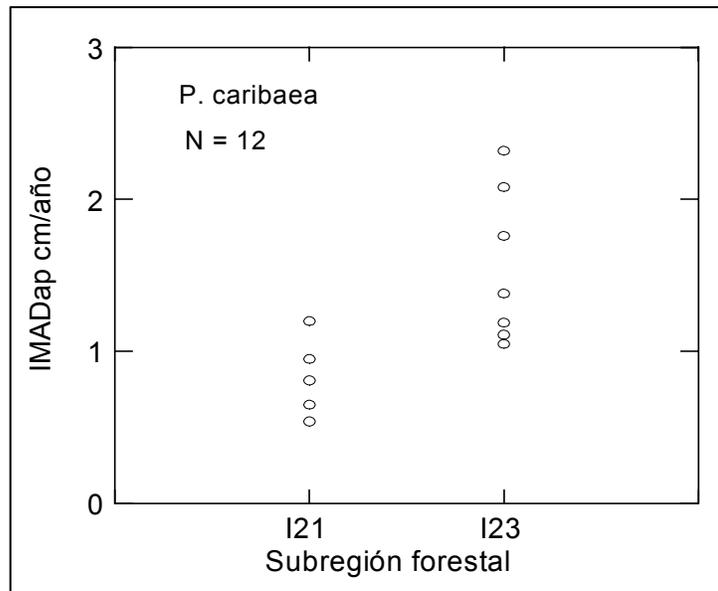


Figura 8. Comportamiento de *P. caribaea* en relación a IMADap, por subregión forestal.

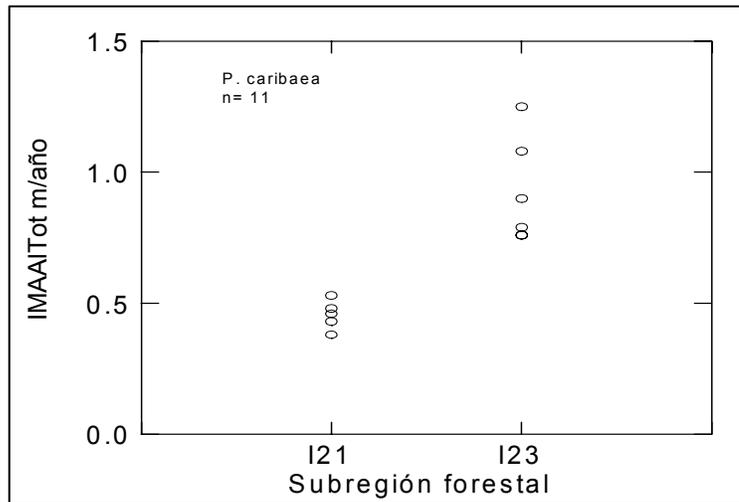


Figura 9. Comportamiento de *P. caribaea* en relación a IMAAITot, por subregión forestal.

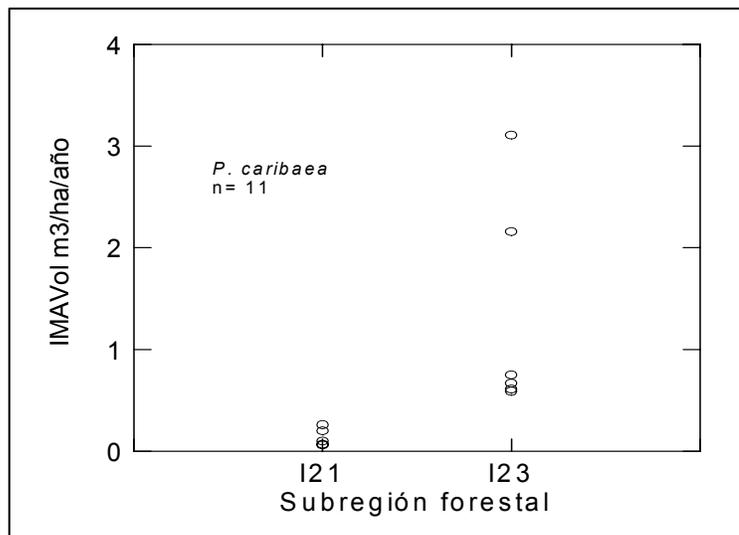


Figura 10. Comportamiento de *P. caribaea* en relación a IMAVol, por subregión forestal.

En relación al *Pinus maximinoi*, castañeda et al. (2003), reporta que en promedio para plantaciones con edades entre 1 y 3 años en las subregiones I21, I23 y I24 los IMA (m) alcanzados son 0.44, 0.39 y 0.31 respectivamente. En este análisis la subregión con

incrementos más bajos fue la I24. Según FAO (1968) citado por Castañeda et al. (2003) reporta IMA's para los primeros años de 0.75 a 1.5 m.

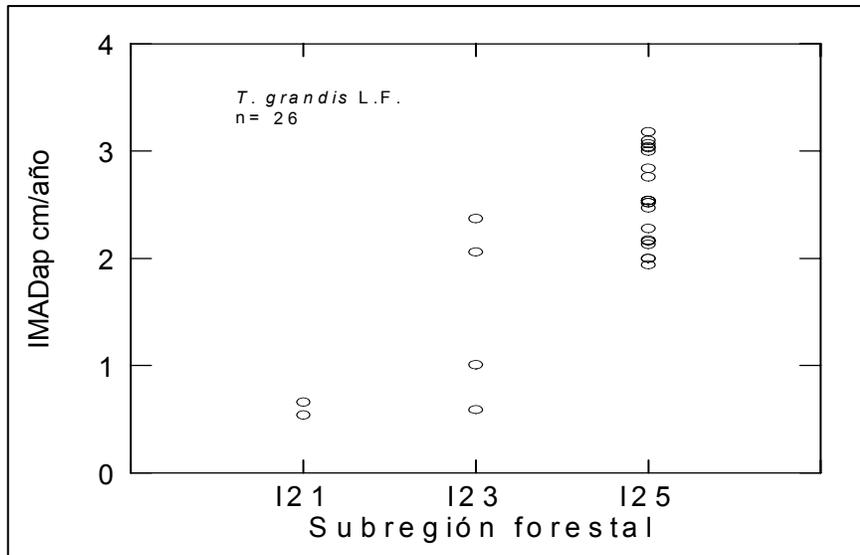


Figura 11. Comportamiento de *Tectona grandis* L.F. en relación a IMADap, por subregión forestal.

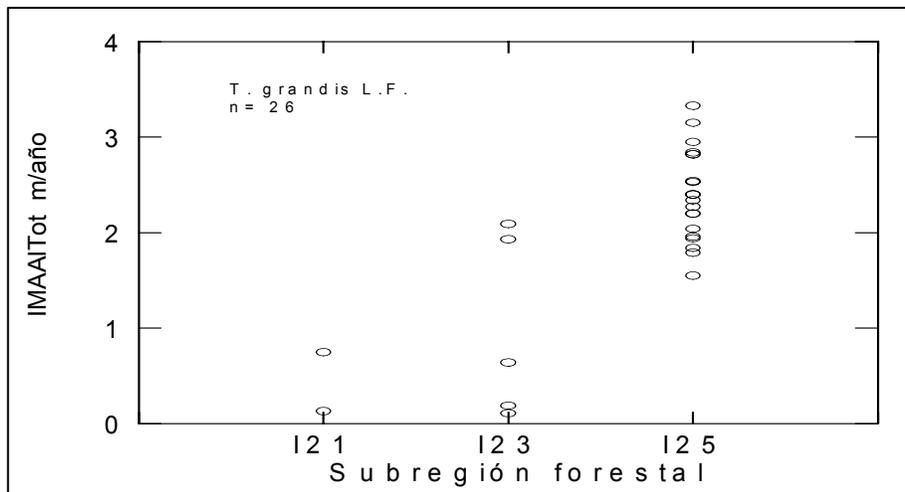


Figura 12. Comportamiento de *Tectona grandis* L.F. en relación a IMAAITot, por subregión forestal.

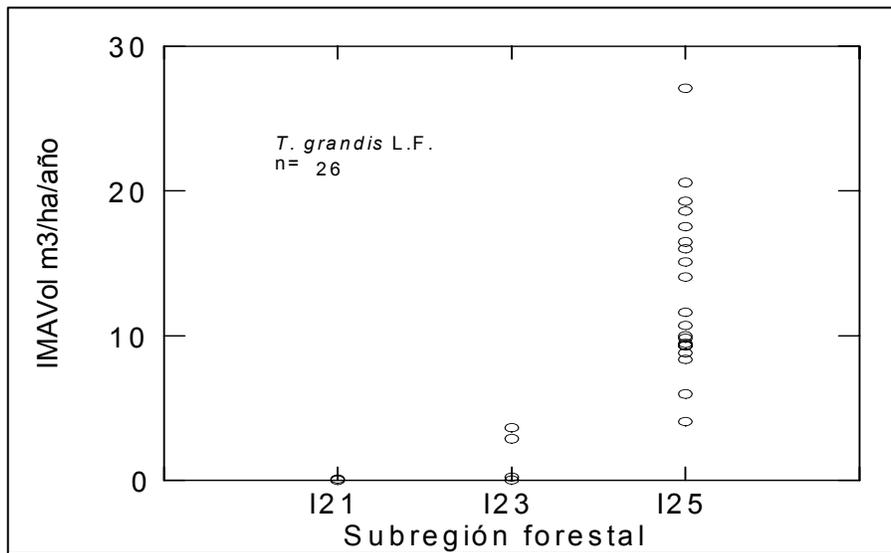


Figura 13. Comportamiento de *Tectona grandis* L.F. en relación a IMAVol, por subregión forestal.

En resumen en el análisis de las figuras 3 hasta la 13, se aprecia un comportamiento gráfico que muestra las diferencias estadísticas encontradas realizadas para las 4 especies analizadas por subregión en relación a los IMA'S en Dap, Altot y Vol; observándose la superioridad de *Tectona grandis* L.F. con relación al género *Pinus*. Y dentro de los pinos, *P. maximinoi* es superior a *oocarpa* y *caribaea*. El comportamiento de las especies de manera grafica coincide con las diferencias estadísticas en los análisis de varianza.

El comportamiento de las variables de crecimiento y rendimiento en volumen de las especies analizadas, muestran que existe diferencia entre las subregiones forestales, rechazando con ello la hipótesis que plantea, que no existen diferencias en crecimiento y rendimiento de las especies por subregión forestal.

6.2.3 Comportamiento de cuatro especies analizadas en relación a las variables de crecimiento y productividad

Las especies consideradas para este análisis fueron: *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PINUMI), *Pinus oocarpa* Schiede (PINUOO), *Pinus caribaea* (PUNUCC) y *Tectona grandis* L.F. (TECTGR). Para la comparación en crecimiento y productividad se utilizaron los Incrementos Medios Anuales (IMA) en Dap, AITot y Volumen respectivamente. En el cuadro 33 puede apreciarse el comportamiento de estas variables en valores promedio por especie.

Cuadro 33. Comportamiento del promedio y rangos en Incrementos Medios Anuales (IMA), por especie analizada en plantaciones mayores a 36 meses de edad, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Variable	Unidad	PINUCC			PINUMI			PINUOO			TECTGR		
		Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
IMADap	cm/año	1.25	0.54	2.32	1.80	0.29	2.97	0.83	0.28	2.01	2.25	0.54	3.18
IMAAITot	m/año	0.71	0.38	1.25	1.33	0.42	2.19	0.67	0.33	1.48	1.99	0.11	3.33
IMAVol	m ³ /ha/año	0.78	0.06	3.11	5.41	0.01	20.13	0.82	0.02	6.67	10.34	0.01	27.10

Nomenclatura:

IMADap: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año

IMAAITot: Incremento medio anual en altura total en m/año

IMAVol: Incremento medio anual en volumen en m³/ha/año

Prom: promedio **Min:** mínimo **Max:** máximo

con base en el análisis de varianza en prog GLM SAS, realizado con las variable de crecimiento y de productividad por especie, se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos: en relación a la variable **IMADap** en cm/año, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P = < 0.0001$) entre las especies analizadas, al realizar la prueba de Duncan resultó que al comparar los promedios obtenidos, *Tectona grandis* L.F con 2.25 cm/año fue el mejor promedio en IMADap ., luego le siguió *Pinus maximinoi* H.E. Moore con 1.80 cm/año; posteriormente *Pinus caribaea* con 1.25 cm/año y por ultimo el menor promedio lo arrojó *Pinus oocarpa* Schiede con 0.83 cm/año.

Estudios realizados en *Pinus maximinoi* en relación al **IMADap**, como el de Paiz (1998), reporta bajo condiciones de plantación en finca Saquichaj, Alta Verapaz con densidad media de 520 árboles/ha después de 18 años de establecida, un IMADap de 0.90 cm/año. Y más

recientemente Vaidez (2000), reporta para *Pinus maximinoi* bajo condiciones de plantación de 9 años de edad en San Jerónimo, Baja Verapaz un IMADap de 1.5 a 1.6 cm/año para los dos mejores sitios y para los demás sitios el IMADap no baja de 1 cm/año.

En el caso específico de *Pinus maximinoi*, con base a evaluación de campo, se observó en muchos proyectos la incidencia de “Cola de zorro” en las plantaciones, deformando el fuste con tendencia a elongarse distanciando entre sí anormalmente los entrenudos y deformando de esta manera los árboles, haciendo que el árbol alcance una altura considerable pero poco crecimiento en diámetro. Esto afecta el aporte de las plantaciones en el rendimiento en volumen, ya que el diámetro influye cuadráticamente en la aplicación de la fórmula que se utiliza para la obtención del volumen del árbol.

En el caso de *Pinus oocarpa* estudios realizados por Spiegel (1981), mostraron que a una edad de 20 meses el asociado con cultivos anuales, *P. oocarpa* alcanzó un **IMADap** basal de 1.18 y 0.79 cm/año en parcelas sin cultivo. Posteriormente Villafuerte (1987), en condiciones de bosque natural a una edad media de 37 años, encontró un IMADap de 0.54 cm/año en terrenos con exposición Oeste, mientras que en terrenos con exposición este, el incremento es de 0.52 cm/año. Siempre bajo condiciones de bosque natural, en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango; se reporta; un IMADap de 1.07 cm/año, (Rojas 1988),.

Para *Pinus caribaea* según Paiz (1988), bajo condiciones de plantación con densidad media de 450 árboles/ha de 18 años de establecida en finca Saquichaj, Cobán, A.V., reporta un **IMADap** de 1.15 cm/año. Otros estudios realizados en *P. caribaea* por Marín (2002), reporta para tres localidades: 1. Finca semuc-6, municipio de El Estor, Departamento de Izabal, Guatemala; 2. Proyecto Tóquela, municipio de Livingston, Departamento de Izabal, Guatemala y 3. Finca Lorena, municipio de Poptún, Departamento de El Petén, Guatemala; un IMA en Dap para la mejor localidad de 2.12 cm/año (Livingston), mientras que las otras dos localidades es de 1.69 cm para El Estor y 1.48 m en Poptún

Estudios en *Tectona grandis* L.F. como el de Padilla (1977), en finca Camelia, Tiquizate, Guatemala; reportó un IMADap promedio de 2.33 cm/año. Con base a los rangos de productividad de *Tectona grandis* L.F. propuestos por varios autores para Costa Rica, Vallejos et al. (1996), donde se presentan distintos rangos de IMADap en cm/año. Con base

a esta clasificación, los valores en promedio de **IMADap** encontrados para *Tectona grandis* L.F. en esta evaluación corresponderían a una clase de sitio bajo.

En resumen con relación al comportamiento del **IMADap** de las cuatro especies analizadas, se observa que el crecimiento no ha sido homogéneo, ello se aprecia en la variabilidad existente y observada en los rangos mínimo y máximo por especie; esto es debido a que el **Dap** es una de las características más sensibles y/o susceptibles del rodal, ya que este depende principalmente de la densidad y es afectado considerablemente por la competencia.

con base al análisis de varianza, en relación a la variable **IMAAITot** m/año, se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) significativas entre las especies analizadas, al realizar la prueba de Duncan resultó que al comparar entre las especies, *Tectona grandis* L.F. obtuvo el mejor promedio (1.99 m/año) siendo diferente al género *Pinus*. Para el caso de los pinos resultó *P. maximinoi* diferente al resto de especies analizadas con el mejor promedio (1.33 m/año).

Estudios realizados por Paiz (1998), en la variable **IMAAITot** en *P. maximinoi*, bajo condiciones de plantación con densidad media de 520 árboles/ha después de 18 años de establecida en finca Saquichaj, Cobán, A.V., reporta un **IMAAITot** de 1.8 m/año. Según Vaidez (2000), para plantaciones con edades de 9 años en San Jerónimo, reporta un **IMAAITot** para los dos mejores sitios de 1.5 a 2 m/año y para el resto de los sitios evaluados estos no bajan de 0.90 m/año.

Para *Pinus oocarpa* Schiede, Spiegelner (1981), encontró para bajo condiciones de plantación con edad de 20 meses asociado a cultivos anuales un **IMAAITot** de 0.72 m/año. Mientras que Villafuerte (1987) en condición de bosque natural encontró un **IMAAITot** de 0.29 m/árbol/año. según Itzep (1995), en condiciones de plantación en finca Rosalía, Gualan, Zacapa y Salama I, Baja Verapaz, Guatemala, encontró un **IMAAITot** de 0.86 m/año para finca Rosalía y 0.83 m/año para Salama I. Este último **IMAAITot** reportado para Salama, Baja Verapaz es muy parecido al encontrado para esa misma área en esta evaluación.

Según Paiz (1998) para *Pinus caribaea* bajo condiciones de plantación con densidad media de 450 árboles/ha después de 18 años de establecida en finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, reporta un **IMAAITot** de 0.90 en m/año. Marín (2002), reporta para tres localidades: 1. finca semuc-6, municipio de El Estor, Departamento de Izabal, 2. proyecto Tóquela, municipio de Livingston, Departamento de Izabal y Finca Lorena, municipio de Poptún, Departamento de El Petén, Guatemala; un IMAAITot de 1.20 m/año para Livingston; 1.19 m/año para Poptún y 1.12 m/año para el Estor respectivamente.

Según Padilla (1977), para *Tectona grandis* L.F. en condiciones de plantación en Finca Camelia, Tiquizate; reporta un **IMAAITot** de 1 m/año. Mientras que castañeda et al. (2003) en el estudio de caracterización técnica de las plantaciones de PINFOR en Guatemala, reportó que en la región 2, las Verapaces y Quiché, un IMAAITot que va desde 0.21 hasta 5.15 m/año. Con base a los rangos de productividad Vallejos et al. (1996) presenta distintos rangos en IMAAITot, de acuerdo con lo encontrado en *Tectona grandis* L.F. se ubica en clase de sitio bajo.

con base en el análisis de varianza, realizado para la variable **IMAVol** en m³/ha/año, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0001$) entre las especies analizadas, al realizar la prueba de Duncan resultó que el mejor promedio lo mostró *Tectona grandis* L.F con 10.34 m³/ha/año siendo diferente al resto de especies. Dentro del género *Pinus*, *maximinoi* fue diferente en promedio de 5.41 m³/ha/año a *oocarpa* con 0.82 m³/ha/año y *caribaea* con 0.78 m³/ha/año.

Estudios realizados por Núñez (1986), bajo condiciones de bosque natural, con edad media de 22 años reporta un **IMAVol** para *Pinus maximinoi* de 9.78 m³/ha/año. Según Paiz (1998) bajo condiciones de plantación, de 18 años de establecida, con una densidad media de 520 árboles/ha, reporta un IMAVol de 7.83 m³/ha/año y estudios más recientes realizados por Vaidez (2000), encontró un IMAVol de 0.015 m³/ha/año.

a) Comportamiento gráfico de *Pinus maximinoi* y *Tectona grandis* en plantaciones mayores a 3 años:

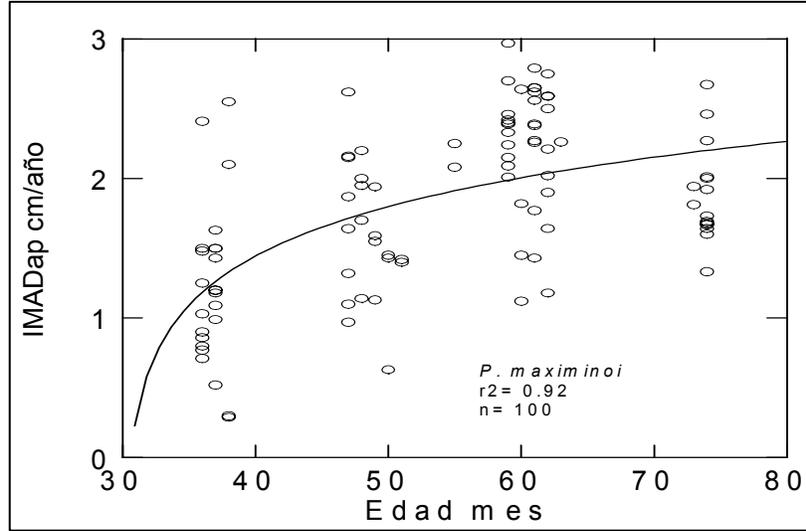


Figura 14. Comportamiento de *P. maximinoi* H.E. Moore; edad en relación a IMADap.

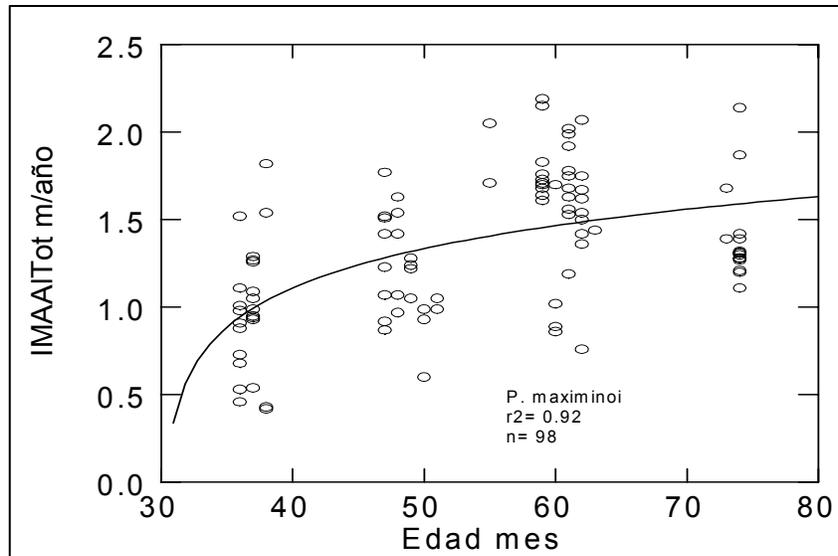


Figura 15. Comportamiento de *P. maximinoi* H.E. Moore; edad en relación a IMAAITot.

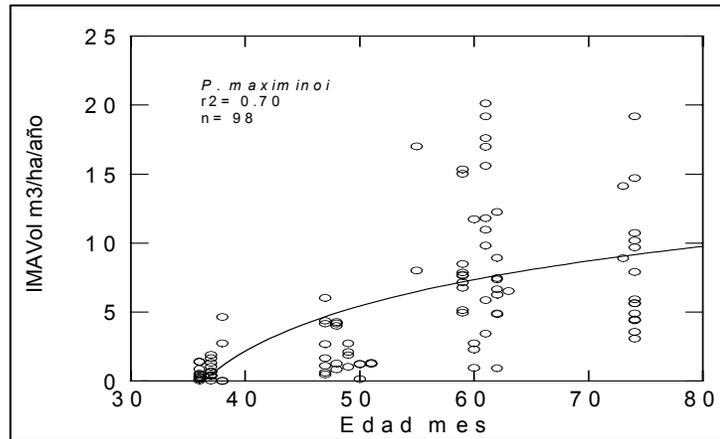


Figura 16. Comportamiento de *P. maximinoi* H.E. Moore; edad en relación a IMAVol.

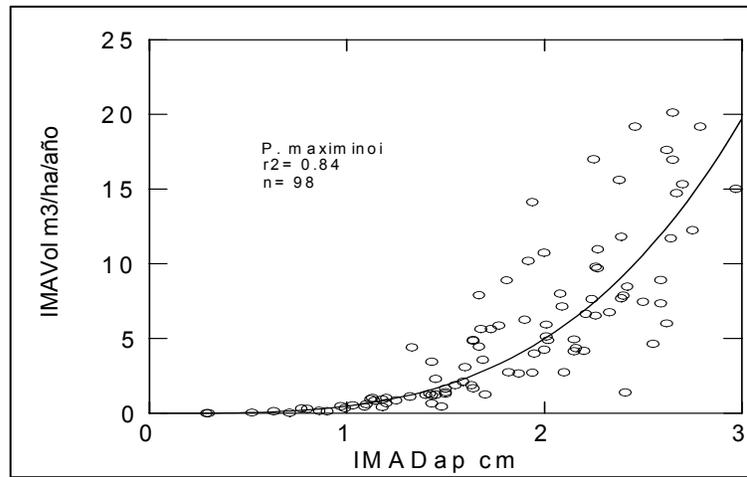


Figura 17. Comportamiento de *P. maximinoi* H.E. Moore; IMAVol en relación a IMADap.

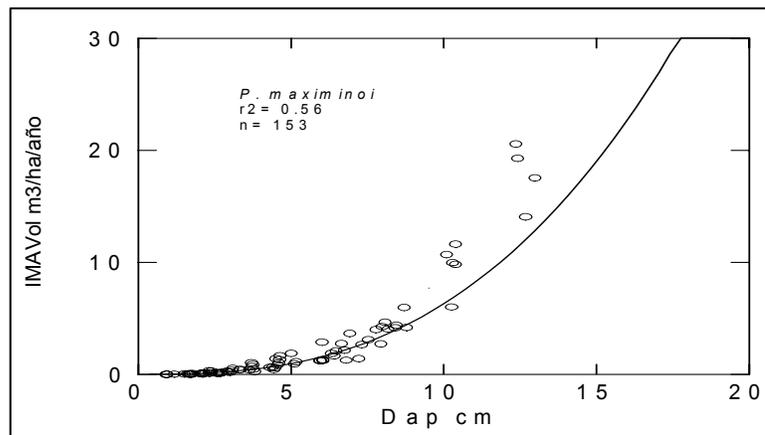


Figura 18. Comportamiento de *P. maximinoi* H.E. Moore; Dap en relación a IMAVol.

En la figura 16, se observa que el IMAVol sufre una disminución en el incremento cuando la plantación pasa de los 60 meses (5 años). Esto se corrobora con la tendencia observada en la figura 18, la cual muestra que la tendencia en la relación IMAVol y Dap es exponencial hasta alcanzar un Dap de 15 cm en promedio, pasado este la tendencia empieza a cambiar hacia una disminución en el incremento en el diámetro y por consiguiente en el rendimiento en volumen. Esa disminución en el rendimiento en volumen obedece a que el diámetro influye cuadráticamente en el volumen y al disminuir este, disminuye el volumen. Plantaciones en esta situación (5 años de edad) necesitan con urgencia la implementación de raleos y podas respectivamente.

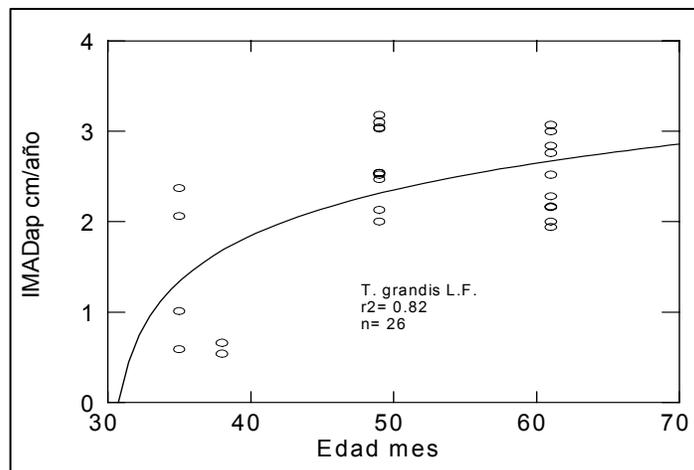


Figura 19. Comportamiento de. *Tectona grandis* L.F.; en relación a IMA Dap.

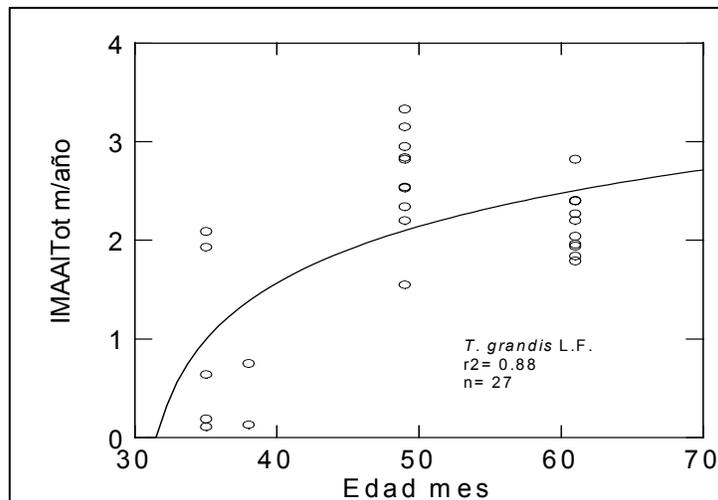


Figura 20. Comportamiento de. *Tectona grandis*; edad en meses en relación a IMA ITot.

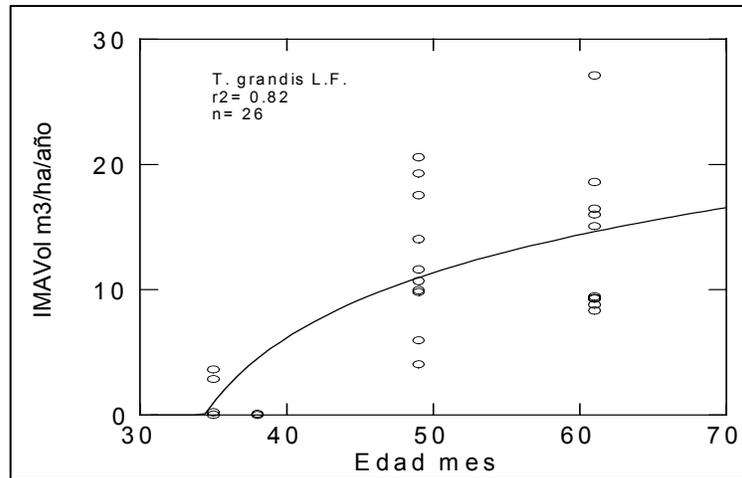


Figura 21. Comportamiento de *Tectona grandis*; edad en meses en relación a IMAVol.

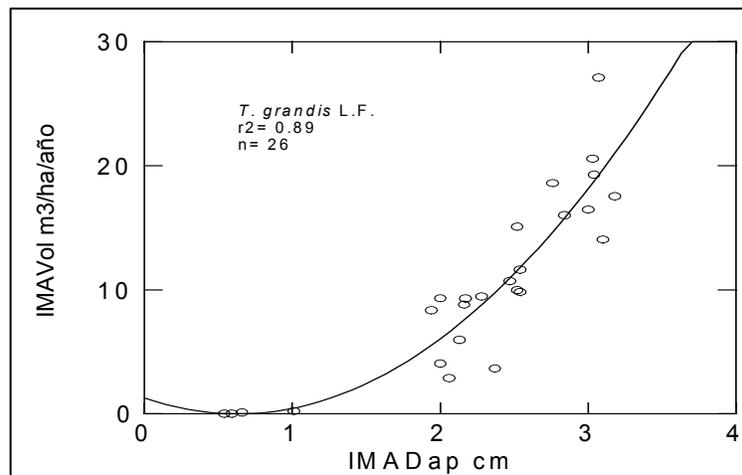


Figura 22. Comportamiento de *Tectona grandis*; IMAVol en relación a IMADap.

De la gráfica 19 hasta la 22, se muestra el comportamiento ó la tendencia de *Tectona grandis* en relación al Incremento Medio Anual (IMA) en Dap, AITot y en Volumen; observándose que para las tres variables *Tectona grandis* L.F. es estadísticamente superior a las especies del género *Pinus*. Dentro de las tres especies de *Pinus*, *P. maximinoi* es superior a *caribaea* y *oocarpa*. Se observa también que cuando *Tectona grandis* L.F. alcanza o pasa de 60 meses de edad (5 años) logra un Dap de 16 cm y una altura total de

3.3 metros, así como también muestra una sensible disminución en el ritmo de incremento del IMADap. En resumen con este crecimiento, en el campo se nota claramente la diferenciación en diámetro entre árboles y la competencia de copas; esto es un indicador de que la plantación requiere de intervención silvicultural (raleo y poda) para que siga creciendo y aprovechar de la mejor forma el potencial que ofrece el sitio. La disminución en el incremento medio anual en Dap, a determinada edad, es debido a que las condiciones del sitio no soportan el crecimiento de todos los individuos, debido a que el espacio de crecimiento se hace reducido, conforme los árboles crecen más.

Lo observado en la evaluación en el campo en relación a *Tectona grandis* L.F. concuerda con Chávez et al. (1991), que manifiesta que el crecimiento en las primeras etapas es rápido en la etapa inicial, luego sobreviene una etapa media y por último un crecimiento lento, estos cambios de ritmo en el crecimiento se dan entre 1 a 8 ó 10 años respectivamente.

6.2.4 Comportamiento entre especie, calidad de sitio y subregiones:

El análisis por calidad de sitio (clase de crecimiento Alto y Bajo) por especie analizada y subregión forestal considerada, se realizó en relación a los promedios de Incremento Medio Anual (IMA) en Dap (cm/año), AITot (m/año) y Vol (m³/ha/año). es en base a estos promedios que se compara especie y calidad de sitio entre subregiones forestales consideradas. Se discute el comportamiento por especie en sitio alto y bajo por variable de crecimiento y productividad de manera separada para compararse entre las subregiones.

a) Analisis del comportamiento por IMADap en cm/año:

Los incrementos medios anuales por especie y calidad de sitio alto ó bajo por subregión forestal, son variables en relación a la subregión forestal. En el cuadro 34 se presentan los valores promedios alcanzados.

Cuadro 34. Promedios en IMADap en cm/año por calidad de sitio, especie y subregión forestal, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Tactic A.V. I21		Rabinal B.V. I22		Cobán A.V. I23		San Jerónimo B.V. I24		Fray Bart. las Casas A.V. I25	
	IMADap		IMADap		IMADap		IMADap		IMADap	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
PINUMI	2.04	0.93	1.63	1.37	2.16	1.36	2.53	1.09	----	----
PINUOO	0.92	0.42	----	0.74	----	----	1.29	----	----	----
PINUCC	----	0.83	----	----	1.52	----	----	----	----	----
TECTGR	----	0.60	----	----	2.37	1.22	----	----	2.72	2.11

Nomenclatura:

A.V.: Alta Verapaz **B.V.** Baja Verapaz

PINUMI: Pinus maximinoi **PINUOO:** Pinus oocarpa **PINUCC:** Pinus caribaea **TECTGR:** Tectona grandis L.F.

IMADAP: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año

Alto: Crecimiento alto **Bajo:** Crecimiento bajo

Con base al análisis de varianza, para la especie *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 para IMADap, con una $P < 0.0001$; alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 2.04 cm/año. para el caso de la subregión I23, también se encontró diferencia estadística ($P < 0.0001$) en la clase de crecimiento; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 2.16 cm/año.

Y para la subregión I24 resultó que existe diferencia estadística entre las clases de crecimiento, con una $P = 0.0004$; el mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 2.53 cm/año.

En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 existen diferencias estadísticas ($P = 0.004$) entre los dos tipos de crecimiento; el mejor promedio en clase de crecimiento lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.92 cm/año. en la subregión I25 para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas ($P = 0.002$); alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 2.72 cm/año al compararse con crecimiento bajo. Siempre para la misma especie en la

subregión I23 resultó que no existen diferencias estadísticas entre los dos sitios con crecimiento alto y bajo. Los IMA'S encontrados por especie y calidad de sitio por subregión, son iguales o mejores a los reportados por Paiz (1988) para una plantación de 18 años de establecida un IMADap de 0.90 cm/año. Y Vaidez (2000) reporta para plantación con 9 años de edad un IMADap de 1.5 a 1.6 cm/año para los mejores sitios de su investigación.

b) Analisis del comportamiento por IMAAITot en m/año

en el cuadro 35 se presenta el comportamiento de la especie en sitios con crecimiento alto y crecimiento bajo en relación a la subregión forestal.

Cuadro 35. Promedios en IMAAITot en m/año por calidad de sitio, por especie y subregión forestal en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Tactic A.V. I21		Rabinal B.V. I22		Cobán A.V. I23		San Jerónimo B.V. I24		Fray Bart. las Casas A.V. I25	
	IMAAITot		IMAAITot		IMAAITot		IMAAITot		IMAAITot	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
PINUMI	1.51	0.81	1.27	1.06	1.61	1.00	1.61	0.79	----	----
PINUOO	0.80	0.45	----	0.47	----	----	0.97	----	----	----
PINUCC	----	0.46	----	----	0.92	----	----	----	----	----
TECTGR	----	0.44	----	----	2.09	0.72	----	----	2.59	1.82

Nomenclatura:

A.V.: Alta Verapaz B.V. Baja Verapaz

PINUMI: Pinus maximinoi **PINUOO:** Pinus oocarpa **PINUCC:** Pinus caribaea **TECTGR:** Tectona grandis L.F.

Se aprecia en cuadro 35, en base al analisis de varianza para la especie *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística ($P < 0.0001$) entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 para IMAAITot, alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 1.51 m/año. para la subregión I22 no resultó diferencia estadística entre las dos clases de crecimiento. en el caso de la subregión I23, existe diferencia estadística ($P < 0.0001$) en la clase de crecimiento con una; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 1.61 m/año.

Y para la subregión I24 resultó que existe diferencia estadística ($P= 0.0002$) entre las clases de crecimiento, el mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 1.61 m/año.

En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 existen diferencias estadísticas entre los dos tipos de crecimiento, con un $P= 0.007$; el mejor promedio en clase de crecimiento lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.80 cm/año. En la subregión I25 para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas con una $P=0.0004$; alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 2.59 m/año al compararse con crecimiento bajo. Siempre para la misma especie en la subregión I23 resultó que no existen diferencias estadísticas entre los dos sitios con crecimiento alto y bajo.

c) Analisis del comportamiento por IMAVol en m³/ha/año

en el cuadro 36 se presenta el comportamiento de la especie en sitios con crecimiento alto y crecimiento bajo en relación a la subregión forestal.

Cuadro 36. Promedios en IMAVol en m³/ha/año por calidad de sitio, por especie y subregión forestal en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Tactic A.V. I21		Rabinal B.V. I22		Cobán A.V. I23		San Jerónimo B.V. I24		Fray Bart. las Casas A.V. I25	
	IMAVol		IMAVol		IMAVol		IMAVol		IMAVol	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
PINUMI	9.40	0.48	1.89	1.14	7.18	1.43	6.56	0.79	----	----
PINUOO	0.52	0.07	----	0.26	----	----	2.02	----	----	----
PINUCC	----	0.14	----	----	1.32	----	----	----	----	----
TECTGR	----	0.06	----	----	3.65	1.04	----	----	14.81	7.99

A.V.: Alta Verapaz B.V. Baja Verapaz

Se observa en cuadro 36, para la especie *Pinus maximinoi* en base al analisis de varianza, existe diferencia estadística ($P=<0.0001$) entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 para IMAVol, alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 9.40 m³/ha/año. para la subregión I22 no resultó diferencia estadística entre las dos clases de crecimiento. en el caso de la subregión I23, existe diferencia estadística ($P=0.0001$) en la clase de

crecimiento; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 7.18 m³/ha/año. y para la subregión I24 resultó que existe diferencia estadística entre las clases de crecimiento, (P= 0.01); el mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 6.56 m³/ha/año.

En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 existen diferencias estadísticas entre los dos tipos de crecimiento, (P= 0.01); el mejor promedio en clase de crecimiento lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.52 m³/ha/año. En la subregión I25 para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas (P=0.01); alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 14.81 m³/ha/año al compararse con crecimiento bajo. Siempre para la misma especie en la subregión I23 resultó que no existen diferencias estadísticas entre los dos sitios con crecimiento alto y bajo.

En resumen en relación al análisis realizado dentro de las subregiones y especies con calidad de sitio alto y bajo, se observó que existen diferencias estadísticas de la especie analizada dentro subregiones en relación a clase de sitio crecimiento alto y bajo, es decir estas subregiones tienen características climáticas, edáficas y topográficas que pueden potencializarse al seleccionar los sitios con crecimientos altos para el establecimiento de nuevas plantaciones.

El diseño de muestreo y la estratificación en el campo del crecimiento utilizando el incremento medio anual en altura total (IMAAITot), permitió identificar las diferencias en desarrollo, facilitando la clasificación de las plantaciones consideradas hasta 5 años, en clase de crecimiento bajo y clase de crecimiento alto. Con dicha estratificación en términos de valores promedio del incremento medio anual en volumen m³/ha/año, se presenta el cuadro 37 para mostrar la productividad de las plantaciones mayores o iguales a tres años de edad por especie analizada.

Cuadro 37. Promedios y rango de IMAVol m³/ha/año y el porcentaje de las plantaciones mayores a 36 meses clase de sitio de las especies analizadas, en relación a la calidad de sitio en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Especie	Clase Sitio	IMA Vol			%	n
		Prom.	Min	Max		
PINUMI	ALTO	7.81	1.32	20.13	89	98
	BAJO	0.89	0.01	4.91	11	
PINUOO	ALTO	1.89	0.13	6.67	93	17
	BAJO	0.13	0.02	0.47	07	
PINUCC	ALTO	1.32	0.59	3.11	89	11
	BAJO	0.14	0.06	0.26	11	
TECTGR	ALTO	14.81	5.97	27.10	61	22
	BAJO	5.72	0.01	9.46	39	
Total	-----	-----	-----	-----	-----	148

Esta estratificación por productividad permitió establecer que porcentaje de las plantaciones por especie en la región 2 (departamentos de Alta y Baja Verapaz), están creciendo en sitios altos o sitio bajos. Por ejemplo para *Pinus maximinoi* y *caribaea*; un 89% de todas las plantaciones de la muestra están creciendo en sitios altos, y un 11% están creciendo en sitios bajos, es decir un 89% de las plantaciones de *Pinus maximinoi* y *caribaea* tienen un buen ritmo de crecimiento mientras que el restante 11% están con bajos crecimientos. En el caso de *Pinus oocarpa* Schiede el 93% de las plantaciones de la muestra esta creciendo en sitio alto y un 7% en sitio bajo; para *Pinus caribaea* un 89% de la muestra de las plantaciones esta en calidad de sitio con crecimiento alto y un 11% en calidad de sitio con crecimiento bajo.

Para el caso de *Tectona grandis* L.F. el caso es diferente, ya que un 61% de las plantaciones está creciendo en una clase de sitio alto y un 39% en clase de sitio bajo. según Vásquez y Ugalde (1995), los sitios clasificados como altos pueden considerarse aquellos que están por encima del promedio y los sitios bajos son aquellos que están por debajo del mismo. Esto implica que todas aquellas plantaciones que están creciendo en clase de sitios alto, se deben atender con mayor prioridad para potencializar su crecimiento y rendimiento en comparación con aquellas plantaciones que están creciendo en clase de sitio bajo. En

estos sitios de crecimiento bajo es necesario continuar con un análisis y monitoreo más detallado, con el fin de determinar las causas y el nivel de rentabilidad de las mismas. Según Zannoti et al. (1996) las plantaciones con crecimiento lento, por falta de manejo, los riesgos biológicos son altos, debido a que los árboles requieren más tiempo para alcanzar tamaños comerciales y si a los árboles les falta vigor, son más susceptibles a plagas y enfermedades. En la figura 23 se muestra el comportamiento por especie en promedio en términos de porcentaje del Incremento Medio Anual en volumen ($m^3/ha/año$).

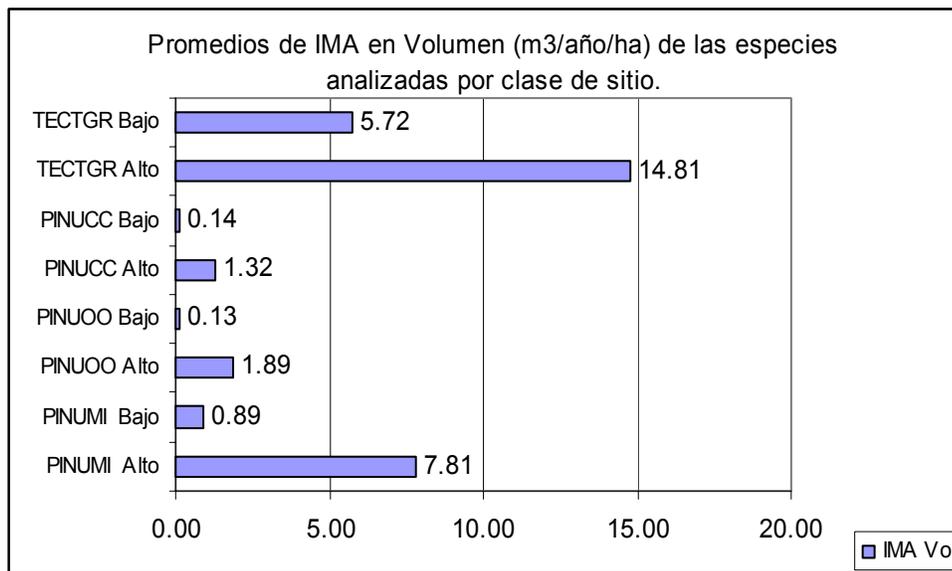


Figura 23. Comportamiento de las especies analizadas en rendimiento por clase de sitio en la región 2 en los departamentos de Alta y Baja Verapaz.

En la figura 23 pueden apreciarse las diferencias estadísticas encontradas y numéricas existentes entre y dentro de las especies y su comportamiento en relación al Incremento Medio Anual en Volumen en $m^3/ha/año$, por calidad de sitio alto y sitio bajo.

Se aprecia que *Tectona grandis* es superior a las tres especies de *Pinus*. y *Pinus maximinoi* es superior a *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa*. Sin embargo en sitios de crecimiento alto deberán de implementarse los raleos y podas, para evitar los riesgos de manejo, biológicos y físicos así como también los riesgos del mercado (Zannoti et al. 1996).

d) Comportamiento grafico por especie en relación a la calidad de sitio

A continuación se presenta, en las siguientes figuras los promedios del Incremento Medio Anual en Volumen en m³/ha/año en términos de porcentaje de PPM para sitio alto y bajo en porcentaje para el genero *Pinus* y *Tectona grandis* L.F.

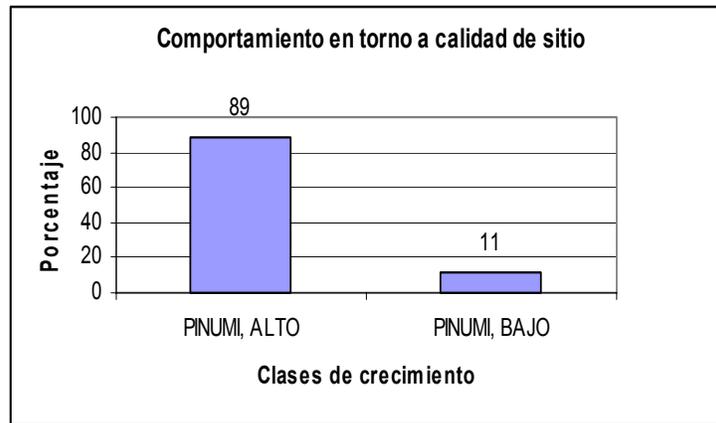


Figura 24 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m³/ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para *Pinus maximinoi* en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

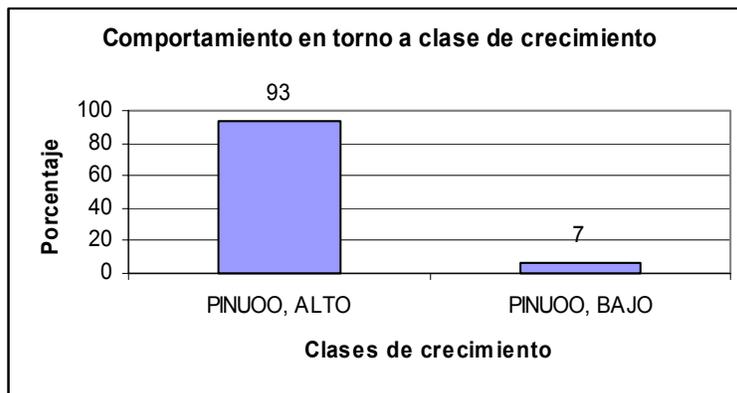


Figura 25 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m³/ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para *Pinus oocarpa* en la región 2, Alta y Baja Verapaz

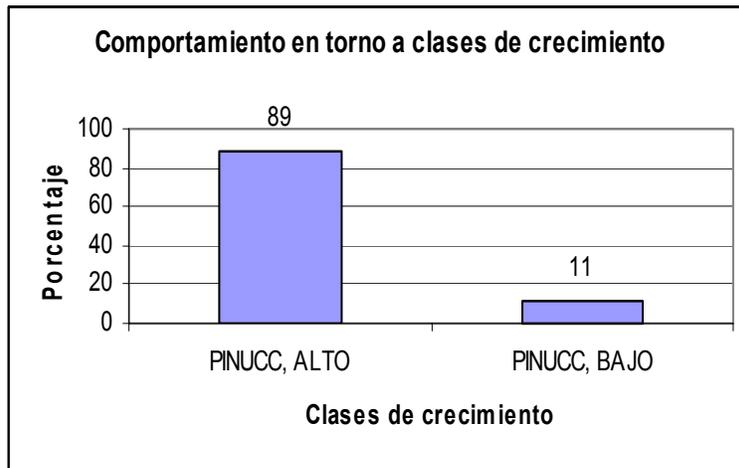


Figura 26 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Volumen en m³/ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para *Pinus caribaea* en la región 2, Alta y Baja Verapaz

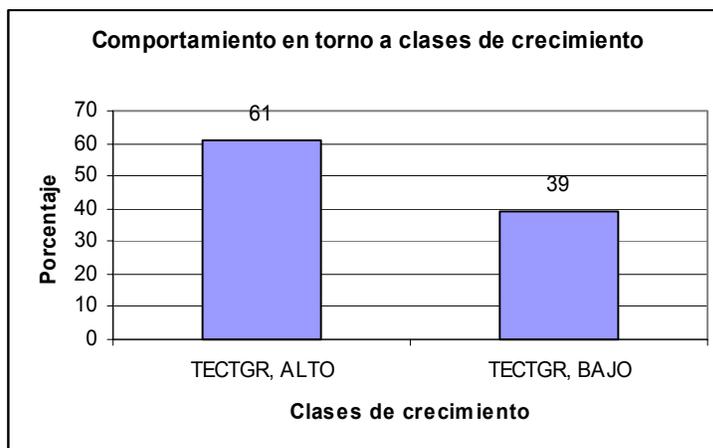


Figura 27 . Comportamiento en porcentaje del promedio de IMA Vol en m³/ha/año para las clases de sitio Alto y Bajo en consideradas para *Tectona grandis* L.F. en la región 2, Alta y Baja Verapaz

e) rangos de crecimiento y rendimiento en volumen provenientes de plantaciones de cuatro especies analizadas

En resumen se presenta los distintos valores observados en torno a las clases de crecimiento, rangos de crecimiento y rendimiento en volumen provenientes de plantaciones con diferentes edades en la región 2, departamentos de Alta y Baja Verapaz. Se presentan los cuadros 38 y 39, con valores de plantaciones mayores de 12 meses para el primer cuadro y para el cuadro 39 valores de plantaciones de 30 meses respectivamente

Cuadro 38. Rangos de crecimiento y rendimiento en volumen observados en torno a la calidad de sitio, provenientes de plantaciones entre 12 y 60 meses de edad en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

		BAJO					MEDIO					ALTO					n
		n	%	X	Min	Max	n	%	X	Min	Max	n	%	X	Min	Max	Total
PINUMI	IMA DAP	19	16	0.73	0.29	1.03	74	64	1.68	1.09	2.33	23	20	2.57	2.40	2.90	116
	IMA_ALT	29	21	0.50	0.11	0.64	79	58	1.13	0.66	1.62	29	21	1.83	1.63	2.19	137
	IMA_VOL	29	26	0.20	0.01	0.48	67	59	4.09	0.54	9.81	17	15	14.86	10.19	20.13	113
PINUOO	IMA DAP	4	17	0.37	0.28	0.43	16	69	0.81	0.51	1.23	3	13	1.67	1.46	2.01	23
	IMA_ALT	10	36	0.35	0.31	0.38	13	46	0.55	0.44	0.75	5	18	1.12	0.97	1.48	28
	IMA_VOL	11	50	0.07	0.02	0.11	8	36	0.35	0.13	0.95	3	14	3.86	2.31	6.67	22
PINUCC	IMA DAP	26	35	0.93	0.54	1.13	13	50	1.58	1.19	1.94	4	15	2.13	2.06	2.32	26
	IMA_ALT	23	55	0.40	0.33	0.57	16	38	0.77	0.61	0.95	3	7	1.12	1.03	1.25	42
	IMA_VOL	7	28	0.10	0.06	0.18	16	64	0.42	0.20	0.20	2	8	2.64	2.16	3.11	25
TECTGR	IMA DAP	5	19	0.95	0.54	1.94	15	58	2.36	2.00	2.84	6	23	3.07	3.00	3.18	26
	IMA_ALT	5	19	0.36	0.11	0.75	16	59	2.13	1.55	2.54	6	22	2.99	2.82	3.33	27
	IMA_VOL	6	23	1.15	0.01	3.65	15	58	10.60	4.05	16.47	5	19	20.62	17.54	27.10	26

Como se aprecia en el cuadro 38, los valores observados de los distintos IMA'S, provenientes de plantaciones mayores a 12 meses de edad, muestran promedios de crecimiento y rendimiento poco significativos en su aporte, debido a que son valores promedio provenientes de plantaciones muy jóvenes incluso de 12 meses de edad. El cuadro 39 que se presenta a continuación, concentra valores promedio de las mismas variables de IMA'S para plantaciones mayores a 30 meses de edad.

Cuadro 39. Rangos de crecimiento y rendimiento en volumen observados en torno a la calidad de sitio, provenientes de plantaciones mayores a 30 meses de edad en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

		BAJO					MEDIO					ALTO					n
		n	%	X	Min	Max	n	%	X	Min	Max	n	%	X	Min	Max	
PINUMI	IMA DAP	18	18	0.83	0.29	1.17	60	61	1.81	1.18	2.39	20	21	2.60	2.40	2.97	98
	IMA_ALT	15	15	0.66	0.42	0.90	66	65	1.28	0.91	1.68	21	20	1.88	1.69	2.19	102
	IMA VOL	17	17	0.26	0.01	0.61	66	66	4.14	0.62	9.81	17	17	14.86	9.82	20.1	100
PINUOO	IMA DAP	4	21	0.37	0.28	0.50	12	63	0.77	0.51	1.23	3	16	1.67	1.24	2.01	19
	IMA_ALT	4	21	0.38	0.33	0.47	11	62	0.60	0.48	0.97	4	21	1.15	0.98	1.48	19
	IMA VOL	12	66	0.12	0.02	0.41	3	17	0.61	0.42	0.95	3	17	3.86	0.96	6.67	18
PINUCC	IMA DAP	3	16	0.67	0.54	0.94	13	68	1.39	0.95	1.91	3	16	2.16	1.92	2.32	19
	IMA_ALT	5	25	0.39	0.34	0.45	12	60	0.70	0.46	0.95	3	15	1.12	0.96	1.25	20
	IMA VOL	4	22	0.10	0.06	0.19	12	67	0.45	0.20	0.75	2	11	2.64	0.76	3.11	18
TECTGR	IMA DAP	5	19	0.95	0.54	1.99	15	58	2.36	2.00	2.84	6	23	3.07	2.85	3.18	26
	IMA_ALT	5	19	0.36	0.11	1.54	16	59	2.13	1.55	2.54	6	22	2.99	2.55	3.33	27
	IMA VOL	6	23	1.15	0.01	4.04	15	58	10.60	4.05	16.47	5	19	20.62	16.48	27.10	26

Al comparar los cuadros 38 y 39, se observa una ligera diferencia en el comportamiento de las variables de crecimiento y rendimiento en volumen por especie. La diferencia encontrada que no es considerablemente significativa, se debe básicamente a que en las plantaciones consideradas mayores a 30 meses, se encontraron altos porcentajes de replanteo, esta situación se observó con frecuencia en los distintos proyectos evaluados, la finalidad que tiene esta actividad es cumplir con el mínimo de prendimiento exigido por el Programa de Incentivos Forestales al momento de realizar la certificación de la plantación. Este replanteo en plantaciones de 30 meses de edad incluso, distorsiona los aportes reales en crecimiento y rendimiento en volumen de estas plantaciones. Sin embargo estos promedios obtenidos en estas plantaciones pueden considerarse un parámetro técnico de comparación al momento de realizar una evaluación en campo y poder determinar de forma práctica la calidad de sitio (alto, medio y bajo) en ese momento.

f) Ubicación de las PPM de *Tectona grandis* de la región 2, en la curva de índice de sitio con valor estimado a la edad base.

Comparando los Índices de Sitio (IS) encontrados en las plantaciones de la especie *Tectona grandis* L.F. con las curvas de IS_{10} según el modelo desarrollado por Vallejos y Ugalde (MIRASIL 2002). Resulta que de las 20 PPM en *Tectona grandis* L.F., 2 PPM se localizan por debajo de la curva de IS bajo, lo que equivale a un 20%; el restante 80% que son 18 PPM están ubicadas entre la curva de IS bueno y la curva IS bajo. Figura 28.

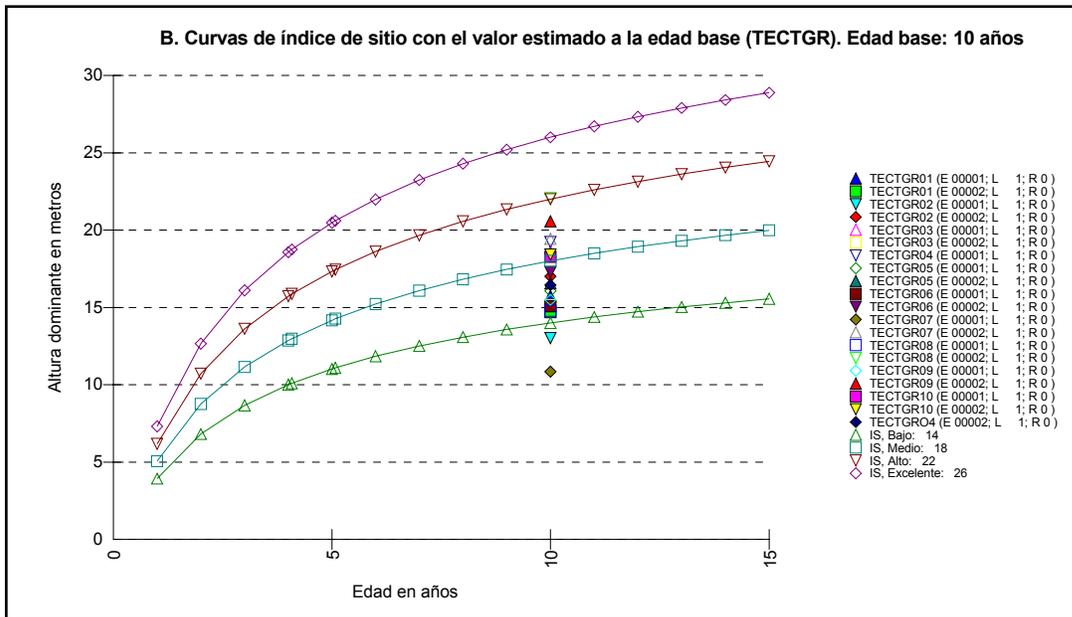


Figura 28. Curva de IS_{10} con valores promedio de 20 PPM de *Tectona grandis* L.F. en la subregión I25 con sede en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz

En las gráficas 29 y 30 se aprecia con mejor detalle la ubicación de las PPM en relación a las curvas de IS_{10} generadas según modelo desarrollado por Vallejos y Ugalde (MIRASIL 2003). De un total de 20 (100%) Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en la subregión 2-5, 15 PPM fueron estratificadas en campo en base a la altura total con crecimiento Alto Y 5 con crecimiento Bajo; al compararlas en base a la curva IS_{10} nos da que 2 PPM (10%) se encuentran ploteadas en el área por debajo de la curva de crecimiento bajo; dentro del área

comprendida entre la curva IS medio y bajo se encuentran 8 PPM lo que equivale a 40%; y dentro de la curva entre IS bueno y medio se ubican 7 PPM lo que equivale a 35%; por ultimo son 3 las PPM que están ubicas al filo de la línea de IS bueno lo que equivale a un 15% respectivamente

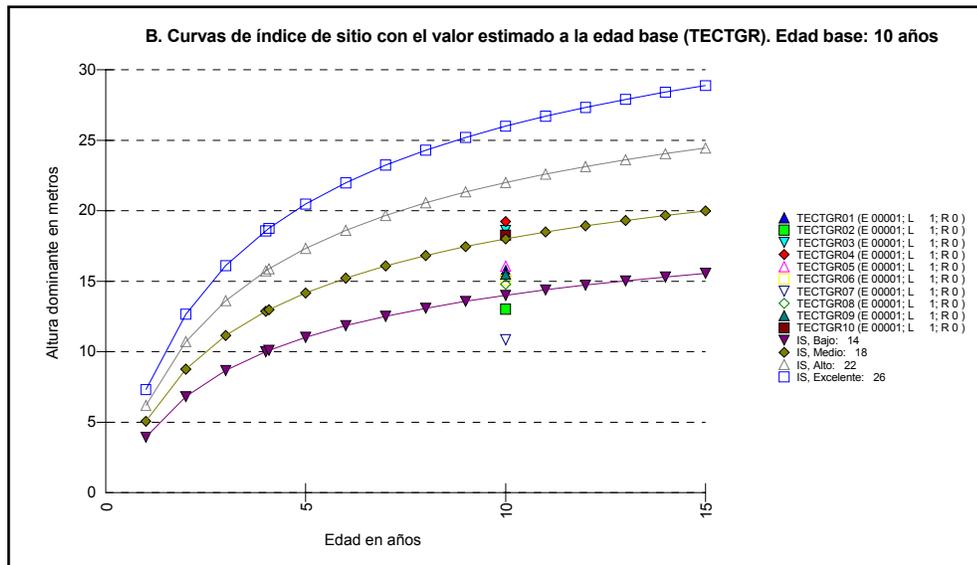


Figura 29. Curva de IS₁₀ con valores promedio de 10 PPM de *Tectona grandis* L.F. en lote de plantación del Experimento 01 en la subregión I25 con sede en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz.

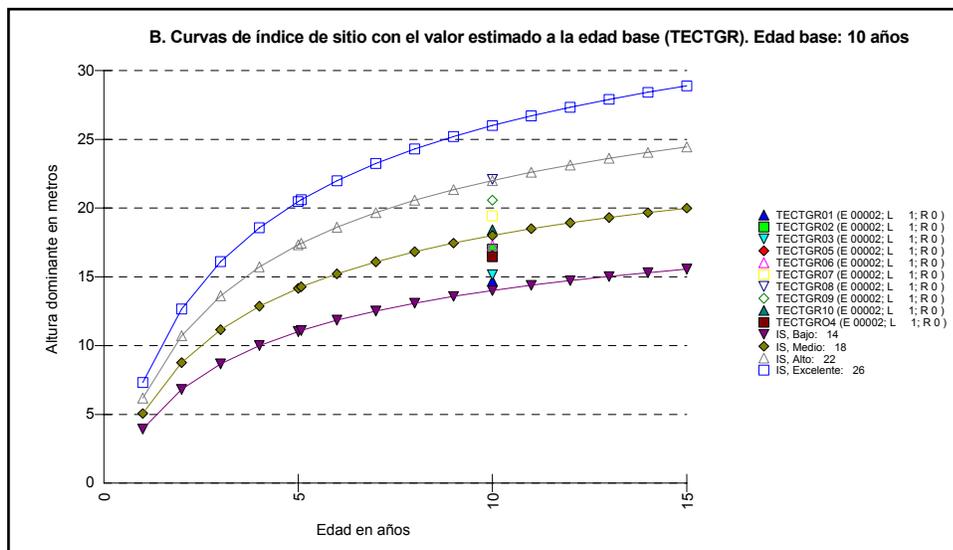


Figura 30. Curva de IS₁₀ con valores promedio de 10 PPM de *Tectona grandis* L.F. en lote de plantación del Experimento 02 en la subregión I25.

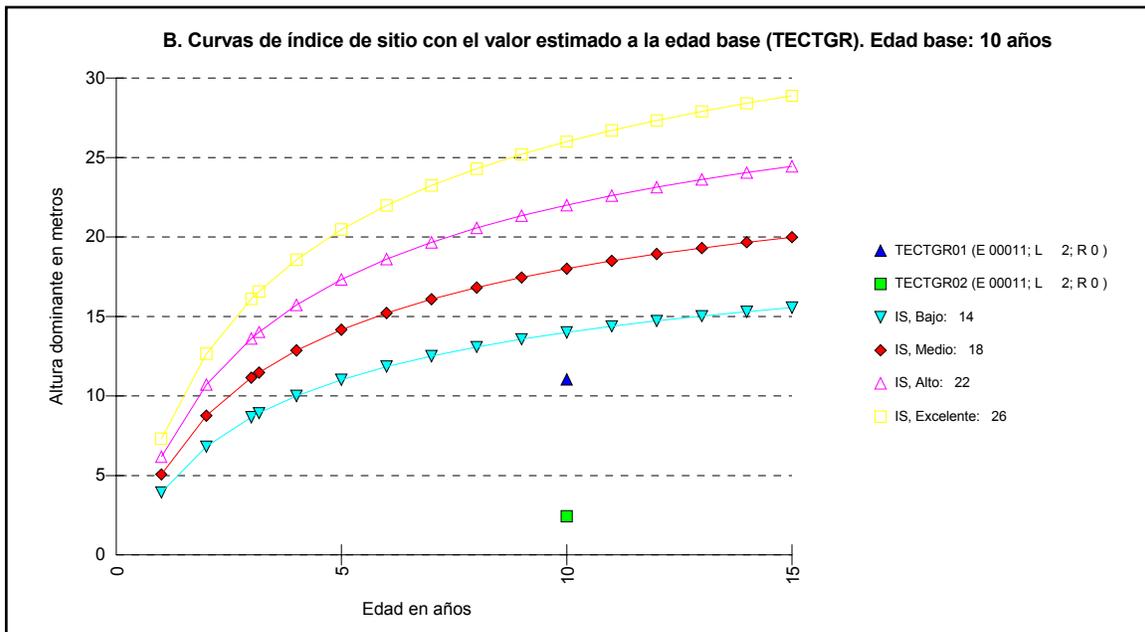


Figura 31. Curva de IS(10) con valores de altura dominante con plantaciones de *Tectona grandis* L.F. de 38 meses de edad en la subregión I21, región 2, Tactic, Alta Verapaz.

La gráfica muestra que los dos promedios de las PPM establecidas de *Tectona grandis* L.F. están por debajo de la curva de IS₁₀, de bajo crecimiento estos son valores encontrados de plantaciones establecidas en Tactic, Alta Verapaz. En este caso la situación de las plantaciones es complicada ya que se encuentran ubicadas en áreas que para el productor no son rentables. Sin embargo en base a la evaluación realizada en campo se constató que estos bajos crecimientos promedio en Dap encontrados fueron de 2.1 y 1.7 cm respectivamente; y en altura dominante promedio de 3.1 y 0.7m para las dos PPM respectivamente. Se deben en gran medida a que las plantas de *Tectona grandis* L.F. en su mayoría no presentan las características de una plantación de 38 meses. Constantemente en el área se ha realizado replante de la especie para cumplir con el requisito de prendimiento exigido por el Instituto Nacional de Bosques –INAB-. En este caso será

necesario el monitoreo y evaluación para entender porque se esta constantemente replantando en esta área.

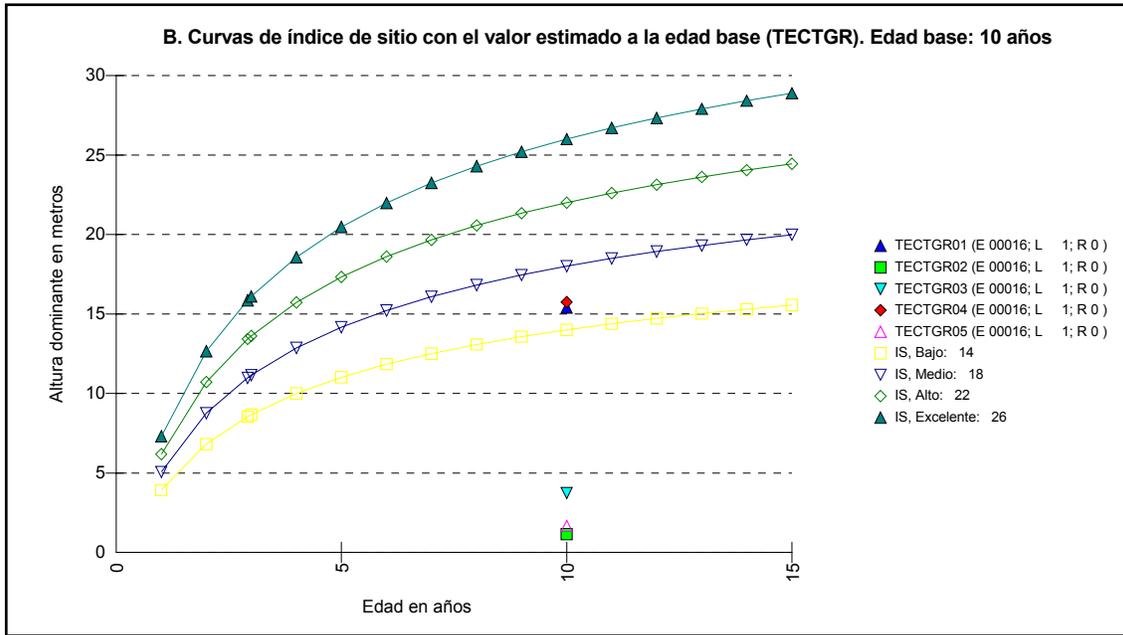


Figura 32. Curva de IS_{10} con valores de altura dominante para plantaciones de *Tectona grandis* L.F. en la subregión I23, región 2 en Cobán, Alta Verapaz.

La figura 32 muestra el comportamiento de las 5 PPM establecidas en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. en Cahabón, Alta Verapaz (subregión I23), como se nota el 40% (2 PPM) se sitúan entre el área de la curva IS medio e IS bajo; y para el 60% (3) restante de PPM se ubican bajo el área de la curva IS bajo. Las condiciones que caracterizan a este lote de plantación denotan que se ha realizado replante o resiembra de *Tectona grandis* L.F. constantemente eso se refleja en el Dap (2.9 y 2.7 cm) y altura promedio (1.9 y 0.6 m) en 2 de las PPM evaluadas. Esta actividad de replante se realiza para dar cumplimiento al mínimo en prendimiento que exige el INAB en la certificación anual que ejecuta. Los bajos crecimientos en este lote de plantación se deben precisamente a la actividad de replante o resiembra básicamente.

6.2.5 Comportamiento de especies analizadas en relación a la calidad de sitio (crecimiento alto y bajo)

El análisis de varianza consideró las diferencias o similitudes entre las especies y las clases de crecimiento (alto y bajo). En relación a las variables **IMADap**, **IMAAITot** y **IMAVol**. En este caso todos los promedios de las cuatro especies se separaron por calidad de sitio (crecimiento alto y crecimiento bajo) independiente a la subregión forestal. Para la variable **IMADap** se encontró diferencia estadística ($P < .0001$) entre clases de crecimiento y especie, al realizar la prueba de Duncan resultó para clases de crecimiento que el mejor promedio lo arrojó crecimiento alto (2.09 cm/año) y el más bajo se obtuvo en clase de crecimiento bajo (1.08 cm/año); para el caso de la especie el mejor promedio lo alcanzó *Tectona grandis* L.F. (2.25 cm/año) diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio (1.78 cm/año) comparado con *caribaea* y *oocarpa*.

En relación a **IMAAITot**, hubo diferencias estadísticas para clase de crecimiento y especies con una $P = < .0001$; al realizar la prueba de medias con Duncan, resultó que al comparar la clase de crecimiento, el mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 1.63 m/año; y el promedio en crecimiento bajo fue de 0.82 m/año. Para el caso de especies, *Tectona grandis* L.F. alcanzó el mejor promedio con 1.99 m/año, diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. El mejor promedio en el género *Pinus*, lo alcanzó *maximinoi* con 1.33 m/año al compararlo con *caribaea* y *oocarpa*.

Para el caso de la variable **IMAVol**, se encontró diferencia estadística ($P < .0001$) para crecimiento y especie; con base a Duncan resultó que al comparar en crecimiento alto se alcanzó el mejor promedio con 7.86 m³/ha/año; para el caso del crecimiento bajo este fue de 1.29 m³/ha/año. en relación a especies, *Tectona grandis* L.F. con 10.34 m³/ha/año, alcanzó el mejor promedio diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio (5.40 m³/ha/año) comparado con *caribaea* y *oocarpa*.

Según Barros (1981), el crecimiento de árboles y la productividad del bosque son el producto de respuestas fisiológicas a la interacción de factores bióticos y abióticos del ambiente; los factores más relevantes que afectan la calidad del sitio, es la condición climática, fisiográfica y edáfica en la producción de productos forestales. En resumen se observa que las diferencias estadísticas encontradas en las variables de crecimiento y rendimiento en volumen en relación a las especies y clases de crecimiento, refleja la importancia que tiene la selección de especies y sitios para el establecimiento de plantaciones competitivas.

Con base a las diferencias estadísticas encontradas en el análisis de varianza realizado, se rechaza la hipótesis 2, que plantea que no existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento de especies analizadas entre sitio con alto y bajo crecimiento.

6.2.6 Análisis de interacción especie*sitio:

El análisis de varianza realizado para la interacción especie*sitio, en relación a las variables de crecimiento y productividad (IMA'S) en Dap, AITot, y Volumen de las especies analizadas; resultó que no existe diferencia estadística para la variable de crecimiento **IMADap**; en el caso de **IMAAITot** si existe diferencia estadística ($P < .0001$) en la interacción especie*sitio, para la variable **IMAVol** también se encontró diferencia estadística ($P = 0.001$). A continuación se presenta la figura 33, que muestra el comportamiento de la interacción en relación a la Variable IMAVol en $m^3/ha/año$ de las especies.

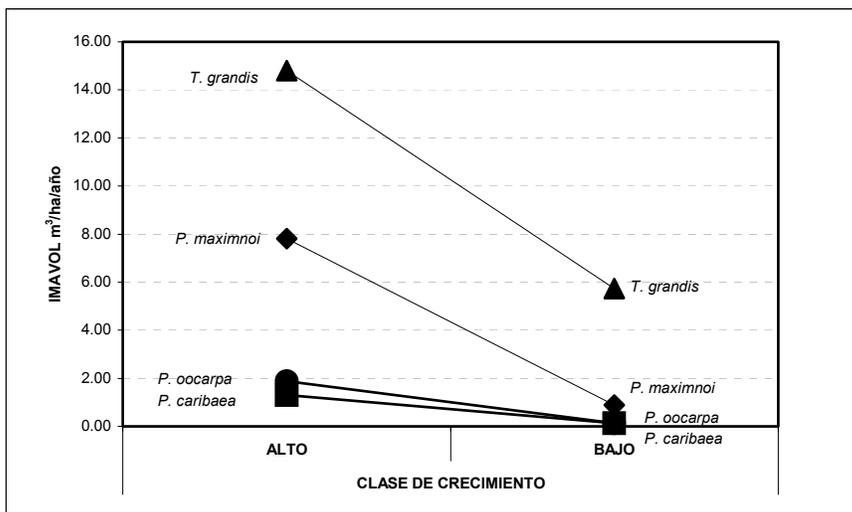


Figura 33. Relación entre la interacción sitio*especie con respecto a la variable IMA en Volumen en $m^3/ha/año$ de las especies analizadas en la región 2 en Alta y Baja Verapaz.

En la gráfica se observa que para las mismas especies *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea* y *Tectona grandis* establecidas en clases de sitio diferentes (altos y bajos), se obtienen respuestas diferentes en volumen ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$). El crecimiento en volumen que se obtiene no es más que la respuesta que los árboles individuales, en promedio, muestran en una relación de metros cúbicos por edad del individuo.

Con estos resultados producto de la evaluación en campo se muestra claramente que al momento de establecer plantaciones forestales, es importante escoger y/o seleccionar los mejores sitios y realizar el manejo oportuno de las plantaciones para producir y/o alcanzar mejores rendimientos en productividad en menos tiempo al turno final.

Con estos resultados se corrobora que si existe diferencia estadística significativa entre la interacción sitio*especie, rechazando la hipótesis No.2 la cual plantea que no existe diferencia en la interacción sitio*especie.

6.2.7 Comportamiento de las especies analizadas entre fincas consideradas:

El análisis de las cuatro especies (PINUMI, PINUOO, PINUCC Y TECTGR) entre las fincas consideradas, esta en relación a los promedios de Incremento Medio Anual (IMA) en Dap ($\text{cm}/\text{año}$), AltTot ($\text{m}/\text{año}$) y Vol ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$), en la región 2, Alta y Baja Verapaz. Los resultados se presentan por especie; en el cuadro 40, se presentan las fincas donde están establecidas las plantaciones de *Pinus maximinoi*.

Cuadro 40. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen de *Pinus maximinoi* y finca en región 2.

Sub Región	FINCA	Especie	Rangos	IMADAP	IMAVOL	IMAALTOT
I21	2002	PINUMI	Prom.	1.77	2.42	1.23
			Min	1.59	2.11	1.22
			Max	1.94	2.73	1.24
	2003		Prom.	0.41	0.05	0.48
			Min	0.29	0.01	0.42
			Max	0.63	0.14	0.6
	2004		Prom.	1.61	6.49	1.35
			Min	1.13	1.03	1.05
			Max	1.94	14.14	1.68
	2005		Prom.	1.09	0.38	0.97
			Min	0.99	0.34	0.95
			Max	1.18	0.42	0.99
	2006		Prom.	0.81	0.25	0.74
			Min	0.52	0.05	0.54
			Max	1.09	0.44	0.94
	2008		Prom.	1.81	6.83	1.22
			Min	1.18	0.93	0.76
			Max	2.21	10.74	1.54
2009	Prom.	1.37	1.08	1.12		
	Min	1.2	0.67	0.93		
	Max	1.5	1.66	1.29		
2010	Prom.	2.34	13.15	1.71		
	Min	1.43	3.45	1.19		
	Max	2.79	20.13	2.02		
I22	2002	Prom	1.38	1.14	1.06	
		Min	1.25	0.87	1.01	
		Max	1.5	1.41	1.11	
2003	Prom.	1.63	1.89	1.27		
	Min	1.63	1.89	1.27		
	Max	1.63	1.89	1.27		
I23	2001	Prom.	2.28	6.30	1.73	
		Min	2.15	4.95	1.7	
		Max	2.46	7.64	1.76	
	2005	Prom.	2.17	12.51	1.88	
		Min	2.08	8.01	1.71	
		Max	2.25	17.01	2.05	
	2009	Prom.	2.41	9.19	1.82	
		Min	2.01	5.14	1.61	
		Max	2.97	15.34	2.19	
	2016	Prom.	1.73	2.64	1.29	
		Min	0.97	0.48	0.87	
		Max	2.62	6.02	1.77	

Nomenclatura:
Prom: Promedio
Min: Minimo
Max: Maximo

Cuadro 40. Continuacion

Sub Región	FINCA	Especie	Rangos	IMADAP	IMAVOL	IMAAITOT
I23	2017	PINUMI	Prom.	1.80	2.91	1.33
			Min	1.14	0.85	0.97
			Max	2.2	4.27	1.63
	2018		Prom.	1.41	1.28	1.02
			Min	1.4	1.24	0.99
			Max	1.42	1.32	1.05
	2021		Prom.	2.02	6.61	1.47
			Min	1.33	1.22	0.93
			Max	2.75	19.2	2.14
I24	2001	Prom.	1.45	2.30	0.89	
		Min	1.45	2.3	0.89	
		Max	1.45	2.3	0.89	
	2002	Prom.	1.82	2.74	1.02	
		Min	1.82	2.74	1.02	
		Max	1.82	2.74	1.02	
	2003	Prom.	2.41	1.40	1.52	
		Min	2.41	1.4	1.52	
		Max	2.41	1.4	1.52	
	2004	Prom.	1.03	0.54	0.98	
		Min	1.03	0.54	0.98	
		Max	1.03	0.54	0.98	
	2008	Prom.	0.92	0.23	0.70	
		Min	0.71	0.03	0.46	
		Max	1.48	0.45	0.91	
	2009	Prom.	1.88	6.34	1.28	
		Min	1.12	0.95	0.86	
		Max	2.64	11.72	1.7	

En la evaluación de especies con la modalidad fincas consideradas; el analisis de varianza para la especie *Pinus maximinoi* muestra que existe diferencia estadística ($P = <0.0001$) entre las diferentes fincas, en relación al promedio de **IMADap**, resultó que la(s) finca(s) con mejor promedio son: con 2.41 cm/año; finca Rio Frio 2010 (Inab, región 2, subregión 1) con 2.34 cm/año y Finca Sasay con 2.28 cm/año respectivamente. Para **IMAAITot**, hubo diferencias con una $P = <0.0001$; la finca con el mejor promedio fue: la finca Rio Frio 2010 (Inab, región 2, subregión 1) con 1.71 m/año; para el caso de **IMAVol**, hubo diferencias estadísticas ($P = <0.0001$), la finca que alcanzó el mejor promedio es: finca Rio Frio 2010(I21) con 13.15 m³/ha/año con edad de 61 meses.

Cuadro 41. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por Pinus oocarpa y finca en región 2, Alta y Baja Verapaz.

Sub Región	FINCA	Especie	Rangos	IMADAP	IMAVOL	IMAALTOT
I21	2012	PINUOO	Prom.	0.58	0.22	0.56
			Min	0.28	0.02	0.33
			Max	1.23	0.95	1.04
I22	2001		Prom.	0.70	0.26	0.47
			Min	0.59	0.1	0.38
			Max	0.86	0.47	0.51
I24	2010		Prom.	1.45	2.93	1.05
			Min	0.79	0.13	0.66
			Max	2.01	6.67	1.48
	2012	Prom.	0.95	0.20	0.81	
		Min	0.85	0.09	0.6	
		Max	1.05	0.3	1.02	

Con base al análisis de varianza, como se observa en cuadro 41, para la especie *Pinus oocarpa* existe diferencia estadística ($P= 0.003$) entre las diferentes fincas consideradas, en relación al promedio de **IMADap**, al realizar la prueba de Duncan, resultó que la finca con mejor promedio fue: finca Yutta Estrada 2010 (I24) con 1.45 cm/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. Para **IMAAITot**, hubo diferencias ($P= 0.01$); al aplicar Duncan, las finca con el mejor promedio fue: finca Yutta Estrada 2010 (I24) con 1.05 m/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. En relación a **IMAVol**, hubo diferencias $P=0.02$; la finca con el mejor promedio fue: Yutta Estrada 2010(I24) con 2.93 m³/ha/año; con edad de 36 meses. Al igual que las variables anteriores para las fincas restantes entre ellas no hubo diferencia.

Cuadro 42. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen de *Pinus caribaea* y finca en región 2, Alta y Baja Verapaz.

Sub Región	FINCA	Especie	Rangos	IMADAP	IMAVOL	IMAALTOT
I21	2007	PINUCC	Prom.	0.83	0.14	0.46
			Min	0.54	0.06	0.38
			Max	1.2	0.26	0.53
I23	2007		Prom.	1.28	0.68	0.77
			Min	1.05	0.61	0.76
			Max	1.76	0.75	0.79
	2020		Prom.	1.93	1.95	1.08
			Min	1.38	0.59	0.90
			Max	2.32	3.11	1.25

Como se aprecia, para la especie *Pinus caribaea* con base al analisis de varianza existe diferencia estadística ($P=0.006$) entre las diferentes fincas consideradas, en relación al promedio de **IMADap**, resultó que la finca con mejor promedio fue: finca Chitzubil 2020 (I23) con 1.93 cm/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. Para las variables **IMAAITot**, hubo diferencias estadísticas ($P=0.0001$); siendo el mejor promedio la finca Chitzubi con 1.08 m/año; en relación a **IMAVol**, hubo diferencias estadísticas ($P= 0.01$); la finca con el mejor promedio fue: la finca Chitzubil con 1.95 m³/ha/año; con edad de 39 meses.

Cuadro 43. Promedios y rangos de IMADap, AITot y Volumen por *Tectona grandis* L.F. y finca, en región 2, Alta y Baja Verapaz.

Sub Región	FINCA	Especie	Rangos	IMADAP	IMAVOL	IMAALTOT
I21	2007	TECTGR	Prom.	0.60	0.06	0.44
			Min	0.54	0.01	0.13
			Max	0.66	0.1	0.75
I23	2015		Prom.	1.51	1.69	0.99
			Min	0.59	0.02	0.11
			Max	2.37	3.65	2.09
I25	2001		Prom.	2.66	12.36	2.63
			Min	2	4.05	1.55
			Max	3.18	20.57	3.33
	2002	Prom.	2.47	13.85	2.17	
		Min	1.94	8.35	1.79	
		Max	3.07	27.1	2.82	

Con base al análisis de varianza, para la especie *Tectona grandis* L.F. existe diferencia estadística ($P < 0.0001$) entre las diferentes fincas consideradas, en relación al promedio de **IMADap**, resultó que las fincas con mejor promedio son: finca Roeldin Esquivel 2001 (I25) con 2.66 cm/año y la finca Roselia de Esquivel 2002 (I25) con 2.47 cm/año; Para **IMAAITot**, hubo diferencias estadísticas ($P < 0.0001$); las fincas con mejor promedio son: 2001 (I25) con 2.63 m/año y 2002 (I25) con 2.17 m/año; En relación a **IMAVol**, hubo diferencias estadísticas ($P = 0.0008$); las fincas con mejor promedio son: 2002 (I25) (13.85 m³/ha/año) con edad de 61 meses y 2001 (I25) (12.36 m³/ha/año); con edad de 49 meses y la finca con el promedio más bajo fue finca Marichaj 2007 (I21) con 0.05 m³/ha/año, con edad de 38 meses.

6.2.8 Análisis de cuatro especies analizadas por tamaño de finca

En la evaluación de las plantaciones, se considero la modalidad “tamaño de finca”, las categorías en esta modalidad fueron: **fincas menores a 15 ha; entre 15 y 45 ha; y mayores a 45 ha** respectivamente. Las diferencias ó similitudes en esta categoría están siempre referenciadas a los Incrementos Medios Anuales (IMA) en Dap en cm/año, AITot en m/año y Volumen en m³/ha/año de las diferentes especies analizadas. En los siguientes cuadros se presenta el rango de IMA de las especies analizadas estratificadas por tamaño de finca en la región 2 en los departamento de Alta y Baja Verapaz.

Cuadro 44. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz .

ESPECIE	< 15 ha			15 – 45 ha			> 45 ha		
	IMADap			IMADap			IMADap		
	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX
PINUMI	1.51	0.29	2.64	1.66	1.14	2.21	1.98	0.71	2.97
PINUOO	0.95	0.85	1.05	0.82	0.28	2.01	----	----	----
PINUCC	----	----	----	1.28	1.05	1.76	1.24	0.54	2.32
TECTGR	----	----	----	1.51	0.59	2.37	2.39	0.54	3.18

Nomenclatura:

IMADap: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año.

PINUMI: Pinus maximinoi **PINUOO:** Pinus oocarpa **PINUCC:** Pinus caribaea **TECTGR:** Tectona grandis

Prom: Promedio **Min:** Mínimo **Max:** Máximo

Con base al análisis de varianza de las especies y la modalidad “tamaño de finca” en relación al **IMADap**, resultó que para ***Pinus maximinoi*** existe diferencia estadística (P= 0.002) entre las diferentes tamaños de finca, la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)”, la especie ***Pinus maximinoi*** alcanzó ser el mejor promedio en IMADap con 1.98 cm/año al compararlo con las categorías < 15 ha y 15 –45 ha respectivamente. En el caso de ***Pinus oocarpa*** no hubo diferencias estadísticas para IMADap. Para ***Pinus caribaea*** tampoco se encontraron diferencias estadísticas. En relación a ***Tectona grandis*** L.F. si hubo diferencias estadísticas (P= 0.03); al comparar las medias resultó que en la modalidad tamaño de finca “> 45 ha” ***Tectona grandis*** alcanzó ser el mejor promedio con 2.39 cm/año.

Cuadro 45. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en AITot m/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz .

ESPECIE	< 15 ha			15 – 45 ha			> 45 ha		
	IMAAITot			IMAAITot			IMAAITot		
	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX
PINUMI	1.16	0.42	2.05	1.22	0.76	1.63	1.45	0.46	2.19
PINUOO	0.81	0.60	1.02	0.65	0.33	1.48	----	----	----
PINUCC	----	----	----	0.77	0.76	0.79	0.69	0.38	1.25
TECTGR	----	----	----	0.99	0.11	2.09	2.22	0.13	3.33

Con base al análisis de varianza de las especies en relación al **IMAAITot** con la modalidad el tamaño de finca, se encontró que para ***Pinus maximinoi*** existe diferencia estadística (P= 0.004) entre las diferentes tamaños de finca, al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que ***Pinus maximinoi*** mostró el mejor promedio en IMAAITot con 1.45 m/año en la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)” . Para el caso de ***Pinus oocarpa*** no hubo diferencias estadísticas para IMAAITot. Para ***Pinus caribaea*** no hubo diferencias estadísticas. En relación a ***Tectona grandis*** L.F. si hubo diferencia estadística (P= 0.04), al comparar las medias resultó que en el tamaño de finca “> 45 ha” ***Tectona grandis*** resultó con el mejor promedio (2.22 m/año).

Cuadro 46. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen m³/ha/año, de las especies analizadas en plantaciones de 36 meses de edad, por Tamaño de finca en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	< 15 ha			15 – 45 ha			> 45 ha		
	IMAVol			IMAVol			IMAVol		
	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX	Prom.	Min	MAX
PINUMI	3.44	0.01	17.01	3.61	0.67	10.74	6.90	0.03	20.13
PINUOO	0.20	0.09	0.3	0.90	0.02	6.67	----		----
PINUCC	----		----	0.68	0.61	0.75	0.82	0.06	3.11
TECTGR	----		----	1.69	0.02	3.65	11.92	0.01	27.1

En la misma modalidad “tamaño de finca” y en base al análisis de varianza en relación al **IMAVol**, resultó que para *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística (P= 0.005) entre los diferentes tamaños de finca. Al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)” *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMAVol con 6.90 m³/ha/año al compararlo con las demás categorías. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAVol. Para *Pinus caribaea* tampoco hubo diferencias estadísticas. Para el caso de *Tectona grandis* L.F. si hubo diferencia estadística (P= 0.06); al comparar las medias resultó que en el tamaño de finca “> 45 ha” *Tectona grandis* alcanzó el mejor promedio con 11.92 m³/ha/año.

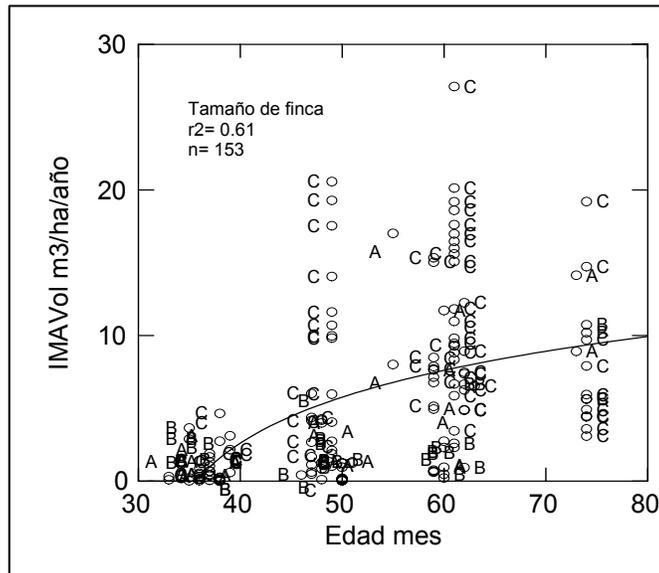
En resumen al analizar la relación de las especies con la modalidad “Tamaño de finca” se observa que para las especies *Pinus oocarpa* y *caribaea* no hubo diferencias estadísticas, si existe claramente una diferencia numérica y en el caso de *oocarpa* el mejor promedio lo alcanzo en la categoría de finca entre 15 a 45 ha; además de solo estar presentes en dos de las categorías evaluadas. Para el caso de *Pinus maximinoi* y *Tectona grandis* L.F. los mejores promedios obtenidos en los tres tipos de Incrementos medios anuales evaluados, fue en la categoría mayor a 45 hectáreas.

Con la evaluación realizada a las plantaciones de especies analizadas desde el enfoque de modalidad “tamaño de finca”, para el caso de las especies *Pinus maximinoi* y *Tectona*

grandis se mostraron las diferencias estadísticas para la modalidad “Tamaño de finca” rechazando la hipótesis 1 que plante que no existen diferencias en crecimiento y rendimiento de las especies en la modalidad “Tamaño de finca”. Para el caso de *P. oocarpa* y *caribaea* se necesitan tener más datos de estas especies en todas las categorías evaluadas para rechazar o aceptar con certeza la hipótesis planteada.

a) Comportamiento gráfico del tamaño de finca en relación a variables de crecimiento y productividad:

a continuación se presenta gráficamente el comportamiento de la modalidad “tamaño de finca” en relación a las variables de crecimiento y productividad.



Nomenclatura:

A = Tamaño de finca < 15 ha, B = Tamaño de finca entre 15 y 45 ha, C = Tamaño de finca >45 ha

Figura 34. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAVol.

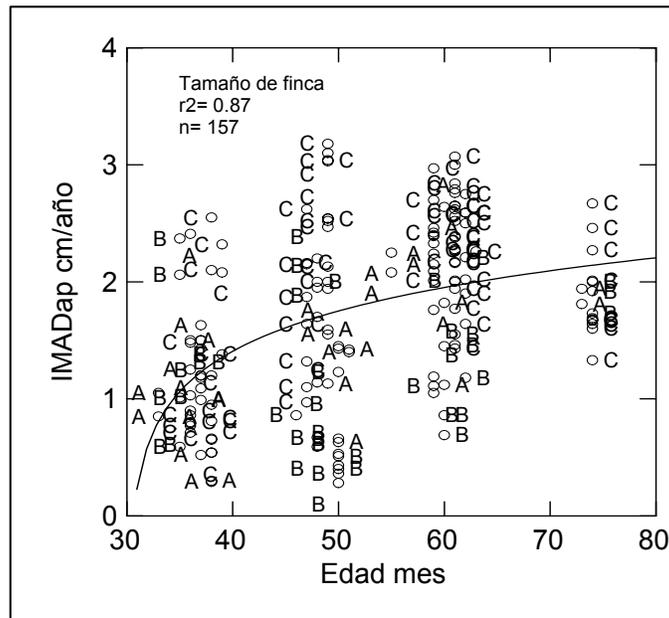


Figura 35. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMADap cm/año.

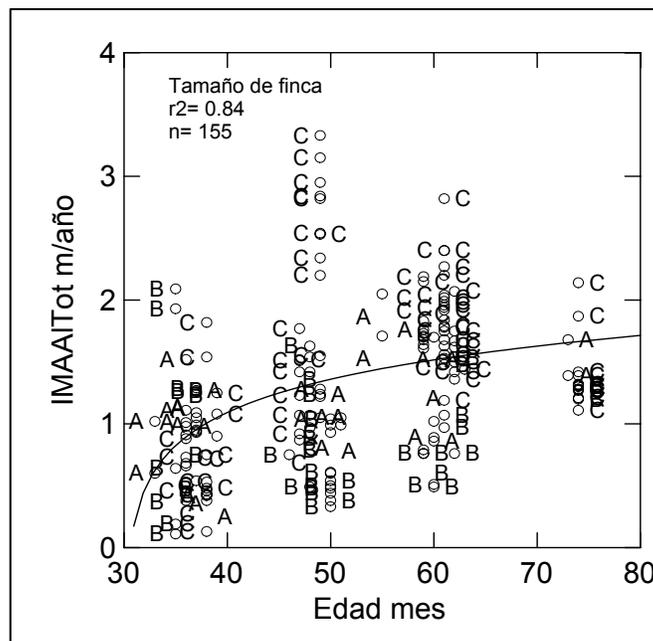


Figura 36. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAAITot m/año.

De la figura 34 hasta la 36, muestra el comportamiento del tamaño de finca con respecto a la relación IMAVol, IMADap y IMAAITot en relación a la edad en meses; el comportamiento o

tendencia de las tres variables es logarítmica. Para el caso del IMAVol se aprecia que las plantaciones cuando han alcanzado o pasado los 70 meses empiezan a experimentar una disminución en el crecimiento en productividad.

En resumen la tendencia de las variables en relación al tiempo es logarítmica, además se observa en las figuras la necesidad de aplicar manejo específicamente raleos y podas. Según Galloway (2003) la interacción principal entre árboles es de competencia, esta situación implica que algún factor necesario para el crecimiento de los individuos se encuentra en cantidades inadecuadas; es decir, el crecimiento es afectado negativamente.

6.2.9 Análisis de las especies analizadas por tipo de propietario

En la evaluación de las plantaciones de las especies analizadas, se considero la modalidad “tipo de Propietario”, las categorías en esta modalidad fueron: **Individual, Grupo organizado e Industria** respectivamente. Las diferencias ó similitudes en estas categorías están siempre referenciadas a los Incrementos Medios Anuales (IMA) en Dap en cm/año, AITot en m/año y Volumen en m3/ha/año. En los siguientes cuadros se presenta el rango de IMA’S de las especies analizadas estratificadas por “tipo de Propietario” en la región 2 en los departamento de Alta y Baja Verapaz.

Cuadro 47. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Dap cm/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz .

ESPECIE	Individual			Grupo organizado			Industria		
	IMADap			IMADap			IMADap		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
PINUMI	1.62	0.29	2.97	1.80	0.52	2.75	2.27	1.12	2.79
PINUOO	0.82	0.28	2.01	0.95	0.85	1.05	----	----	----
PINUCC	1.93	1.38	2.32	----	----	----	1.03	0.54	1.76
TECTGR	2.56	1.94	3.18	----	----	----	1.21	0.54	2.37

Nomenclatura:

IMADap: Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho en cm/año.

PINUMI: Pinus maximinoi **PINUOO:** Pinus oocarpa **PINUCC:** Pinus caribaea **TECTGR:** Tectona grandis

Prom: Promedio **Min:** Mínimo **Max:** Máximo

En el cuadro 47 se aprecia que En la modalidad “Tipo de propietario” *Pinus maximinoi* es la especie a diferencia de las otras que esta presente en las tres categorías “Individual, Grupo

organizado y empresa ó Industria”. en base al análisis de varianza para **IMADap**, resultó que ***Pinus maximinoi*** es diferente estadísticamente ($P= 0.003$) entre los diferentes tipos de propietario, al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que en la categoría tipo de propietario “Industria”, ***Pinus maximinoi*** alcanzó el mejor promedio en IMADap con 2.27 cm/año al compararlo con las dos categorías existentes. En el caso de ***Pinus oocarpa*** no hubo diferencias estadísticas para IMADap. Para ***Pinus caribaea*** hubo diferencias estadísticas ($P= 0.006$); al aplicar Duncan y comparar, el mejor promedio se alcanzó en la categoría “individual” con 1.93 cm/año. En relación a ***Tectona grandis*** L.F. si hubo diferencia estadística con una $P= <.0001$; al comparar las medias resultó que el mejor promedio con 2.56 cm/año, en la categoría “Individual”.

Cuadro 48. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en AI_{Tot} m/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz .

ESPECIE	Individual			Grupo organizado			Industria		
	IMAAITot			IMAAITot			IMAAITot		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
PINUMI	1.23	0.42	2.19	1.34	0.54	2.14	1.65	0.86	2.02
PINUOO	0.65	0.33	1.48	0.81	0.60	1.02	----	----	----
PINUCC	1.08	0.90	1.25	----	----	----	0.57	0.38	0.79
TECTGR	2.40	1.55	3.33	----	----	----	0.83	0.11	2.09

En relación al **IMAAITot** con la modalidad “Tipo de propietario”, resultó que para ***Pinus maximinoi*** existe diferencia estadística ($P= 0.003$) entre los diferentes tipos de propietario, al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que en la categoría “Industria”, ***Pinus maximinoi*** alcanzó el mejor promedio en IMAAITot con 1.65 m/año al compararlo con las dos categorías existentes. En el caso de ***Pinus oocarpa*** no hubo diferencias estadísticas para IMAAITot. Para ***Pinus caribaea*** hubo diferencias estadísticas ($P= 0.002$); al aplicar Duncan y comparar, el mejor promedio se alcanzó en la categoría “individual” con 1.08 m/año. En relación a ***Tectona grandis*** L.F. hubo diferencia estadística ($P= <.0001$); al comparar las medias resultó que el mejor promedio (2.40 m/año) se alcanzó en la categoría “Individual”.

Cuadro 49. Promedio y rango del Incremento Medio Anual (IMA) en Vol m³/ha/año, de las especies analizadas en plantaciones mayores a 36 meses de edad, por Tipo de Propietario en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

ESPECIE	Individual			Grupo organizado			Industria		
	IMAVol			IMAVol			IMAVol		
	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max
PINUMI	4.24	0.01	17.01	4.68	0.05	19.20	11.19	0.95	20.13
PINUOO	0.90	0.02	6.67	0.20	0.09	0.30	----	----	----
PINUCC	1.95	0.59	3.11	----	----	----	0.34	0.06	0.75
TECTGR	13.10	4.05	27.10	----	----	----	1.15	0.01	3.65

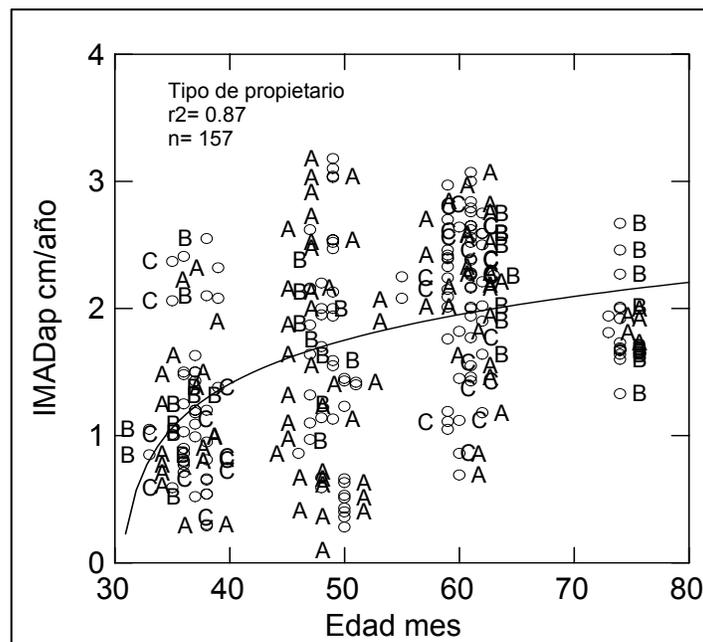
En base al análisis de varianza de las especies en relación al **IMAVol** con la modalidad “Tipo de propietario”, resultó que para *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística ($P < 0.001$) entre los diferentes tipos de propietario, al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que en la categoría “Industria”, *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMAVol con 11.19 m³/ha/año. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAVol, si diferencias numéricas. Para *Pinus caribaea* hubo diferencias estadísticas ($P = 0.005$); al aplicar Duncan y comparar, el mejor promedio se alcanzó en la categoría “individual” con 1.95 m³/ha/año. En relación a *Tectona grandis* L.F. hubo diferencia estadística ($P = < 0.0001$); al comparar las medias resultó que el mejor promedio (13.10 m³/ha/año) se alcanzó en la categoría “Individual”.

El crecimiento y la productividad de las especies analizadas no está directamente influenciada por un tipo de propietario específico; se debe mayormente a que cada especie tiene distintos requerimientos climáticos, topográficos y edáficos para su establecimiento y desarrollo. Además es importante el tipo de manejo que se le haya dado a las plantaciones, específicamente en lo que se refiere a las labores culturales (limpias) realizadas en las mismas. Por ejemplo, con base en observaciones de campo realizadas por el investigador en las plantaciones de *Tectona grandis* L.F. se encontraron plantaciones con un sotobosque de 2 a 3 metros de altura superando la altura de la propia plantación bajo incentivo (Subregión 2-1, finca Marichaj), por el contrario en la Subregión 2-5 con sede en Fray Bartolomé de las casas, las dos fincas evaluadas presentaron un escenario totalmente distinto.

En resumen en la evaluación de las especies en relación a la modalidad “tipo de propietario” existen diferencias para tres de las especies analizadas, fundamentado en estos análisis se rechaza la hipótesis 1, la cual plantea que no existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento de las especies analizadas por tipo de propietario.

a) Comportamiento gráfico del tipo de propietario en relación a variables de crecimiento y productividad

a continuación se presenta gráficamente el comportamiento de la modalidad “tamaño de finca” en relación a las variables de crecimiento y productividad.



Nomenclatura: A: Individual, B: Grupo organizado, C: Industrial

Figura 37. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMADap cm/año.

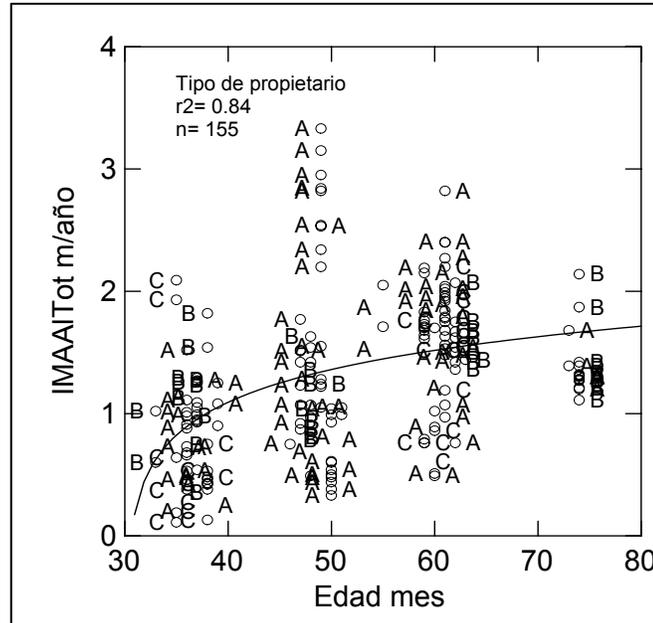


Figura 38. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAITot m/año.

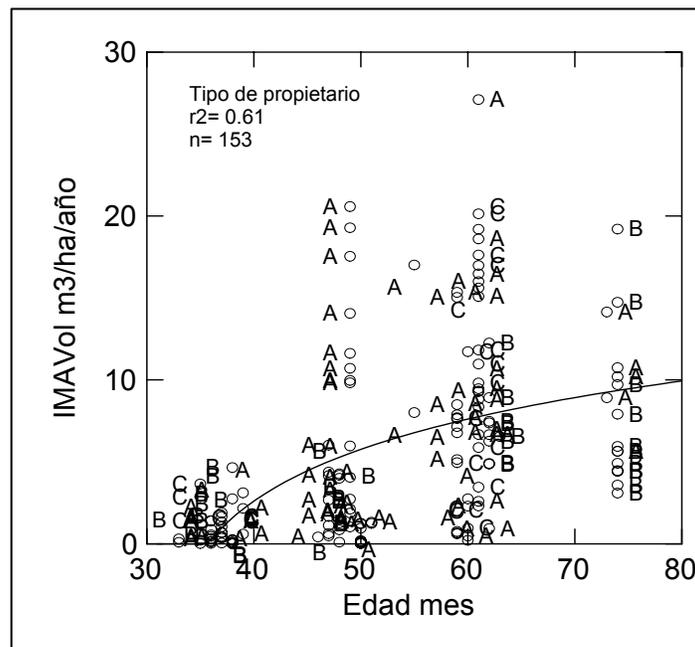


Figura 39. Comportamiento de la modalidad “Tamaño de finca” con relación al IMAVol m³/ha/año.

De las figuras 37 a la 39, se aprecia la tendencia logarítmica de los promedios del IMADap e IMAAITot, IMAVol. Se observa en las tres variables que el comportamiento de las plantaciones cuando alcanzan o pasan de los 70 meses de edad, experimentan una disminución en los incrementos de las variables de crecimiento y productividad. Además se visualiza que un mismo tipo de propietario experimenta distintos valores en promedio de rendimiento en volumen. La productividad de las plantaciones no está en función de la modalidad “Tamaño de Finca”, ya que cada categoría presenta Incrementos Medios Anuales altos y bajos.

6.2.10 Análisis multivariado (cluster), para tamaño de finca, tipo propietario y tipo de subregión forestal

Tomando como base los incrementos Medios Anuales (IMA) en Dap, AITot, y Volumen; se realizó un análisis multivariado (cluster), para todas las especies considerando las modalidades “subregión forestal, tamaño de finca y tipo de propietario”, con la finalidad de conformar grupos de especies similares en crecimiento y producción, para determinar si la productividad de estos grupos estaban relacionados con el tamaño de finca, subregión forestal y tipo de propietario. El cluster consideró las fincas con plantaciones mayores de 36 meses de edad, formando tres grupos para el análisis. Los grupos formados quedaron de la siguiente manera:

Cuadro 50. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 1.

Observaciones	Grupo Cluster	Subregión	Tamaño finca	Tipo propietario	Finca
01	1	I21	>45 ha	Industria	(2)2003
02	1	I21	< 15 ha	Individual	(4)2005
03	1	I21	> 45 ha	Industria	(6)2007
04	1	I21	< 15 ha	Individual	(8)2009
05	1	I21	15- 45 ha	Individual	(10)2012
06	1	I23	15- 45 ha	Industria	(13)2001
07	1	I23	15 – 45 ha	Grupo organizado	(19)2017
08	1	I24	< 15 ha	Industria	(23)2001
09	1	I24	< 15 ha	Grupo organizado	(25)2003
10	1	I22	< 15 ha	Individual	(26)2004
11	1	I24	> 45 ha	Individual	(27)2008
12	1	I22	15 – 45 ha	Individual	(28)2009
13	1	I24	< 15 ha	Grupo organizado	(30)2012

Las fincas están codificadas con base al sistema MIRA-SILV, y posteriormente se le agregó un número encerrado entre paréntesis, para que cuando se hiciera el análisis de cluster, el sistema no las confundiera.

Cuadro 51. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 2.

Observaciones	Grupo Cluster	Subregión	Tamaño finca	Tipo propietario	Finca
14	2	I21	< 15 ha	Individual	(1)2002
15	2	I21	< 15 ha	Grupo organizado	(3)2004
16	2	I21	15 – 45 ha	Grupo organizado	(5)2006
17	2	I22	< 15 ha	Individual	(11)2001
18	2	I24	< 15 ha	Individual	(12)2002
19	2	I23	15 – 45 ha	Industria	(17)2015
20	2	I23	> 45 ha	Individual	(18)2016
21	2	I23	< 15 ha	Individual	(20)2018
22	2	I23	> 45 ha	Individual	(21)2020
23	2	I21	> 45 ha	Industria	(22)2021
24	2	I24	15 – 45 ha	Individual	(29)2010
25	2	I21	15 – 45 ha	Grupo organizado	(33)2003

Cuadro 52. Categorías de modalidades consideradas dentro del grupo Cluster 3.

Observaciones	Grupo Cluster	Subregión	Tamaño finca	Tipo propietario	Finca
26	3	I21	15 – 45 ha	Individual	(7)2008
27	3	I21	>45 ha	Industria	(9)2010
28	3	I23	< 15 ha	Individual	(14)2005
29	3	I23	15 – 45 ha	Industria	(15)2007
30	3	I23	>45 ha	Individual	(16)2009
31	3	I24	< 15 ha	Industria	(24)2002
32	3	I25	>45 ha	Individual	(31)2001
33	3	I25	>45 ha	Individual	(32)2002

Con base al Análisis de Varianza realizado, para los tres grupos formados en relación a las variables de crecimiento y productividad, existe para las tres variables IMADap, AITot y Vol, diferencia estadística significativa. Al realizar la prueba de Duncan para las tres variables resultó que el grupo 3 alcanzó el mejor promedio en IMADap; el segundo mejor promedio fue para el grupo cluster 2; y el promedio más bajo en IMADap lo arrojó el grupo 1. como se aprecia en los cuadros 50, 51 y 52 dentro de los grupos y en todos (3) grupos formados por el cluster existen las diferentes modalidades consideradas “Subregión forestal, Tamaño de finca y Tipo de propietario”. La ubicación de los grupos formados se observa en la Figura 40, apreciándose claramente las distancias existentes entre los tres grupos de fincas formados en relación al comportamiento los IMA’S de las plantaciones de especies analizadas.

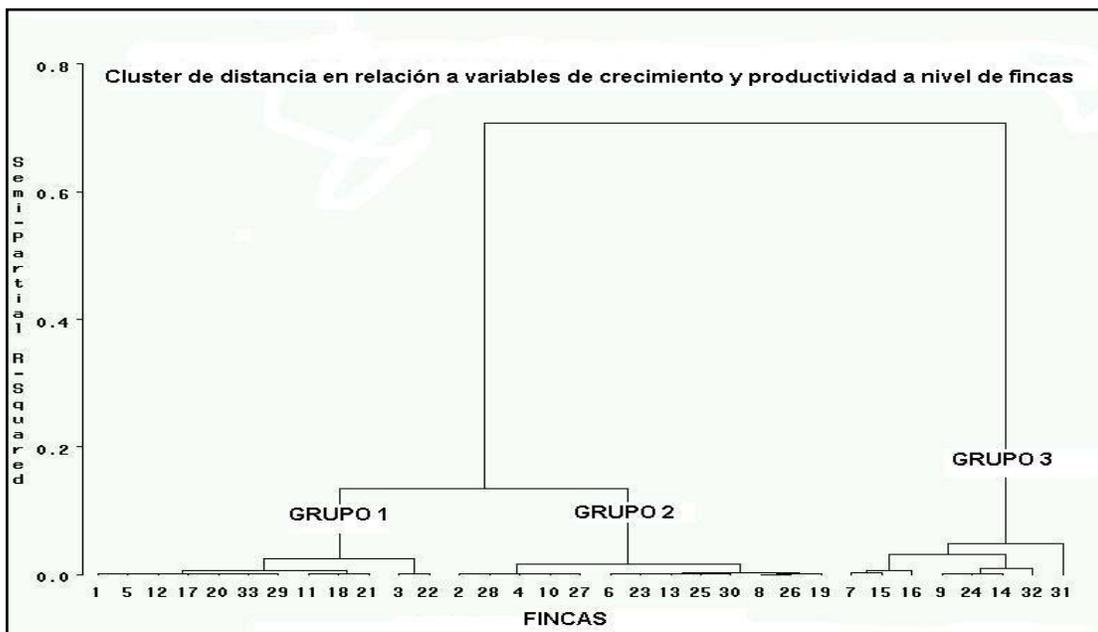


Figura 40. Representación gráfica de la ubicación de las fincas consideradas en relación a las variables de crecimiento y productividad de las especies analizadas en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Es interesante notar que dentro de los tres grupos formados, distanciados por variables de crecimiento y productividad, se aprecia más de una modalidad considerada diferente “subregión forestal, tamaño de finca, tipo de propietario”, todas estas modalidades están conformando un mismo grupo. En resumen la grafica muestra que existen distancias entre

los grupos formados en relación al crecimiento y rendimiento en volumen de las cuatro especies analizadas, pero de la manera en que quedaron conformados, la producción de las plantaciones no depende de una subregión forestal, de un tamaño de finca o de un tipo de propietario en particular; son las diferencias en los requerimientos de cada una de las especies, la selección de sitios, el manejo y los tratamientos silviculturales aplicados adecuadamente los que mantienen una alta productividad.

Este análisis complementado con los realizados anteriormente por modalidad, demuestra la existencia de las diferencias de crecimiento y rendimiento en volumen entre especies, fincas, subregiones, tamaños de finca y tipos de propietario. En base a estos análisis se rechaza la hipótesis 1, donde se plantea que no existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento de las especies prioritarias por subregión, tamaño de finca, finca y tipo de propietario.

6.2.11 Análisis de las variables fisiográficas (altitud y pendiente) en relación a la clase de crecimiento (alto y bajo) de las especies consideradas

En base al análisis de varianza realizado a las especies consideradas y clase de crecimiento (alto y bajo) en relación a la altitud y pendiente, resultó que para *Pinus maximinoi* H.E. Moore existe diferencia estadística significativa para la **altitud** y las clases de crecimiento alto y bajo ($P < .0001$); en relación a la **pendiente** resultó que existe diferencia estadística entre las clases de crecimiento, ($P = 0.0007$); los mejores resultados se alcanzan asociando la clase de sitio con crecimiento alto y pendientes promedio de 18% y para clase de crecimiento bajo en asocio con pendientes promedio de 32%.

Para el caso de *Pinus caribaea* y *oocarpa*, el análisis de varianza muestra no Significancia para la altitud y pendiente en relación a la clase de crecimiento. Esto se debe a que para estas especies los datos de estas variables fisiográficas son muy pocos o escasos. Sin embargo con base en evaluación de campo *Pinus caribaea* concentra los mejores sitios con crecimiento alto con altitudes entre 760 a 850 msnm; y los sitios con crecimientos bajos están asociados con altitudes por encima de los 1000 msnm. En relación a la pendiente los sitios con crecimientos altos se encuentran en rangos de pendiente que va de 12 a 65% y los sitios con crecimientos bajos están asociados a un rango de 30 a 40%. En el caso de

Pinus oocarpa y con base en evaluación de campo, la clase de crecimiento alto está asociado a un rango de pendiente que va de 11 a 56% y la clase de crecimiento bajo a un rango de 35 hasta 64% respectivamente.

En relación a *Tectona grandis* L.F. el análisis de varianza demostró diferencias estadísticas significativas ($P=0.003$) en relación a la altitud; los mejores resultados se alcanzan asociando la clase con crecimiento alto a una altitud promedio de 194 msnm y la clase con crecimiento bajo a una altitud promedio de 400 msnm. También hubo diferencia estadística ($P=0.03$) para la variable pendiente; obteniendo mejores resultados asociando la clase con crecimiento alto con pendientes promedio de 16% y la clase con crecimiento bajo con pendiente promedio de 26%. Comparando estos resultados con los de (Montero et al 2001) se confirma que la *Tectona grandis* L.F. prefiere sitios planos y pendientes medias, no se recomienda para pendientes superiores, por ser suelos poco profundos, lixiviados y propensos a la erosión.

Pero además de la altitud y pendiente existen otros factores que están influyendo en el crecimiento y rendimiento de la Teca, como lo demuestra Mollinedo (2004 en prensa) que reporta que, la teca prefiere suelos con saturación de acidez menores a un 10% y saturaciones de calcio mínima de un 40%, perfilándose estas variables como claves para que la teca logre una productividad >50%. Esto demuestra porque en plantaciones de *Tectona grandis* en condiciones de altitud (menores a 600 msnm) y pendientes (menores a 30%) resultaron 5 PPM en condición de clase de crecimiento bajo, de un total de 20 PPM establecidas en Fray Bartolomé de las Casas A.V., en subregión I25.

Mientras menor sea la saturación de acidez y mayor sea la saturación de calcio, la productividad de los sitios alcanzará los crecimientos altos. Para este caso se determina que la concentración de acidez <2.25 cmol+/l equivalente al <10% de saturación de Acidez. Mientras que la concentración de Calcio >8.0-10.0 cmol+/l es equivalente a un >40% de saturación de Calcio (Mollinedo 2003).

En resumen, para las variables altitud y pendiente en relación a la clase con crecimiento alto y bajo de las plantaciones evaluadas de especies consideradas. Hubo diferencias estadísticas para *Pinus maximinoi* y *Tectona grandis* L.F., con base en este análisis se

rechaza la hipótesis 3, que plantea que no existen diferencias significativas en crecimiento y rendimiento en relación a la pendiente y altitud por especie analizada.

Para el caso de *Pinus caribaea* y *oocarpa* por falta de más datos en relación a estas variables, no se puede comprobar estadísticamente que existen diferencias, sin embargo se comprobó en evaluación de campo que si existen para las dos especies con respecto a la altitud y pendiente diferencias numéricas que asocian a las especies con clases de crecimiento alto y bajo con rangos de pendientes diferentes.

De las variables que fueron incluidas en el análisis de regresión, las variables climáticas y fisiográficas consideradas presentaron un grado de relación con el índice de sitio o de productividad como fue en el caso *Pinus maximinoi*, y *Tectona grandis* L.F.

Las Parcelas de Monitoreo Permanente (PPM) de *Pinus maximinoi* se encuentran distribuidas en un rango 967 hasta 2243 mm de precipitación media anual; y en relación a la pendiente dentro de un rango que va desde 10 a 62%.

Como se observa en la siguiente gráfica existe una fuerte influencia de la altitud en msnm sobre el Índice de Sitio (IS) para Teca, a medida que la altitud baja hay una tendencia del IS a mejorar, y si la altitud sube el IS tiende a bajar considerablemente, esto concuerda con Flinta (1960) Y CATIE (1986), citados por Chaves (1991) en cuanto a que Teca se desarrolla mejor en altitudes cercanas al nivel del mar, en Centro América se ha demostrado que el requerimiento en altitud de Teca es de 0 a 600 msnm.

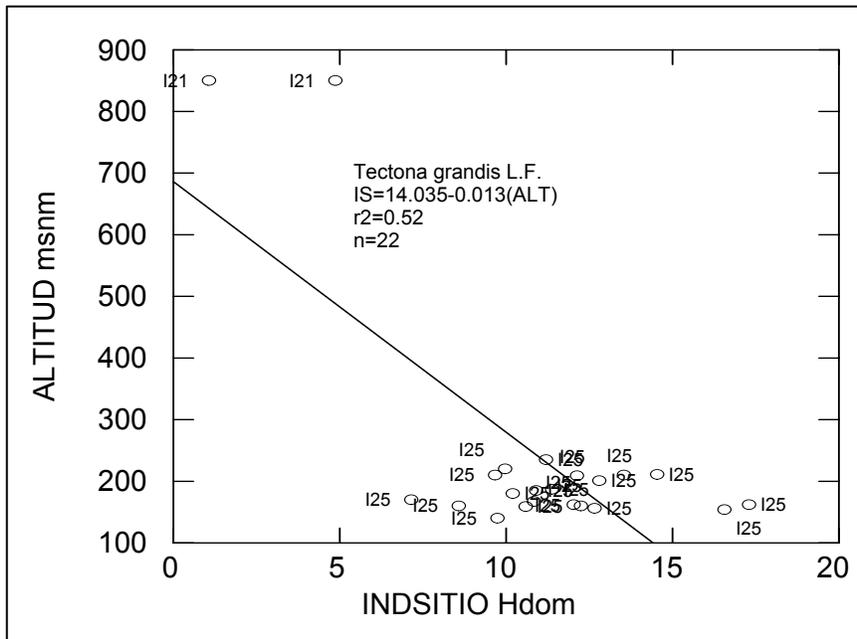


Figura 41. Comportamiento del Índice de Sitio de *Tectona grandis* L.F. con respecto a la altitud en msnm en la región II en el departamento de Alta Verapaz.

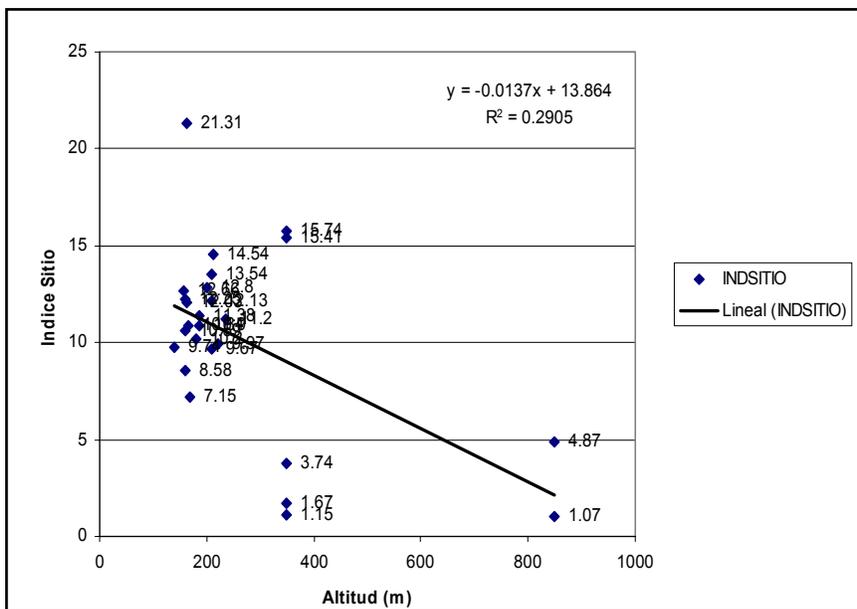


Figura 42. Comportamiento del Índice de Sitio de *Tectona grandis* L.F. con respecto a la altitud en msnm en la región II en el departamento de Alta Verapaz.

6.2.12 Características cualitativas de plantaciones de las especies analizadas:

6.2.12.1 Defectos de fuste de especies analizadas

Las cuatro especies analizadas presentan diferentes niveles en porcentaje de características de defectos del fuste, algunas de estas características se presentan de acuerdo a la especie y al sitio, así como también dependiendo del manejo cultural y silvicultural que se realice. Según (Tustin et al. 1976, citado por Zannotti et al. 1996) se aumenta el riesgo de mercado al producir árboles que solo sirven para ciertos productos de bajo precio, una plantación sin raleos ni podas, la madera producida siempre será de baja calidad. En el cuadro 53 se presentan los promedios en porcentaje de presencia de defectos por especie.

Cuadro 53. Resumen de los promedios para defectos del fuste, por especie en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Códigos									
Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PINUMI	11	24	9	25	5	11	5	7	4
PINUOO	----	30	19	14	3.6	13	1	3.5	2
PINUCC	4	41	14	18	7.3	6.5	2	3	----
TECTGR	----	27	10	6	7.6	3.2	----	----	----

Nomenclatura: con base al formulario "medición de árboles en pie", MIRA-SILV.

1= Cola de zorro 2= Poco sinuoso 3= Muy sinuoso 4= Torcedura basal 5= Bifurcado 6= Inclinado 7= Enfermo 8= Con plaga 9= Copa asimétrica

En relación a *P. maximinoi*, presenta en promedio el porcentaje más alto (11%), con relación a la presencia de cola de zorro, al compararlo con las otras especies analizadas. sin embargo es importante mencionar que dentro de *P. maximinoi* existen fincas que en relación a la presencia de cola de zorro los porcentajes son altos como por ejemplo: la finca Chapultepequec que presenta un 28% de presencia de cola de zorro y finca Río Frió un 21% entre otras. El 46% de los ejes (fustes) son rectos, presentando un mayor porcentaje de árboles rectos con respecto a *P. caribaea* y *oocarpa*. Los defectos de ejes se sitúan predominantemente (24%) en árboles pocos sinuosos y torceduras basales; las otras anomalías se centran en la inclinación (11%). Además *P. maximinoi* muestra el 51% de árboles dominantes, un 34% de codominantes y un 46% de árboles suprimidos en la plantación.

En cuanto a ***P. oocarpa***, los defectos de los ejes están concentrados en árboles pocos sinuosos (30%), muy sinuosos (19%) y torceduras basales (14%) respectivamente. Otras anomalías se centran en árboles inclinados con un 13%. Presenta el promedio en porcentaje más bajo (25%) de árboles con ejes rectos cuando se compara con *P. maximinoi* y *caribaea*. El 31% de los árboles son dominantes, el 30% codominantes y un 15% de árboles suprimidos.

En relación a ***P. caribaea*** los defectos de ejes (fustes) están concentrados en árboles pocos sinuosos (41%), muy sinuosos (14%) y torceduras basales (18%) respectivamente. Para esta especie Únicamente el 29% de árboles poseen ejes (fustes) rectos. En la plantación se encontró un 28% de árboles dominantes, un 13% suprimidos y un 29% de ejes rectos.

Para ***T. grandis*** los defectos de ejes esta concentrado predominantemente en árboles poco sinuosos (27%), las otras anomalías están concentradas en árboles muy sinuosos (10%), torcedura basal (6%) y árboles bifurcados (7%) respectivamente. Presenta un 48% de árboles con ejes rectos y sin defectos de forma. El 45% de árboles dentro de la plantación son dominantes, un 37% de codominantes y un 15% de árboles suprimidos.

Según Zannoti et al. (1996), en las plantaciones forestales, muchos árboles presentan defectos graves como: ejes dobles (bifurcados), ejes múltiples, eje principal con elongaciones escapadas (cola de zorro), ejes torcidos, plagas, enfermedades y árboles suprimidos. Es importante reducir estos árboles para que los de buena calidad, puedan desarrollarse en mejores condiciones y obtener una mejor producción de madera para aserrío.

Según Villafuerte (1987), estas características muestran en parte el tipo de interacción existente entre las especies y la actividad del hombre, las que son originadas principalmente por la competencia por luz, nutrientes, incendios, genética, enfermedades y otros. Al respecto Núñez (1986), encontró en Cobán, Alta Verapaz que un 50% de árboles con características que hacen bajar la calidad comercial de la madera, posiblemente se deba a la mala calidad de los árboles padre dejados en aprovechamientos anteriores. en el caso de las plantaciones estas características se deben generalmente a la utilización de semilla no

certificada. Con base a evaluación de campo se observó que las plantaciones ubicadas en donde los vientos son fuertes en ellas se observa plantas con mayor incidencia de torcedura basal, inclinación, además se observó en las plantaciones con densidades altas mayor porcentaje de plantas ó árboles inclinados y sinuosas debido a la competencia por luz entre ellos ejemplo: finca Santa Cristina, en Cobán, Alta Verapaz, con edad de 60 meses.

6.2.12.2 Sobrevivencia de las plantaciones

La sobrevivencia es variable en cada plantación, disminuye ó aumenta dependiendo del tipo de manejo que se implemente, de las características del sitio etc. En el cuadro 54 se presentan datos de sobrevivencia en porcentajes de las especies analizadas estratificadas por subregión forestal en la región 2.

Cuadro 54. Sobrevivencia en porcentaje por subregión forestal, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Especie	Tactic A.V. I21	Rabinal B.V. I22	Cobán A.V. I23	San Jerónimo B.V. I24	Fray Bart. las Casas A.V. I25
PINUMI	84	100	76	70	---
PINUOO	72	65	---	70	---
PINUCC	86	---	84	---	---
TECTGR	89	---	---	---	84

A.V: Alta Verapaz B.V: Baja Verapaz

Existe diferencia numérica en el porcentaje de sobrevivencia como puede observarse en algunas especies y subregiones, alcanzando *Pinus maximinoi* los porcentajes más altos (100%) en la subregión II-2 y el más bajo (70%) en la subregión I24; *Pinus oocarpa* con el porcentaje mas alto (72%) en la subregión I22 y el más bajo (65%) en subregión I22; *Pinus caribaea* presenta 86 y 84% las subregiones I21 y I23 respectivamente; para *Tectona grandis* se encontró un 89 y 84% en subregiones I21 y I25 respectivamente.

A nivel de especie y subregión se pueden encontrar porcentajes por arriba o por debajo del mínimo establecido por INAB (75%), para plantaciones que están e el tercer y cuarto año de mantenimiento. sin embargo por las edades que presentan las plantaciones este es un proceso biológico-ecológico que se da por la competencia entre los individuos de una misma población. En algunas plantaciones donde el bajo porcentaje de sobrevivencia es menor al

establecido por PINFOR, se debe con base a evaluación de campo a incendios forestales o daño mecánico causado por ganado vacuno, ocasionando una baja en el porcentaje de sobrevivencia, la figura 43 muestra el comportamiento por región de la sobrevivencia.

Además se observó en campo que en algunas plantaciones año con año se esta replantando, precisamente para cumplir con el mínimo del prendimiento establecido por el programa de Incentivos Forestales.

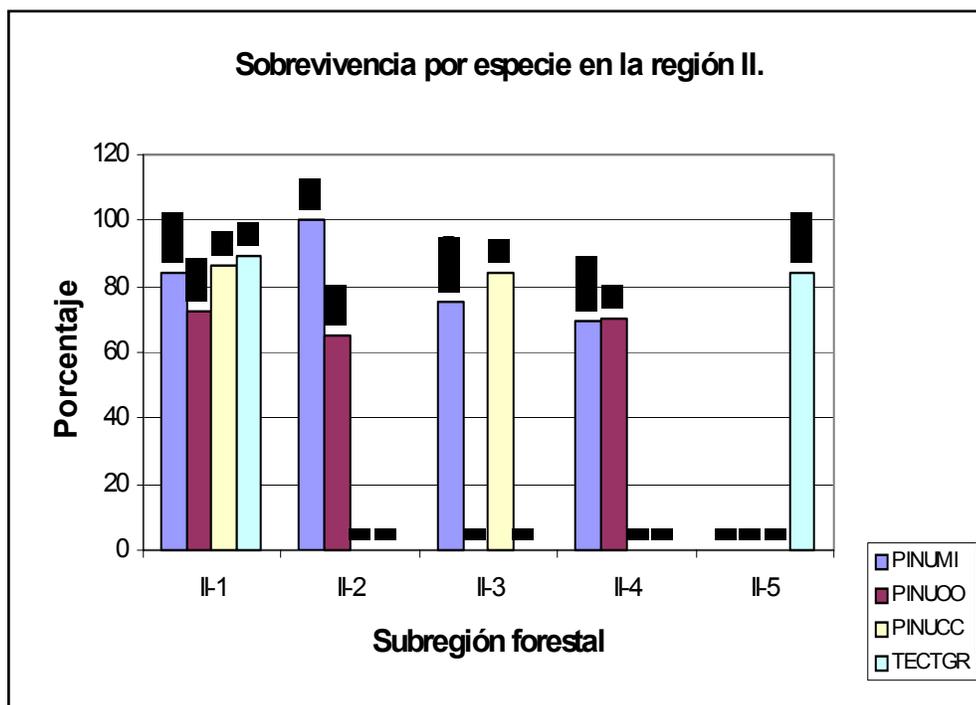


Figura 43. Sobrevivencia en porcentaje por especie y subregión, en la región 2, Alta y Baja Verapaz.

Lo observado en campo al momento de la toma de datos, es que el productor y/o beneficiario, respetuoso de este parámetro, está constantemente haciendo replantación aún no importando la fase en la que se encuentre su plantación, es decir como que la filosofía es ocupar cada hoyo y no ocupar el sitio lo más completamente posible; se encontraron replanteos en plantaciones que están en su fase de mantenimiento II, es decir que ya la plantación tiene 3 años de haber sido establecida. Esto hace que se observen plantaciones heterogéneas obteniendo con el tiempo resultados poco atractivos, dado a que estas aumentarán la densidad lo cual traerá un efecto poco atractivo sobre el diámetro y volumen

por ha, y si ha esto le agregamos que la plantación se ha realizado sin selección de sitio, posiblemente estamos en sitios que no toleran densidades altas por ejemplo: fincas en la subregión forestal de San Jerónimo que poseen *Pinus maximinoi* con altas densidades y condiciones físicas de suelo pobres, esto hace que para estos sitios la densidad sea mucho más baja que sitios encontrados en la subregión I23 en finca Sasay o Santa Cristina.

Dentro del las fincas evaluadas, cuando se realiza esta actividad, no se toma en cuenta la velocidad de crecimiento de la especie(s) seleccionada, algunas especies tienen mayor velocidad de crecimiento como por ejemplo: *Tectona grandis*, *E. grandis*, *E. deglupta*, *C. alliodora*, *albizia falcataria*, Melina entre otras. Mientras otras especies tienen ritmos de crecimiento mas lento como por ejemplo: *Bombacopsis quinatum*; pero que sin embargo por muy lentos sean estos ritmos de crecimiento aún para estas el tiempo de reposición se cuenta con meses luego de haber sido establecida la plantación y no años como es el caso de algunas plantaciones observadas.

Otros factores que no debemos perder de vista con respecto a esta respuesta de supervivencia y/o sobrevivencia es que si algunos árboles crecen anormalmente lentos o simplemente no crecen, se debe pensar en que la especie seleccionada (subregión forestal I21, finca Pambach, especie *P. oocarpa*), no es la mejor para ese sitio, las condiciones físicas de suelo son pobres (subregión forestal I24, finca Evaristo., especie *P. maximinoi*) ó una práctica de mantenimiento inadecuado (subregión forestal I21, finca Marichaj, especie *Tectona grandis*; y finca Laps Raps, especie *Tectona grandis*).

Las malezas dañan los árboles jóvenes de distintas maneras; por competencia¹⁴ directa por agua, luz y nutrientes, puede ahogar y matar a la planta por su peso acumulado y por sombreo (hábito de crecimiento) y porque puede ser un combustible en potencia y por ello incrementar el peligro a incendios además del refugio para plagas y enfermedades.

Otro factor que puede afectar la supervivencia inicial, es la presencia de hormigas, específicamente este problema se ha dado en la finca Sasay, ubicada en Cobán, ubicándose bajo la administración subregional I23, donde existe un parche (área pequeña <

¹⁴ Competencia entre árboles implica que algún factor necesario para el crecimiento de los individuos se encuentre en cantidades inadecuadas, es decir el crecimiento se ve afectado de forma negativa.

a 1 ha) con problemas de ataque de hormigas; donde constantemente se replantado año con año.

6.2.12.3 Estado fitosanitario por especie a nivel de la región 2

Al realizar la evaluación de campo, se consideró la Fitosanidad de las especies analizadas a nivel de la región 2, Alta y Baja Verapaz. Como se observa en el cuadro 55, las plantaciones no presentan porcentajes bajos de estado fitosanitario. Esto se debe a que son plantaciones jóvenes con buena vigorosidad que están entre los 12 y 60 meses de establecidas.

Cuadro 55. Estado fitosanitario en porcentaje de las especies analizadas en la región 2, Alta y Baja Verapaz forestal.

Especie	Códigos		
	A	B	C
PINUMI	98	---	2
PINUOO	100	---	---
PINUCC	99	---	---
TECTGR	99	0.4	

Códigos: Evaluados según formulario del sistema MIRA-Silv:
A= vigoroso **B=** muerto caído **C=** afectado por plagas y enfermedades en ejes y ramas

En *P. maximinoi* se observa que el 98% de los árboles están sanos y vigorosos; únicamente un 2% de los árboles están con problemas de enfermedad causada por la presencia de *Cronartium spp.* (roya agalladora) En ramas y fustes, esto se observó con mayor frecuencia en plantaciones establecidas en la subregión de San Jerónimo I22. Para el caso de *P. oocarpa* se encontraron plantaciones con árboles con problemas de *Cronartium spp.*, a diferencia de *P. maximinoi* el porcentaje fue mucho menor con un 0.9%; un 99% de los árboles de las plantaciones están sanos y vigorosos. Para *P. caribaea* el 99% de los árboles mostraron vigorosidad y sin problemas de enfermedades o plagas, el restante 1% presentan daños mecánicos. En el caso de *Tectona grandis* el 99.6% de los árboles están sin problemas de enfermedades o plagas, el resto 0.4% se encontró muerto caído.

De acuerdo con Zannoti et al. (1996), cuando una plantación densa no recibe un manejo adecuado, ocurre un proceso de deterioro, primero, se inicia la competencia, después

muchos árboles quedan dominados y por no recibir la luz y los nutrientes necesarios, eventualmente detienen su crecimiento. Un árbol vigoroso, en general tiene mayor capacidad de resistir a plagas y enfermedades.

Según castañeda et al. (2003), en la caracterización realizadas a plantaciones de PINFOR, reporta que no existen problemas significativos de plagas y enfermedades, y para el caso de las plantaciones de *Tectona grandis* L.F. reporta que un 98.68% de los individuos de la especie están sanos y vigorosos; estos datos recientes concuerdan con los encontrados en las fincas en la evaluación de campo al momento establecer y medir las PPM.

6.2.12.4 Espaciamientos de las plantaciones de especies analizadas

En las fincas visitadas se encontraron espaciamientos que van desde 1.90 x 1.90 metros a 3.25 x 3.25 m en promedio; no se puede generalizar una tendencia en cuanto a las plantaciones con *Pinus maximinoi*, dado a que se observaron plantaciones 14 meses de haber sido establecidas con espaciamientos de 1.90 x 1.90 m, y plantaciones de 55 meses de haber sido establecidas con espaciamientos de 1.75 x 205 m, y con base a lo observado en campo sin ningún tipo de manejo¹⁵, estos datos corresponden a la finca Santa Cristina ubicada en Cobán, en la subregión I23, la cual tiene una densidad actual de 2200 arb/ha, se observa recesión de copas¹⁶.

Según Galloway (2003), en un rodal denso (2 x 2 ó 3 x 3m) sin raleos, los árboles comienzan a competir entre si a una edad joven. Mientras más denso es un rodal, más rápidamente inicia la recesión de copas. Esto se observó en plantaciones con más de tres años de edad, en diferentes fincas, generalmente en fincas en donde se plantó (1997 y 1998), años en que se iniciara el programa de incentivos forestales. Inicialmente en ese momento no se puso tanto énfasis en el espaciamiento porque se requería de los proyectos ingresaran al programa; sin embargo hoy día la problemática sigue en cuanto a que estas plantaciones no se les ha dado ningún tipo de manejo (raleos y podas).

¹⁵ Entendiendo manejo como las actividades de raleo y poda.

¹⁶ Con el crecimiento en altura de los árboles, las ramas inferiores reciben más sombra, entonces dejan de ser activas en fotosíntesis, y eventualmente mueren.

Según (Ford, 1984, citado por Zannotti et al.1996), al iniciarse la competencia, lo que determina el éxito y supervivencia de cada árbol, no es su tamaño inicial, ni las diferencias genéticas, el factor determinante es su tamaño relativo a los árboles vecinos. Un resultado de esa competencia es que los árboles gradualmente se dividen en dos grupos. Los árboles grandes forman la cubierta alta de copas y logran tener una tasa de crecimiento rápido, mientras que los árboles pequeños quedan debajo de los grandes, crecen lentamente y gradualmente mueren.

Las implicaciones de no espaciar las plantaciones son serias, de acuerdo con Galloway (2003), la recesión y la falta de expansión lateral de copas produce una reducción del crecimiento en diámetro, este proceso ocurre más rápidamente cuando los árboles se establecen a espaciamientos estrechos y en sitios donde pueden alcanzar tasas altas de crecimiento en altura. Como ejemplo se pueden citar varias fincas con plantaciones de Pinus y Teca. Si el objetivo de las plantaciones del programa de incentivos forestales impulsado por INAB, es madera para aserrio; un 71% de fincas ya deben estar haciendo manejo forestal.

Sequeira y Vásquez (1995), citados por Galloway (2003), en un ensayo con *E. Camaldulensis* a densidades altas (1.5 x 1.5 m), determinaron que las tasas máximas de crecimiento en diámetro en plantaciones no releadas, se obtuvieron antes del final del segundo año. el crecimiento en diámetro cesó por completo durante el sexto año. En otro estudio con *E. deglupta*, plantadas a 3 x 3 m, ocurrió cuando el área basal se acercó a los 12 m²/ha, lo que se alcanza en un sitio productivo durante el tercer año (Sánchez, 1994; citado por Galloway, 2003).

Según Morataya y Galloway (1998), en estudio en especies de *Tectona grandis* L.F. Y *Gmelina arborea* Roxb., mediante un análisis de las relaciones entre albura y biomasa del follaje en árboles; evaluando la teoría de Modelo Vascular (TMV), encontraron que se debe favorecer el desarrollo de las copas de los árboles (aumento en la biomasa de follaje) desde los primeros años sin permitir una recesión prematura de copas si se desea producir madera para aserrio; esto demuestra la importancia de los raleos. Como resultado, las plantaciones sin raleos o con raleos leves y/o tardíos generan árboles altos, delgados y con poco follaje, Por ejemplo: finca Santa cristina y Sasay en Cobán, Alta Verapaz, Actualmente debe de

iniciarse manejo forestal a todas aquellas plantaciones (básicamente algunas que ya están el cuarto año de mantenimiento) en donde se observo altas densidades, senescencia de copas y que son todas aquellas que ya pasan del cuarto ó quinto año de mantenimiento, en el programa de Incentivos Forestales.

Es importante que todas las actividades silviculturales se realicen en tiempo, según Chaves y Fonseca (1991) y Murillo y Valerio (1991), citados por Morataya y Galloway (1998), el atraso en los raleos es riesgoso, pues ambas especies incluidas en este estudio, alcanzan la mayor parte de su crecimiento en altura durante los primeros seis a ocho años.

Según Oliver y Larson (1990), citados por Galloway (2003), cuando un árbol crece en altura pero poco o nada en diámetro, la relación entre altura y diámetro (A/D) va aumentando. Si la relación A/D supera 100¹⁷, en este caso los árboles de muchas especies se pueden considerar inestables, es decir sus fustes pueden inclinarse y/o romperse. Las implicaciones que esta relación tiene para las plantaciones observadas que pasan de los 4 ó 5 años de mantenimiento, es que de no aplicárseles manejo en estos momentos, a parte de que se está perdiendo crecimiento en diámetro, un raleo tardío puede ocasionar serios problemas.

¹⁷ Un árbol de 10 m de alto y 10 cm de diámetro, tiene una relación A/D de 100.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones más relevantes de la investigación, en secciones, las cuales giran en torno a: 7.1) El establecimiento y medición de una red de Parcelas Permanentes de monitoreo. 7.2) Características cualitativas en términos de forma y defectos de fuste de los árboles, estado fitosanitario y sobrevivencia de las plantaciones. 7.3) análisis y comparación en crecimiento y productividad y 7.4) otras recomendaciones que aunque no se derivan directamente del trabajo de tesis pueden enriquecer y complementar de mejor forma el funcionamiento del PINFOR.

7.1 Establecimiento y medición de una red de Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM):

Con el establecimiento y medición de esta nueva red de parcelas permanentes de monitoreo, se inicia un sistema integrado de manejo de información forestal, que permitirá conocer, monitorear y evaluar en el tiempo el desarrollo y la productividad de las plantaciones en sus diferentes fases de crecimiento en el programa PINFOR. A continuación se presenta lo realizado en relación a la red de parcelas.

Del área total reforestada (7,394ha) con las especies analizadas en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz se muestrearon 1,294 ha lo que representa en porcentaje un 17.5%; la muestra fue tomada de plantaciones forestales con edades entre 1 y 5 años de edad; la distribución de área muestreada por especie fue: para *Pinus maximinoi* H.E. Moore 556 ha equivalentes a un 43%; *Pinus oocarpa* Schiede 206 ha (16%); *Pinus caribaea* 297 ha (23%) y de *Tectona grandis* L.F. 234 ha (18%).

Se establecieron y midieron en un total de 49 fincas, 246 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM), distribuidas de la siguiente manera: para *Pinus maximinoi* H.E. Moore 141 PPM equivalente a un 57%; *Pinus oocarpa* Schiede 29 PPM (12%); *Pinus caribaea* 43 PPM (18%) y para *Tectona grandis* L.F un total de 33 PPM equivalentes a un 13%

respectivamente. En relación al establecimiento y medición de PPM se recomienda darle seguimiento y establecer otras PPM en las especies evaluadas así como en otras especies y áreas consideradas prioritarias diferentes a la seleccionada en esta evaluación. Esto permitirá conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento, la cantidad y calidad de las plantaciones, en resumen se conocerá de mejor manera la dinámica a nivel de árbol y de rodal.

7.2 Características cualitativas en términos de forma y defectos de fuste de los árboles, estado fitosanitario y sobrevivencia de las plantaciones:

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones, más relevantes relacionadas con las características cualitativas de las plantaciones establecidas actualmente en el PINFOR de las cuatro especies analizadas.

En relación a características cualitativas *Pinus maximinoi*, presenta en promedio el porcentaje más alto (11%), de cola de zorro, al compararlo con las otras especies analizadas. sin embargo es importante mencionar que dentro de *maximinoi* existen fincas que presentan valores en porcentaje mucho mas altos como por Ej. la finca Chapultepequec que presenta un 28% de presencia de cola de zorro y finca Rió Frió un 21%. En relación a ejes (fustes) rectos, en promedio *maximinoi* alcanzó un 46%. Los defectos de ejes se sitúan predominantemente (24%) en árboles pocos sinuosos y torceduras basales; las otras anomalías se centran en la inclinación (11%). Además P. *maximinoi* muestra el 51% de árboles dominantes, un 34% de codominantes y un 46% de árboles suprimidos en la plantación. Se recomienda realizar en aquellas plantaciones con 4 ó 5 años de establecidas, raleos y podas, porque además de que se incentiva el crecimiento de la masa forestal en conjunto, se logra obtener una mejor calidad de los individuos que se quedan para ser aprovechados hasta su turno final.

En relación a la posición en que se ubican las plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore establecidas en las áreas de la parte superior de las colinas (cima) presentan algunos daños por causa de los vientos fuertes, provocando la torcedura basal en plantaciones jóvenes, como se observó en la finca Salesiano Don Bosco, Municipio de San Pedro Carchá, Subregión II-3.

Para el caso de plantaciones de *P. oocarpa*, los defectos de los ejes están concentrados en árboles pocos sinuosos (30%), muy sinuosos (19%) y torceduras basales (14%) respectivamente. Otras anomalías se centran en árboles inclinados con un 13%. Presenta el promedio en porcentaje más bajo (25%) de árboles con ejes rectos cuando se compara con *P. maximinoi* y *caribaea*. El 31% de los árboles son dominantes, el 30% codominantes y un 15% de árboles suprimidos.

Para el caso de las plantaciones de *Pinus oocarpa* Schiede; en relación a efectos y defectos de fuste (calidad de fuste) de 29 PPM iguales o mayores a dos años de establecidas y medidas para esta especie, se encontraron porcentajes por encima del 25% en las siguientes PPM: 20 parcelas equivalentes al 69% presentan problemas de árboles poco sinuosos, torceduras basales y árboles inclinados ; 7 parcelas (24%) presentan problemas de árboles muy sinuosos y poco sinuosos y por ultimo 2 parcelas (7%) poseen problemas de torcedura basal. las características de calidad de fuste para *Pinus oocarpa* es indistinta de la clase sitio con crecimiento alto y clase sitio bajo.

En relación a *P. caribaea* los defectos de ejes (fustes) están concentrados en árboles pocos sinuosos (41%), muy sinuosos (14%) y torceduras basales (18%) respectivamente. Para esta especie Únicamente el 29% de árboles poseen ejes (fustes) rectos. En la plantación se encontró un 28% de árboles dominantes, un 13% suprimidos y un 29% de ejes rectos.

Para las plantaciones de *Pinus caribaea* en relación a efectos y defectos de fuste, de 20 PPM en total, 17 equivalente al 85% arrojan porcentajes por encima del 25% de árboles poco sinuosos, muy sinuosos y de torceduras basales; están por debajo de este porcentaje de incidencia 3 PPM (15%). Estos porcentajes de efectos y defectos de fuste se encontraron en árboles que están creciendo en áreas de clase sitio con crecimiento alto y sitio bajo respectivamente.

En el caso de *T. grandis* los defectos de ejes esta concentrado predominantemente en árboles poco sinuosos (27%), las otras anomalías están concentradas en árboles muy sinuosos (10%), torcedura basal (6%) y árboles bifurcados (7%) respectivamente. Presenta

un 48% de árboles con ejes rectos y sin defectos de forma. El 45% de árboles dentro de la plantación son dominantes, un 37% de codominantes y un 15% de árboles suprimidos.

Para el caso de las plantaciones de *Tectona grandis* L.F.; en relación a los efectos y defectos de fuste (calidad de fuste) se encontró que: 6 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) establecidas y medidas equivalentes al 23% del total, presentan porcentajes por encima del 25% de incidencia de árboles poco sinuosos; ninguna parcela del total que son 26 equivalente a un 100% para Teca, presentan porcentajes menores al 25% de incidencia de árboles muy sinuosos; y con problemas de torceduras basales se encontró solamente 2 PPM que equivalen al 8% que están por encima del 25% de incidencia. y para el caso de árboles inclinados no se encontró porcentajes por arriba del 25% con estas características. En resumen puede concluirse que no existe relación con la calidad de las plantaciones en las características de efectos y defectos de fuste y la clase de sitio.

En plantaciones con características no deseadas tales como torcedura basal, sinuosidad, inclinación y bifurcación entre otras, no son propias de plantaciones de sitio con crecimiento alto o plantaciones de sitio con crecimiento bajo, pues en PINFOR se encontraron problemas de calidad en ambas clases de sitio; por ejemplo en *Pinus maximinoi* en promedio se encontró que el 46% de los fustes de los árboles son rectos, este promedio es el resultado del aporte de todas las PPM para esta especie, sin embargo las cosas son diferentes cuando se analiza las plantaciones por finca de forma separada, por ejemplo: la finca Santa Cristina en Cobán A.V. posee un IMA en Volumen de 12.5 m³/ha/año puede clasificarse como clase de sitio alto, pero posee en promedio un 62% de árboles con torcedura basal, un 17% de árboles muy sinuosos, 15% de cola de zorro y solamente un 32% de árboles con fuste recto.

Con base al análisis de sobrevivencia *Pinus maximinoi* H.E.Moore presenta los porcentajes más altos (100%) en subregión II-2 y el más bajo (69.58%) en la subregión II-4; *Pinus oocarpa* Schiede con el porcentaje más alto (72.11%) en la subregión II-2 y el más bajo (65.40 %) en subregión II-2; *Pinus caribaea* presenta 86 y 84% en las subregiones II-1 y II-3 respectivamente; para *Tectona grandis* L.F. se encontró un 89 y 84.21% en subregiones II-1 y II-5 respectivamente.

En el caso de algunas plantaciones de *Pinus caribaea*, se logró detectar que están siendo afectadas por el ataque del barrenador de los brotes de pinos *Rhyacionia frustrana* (*Lepidoptera tortricidae*). Esta larva es específica del género *Pinus*, perfora los tejidos del brote de las ramas, lo cual se observó, por ejemplo en la finca Agripinor, Subregión II-3, Municipio de Cahabón. A menudo provoca la secreción de resina de color blanquecino, fácilmente visible, los brotes infestados generalmente mueren. Este ataque puede provocar la bifurcación o deformación de los árboles, en casos severos se observó que los árboles pierden su vigor y pueden llegar a morir, por lo que es urgente el control de esta plaga. Este ataque también se encontró en otras plantaciones de esta región que no fueron evaluadas en esta investigación.

En relación a los porcentajes de sobrevivencia en las plantaciones de las cuatro especies analizadas por encima de 3 años de edad, se encontró un rango que va desde un 24% hasta 100% respectivamente. Las fincas que están por debajo del 75% de sobrevivencia son 11 fincas (33%) del total evaluado; el porcentaje de fincas que está encima de este porcentaje es de 67% (22 fincas). Con respecto a la sobrevivencia existen factores que deben ser considerados y es que si algunos árboles crecen anormalmente lentos o simplemente no crecen, se debe pensar en que la especie seleccionada como en el caso de la subregión forestal I21, finca Pambach, especie *P. oocarpa*; no es la mejor para ese sitio; otro ejemplo es la subregión forestal I24, finca Evaristo., especie *Pinus maximinoi*, donde las condiciones de suelo son pobres para esta especie que demanda condiciones edáficas mejores; ó una práctica de mantenimiento inadecuada (falta de limpiezas) como se observó en la subregión forestal I21, en fincas Marichaj y Laps Raps , en plantaciones de la especie *Tectona grandis* L.F

Deberán de tomarse en cuenta otras variables y/o parámetros, al momento de realizar la evaluación de campo para certificar la plantación, por ejemplo: iniciar para plantaciones forestales que estén en su fase III mantenimiento (cuarto año de establecida) ó mayor a estas, la variable de productividad IMA en área basal, y con base en esta variable tomar decisiones de manejo. Debido a que todavía la variable utilizada en la certificación en campo para otorgar el incentivo sigue siendo supervivencia en plantaciones con estas edades.

No se recomienda replantar, cuando las plantaciones tienen más de tres años de haber sido establecidas; porque a estas edades algunas especies ya requieren raleos y podas. Como por ejemplo: *Tectona grandis*.

En resumen con base a las observaciones de campo en relación a la calidad de las plantaciones, y específicamente al porcentaje de árboles inclinados encontrados se determinó principalmente a que estos árboles estaban relacionados con sitios que en ciertos períodos del año se ven afectados por fuertes vientos. La calidad de los árboles en general está más en relación con la utilización de semilla certificada, con la implementación de actividades como de labores culturales (limpías).

Se debe de fortalecer en el monitoreo a las plantaciones, las actividades de labores culturales para evitar que sea algo subjetivo en la planificación anual de finca, y que se tomen las consideraciones técnicas respectivas, ya que es en estos primeros años que las plantaciones demandan la mayor atención. Se recomienda que para futuras plantaciones del Programa de Incentivos Forestales se debe potencializar las especies prioritarias con base a sus requerimientos bioclimático, selección de sitios productivos, utilización de semilla certificada y mercados.

7.3 Análisis y comparación en crecimiento y productividad entre subregión forestal; entre especie y subregión; por subregión, especie y clase de sitio; interacción sitio*especie; entre fincas; por tamaño de finca; por tipo de propietario; por variables fisiográficas:

Con base a los análisis estadísticos se realizaron las comparaciones en crecimiento y productividad para cada variable considerada tomando como base los Incrementos Medios Anuales (IMA) en Dap, AITot y Volumen respectivamente.

Entre las subregiones consideradas las diferencias estadísticas son significativas ($P < 0.0001$); siendo las subregiones I25 y I23 con sede en Fray Bartolomé de las Casas y Cobán A.V., las que alcanzaron los mejores promedios con 2.56 y 1.93 cm/año para IMADap y 2.40 y 1.39 m/año en IMAAITot respectivamente, comparadas con las demás subregiones. Para el caso de las subregiones I21, I22 y I24 (San Jerónimo B.V.) no se mostraron diferencias entre si. En relación a la variable IMAVol los mejores promedios los

arrojó la subregión 125 con 13.10 m³/ha/año; y las subregiones I21, I23 y I24 mostraron un comportamiento similar; al hacer la comparación con la subregión I22 esta fue diferente arrojando el promedio más bajo 1.84 m³/ha/año. Dentro de las subregiones la diferencia numérica es considerable.

En relación a la distribución de las especies por subregiones *Pinus maximinoi* H.E. Moore es la especie con mayor presencia en la región II abarcando 4 subregiones: siendo estas la I21 (Inab, Región 2, Subregión 1), con sede en Tactic A.V.; I22 (Rabinal B.V.; I23 (Cobán A.V.); I24 (San Jerónimo B.V.), debido a que sus requerimientos bioclimáticos son mucho más amplios que el restante de especies analizadas. *Pinus caribaea* se encuentra en 2 subregiones I21 Y I23; *Pinus oocarpa* Schiede en 3 subregiones I21, I22 y I24 y *Tectona grandis* L.F. En 3 subregiones I21, I23 Y I25 (Fray Bartolomé las casas A.V.) respectivamente. Se recomienda la utilización en el establecimiento de plantaciones considerando condiciones climáticas, edáficas y topográficas, con el fin de potencializar su capacidad productiva.

En la evaluación entre especie y subregión forestal, se encontró con base al análisis de varianza, diferencias significativas en relación a la variable de crecimiento y productividad. El presente cuadro muestra por especie los mejores promedios en incremento medio anual alcanzados por especie y subregión forestal.

Variable	Unidad de medida	P. maximinoi	Sub región	P. oocarpa	Sub región	P. Caribaea	Sub región	Tectona grandis	Sub región
IMADap	Cm/año	2.01	I23	1.29	I24	1.56	I23	2.56	I25
IMAAITot	M/año	1.49	I23	0.97	I24	0.92	I23	2.40	I25
IMAVol	M3/ha/año	6.16	I21	----	----	1.32	I23	13.10	I25

Para el caso de la evaluación entre especies, con base al análisis de varianza en relación a IMADap (P=<0.0001); IMAAITot (P=<0.0001); IMAVol (P=<0.0001). Los mejores promedios lo alcanzaron las siguientes especies.

Especie	IMA en Dap cm/año	IMA en Altura m/año	IMA en Volumen m ³ /ha/año
<i>Tectona grandis</i> L.F.	2.25	1.99	10.34
<i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore	1.80	1.33	5.41

De las 4 especies analizadas *Tectona grandis* fue superior a las demás del genero *Pinus*; dentro del genero *Pinus*, *maximinoi* fue superior a *ocarpa* y *caribaea*. *Tectona grandis* sobresale con respecto al genero *Pinus*, mostrando ser una especie con ritmo de crecimiento más rápido. Esto confirma que cada especie responde de diferente forma a la clase de sitio, ya que el requerimiento bioclimatico y de suelo de las mismas también es diferente.

El diseño de muestreo y la estratificación del crecimiento utilizando el incremento medio anual en altura total (IMAAITot), permitió identificar las diferencias en desarrollo, facilitando la clasificación de las plantaciones consideradas hasta 5 años, en clase de crecimiento bajo y clase de crecimiento alto. Utilizando dicha estratificación pero en términos de valores promedio del incremento medio anual en volumen m³/ha/año., permitió dividir y establecer que porcentaje de las plantaciones por especie en la región 2 (departamentos de Alta y Baja Verapaz), están creciendo en sitios altos o sitio bajos. Para el caso de *Pinus maximinoi* y *caribaea*; un 89% de todas las plantaciones de la muestra están creciendo en sitios altos alcanzando 7.81 m³/ha/año, y un 11% están creciendo en sitios bajos con 0.89 m³/ha/año . En el relación a *Pinus oocarpa* Schiede el 93% de las plantaciones de la muestra esta creciendo en sitio alto alcanzando 1.89 m³/ha/año y un 7% en sitio bajo con 0.13 m³/ha/año. Para el caso de *Tectona grandis* L.F. el 61% de las plantaciones está creciendo en una clase de sitio alto alcanzando 14.81 m³/ha/año y un 39% en clase de sitio bajo con 5.72 m³/ha/año . y para el caso de *Pinus caribaea* el 89% esta creciendo en una calidad de sitio alto alcanzando 1.32 m³/ha/año y un 11% en calidad de sitio bajo con 0.14 m³/ha/año.

Se establecieron y midieron en las plantaciones mayores a 36 meses (3 años) un total de 148 PPM. La distribución en campo de las parcelas fue para *Pinus maximinoi* en sitio con crecimiento alto de 64 PPM, y en sitio con crecimiento bajo de 34 PPM, haciendo un total de 98 PPM, lo que equivale a un 66%; para el caso de *Pinus oocarpa* en sitio con crecimiento alto se establecieron 7 PPM, y para sitio con crecimiento bajo 10 PPM, haciendo un total de 17 PPM, lo que equivale a un 11%; en relación a *Pinus caribaea* se establecieron 6 PPM en sitio alto y 5 PPM en sitio bajo, haciendo un total de 11 PPM, lo que equivale a 7%; y por ultimo se establecieron para *Tectona grandis* 15 PPM sitio alto y 7 PPM en sitio bajo, haciendo un total de 22 PPM, lo que equivale a 15%.

En el caso de *Pinus caribaea*, se observó el mejor crecimiento en áreas con buen drenaje y topografía ondulada como por ejemplo el caso de la finca Chitzubil en el Municipio de Lanquín, Subregión II-3, donde los árboles alcanzan promedios de altura total de 3.5 metros a los 2.5 años y alturas dominantes de 5 metros . En zonas planas con topografía cóncava, donde en algunos periodos del año se produce anegamiento, por la cantidad de precipitación, los árboles no crecen satisfactoriamente e inclusive tienden a morir, lo que demuestra la selección de sitios con buen drenaje para esta especie.

Para el caso de *Pinus oocarpa* se establecieron y midieron 18 Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en plantaciones de 3 años ó más de edad. 8 PPM (44%), están localizadas en las mejores clases de sitio asociadas con rangos de pendientes de 11 a 56%; y el resto 10 PPM (56%) se ubican en las clases de sitio bajo asociadas a rangos de pendientes que van desde 35 a 64%.

los mejores crecimientos observados en plantaciones de 3 ó mas años de edad de *Tectona grandis* L.F. están asociados a sitios con una altitud entre 156 a 235 msnm y los crecimientos bajos están asociados a una altitud promedio de 800 a 875 msnm; para el primer caso las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) establecidas y localizadas en estas condiciones fueron 16, equivalentes a un 52% del total de PPM establecidas para Teca; para el segundo caso se establecieron 15 PPM (48%) que se localizan en estos rangos de altitud.

En la evaluación realizada por subregión forestal, especie y clase de sitio (crecimiento alto y bajo) el análisis de varianza en relación a la variable IMADap, para la especie *Pinus maximinoi*, resultó que existe diferencia estadística ($P < 0.0001$) entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 para IMADap, alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 2.04 cm/año. para el caso de la subregión I23, también se encontró diferencia estadística ($P < 0.0001$) en la clase de crecimiento; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 2.16 cm/año. Y para la subregión I24 resultó que existe diferencia estadística ($P = 0.0004$) entre las clases de crecimiento. El mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 2.53 cm/año. En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 (Tactic A.V.) existen diferencias estadísticas ($P = 0.004$) entre los dos tipos de crecimiento, el mejor promedio lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.92 cm/año. en la subregión I25 (Fray

Bartolomé de las casas) para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas ($P=0.002$); alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 2.72 cm/año al comparársele con crecimiento bajo.

La evaluación en base a la variable IMAAITot, para subregión, especie y calidad de sitio el análisis de varianza, para la especie *Pinus maximinoi* resultó que existe diferencia estadística ($P=<0.0001$) entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 para IMAAITot, alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 1.51 m/año. En el caso de la subregión I23 (Cobán A.V.), se encontró diferencia estadística ($P=<0.0001$) en la clase de crecimiento; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 1.61 m/año. Y para la subregión I24 (San Jerónimo B.V.) resultó que existe diferencia estadística ($P=.0002$) entre las clases de crecimiento. El mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 1.61 m/año. En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 existen diferencias estadísticas ($P=0.007$) entre los dos tipos de crecimiento. El mejor promedio en clase de crecimiento lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.80 cm/año. En la subregión I25 para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas ($P=0.0004$); alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 2.59 m/año al comparársele con crecimiento bajo.

En relación a *Pinus maximinoi*, para la variable IMAVol se alcanzó diferencia estadística ($P=<0.0001$) entre crecimiento alto y bajo para la subregión I21 (Tactic A.V.), alcanzando el mejor promedio la clase de crecimiento alto con 9.40 m³/ha/año. En el caso de la subregión I23 (Cobán A.V.), existe diferencia estadística ($P=0.0001$) en la clase de crecimiento; la clase de crecimiento alto resultó con el mejor promedio con 7.18 m³/ha/año. y para la subregión I24 (San Jerónimo B.V.) se encontró diferencia estadística ($P=0.01$) entre las clases de crecimiento, con una; el mejor promedio lo alcanzó crecimiento alto con 6.56 m³/ha/año. En el caso de *Pinus oocarpa*, para la subregión I21 existen diferencias estadísticas ($P=0.01$) entre los dos tipos de crecimiento. El mejor promedio lo alcanzó clase de crecimiento alto con 0.52 m³/ha/año. En la subregión I25 (Fray Bartolomé las Casas) para *Tectona grandis* hubo diferencias estadísticas ($P=0.01$); alcanzando el mejor promedio crecimiento alto con 14.81 m³/ha/año al comparársele con crecimiento bajo.

En la evaluación realizada por especies y la clase de sitio (clases de crecimiento alto y bajo). Se tomarón los promedios obtenidos en relación a las variables IMADap, IMAAITot y

IMAVol, de las cuatro especies analizadas, se separaron por clase de crecimiento alto y clase de crecimiento bajo. En el caso de IMADap se encontró diferencia estadística ($P < .0001$) entre clases de crecimiento y especie. Resultó para clases de crecimiento que el mejor promedio lo arroja la clase de crecimiento alto (2.09 cm/año) y el más bajo se obtuvo en clase de crecimiento bajo (1.08 cm/año); para el caso de la especie el mejor promedio lo alcanzó *Tectona grandis* L.F. (2.25 cm/año) diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio (1.78 cm/año) comparado con *caribaea* y *oocarpa*. En relación a IMAITot, hubo diferencias estadísticas ($P < .0001$), para el caso clase de crecimiento alto, fue el mejor promedio con 1.63 m/año; y el promedio para clase de crecimiento bajo fue de 0.82 m/año. En relación a *Tectona grandis* L.F. alcanzó el mejor promedio con 1.99 m/año, diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. El mejor promedio en el género *Pinus*, lo alcanzó *maximinoi* con 1.33 m/año al compararlo con *caribaea* y *oocarpa*. Para el caso de la variable IMAVol, se encontró diferencia estadística ($P = .0001$); al comparar promedios resultó, clase de crecimiento alto alcanzó el mejor promedio con 7.86 m³/ha/año; para el caso del crecimiento bajo este fue de 1.29 m³/ha/año. en relación a especies, *Tectona grandis* L.F. con 10.34 m³/ha/año, alcanzó el mejor promedio diferenciándose del resto de especies del género *Pinus*. *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio (5.40 m³/ha/año) comparado con *caribaea* y *oocarpa*.

En el análisis de la interacción sitio por especie (sitio*especie), se encontró diferencia estadística ($P < .0001$) altamente Significativa para IMAITot. Y En el caso de IMAVol con una ($P = 0.001$), condición que fundamenta que en sitios con crecimientos altos se obtienen las mejores respuestas en altura y volumen (m³/ha/año), para *Tectona grandis*, *Pinus maximinoi*, *oocarpa* y *caribaea* respectivamente. Aunque también existe crecimiento en calidad de sitio con crecimiento bajo, de las mismas especies analizadas; las plantaciones en los sitios con crecimiento altos crecen más rápido en el mismo tiempo acortando el tiempo para llegar al turno final de corta. Esto resalta el hecho de que al establecer plantaciones forestales, es importante escoger y/o seleccionar los mejores sitios para producir y/o alcanzar mejores rendimientos en productividad en el mismo tiempo. Se recomienda que las especies que estén creciendo en los mejores sitios se deben priorizar para realizar manejo (raleos y podas), debido a la capacidad que tienen los individuos de crecer en esos lugares, por lo tanto las plantaciones que se deben de manejar con mayor

prioridad son las que se encuentran en los mejores sitios, porque alcanzan en menor tiempo el volumen que puede mantener el sitio.

En la evaluación de especies con la modalidad fincas consideradas; el análisis de varianza para la especie *Pinus maximinoi* muestra que existe diferencia estadística ($P = <0.0001$) entre las diferentes fincas, en relación al promedio de IMADap resultó que la(s) finca(s) con mejor promedio son: con 2.41 cm/año; finca Río Frio 2010 (Inab, región 2, subregión 1) con 2.34 cm/año y Finca Sasay con 2.28 cm/año respectivamente. Para IMAAITot, hubo diferencias ($P = <0.0001$); la finca con el mejor promedio fue: la finca Río Frio 2010 (Inab, región 2, subregión 1) con 1.71 m/año ; IMAVol, hubo diferencias con una $P = <0.0001$; la finca con el mejor promedio es: finca Río Frio 2010(I21) con 13.15 m³/ha/año con 61 meses de haber sido establecida.

En el caso de la especie *Pinus oocarpa*, resultó que existe diferencia estadística ($P = 0.003$) entre las diferentes fincas consideradas, en relación al promedio de IMADap, resultó que la finca con mejor promedio fue: finca Yutta Estrada 2010 (I24) con 1.45 cm/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. Para IMAAITot, hubo diferencias estadísticas ($P = 0.01$); al aplicar Duncan, la finca con el mejor promedio fue: finca Yutta Estrada 2010 (I24) con 1.05 m/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. En relación a IMAVol, hubo diferencias estadísticas ($P = 0.02$); la finca con el mejor promedio fue: Yutta Estrada 2010(I24) con 2.93 m³/ha/año; con edad de 36 meses. Al igual que las variables anteriores para las fincas restantes entre ellas no hubo diferencia.

Para la especie *Pinus caribaea* existe diferencia estadística ($P = 0.006$) entre las diferentes fincas consideradas, en relación al promedio de IMADap, resultando la finca con el mejor promedio: finca Chitzubil 2020 (I23) con 1.93 cm/año; entre las fincas restantes no hubo diferencias. Para las variables IMAAITot, hubo diferencias con una ($P = 0.0001$); siendo el mejor promedio la finca Chitzubil con 1.08 m/año; en relación a IMAVol, hubo diferencias estadísticas ($P = 0.01$); la finca Chitzubil alcanzó el mejor promedio con 1.95 m³/ha/año; con edad de 39 meses.

Para las plantaciones de la especie *Tectona grandis* L.F., se encontró diferencia estadística ($P = <0.0001$) entre las diferentes fincas evaluadas, en relación al promedio de IMADap,

resultó que las fincas con mejor promedio son: finca Roeldin Esquivel 2001 (I25) con 2.66 cm/año y la finca Roselia de Esquivel 2002 (I25 Fray Bartolomé las Casas A.V.) con 2.47 cm/año; Para IMAAI_{Tot}, hubo diferencias estadísticas ($P < 0.0001$); las fincas con mejor promedio fueron: 2001 (I25) con 2.63 m/año y 2002 (I25) con 2.17 m/año; En relación a IMAV_{ol}, hubo diferencias estadísticas ($P = 0.0008$); las fincas con mejor promedio fueron: 2002 (I25) (13.85 m³/ha/año) con edad de 61 meses y 2001 (I25) (12.36 m³/ha/año); con edad de 49 meses y la finca con el promedio más bajo fue finca Marichaj 2007 (I21 Tactic A.V.) con 0.05 m³/ha/año, con edad de 38 meses. Además del porcentaje de replanteo en esta plantación, el poco desarrollo en crecimiento y rendimiento en volumen esta asociado a pendientes altas (40%) y en las partes bajas se detecto problemas de drenaje además de estar establecida a una altitud mayor a los 600 msnm.

Con base al análisis de varianza entre especies y la modalidad “tamaño de finca” en relación al IMAD_{ap}, resultó que para *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística ($P = 0.002$) entre las diferentes tamaños de finca, resultó que la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)” la especie *Pinus maximinoi* resultó ser el mejor promedio en IMAD_{ap} con 1.98 cm/año al compararlo con las categorías < 15 ha y 15 –45 ha respectivamente. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAD_{ap}. Para *Pinus caribaea* tampoco se encontraron diferencias estadísticas. En relación a *Tectona grandis* L.F. si hubo diferencias estadísticas ($P = 0.03$); al comparar las medias resultó que en la modalidad tamaño de finca “> 45 ha” *Tectona grandis* alcanzó el mejor promedio con 2.39 cm/año. En relación al IMAAI_{Tot}, resultó que para *Pinus maximinoi* existe diferencia estadística ($P = 0.004$); al realizar la prueba de medias “Duncan”, resultó que *Pinus maximinoi* mostró el mejor promedio en IMAAI_{Tot} con 1.45 m/año en la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)” . Para el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAAI_{Tot}. Para *Pinus caribaea* no hubo diferencias estadísticas. En relación a *Tectona grandis* L.F. si hubo diferencia estadística ($P = 0.04$); al comparar las medias resultó que en el tamaño de finca “> 45 ha” *Tectona grandis* resultó con el mejor promedio (2.22 m/año) en relación a las demás especies. En el caso de IMAV_{ol}, resultó que para *Pinus maximinoi* se encontró diferencia estadística ($P = 0.005$), al realizar la prueba de medias “Duncan”, la categoría de finca “ > 45 hectáreas (ha)” *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMAV_{ol} con 6.90 m³/ha/año al compararlo con las demás categorías. Para el caso de *Tectona grandis* L.F. se encontró diferencia estadística ($P = 0.06$); al comparar las medias resultó que en el tamaño de finca “>

45 ha” *Tectona grandis* alcanzó el mejor promedio con 11.92 m³/ha/año. para el resto de especies no se encontraron diferencias estadísticas.

En la modalidad “Tipo de propietario” *Pinus maximinoi* es la especie a diferencia de las otras que esta presente en las tres categorías “Individual, Grupo organizado y empresa ó Industria”. en base al análisis de varianza para IMADap, resultó que *Pinus maximinoi* es diferente estadísticamente (P=0.003) entre los diferentes tipos de propietario, resultó que en la categoría tipo de propietario “Industria”, *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMADap con 2.27 cm/año al compararlo con las dos categorías existentes. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMADap. Para *Pinus caribaea* hubo diferencias estadísticas con una P= 0.006; al comparar, el mejor promedio se alcanzó en la categoría “individual” con 1.93 cm/año. En relación a *Tectona grandis* L.F. si hubo diferencia estadística (P=<.0001); al comparar las medias alcanzó el mejor promedio con 2.56 cm/año, en la categoría “Individual”. En relación al IMAAITot , resultó para *Pinus maximinoi* diferencia estadística (P=0.003) entre los diferentes tipos de propietario. En la categoría “Industria”, *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMAAITot con 1.65 m/año al compararlo con las dos categorías existentes. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAAITot. Para *Pinus caribaea* hubo diferencias estadísticas (P=0.002); al aplicar Duncan y comparar, el mejor promedio lo alcanzó en la categoría “individual” con 1.08 m/año. En relación a *Tectona grandis* L.F. hubo diferencia estadística (P= .0001); al comparar las medias resultó que el mejor promedio (2.40 m/año) se alcanzó en la categoría “Individual”. Para el caso de IMAVol, en *Pinus maximinoi* se encontró diferencia estadística (P=<0.001) entre los diferentes tipos de propietario. En la categoría “Industria”, *Pinus maximinoi* alcanzó el mejor promedio en IMAVol con 11.19 m³/ha/año. En el caso de *Pinus oocarpa* no hubo diferencias estadísticas para IMAVol. Para *Pinus caribaea* hubo diferencias estadísticas (P= 0.005); al aplicar Duncan y comparar, el mejor promedio se alcanzó en la categoría “individual” con 1.95 m³/ha/año. En relación a *Tectona grandis* L.F. hubo diferencia estadística (P= <0.0001); al comparar las medias resultó que el mejor promedio (13.10 m³/ha/año) se alcanzó en la categoría “Individual”.

Mediante el análisis cluster realizado, se conformaron tres grupos similares en base a variables de crecimiento y productividad de las especies analizadas. El análisis se realizó a nivel de finca, con base al análisis de varianza resultó que existe diferencia estadística

($P < .0001$) significativa, para las tres variables IMADap, IMAAITot, IMAVol, en la comparación de los tres grupos considerados. Al comparar los promedios entre los grupos resultó que el grupo 3 alcanzó el mejor promedio en IMADap con 2.35 cm/año; el segundo mejor promedio fue para el grupo cluster 2; y el promedio más bajo en IMADap resultó ser el grupo 1, con 1.0 cm/año. posteriormente se considero que modalidades “Subregión forestal, Tamaño de finca y Tipo de propietario”, estaban conformando lo grupos. y resultó que en el grupo cluster 3, que alcanzó los mejores promedios concentra todas las modalidades analizadas; pero también las tres modalidades conforman el grupo cluster 1, que es el del menor promedio. Por lo que puede concluirse que las variables de crecimiento y productividad no están relacionadas particularmente a una subregión forestal, tamaño de finca o tipo de propietario en especial. En realidad estas diferencias encontradas en rendimiento más se debe al tipo de especie, clase de sitio, preparación de sitio, mantenimiento y/o manejo de las plantaciones.

En la evaluación para las variables fisiográficas (altitud y pendiente) por especie y clase de crecimiento alto y bajo; con base al análisis de varianza, resultó que para *Pinus maximinoi* H.E. Moore existe diferencia estadística ($P < .0001$) significativa para la altitud y las clases de crecimiento alto y bajo. En relación a la pendiente resultó que existe diferencia estadística ($P = 0.0007$) entre las clases de crecimiento, y los mejores resultados se alcanzan asociando la clase de sitio con crecimiento alto y pendientes promedio de 18% y para clase de crecimiento bajo en asocio con pendientes promedio de 32%.

Para el caso de *Pinus caribaea* y *oocarpa*, el análisis de varianza muestra no Significancia para la altitud y pendiente en relación a la clase de crecimiento. Esto se debe a que para estas especies los datos de estas variables fisiográficas son muy pocos o escasos. Sin embargo con base en evaluación de campo *Pinus caribaea* concentra los mejores sitios con crecimiento alto con altitudes entre 760 a 850 msnm; y los sitios con crecimientos bajos están asociados con altitudes por encima de los 1000 msnm. En relación a la pendiente los sitios con crecimientos altos se encuentran en rangos de pendiente que va de 12 a 65% y los sitios con crecimientos bajos están asociados a un rango de 30 a 40%. En el caso de *Pinus oocarpa* y con base en evaluación de campo, la clase de crecimiento alto está asociado a un rango de pendiente que va de 11 a 56% y la clase de crecimiento bajo a un rango de 35 hasta 64% respectivamente.

En relación a *Tectona grandis* L.F. con base al análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas ($P=0.003$) significativas en relación a la altitud; los mejores resultados se alcanzan asociando la clase con crecimiento alto a una altitud promedio de 194 msnm (140 a 235 msnm) y la clase con crecimiento bajo a una altitud promedio de 400 msnm (775 a 825 msnm). También hubo diferencia estadística ($P=0.03$) para la variable pendiente; obteniéndose los mejores resultados para la clase con crecimiento alto con pendientes promedio de 16% y la clase con crecimiento bajo con pendiente promedio de 26%.

Las plantaciones de *Tectona grandis* presentan un buen comportamiento inicial, especialmente en el Municipio de Chahal, Subregión II-5 con una altitud de 235 msnm, donde las plantaciones con edades entre 4-5 años alcanzan alturas totales promedio de 11-13 metros y DAP de 10 cm, fustes rectos y muy vigorosos, sin detectarse problemas de plagas o enfermedades. Estas características se observaron en las dos fincas evaluadas en la jurisdicción de la subregión. Mientras que el Municipio de Cahabón donde se evaluó una finca a una altitud de 650 msnm., con plantaciones de 3 años de edad se obtuvieron alturas totales promedio que apenas alcanzan los 2 metros, con DAP promedio de 3.5 cm, con pendiente entre 30-50 % y en suelos pedregosos.

El 71% de las plantaciones evaluadas, que están en su fase de mantenimiento 3 y 4 (4 y 5 años de establecidas), aún no reciben ningún tipo de manejo forestal en relación a raleos y podas; estas tienen características de densidades altas (2.5 x 2.5 m distanciamiento promedio) y sin raleo. La relación Altura total / diámetro (A/D) en estas plantaciones puede llegar a niveles críticos en poco tiempo. Como por ejemplo: las plantaciones de teca de 4 y 5 años de edad localizadas en Chahal, Alta Verapaz tienen una relación A/D de 147. Las reducciones en crecimiento en diámetro se observan con mayor anticipación en plantaciones más densas; las plantaciones más espaciadas (3 x 3 m) tienen más posibilidad de seguir creciendo en diámetro que plantaciones con menores espaciamientos a edades similares. Es recomendable Iniciar el manejo forestal en forma oportuna (podas y raleos) en las plantaciones que están en la fase de mantenimiento 3 y 4, evitando con ello las densidades altas, el proceso de recesión de copas, aumentos de la relación A/D y por consiguiente las reducciones en crecimiento en diámetro de las especies analizadas.

Debido a que el principal objetivo es para madera para aserrio se recomienda fomentar las plantaciones más espaciadas (3 x 3 m) ya que estas tienen más chance de seguir creciendo en diámetro que plantaciones con menores espaciamientos. Las reducciones en crecimiento en diámetro se observan con mayor anticipación en plantaciones con espaciamientos menores a estos.

En general, con la evaluación en campo se determinó que las plantaciones a edades de 4 y 5 años, en clase de sitio con crecimiento alto en Altura, Dap y Volumen presentan altas densidades mostrando alta competencia entre las copas de los árboles, debido al buen desarrollo que han alcanzado los árboles. Estas plantaciones requieren intervenciones silviculturales urgentes en comparación a los sitios de menor crecimiento; esta es la base para la planificación de raleo, priorizando áreas con mejores crecimientos, que en menor tiempo llegan a competir por espacio para crecer.

7.4 Otras recomendaciones:

Estas recomendaciones no se derivan directamente del trabajo de investigación, pero se incorporan al mismo, debido a que el fin primordial de estas, es que al ser consideradas puedan representar una oportunidad para el PINFOR en el sentido de aumentar el éxito que como programa actualmente tiene. A continuación se sugieren las siguientes actividades.

Promocionar y fomentar el establecimiento de fuentes semilleras de las especies prioritarias con el fin de asegurar el material genético que proporcione una mejor calidad y forma de los fustes de los árboles con el propósito de obtener volumen comercial e industrial de alto valor. Así como contar con un registro actualizado de los viveros activos para darle seguimiento y control a los mismos en cuanto a la calidad de semilla utilizada, además de oficializar los mecanismos de seguimiento en cuanto al uso de semilla mejorada o bien certificada para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Implementar la recopilación de toma de datos sobre rendimientos de las faenas de producción (jornales, insumos etc.) en las actividades, para generar información más completa y confiable sobre los costos de producción y mantenimiento en las diferentes condiciones de sitio y climáticas dentro de las regiones del país.

Analizar y valorar la posibilidad de seleccionar sitios con material genético de alto valor que pueda ser útil para la conservación y multiplicación de material de alto valor con fines de producción que pueda ser utilizado en futuros sistemas forestales.

Realizar otros estudios a nivel nacional que evalúen la contribución del PINFOR a los servicios ambientales según se especifica en los objetivos del PINFOR.

Analizar la dispersión y/o concentración de la ubicación de las plantaciones establecidas a la fecha, con el fin de valorar las posibilidades de formar cluster forestales que puedan facilitar y hacer más eficiente, en el futuro, el proceso de industrialización y comercialización de los productos forestales.

Realizar estudios para evaluar y monitorear los lotes de plantaciones que se encuentran en sitios con bajo crecimiento, para ver las posibilidades de mejoras que se puedan hacer, con el fin de generar información relevante para tomar decisiones sobre la conveniencia o potencial de rentabilidad de estas plantaciones que justifiquen su manejo hasta la corta final.

8. BIBLIOGRAFIA

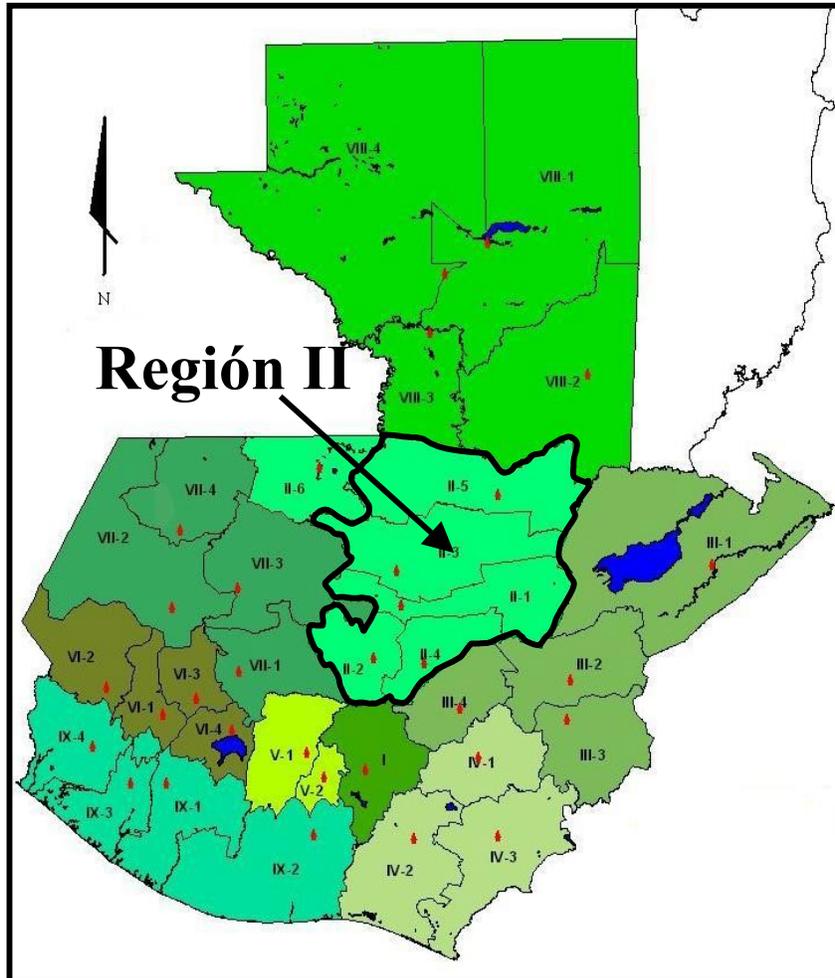
- Asamblea Legislativa. 1992. Ley No. 24 creación de incentivos y reglamento de la actividad de reforestación en la República de Panamá. Panamá. 8 p.
- Castañeda Salguero, C.; Alvarado, S. Y Zamora cristales, R. 2003. Informe Final: caracterización técnica de las plantaciones establecidas con el programa de incentivos forestales en Guatemala. 73 p.
- Chaves, E. Y Fonseca, W. 1991. Teca: *Tectona grandis* L.f.: especie de árbol de uso múltiple en América Central. Proyecto Madeleña CATIE-ROCAP. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica, Informe técnico 179. 47 p.
- Díaz, ME. 1998. Estimación de los costos medios, conveniencia y viabilidad financiera en el manejo de bosques naturales de coníferas; una aplicación para los incentivos para el manejo forestal en Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 5-39 p.
- Escobar Sagastume, AA. 1987. Estudio de crecimiento y rendimiento de (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) en Jalapa, Departamento de Jalapa. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 23-56 p.
- Revolorio, A. 2002. Evaluación de 5 modalidades del Programa de Incentivos Forestales.
- Rojas, OE. 1988. Estudio del crecimiento y rendimiento de *Pinus oocarpa* Schiede. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. En San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39-84 p.
- 1989. Decreto legislativo 101-96; Ley Forestal. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 27 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación); Comisión Europea. 2002. Estado de la información forestal en Guatemala. Santiago, Chile. p. 84
- Gálvez, JJ ; Rodas, OA, 2002. Potencial de producción forestal de Guatemala. PAFG. p.
- Gálvez, JJ ; Rodas, OA. 1999. La competitividad del sector forestal de Guatemala.:Potencial de producción forestal de Guatemala. V Congreso Forestal Nacional. La Antigua Guatemala, Sacatepequez, Guatemala. 278: 79-94 p.
- Guzmán García, RV. 1989. Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino *Pinus* spp. a la roya agalladora (*Cronartium* spp.) y estudios sobre la dinámica de la enfermedad, en la aldea las Anonas, Salama, Baja Verapaz.

- Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. 1998. Normativas de la ley forestal; reglamento de la ley forestal, reglamento de tránsito de productos forestales, reglamento del programa de incentivos fiscales. Guatemala. 26 p.
- Herrera, B.; Alvarado, A. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. San José, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 22(1): 99-117 p.
- Itzep Manuel, A. 1995. Índices de sitio y desarrollo de un modelo preliminar de rendimiento para (*Pinus oocarpa*) Schiede en las fincas Santa Rosalía, Gualan, Zacapa y Salama I, Salama, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39-78 p.
- Keipi, K. 1998. Financiamiento estatal a plantaciones en América Latina. La presencia del Estado Chile Forestal. Chile. 260 p.
- Kleinn, C; Morales, D. 2002. Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. *Revista Forestal Centroamericana*. 82(39-40): 6-12.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.
- LEYES, DECRETOS, etc. 1974. Decreto legislativo 58-74; ley forestal. Instituto Nacional Forestal. Guatemala. 254-258 p.
- Marín Roma, JP. 2002. Generación de curvas parciales de índices de sitio para plantaciones de *Pinus caribaea* var. hondurensis, en tres localidades de la República de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 4-36 p.
- Menéndez Arriola, DJ. 2002. Evaluación General del Programa de Incentivos Fiscales para la Reforestación en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 105 p.
- Moncada, RG; Finegan, B; Campos, JJ. eds. 1995. Planificación y gerencia de la investigación forestal. Seguimiento y evaluación de los programas de investigación IUFRO-CATIE, v. 10, modulo 10.
- Montero, M.; Ugalde, L. y Kanninen, M. 2001. Relación del índice de sitio con los factores que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. F. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 89(35):13-18.
- Mollinedo García, MS. 2003. Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.F.), en la zona Oeste, cuenca del Canal de Panamá. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 89p.

- Morataya, R.; Galoway, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*: aplicación de la Teoría del Modelo Vascular e implicaciones de manejo. *Revista Forestal Centroamericana* . 22: 21-28.
- Morales Dardon, JI. 1990. Propuesta de manejo del bosque comunal Santo Domingo Los Ocotes, San Antonio La Paz, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 45-61 p.
- Núñez S, OM. 1986. Estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus maximinoi* H.E. Moore., en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.
- Plan de Acción Forestal para Guatemala. 1998. Diagnostico de la industria forestal de la región II, las Verapaces. 45 p.
- Padilla Mena, LF. 1977. Análisis de germinación de teca (*Tectona grandis*), especie con grandes posibilidades de reforestación en Guatemala. Tesis Ing. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 63-66 p.
- Paiz García, MR. 1999. La competitividad del sector forestal de Guatemala.: Incentivos a actividades de desarrollo forestal sostenible. V Congreso Forestal Nacional. Antigua Guatemala, Sacatepequez, Guatemala. 278:167-173 p.
- Paiz Schwartz, G. 1998. Estudio de crecimiento de tres especies de pino (*Pinus* spp) en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36-61 p.
- Pereira Rodas, LF. 1999. La competitividad del sector forestal de Guatemala.: Integración de la investigación forestal al tema de la competitividad del sector. V Congreso Forestal Nacional. Antigua Guatemala, Sacatepequez, Guatemala. 278:200-205 p.
- Políticas de Fomento. 1994. consultada noviembre 24 de 2003. disponible en <http://www.ecouncil.ac.cr/centroam/conama/fom.htm>
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F., Real, P. 1997. Mensura Forestal. San José Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 369-430 p.
- Salazar, R; Soice, R; Miguel Méndez, J.(Téc. Comps.) 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina.: CATIE: Proyecto de semillas Forestales: Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica. v. 1, 204 p.
- Suira Pitty, EE. 2002. El sistema de incentivo forestal en Panamá y sus implicaciones económicas, ambientales y sociales. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 13-17 p.
- Spiegeler Castañeda, CA. 1981. Comportamiento inicial de *Pinus oocarpa*_Schiede asociado con cultivos anuales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40-59 p.

- Scheaffer, RL.; Mendenhall, W. y Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Sánchez, GR.; Gómez Aguilar, JR. (Trad.). México. Grupo Editorial Iberoamérica. 321 p.
- Ugalde Arias, AL, 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. CATIE. Turrialba, Costa Rica 14 p.
- Vaides Lopez, EE. 2000. Generación de curvas parciales de índice de sitio en una plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en los proyectos Bosque Nuevo, San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 38-59 p.
- Vázquez, W.; Ugalde, LA. 1994. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea* Roxb., *Tectona grandis* L.F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Informe Final. Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO). Proyecto Madeleña-3. Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- Wisecarver, D; Tardones, MS. 1989. El sector forestal chileno: políticas desarrollo del recurso y exportaciones. Ciencia e Investigación Forestal. Chile. 3(6): 12 p.
- Yoma BR. 1995. Política forestal chilena 1900-1995. República Dominicana. 19p. Presentado en: Seminario Institucional del Sector Forestal; la experiencia chilena (1995, República Dominicana).
- Zannoti, R. Y Galloway, G. 1996. Manejo de plantaciones de coníferas: Guía Técnica para el extensionista forestal. Turrialba, C.R., CATIE. Serie Técnica, manual técnico, No. 22. 61 p.

Anexo 01. Mapa de ubicación del área de estudio, región 2, Alta y Baja Verapaz, Guatemala.



Anexo 3. Lista de fincas evaluadas

No. finca	fecha visita/2003	Subregión	Finca	Categoría de Usuario	Tamaño Finca			Especie	Ubicación	Intensidad - Muestreo%	Total PPM
					<15 ha	15 - 45 ha.	> 45 ha				
1	2 Y 3 abril	II-3	Sasay	empresa	15			PINUMA	Cobán, A.V.	1.15	
								PINUMA	Cobán, A.V.		4
2	28-abr	II-3	Marco Tulio Aguilar	Individual	10			PINUMA	Cobán, A.V.	1.25	
					8			PINUMA	Cobán, A.V.	1	4
3	28-abr	II-3	Gloria L. Velásquez D.	Individual	9			PINUMA	Cobán, A.V.	1.11	2
4	02-may	II-3	Ricardo Sapper	Individual	7			PINUMA	Cobán, A.V.	1.43	2
5		II-3	Sta. Cristina	Individual	6			PINUMA	Cobán, A.V.	1.67	2
6	06-may	II-3	Fca. Secoyou	empresa		30		PINUMA	Carchá, A.V.	0.5	3
7		II-3	Fca. Chemicuy	empresa		22		PINUCA	Lanquin, A.V.	0.9	4
8	07-may	II-3	Compañía A. Magdalena	empresa			49	PINUCA	Lanquin, A.V.	0.61	6
9	08-may	II-3	Zoila A. Delgado Wohlers	Individual			45.6	PINUMA	Carchá, A.V.	0.88	8
10	12-may	II-3	Horst Walter Overdick	Individual	14			PINUMA	Cobán, A.V.	1.07	3
11		II-3	Otto Noel R. Oxom	Individual		32.36		PINUMA	Cobán, A.V.	0.93	6
12	13-may	II-3	Compañía Maderas de Gua	empresa	15			PINUCA	Cahabón, AV	1	3
13		II-3	Agroindustria Pinos Norte	empresa	10			PINUCA	Cahabón, AV	1	2
14		II-3	Mercantil de proyectos	empresa	8			PINUCA	Cahabón, AV	1	2
15	14-may	II-3	Laps Raps	empresa		22.5		TECTGR	Cahabón, AV	1.11	5
16	15-may	II-3	Gerda Judith de Kress	Individual			55.6	PINUMA	Carchá, A.V.	1	
								PINUMA	Carchá, A.V.	0.96	11
17	16-may	II-3	Asoc. Salesiano	asociacion		28		PINUMA	Carchá, A.V.	1.25	
								PINUMA	Carchá, A.V.	1	7
18	19-may	II-3	Julia Welman Choc	Individual	10			PINUMA	Cobán, A.V.	1	2
19		II-3	Denis Quej Chen	Individual	9.45			PINUMA	Cobán, A.V.	1.06	2
20	20-may	II-3	Chitzubil	Individual			100	PINUCA	Lanquin, A.V.	0.7	
								PINUCA	Lanquin, A.V.	0.3	10
21	21,22 y 23 may	II-3	Coop. Chirrepec	cooperativa			132	PINUMA	Cobán, A.V.	1.9	
								PINUMA	Cobán, A.V.	1.9	32
	TOTAL				121.45	134.86	332.16				114

No. finca	fecha visita/2003	Subregión	Finca	Categoría de Usuario	Tamaño Finca			Especie	Ubicación	Intensidad - Muestreo%	Total PPM
					<15 ha	15 - 45 ha.	> 45 ha				
22	27-may	II-2	Fca. La Piedad	individual		28		PINUOO	Rabinal, B.V.	1	
								PINUOO	Rabinal, B.V.	1.11	
								PINUOO	Rabinal, B.V.	0.7	5
23	28-may	II-2	Fca. Las Cañas	individual	7.13			PINUMA	Rabinal, B.V.	3.33	
								PINUMA	Rabinal, B.V.	2.42	4
24		II-2	Fca. El Mezcal	individual	4.19			PINUMA	Rabinal, B.V.	2.28	
								PINUMA	Rabinal, B.V.	2.5	2
	TOTAL				11.32	28					11
25	29-may	II-4	Edgar A. Cuellar E.	individual	6.37			PINUMA	Sn. Jeronimo	0.8	1
26		II-4	Rogelio A. Pelaez	individual	4			PINUMA	Sn. Jerónimo	1.25	1
27	30-may	II-4	Ram Tzul	individual	2			PINUMA	Purulhá B.V.	2.5	1
28		II-4	Comunidad Mocoacán	comunidad	5.79			PINUMA	Purulhá B.V.	0.86	1
29	04-jun	II-4	Evaristo del Cid C.	individual	7			PINUOO	Salamá B.V.	1.43	2
30		II-4	Fco. G. Sosa del V.	individual	8.33			PINUOO	Sn. Jeronimo	1.2	2
31		II-4	Fco. G. Sosa del V.	individual	9			PINUOO	Sn. Jeronimo	1.11	2
32	05-jun	II-4	Ignacio B. Hernandez	individual			45.5	PINUMA	Sn. Jerónimo	1	
								PINUMA	Sn. Jerónimo	0.84	8
33	09-jun	II-4	Aixa Flores Muralles	individual		16.17		PINUMA	Salamá B.V.	0	0
34		II-4	Icagro	empresa	5.46			PINUMA	Salamá B.V.	1.8	2
35		II-4	Amado N. Morales	individual	8.86			PINUOO	Salamá B.V.	0	0
36	10-jun	II-4	Yutta M. Estrada H.	individual		32.01		PINUOO	Purulhá, B.V.	1.02	
								PINUOO	Purulhá, B.V.	2.07	
								PINUOO	Purulhá, B.V.	1	7
37	11-jun	II-4	Ixcayan	comunidad	3			PINUOO	Salamá B.V.	3.33	2
38			La Cienaga	individual	2.3			PINUOO	Sn. Jerónimo	0	0
39	12-jun	II-4	Peña Oreb	comunidad	7			PINUOO	Purulhá, B.V.	1.43	2
	TOTAL				69.11	48.18	45.5				31
40	16 y 17 Junio	II-5	Roeldin Esquibel	Individual			70	TECTGR	Chahal AV.	0.71	10
41	18,19 y 20 junio	II-5	Roselia O.P. De Esquibel	Individual			70	TECTGR	Chahal AV.	0.71	10
	TOTAL						140				20

No. finca	fecha visita/2003	Subregión	Finca	Categoría de Usuario	Tamaño Finca			Especie	Ubicación	Intensidad - Muestreo%	Total PPM
					<15 ha	15 - 45 ha.	> 45 ha				
42	24-jun	II-1	Fca. Sto. Domingo	individual	2.53			MIXTA	Sn. Cristobal	4	0
43		II-1	Comunidad las Pacayas	comunidad	9			PINUMA	Sn. Cristobal	0	2
44		II-1	Fca. Chiley	individual	1.48			PINUMA	Sn. Cristobal	6.7	
								PINUMA	Sn. Cristobal	10	4
45	25-jun	II-1	Fca. Chisiram	individual	12			PINUMA	Sn. Cristobal	1	
								PINUMA	Sn. Cristobal	2.5	3
46		II-1	Fca. Pancinic	individual	5.49			PINUMA	Tactic	3.4	
								PINUMA	Tactic	4	4
47		II-1	Fca. Pancinic *	individual	2.52			PINUMA	Tactic	3.96	2
48	26-jun	II-1	Fca. Chamché	individual	5.5			PINUMA	Tactic	1.8	2
49		II-1	Com. Pansinic	comunidad	2.1			PINUMA	Tactic	4.7	2
50	30-jun	II-1	Fca. Marichaj	empresa			84	TECTGR	Senahú	0.7	
								TECTGR	Senahú	1.7	
								PINUCA	Senahú	0.7	13
51	01-jul	II-1	Fca. Pambach	individual		31.84		PINUMA	Sta. Cruz	1.11	
								PINUMA	Sta. Cruz	0.7	5
52	02-jul	II-1	Fca. Rocja	institución		24.44		PINUMA	Tactic	1	5
53	03-jul	II-1	Fca. Vineros	empresa		32.18		PINUOO	Tucurú	0	0
54	07-jul	II-1	Com. Mexabaj	comunidad		28		PINUMA	Sn. Cristobal	0	0
55	08-jul	II-1	Fca. Halaute	individual			60	PINUCA	Senahú	0.83	
								PINUCA	Senahú	1	11
56	09-jul	II-1	Fca. Río Frío	empresa			52.16	PINUMA	Sta. Cruz	0.96	11
57	10-jul	II-1	Fca. Anexo Pambach	individual			45	PINUOO	Sta. Cruz	1	9
58	14-jul	II-1	Fca. San Luis Corozal	individual		21		TECTGR	Panzos, A.V.	0	0
	TOTAL				40.62	137.46	241.16				73
	Total general				242.5	348.5	758.82				249

Anexo 04. Calculo de la muestra, para las 9 regiones forestales del INAB.

Obs.	TAMANO	REGION	NUMFINCAS	NUMTAMANO	PORCENTAJE	MUESTRAS
1	1	1	13	377	0.03448	2.4138
2	1	2	159	377	0.42175	29.5225
3	1	3	14	377	0.03714	2.5995
4	1	5	29	377	0.07692	5.3846
5	1	6	22	377	0.05836	4.0849
6	1	7	50	377	0.13263	9.2838
7	1	8	74	377	0.19629	13.7401
8	1	9	16	377	0.04244	2.9708
9	2	1	5	229	0.02183	0.3712
10	2	2	77	229	0.33624	5.7162
11	2	3	16	229	0.06987	1.1878
12	2	4	6	229	0.02620	0.4454
13	2	5	20	229	0.08734	1.4847
14	2	6	20	229	0.08734	1.4847
15	2	7	11	229	0.04803	0.8166
16	2	8	64	229	0.27948	4.7511
17	2	9	10	229	0.04367	0.7424
18	3	1	6	310	0.01935	0.7161
19	3	2	125	310	0.40323	14.9194
20	3	3	27	310	0.08710	3.2226
21	3	4	5	310	0.01613	0.5968
22	3	5	10	310	0.03226	1.1935
23	3	6	15	310	0.04839	1.7903
24	3	7	20	310	0.06452	2.3871
25	3	8	61	310	0.19677	7.2806
26	3	9	41	310	0.13226	4.8935
27	4	1	2	203	0.00985	0.3645
28	4	2	79	203	0.38916	14.3990
29	4	3	38	203	0.18719	6.9261
30	4	4	4	203	0.01970	0.7291
31	4	5	2	203	0.00985	0.3645
32	4	6	3	203	0.01478	0.5468
33	4	7	6	203	0.02956	1.0936
34	4	8	53	203	0.26108	9.6601
35	4	9	16	203	0.07882	2.9163

Anexo 05. Grupos cluster con las distintas modalidades consideradas.

Obs	FINCAS	CLUSTER	SUBREGION	Tamaño de finca	Propietario
1	2	1	I21	C	C
2	4	1	I21	A	A
3	6	1	I21	C	C
4	8	1	I21	A	A
5	10	1	I21	B	A
6	13	1	I23	B	C
7	19	1	I23	B	B
8	23	1	I24	A	C
9	25	1	I24	A	B
10	26	1	I22	A	A
11	27	1	I24	C	A
12	28	1	I22	B	A
13	30	1	I24	A	B
14	1	2	I21	A	A
15	3	2	I21	A	B
16	5	2	I21	B	B
17	11	2	I22	A	A
18	12	2	I24	A	A
19	17	2	I23	B	C
20	18	2	I23	C	A
21	20	2	I23	A	A
22	21	2	I23	C	A
23	22	2	I21	C	C
24	29	2	I24	B	A
25	33	2	I21	B	B
26	7	3	I21	B	A
27	9	3	I21	C	C
28	14	3	I23	A	A
29	15	3	I23	B	C
30	16	3	I23	C	A
31	24	3	I24	A	C
32	31	3	I25	C	A
33	32	3			