

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y
ENSEÑANZA-DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES

COMPORTAMIENTO DE DIECINUEVE ESPECIES DE
CONIFERAS INTRODUCIDAS EN COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión
de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto
UCR —CATIE para optar al grado de

Magister Scientiae

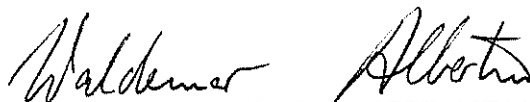
AUGUSTO OTAROLA TOSCANO

Turrialba, Costa Rica
1975

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

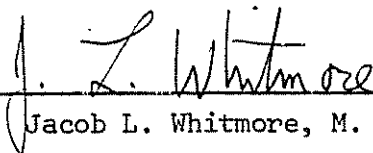
Magister Scientiae

JURADO:



Consejero

Waldemar Albertin, Ph.D.



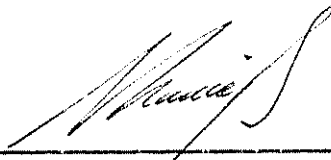
Comité

Jacob L. Whitmore, M. For.



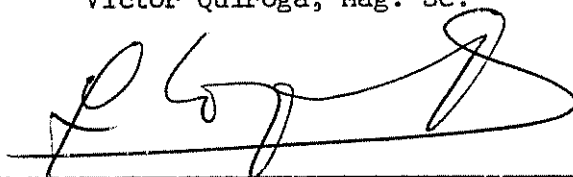
Comité

Pablo Rosero, Mag. Agr.



Comité

Víctor Quiroga, Mag. Sc.



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A la memoria de Teófilo: mi Padre

A Isidora: mi Madre

A Samuel: mi hermano

A mis hermanos

A mi esposa Yolanda e hijos,
Ita Milagros y Augusto

AGRADECIMIENTOS

El autor desea hacer público su agradecimiento a las siguientes personas y entidades:

- Al Dr. Waldemar Albertin, Consejero Principal, por su colaboración en el planeamiento y desarrollo del presente estudio.

- Al profesor don Víctor Quiroga Gómez, no solo por su desinteresada y asidua colaboración en lo referente a los análisis estadísticos, sino también por la orientación y ayuda en toda la etapa de mi capacitación profesional.

- Al profesor Pablo Rosero, por sus valiosas sugerencias en la revisión del manuscrito y amistad sincera que me supo brindar.

- Al profesor Jacob L. Whitmore, por su asesoramiento y enseñanzas en el cuerpo de la tesis.

- A los Ingenieros Luis Cueto Aragón y Salomé Valdivia, de la Dirección General de Forestal y Caza del Gobierno del Perú, por el apoyo desinteresado y estímulo en bien de una formación profesional sólida.

- Al Sr. Antonio Marín, administrador del fundo "El Sitio" de la Hacienda Juan Viñas, por la colaboración prestada en los trabajos de campo e inquietud manifiesta por la introducción de coníferas de rápido crecimiento.

- Al Gobierno de Holanda por haberme concedido la beca de estudios, que financió en gran parte la estada en este Centro de capacitación.

- Al Convenio UCR-CATIE, por haber hecho posible la realización de los estudios de posgrado.

BIOGRAFIA

El autor es de nacionalidad peruana. Los estudios primarios los realizó en su tierra natal, y los secundarios en la Gran Unidad Escolar "Santa Isabel" de Huancayo.

En 1964 ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria "La Molina", Lima, Perú, donde obtuvo su título de Ingeniero Agrónomo en el año 1970.

En el año 1971 es admitido en la Escuela de Graduados de la Universidad Nacional Agraria, para realizar estudios en la especialidad de Mejoramiento Genético de Plantas, estudio que fue interrumpido para desempeñarse como funcionario en el Ministerio de Agricultura del Gobierno del Perú.

El año 1971-72 trabajó como Jefe del Distrito Forestal de Bongará, Amazonas, Zona Agraria II, Ministerio de Agricultura del Perú.

El año 1973, se hace cargo de la Jefatura de la División de Recursos Naturales de la Oficina Agraria de Jaén, Ministerio de Agricultura del Perú.

En enero de 1974, ingresa como estudiante regular del Departamento de Ciencias Forestales, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, haciendo uso de la beca concedida por el Gobierno de Holanda.

Después de cumplir con todos los requisitos del Programa de Estudios Graduados, optó el grado de *Magister Scientiae*, en mayo de 1975.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 <i>Agathis robusta</i> F.M. Bailey	5
2.1.1 Habitat natural e importancia económica.	5
2.1.2 Ensayos de introducción	6
2.2 <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze	7
2.3 <i>Araucaria araucana</i> (Molina) K. Koch	9
2.4 <i>Araucaria cunninghamii</i> Sweet	10
2.5 <i>Araucaria excelsa</i> R. Brown	13
2.6 <i>Araucaria hunsteinii</i> K. Schumann	15
2.7 <i>Cryptomeria japonica</i> D. Don	17
2.8 <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenberg	20
2.9 <i>Pinus insularis</i> Endl.	22
2.10 <i>Pinus khasya</i> Royle	24
2.11 <i>Pinus luchuensis</i> Mayr	27
2.12 <i>Pinus michoacana</i> Martínez	29
2.13 <i>Pinus montezumae</i> Lamb.	31
2.14 <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	34
2.15 <i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.	37
2.16 <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	39
2.17 <i>Pinus radiata</i> D. Don	41
2.18 <i>Pinus taiwanensis</i> Hayata	44
2.19 <i>Pinus tenuifolia</i> Benth	45
3. MATERIALES Y METODOS	48
3.1 Localización y características del estudio en Turrialba	48
3.2 Localización y características del estudio en Juan Viñas	53
3.3 Selección de muestras	62
3.4 Variables que se midieron	64
3.4.1 Variables cuantitativas	64
3.4.2 Variables cualitativas	67
3.4.3 Otras observaciones	69
3.5 Recolección de datos	69
3.6 Análisis de la información	71

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS	73
4.1 Comportamiento de las coníferas introducidas en Costa Rica	73
5. DISCUSION	108
6. CONCLUSIONES	129
6.1 Especies deseables	129
6.2 Especies medianamente deseables	130
6.3 Especies poco deseables	131
7. RESUMEN	133
7a. SUMMARY	136
8. LITERATURA CITADA	139
9. APENDICE	144

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Resumen de datos meteorológicos: CATIE	51
2	Características físicas de los suelos de Florescia Sur, perfil 23 (Serie La Margot, fase coluvial), en terrenos del CATIE	54
3	Características químicas de los suelos de Florescia Sur, perfil 23 (Serie La Margot, fase coluvial), en terrenos del CATIE	55
4	Características físicas de los suelos de Puente Cajón, perfil 4 (Serie Juray), en terrenos del CATIE	56
5	Características químicas de los suelos de Puente Cajón, perfil 4 (Serie Juray), en terrenos del CATIE	57
6	Resumen de datos meteorológicos (1968-1969) en El Sitio, Hacienda Juan Viñas	60
7	Promedios de lluvia (1956-1965) en El Sitio, Hacienda Juan Viñas	61
8	Contenidos minerales de diez muestras de suelos en Juan Viñas (Serie Birrisito)	63
9	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Promedios y error estándar por árbol de las características cuantitativas del total de árboles en experimentación	90
10	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Promedios y error estándar de las características cuantitativas	91
11	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Florescia Sur, Turrialba, Costa Rica. Promedios y error estándar por árbol de las características cuantitativas del total de árboles en experimentación	92

Cuadro N°Página

12	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en las localidades de Juan Viñas y Puente Cajón, Costa Rica. Promedios y error estándar de las variables cuantitativas por árbol y por sitio de la población entera	93
13	Comportamiento de especies de coníferas introducidas en parcelas de ensayo en las localidades de Juan Viñas, Florencia Sur y Puente Cajón en Costa Rica. Promedios y error estándar de las variables cuantitativas por árbol y por sitio, de la población entera	94
14	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación	95
15	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación	96
16	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación	97
17	Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$	98
18	Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$	99

Cuadro N°Página

19	Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$	100
20	Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en las localidades de Juan Viñas y Puente Cajón en Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$	101
21	Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en las localidades de Juan Viñas, Puente Cajón y Florencia Sur en Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$	102
22	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 5,5 a 6,5 años	103
23	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 7,5 a 8,5 años	104
24	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 10 a 11 años	105
25	Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo a Costa Rica. Porcentaje de sobrevivencia por especie y por sitio	106
26	Comportamiento de coníferas introducidas a Costa Rica. Porcentaje de ocurrencia de "cola de zorro"	107
27	Comportamiento de coníferas introducidas a Costa Rica. Observaciones fenológicas	107

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N°</u>		<u>Página</u>
1	Localización de las parcelas experimentales en Florencia Sur. CATIE-Turrialba	49
2	Ubicación de las parcelas experimentales en el Arboreto "Puente Cajón". CATIE-Turrialba	50
3	Localización de las parcelas experimentales en Juan Viñas; El Sitio (Finca Peet)	58
4	Relación DAP-altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 5,5 a 6,5 años	77
5	Relación DAP-altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 7,5 a 8,5 años	79
6	Relación DAP-altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 10 a 11 años	86

APENDICE

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Características cuantitativas de especies de coníferas exóticas en parcelas de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Datos de crecimiento medio anual	145
2	Características cuantitativas de especies de coníferas exóticas en parcelas de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Datos de crecimiento medio anual	146
3	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores de crecimiento. Grupo de edad entre 5,5 a 6,5 años	147
4	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad entre 7,5 a 8,5 años	148
5	Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad entre 10 a 11 años	149
6	Categorías de crecimiento medio anual, para diecinueve coníferas introducidas en Costa Rica	150
7	Categorías de Índice de Adaptabilidad para diecinueve coníferas introducidas en Costa Rica	151
8	Programa FORTRAN para análisis de datos por computadora	152
9	Características de la especie <i>Araucaria cunninghamii</i> , Puente Cajón. Compuesta por 28 árboles. Edad 8,6 años (Impreso por computadora)	155

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
10	Características de la especie <i>Pinus khasya</i> , compuesta por 82 árboles. Edad 7,8 años (Impreso por computadora)	156
11	Curvas de alturas estimadas: <i>Araucaria</i> <i>cunninghamii</i> , Puente Cajón. Ajuste de 6 modelos lineales y linearizables (Impreso por computadora)	157
12	Comportamiento de diecinueve especies de coníferas exóticas en Costa Rica. Valores estimados del factor mórfo (f)	158

1. INTRODUCCION

En casi todos los países que están experimentando con plantaciones de coníferas, el principal objeto es la producción barata de grandes volúmenes de maderas blandas en turnos cortos, para complementar los disminuidos recursos nativos o para proveer de maderas suaves donde no existen en el presente (46).

El crecimiento demográfico cada vez más acelerado, y por consiguiente el aumento de consumo de maderas, inquieta a los técnicos forestales e induce realizar experimentos con el objeto de que el agotamiento de sus maderas no exceda en gran magnitud el reabastecimiento.

Para suplir la futura demanda en base a rendimientos adecuados al crecimiento demográfico y al aumento de consumo, habrá necesidad de forestar o reforestar. Este hecho plantea a los países interesados la disyuntiva de seleccionar las especies más adecuadas, aspecto extremadamente difícil, debido a la falta de conocimiento de la potencialidad de las especies, en áreas de introducción.

La mayoría de las plantaciones han sido establecidas con aquellas especies cuya semilla pudo ser obtenida, más bien que con las especies o líneas de especies previamente seleccionadas en base a una primera fase de eliminación de especies, en pequeñas parcelas instaladas en los lugares más representativos del lugar o región.

El establecimiento de una plantación forestal basada en investigaciones incompletas puede conducir a resultados desastrosos; sin embargo, las urgentes consideraciones económicas o políticas rara vez permiten esperar hasta cuando las especies ensayadas hayan completado la rotación.

De esta manera se comprende la necesidad de obtener y divulgar resultados sobre el comportamiento y desarrollo de las especies, en cualquiera de las etapas de ensayo en que se encuentren las plantaciones experimentales (54).

En los lugares donde los bosques naturales han sido destruidos en áreas grandes, y donde no existen fuentes naturales de semilla de especies deseables localmente, las plantaciones son necesarias. Estas plantaciones pueden dar excelentes resultados económicos a largo plazo, siempre que estén basadas en conocimientos adecuados de los requisitos ecológicos de las especies sembradas (56).

Burley (6) sostiene que en todos los países, o lugares de reforestación es esencial probar una gran variedad de especies que no son nativas del lugar. Esto incluye especies indígenas, así como especies exóticas. Aunque las especies y procedencias locales son el material utilizable más seguro hasta que los resultados de los ensayos estén disponibles, la experiencia con muchas especies en otros países indica que las especies exóticas pueden ser superiores.

Se sabe que la mayoría de los países centroamericanos importan grandes cantidades de productos forestales representados en papel y productos afines. Esta importación genera la fuga de divisas, y que se hace necesaria porque no existen plantaciones de coníferas cuya madera constituye la materia prima para la fabricación de muchos tipos de papel que requieren fibra larga.

En consecuencia, ensayar especies como las coníferas tiene una importancia comprobada en el desarrollo del sector forestal de los países,

y su explicación parece ser la de elevada productividad, facilidad de manejo, bajo costo de explotación, facilidad de obtener diversos productos del mismo para satisfacer necesidades socio-económicas y permite la utilización productiva de la mano de obra rural no especializada.

En base al razonamiento anterior se hace necesario estudiar las parcelas de coníferas exóticas introducidas a regiones potencialmente aptas para plantaciones forestales. Este trabajo tiene por finalidad estudiar el comportamiento de diecinueve especies de coníferas introducidas en Costa Rica.

Las especies analizadas son:

1. *Agathis robusta* Bailey
2. *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.
3. *Araucaria araucana* (Molina) D. Koch
4. *Araucaria cunninghamii* Sweet
5. *Araucaria excelsa* R. Brown
6. *Araucaria hunsteinii* K. Schumann
7. *Cryptomeria japonica* D. Don
8. *Pinus ayacahuite* Ehrenberg
9. *Pinus insularis* Endl.
10. *Pinus khasya* Royle
11. *Pinus luchuensis* Mayr
12. *Pinus michoacana* Martínez
13. *Pinus montezumae* Lamb.
14. *Pinus oocarpa* Schiede

15. *Pinus patula* Schl. & Cham.
16. *Pinus pseudostrobus* Lindl.
17. *Pinus radiata* D. Don
18. *Pinus taiwanensis* Hayata
19. *Pinus tenuifolia* Benth.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 *Agathis robusta* F. M. Bailey

2.1.1 Habitat natural e importancia económica

Esta conífera es siempreverde, originaria de Australia e introducida en años recientes para pruebas en plantación. Se reconoce por:

1) El tronco erguido y recto, con corteza gris o moteado pardo, resinosa y ramas verticiladas; 2) Follaje verde oscuro, principalmente opuesto oblongas o angostamientos ovados, agudos y conáceas, comúnmente de 10 a 13 cm de longitud, sin venas visibles, esparcidas en dos filas a lo largo de ramillas verdes claras; y 3) Conos en forma de huevo, redondeadas y leñosos de 10 a 13 cm de largo, según Little (34).

Prefiere sitios con lluvia bien distribuída y altitudes comprendidas entre 45 y 300 metros sobre el nivel del mar, tal como han sido comprobadas en Uganda. En cuanto a suelos esta conífera tiene preferencia por los suelos forestales profundos en arcillas volcánicas y suelos coralinos. La especie no desarrolla bien en los pastizales, opina Laurie (33).

Este árbol forestal que llega en la madurez de 30 a 45 m de alto y 0,9 a 1,22 m o más de diámetro en su habitat nativo, ha sido introducido a Puerto Rico, donde árboles inmaduros han alcanzado 15 m o más de altura y 45 cm de diámetro. El tronco sostiene una copa larga y estrecha, redondeada en el ápice, con ramas cortas, esparcidas, horizontales y poco péndulas, de follaje denso y verde oscuro, la corteza es gris o parda y poca resinosa, con sabor a trementina, las ramillas son verde claras, suaves y lampiñas, llegando a ser pardo claras y finalmente fisuradas (34).

La madera de *A. robusta* es de color crema a pardo clara, liviana con gravedad específica de 0,40 y textura fina. Es importante localmente para los nativos en trabajos de estantería y para interiores, siendo fácilmente trabajable y también fácil de pintar y pulir. Es útil asimismo para construcciones en general y para pulpa de papel, según Little (34).

2.1.2 Ensayos de introducción

Ensayos de introducción que se hicieron en Puerto Rico, han reportado que se trata de un buen árbol forestal para sitios montañosos con alta precipitación; plantado con buen resultado desde el nivel del mar hasta 750 m de altura en la cordillera alta y en los bosques de Luquillo. Esta especie puede ser utilizada como ornamental, según Little (34).

Laurie (33), al referirse a esta conífera cita algunos lotes de ensayo llevado a cabo en dos países, donde la tasa de crecimiento en altura es de 1,2 a 1,8 m por año en Uganda y 1,2 m al año en las Islas Solomon, con un crecimiento diamétrico temprano de 1,5 cm, la forma y hábitos de las ramas es en general buena, es decir, con copas angostas pero con ramas muy bajas y persistentes.

No han sido reportados daños ocasionados por enfermedades y pestes. El material crecido en las plantaciones de las Islas Solomon, es considerado como aceptable para pulpa, con fibras muy largas.

En las Islas Solomon existen dos lotes de ensayo, con un tamaño promedio de 0,04 ha, de una edad de 5,5 años. Mientras que en Uganda, existen aproximadamente 21 lotes con tamaño promedio de 0,4 ha, de tres

años de edad, según Laurie (33).

Como se aprecia, las plantaciones de ensayo son todavía muy jóvenes, razón por la cual son escasos los datos de crecimiento de *A. robusta*.

2.2 *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

2.2.1 Habitat natural e importancia económica

A. angustifolia se encuentra en su forma nativa en el territorio de Misiones, de la República de Argentina. La altitud máxima en esta área es de 800 m.s.n.m. y las condiciones climáticas arrojan temperaturas absolutas mínimas desde -3°C a máximas de $44,5^{\circ}\text{C}$. La *Araucaria* tolera esas temperaturas extremas, cuya media anual ha sido registrada entre 16° y 18°C (36).

A partir de 500 m de altitud la precipitación puede llegar a más de 2.000 mm anuales. En zonas en las cuales hay sequías periódicas, esta especie soporta muy bien debido a sus raíces profundas.

A. angustifolia se encuentra también en forma natural en varios estados de Brasil, especialmente donde la precipitación varía entre 1.500 a 2.000 mm anuales, con una temperatura promedio variable entre $15,8^{\circ}\text{C}$ a $19,9^{\circ}\text{C}$ bajando a menos de 0°C con fuertes heladas y en alturas promedio de 600 a 800 m.s.n.m. (36).

A. angustifolia posee una copa de forma típicamente cónica hasta aproximadamente los 30 años, después del cual adopta la forma de una cúpula, y prosigue gradualmente hasta que definitivamente se torna como una sombrilla. En este punto, el árbol puede medir entre 28 y 35 m y

detiene su crecimiento en altura, pero no así las ramas que continúan desarrollándose hacia la cima, de tal manera que sus puntos más altos sobrepasan la guía, adoptando la copa una forma cóncava (36).

La madera es suave, de textura uniforme y es muy apreciada en trabajos de carpintería y de construcción debido a que es de fácil manejo. Se emplea el "pino brasileño" (*A. angustifolia*) para los más variados fines por ser madera blanca y muy fácil de trabajar. La fibra del pino brasileño es considerada una de las más largas y mejores para la industria del papel, superior a los pinos americanos y europeos (36).

2.2.2 Ensayos de introducción

Fue introducida a Colombia, y se encuentra plantado como árbol ornamental en altitudes de 1.700 a 2.200 m. En esa región presentó una ramificación defectuosa, según Sicco, citado por Maluf (36).

En Australia, fue plantado en zonas con 1.250 mm de precipitación. Un experimento de 99 árboles en suelos rojos de la Sierra en Jarra-man mostró mejor crecimiento que el cultivo adyacente de *Araucaria cunninghami* Sweet plantado al mismo tiempo; demostrando a su vez poseer una mejor forma y un crecimiento inicial mucho más rápido que aquél, pero en cambio es menos resistente a la sequía (55).

En la República Sud Africana, una primera introducción fue iniciada con éxito en 1929 y 1930. El crecimiento fue lento, y los árboles mostraron tener buena forma, aunque con algunos problemas sanitarios. Los mejores resultados registrados fueron en Entabeni donde el promedio de altura de los árboles fue de 22,1 m con un diámetro de 37,5 cm a los 31 años de edad, en suelos profundos areno-arcillosos y con precipitación

anual de 1.900 mm (36).

2.3 *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch

2.3.1 Habitat natural e importancia económica

Es una conífera que está distribuída desde los faldeos de Copahué a 37° Sur en Chile, a Lago Hermoso a 40° Sur en Argentina; alcanza las cordilleras de la Costa del Pacífico (Arauco, Chile), creciendo entre 600 a 800 metros de altitud en Argentina, y hasta 1.500 metros en Chile. Forma rodales puros dispersos o en asociación con *Nothofagus dombeyi* Blume, *N. punilo* Krasser, *N. antártida* (Fort.) Oerst, y menos frecuentemente con *Libocedrus chilensis* (Don.) Endl. Requiere suelos volcánicos y una región climática semiárida o semihúmeda, de 1.000 a 1.500 mm de lluvia de veranos secos; promedio de temperatura para el período vegetativo febrero y abril, 15°C (52).

A. araucana es un árbol siempreverde de copa abierta, tipo paraguas. Alcanza de 25 a 40 metros de altura, y de 70 a 100 cm de D.A.P.; es de crecimiento lento, crece más o menos 70 cm por año en los primeros 7 u 8 años; después hasta los 30 años, 40 cm por año, y después 15 cm por año. El crecimiento diametral es de 1 cm por año en los primeros 20 años, y 0,6 cm por año después. Algunos árboles alcanzan hasta 1.000 años de edad (52).

A. araucana es nativa de la zona templada, que está confinado a la parte sur de Chile y a la parte occidental de Argentina; en consecuencia, está fuera de las tierras bajas tropicales (41).

Las áreas bajo cultivo con esta especie, están limitadas a Chile y Argentina, ya que se desconocen reportes de que hayan sido introducidas

a nivel de rodales comerciales en otros países (45).

La madera es de color amarillo pálido, textura fina y de buena calidad; es usada para construcciones en general, cielo raso, pisos, puertas, ventanas, muebles, y cajas, y es considerado apropiado para pulpa de papel (50).

2.3.2 Ensayos de introducción

A. araucana, en plantaciones experimentales, ha demostrado tener un crecimiento bastante lento, pero produce madera valiosa. Plantada como exótica se ha comportado como monotípica y muestra inmunidad relativa a las plagas (62).

2.4 *Araucaria cunninghamii* Sweet

2.4.1 Habitat natural e importancia económica

Esta especie se extiende latitudinalmente desde unos 30°S en Nueva Gales del Sur hacia la parte tropical de Queensland, y llega hacia las montañas de Arfak en Nueva Guinea y las islas situadas al este de Papua, hasta una latitud de 8°S. Crece en forma natural en Papua, Nueva Guinea y Australia (41).

En Nueva Guinea esta especie se encuentra desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2.500 m de altura. En Australia se encuentra desde el nivel del mar hasta 1.000 m de altura y su habitat comercial se extiende desde la altiplanicie Dorrigo, en la parte norte de Nueva Gales del Sur, hasta llegar a las cercanías de Rockhampton, Queensland; además, se encuentran unas pocas áreas limitadas en las mesetas de Tully y Atherton, de Queensland del norte (41).

Gray (20) sostiene que *A. cunninghamii* se encuentra en elevaciones aproximadas a 2.800 metros en las montañas de Dayman y Suekling al sureste de Papua a una latitud de 9°50'S; la siguiente altura en ocurrencia es a 2.440 metros en las montañas de Brown y Obree a una latitud de 9°30'S. Arriba de la latitud 8°00'S, raramente se encuentra por encima de 2.200 metros.

En Queensland Sudoriental, donde esta especie es la más común, el clima es subtropical, la estación cálida es húmeda y las condiciones de la estación fría son moderadas. Cerca del mar no hay heladas, pero en el interior a mayores altitudes puede haber hasta 20 días de heladas anualmente. Las temperaturas medias anuales varían entre 21,1 hasta 26,6°C, y en los meses más fríos entre 9,4 y 17,7°C (41).

El frío extremo tiene un efecto dañino sobre las plántulas de *A. cunninghamii*; las ramitas se marchitan y quedan colgando del tallo principal. Para plantar *A. cunninghamii* se debe tener cuidado en seleccionar los sitios donde no se ocurren severas y tardías heladas. En consecuencia, en Nueva Gales del Sur, los sitios de plantación se limitan a las zonas subtropicales y del bosque higrofítico seco por debajo de 61 m de altura (41).

A. cunninghamii es naturalmente apropiada para zonas con estaciones húmedas y secas, pero tiene pocas perspectivas de desarrollarse en zonas donde la precipitación es distribuida uniformemente durante todo el año y donde no existe una estación realmente seca, según Golfari, citado por Ntima (41). Sus exigencias de pluviosidad van desde 1.016 hasta 1.524 mm anualmente, con la mayor precipitación durante los

meses de enero hasta abril en Australia.

Esta especie crece en una gran variedad de suelos, a condición de que estén bien drenados y que conserven humedad durante todo el año. Le favorecen particularmente los suelos derivados de rocas metamórficas, basaltos y granito, y para un desarrollo óptimo requiere suelos limo-arcilloso profundos, húmedos y fértiles (41).

Arbol siempreverde, generalmente alcanza alturas de 30-45 m, con diámetros de 0,60-1,20 m; se han registrado dimensiones de 60 m de altura y 1,50 m de diámetro (41). El fuste en el árbol maduro no tiene ramas, es recto, con muy poca conicidad y las dos terceras partes de su altura total están libres de ramas.

La madera se puede destinar a diversos usos, desde construcción hasta material de embalaje. Las fibras son largas y adecuadas para producir pulpa y papel.

2.4.2 Ensayos de introducción

Se ha informado que *A. cunninghamii* en el Arboreto Muguga, Kenya, se estaba desarrollando bien. El crecimiento en altura en 8 años es de 8,53 m, con un D.A.P. promedio de 8,6 cm (41). Bajo condiciones adecuadas de plantación, el crecimiento de *A. cunninghamii* es satisfactorio, aunque no rápido, según Baur, citado por Ntima (41).

Baur (1962), citado por Ntima (41), presentó los siguientes datos de crecimiento de *A. cunninghamii* en plantaciones sobre sitios del Bosque Higrofítico: Sitio A, a la edad de 16 años alcanza una altura promedio de los dominantes de 17,07 m, crecimiento diamétrico promedio de 19,1 cm; área basal por hectárea ($27 \text{ m}^2/\text{ha}$) y un volumen comercial por

hectárea de $131,70 \text{ m}^3/\text{ha}$; Sitio B, altura promedio de 14,63 m; diámetro promedio de 18,0 cm, área basal de $22,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ y un volumen comercial de $71,16 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Para el Sitio C, considerado el mejor, se reporta un crecimiento longitudinal para 19 años del rodal, de 19,81 m; diámetro promedio de 21,97 cm, con una área basal de $41,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ y un volumen comercial de $270,97 \text{ m}^3/\text{ha}$.

2.5 *Araucaria excelsa* R. Brown

2.5.1 Habitat natural e importancia económica

A. excelsa es originaria de la Isla Norfolk, una pequeña isla de baja altura y azotada por el viento en el Océano Pacífico, longitud 167°E y latitud $28^\circ30' \text{ S}$. También se encuentra en forma natural en la Isla Hawai. Pero se ha extendido por todo el mundo como una especie de árbol ornamental (55). En las Filipinas se ha plantado en gran escala como árbol ornamental y árbol de navidad y también en plantaciones de embellecimiento del paisaje en zonas residenciales (7, 37).

Árbol siempreverde, de hasta 50 metros de altura, requiere más de 600 mm de lluvias anuales y es sensible a las heladas y a la sequía; son resistentes al viento (43).

Este árbol ornamental que se ha popularizado en Puerto Rico en años recientes, se conoce por: (1) la forma claramente simétrica con su eje erecto, terminando en un punto, con una corona angosta cónica de color verde oscuro; (2) ramas horizontales regulares y en coronas o verticilos de 4 a 7; (3) hojas muy numerosas y diminutas; (4) muchas ramitas airoas "en forma de cuerda" agrupadas regularmente en un plano

horizontal; (5) árbol siempreverde y resinosa, según Little (34).

A. excelsa es un árbol grande y hermoso el cual en condiciones naturales alcanza una altura entre 45,72 y 61,0 m, con diámetro de 1,52 a 2,13 m; ramas primarias horizontales, en verticilos regulares con ramitas laterales horizontales.

Los grandes problemas que se confrontan con esta especie son: el suministro de semilla y el corto período de retención de su viabilidad.

Su madera es tan buena como la de las otras *Araucaria* spp. Los principales usos son: madera aserrada, chapas y madera contrachapada, pulpa y papel (41).

2.5.2 Ensayos de introducción

En el África oriental los árboles ornamentales han alcanzado una altura de 36 metros en 15 años; el diámetro en algunos ejemplos aislados de esta altura es de unos 2,5 metros (42). *A. excelsa* se desarrolla bien en todos los tipos de suelo y en las Filipinas se observó que crecía bien a bajas y elevadas alturas, hasta 1.524 metros sobre el nivel del mar, donde generalmente el clima es fresco. Resiste al viento y puede soportar muy eficazmente la acción de las brisas salinas. Se ha cultivado con éxito a lo largo de la playa "Goldcoast", al sur de Brisbane, Australia, en condiciones salinas (19).

Esta especie se cultiva a menudo para ornamento alrededor de casas de la ciudad en partes húmedas de Puerto Rico, especialmente en San Juan. Es frecuente en parques y jardines, también extensivamente cultivado en plantaciones forestales en climas tropicales y subtropicales

en todo el mundo, por ejemplo, en Florida y Hawai, en donde muchas veces encontramos árboles grandes hasta de 24 m de altura, con fuste recto de 90 cm de diámetro hinchado en la base o con gambas pequeñas y anchas; más al norte en Arizona, California y Argentina al sur, se cultivan también dentro de las casas en masetas, pareciéndose a árboles de navidad (34).

2.6 *Araucaria hunsteinii* K. Schumann

2.6.1 Habitat natural e importancia económica

A. hunsteinii es una especie indígena de Nueva Guinea, donde crece en las zonas montañosas. Se consigue en el mismo sitio ecológico de *A. cunninghamii*. Ambas especies ocupan una zona de unos 16.190 ha y son comunes en las montañas cerca de Finschhafen y en los cerros de la parte alta del Río Ramú. Alcanza su mejor desarrollo en el distrito de Wau-Bulolo. Según Havel, citado por Ntima (41), su habitat está comprendido entre las latitudes de 5 a 10°S hasta el valle Jimmi en el Sureste.

Gray (20), al referirse a la *A. cunninghamii* y *A. hunsteinii*, en relación con su distribución sostiene que ambas especies tienen similar límite inferior altitudinal; sin embargo, hay una marcada diferencia sobre el límite superior. *A. hunsteinii* no se encuentra hasta cerca de los 2.800 m.

A. hunsteinii crece en las zonas montañosas a alturas que oscilan entre 610 y 1.525 m sobre el nivel del mar. Alcanza su mejor desarrollo en el distrito de Wau-Bulolo en alturas de 750 a 1.200 m. Tanto en Bulolo como en Wau las temperaturas máximas son similares y no varían notoriamente con la estación; están cerca de los 32,2°C todos los meses,

y una mínima de 17,7 a 18,8°C (41).

En los distritos de Bulolo y Wau de Nueva Guinea, donde *A. hunsteinii* alcanza su óptimo desarrollo, la precipitación media anual es de 1.600 mm y 1.854 mm, respectivamente. El período más seco del año es de mayo a setiembre, pero no hay una estación seca bien definida. Ningún mes tiene un promedio de pluviosidad inferior a 76 mm.

En Nueva Guinea la experiencia ha demostrado que los vientos fuertes pueden quebrar la cima de los árboles de esta especie; en consecuencia, no debería plantarse sobre la parte alta de las cordilleras o en áreas donde pueden presentarse vientos fuertes (41).

Las principales rocas de la zona donde crece *A. hunsteinii* son derivadas de depósitos lacustres del pleistoceno e incluye esquistos arcillosos, piedras areniscas y conglomerados. Los suelos formados sobre los depósitos lacustres y aluviales generalmente son de textura pesada, arcillas de limos hasta limos arcillosos. El drenaje es moderado y hay una tendencia hacia la alcalinidad. Se ha sugerido que cuando se escoja un sitio para viveros o para establecer plantaciones se eviten los suelos alcalinos (41).

El árbol crece hasta alcanzar alturas de 46-85 m con un fuste limpio cilíndrico de 43 m hasta el primer verticilo de ramas. Las ramas generalmente en verticilos de 5, el fuste es recto y cilíndrico, y su tamaño corresponde aproximadamente a la mitad de la altura total del árbol. La copa es de forma pirámida, no densa, con hojas que tienden a agruparse en la punta de las ramas. El D. A. P. de los árboles maduros normalmente llega hasta 6 m, pero diámetros aproximadamente 3 m son más comunes (41).

La madera se usa principalmente en la elaboración de madera aserrada, chapas, madera contrachapada y para pulpa y papel. En vista que la madera no tiene durabilidad es necesario aplicar tratamientos preservativos adecuados cuando se usa a la intemperie y en situaciones que favorecen la pudrición (41).

2.6.2 Ensayos de introducción

En la actualidad hay poca información sobre los datos de crecimiento de *A. hunsteinii* en parcelas de ensayo, en vista de que solamente unas pequeñas áreas han alcanzado la edad suficiente para el establecimiento de parcelas de rendimiento. No obstante, hay indicaciones de que el desarrollo inicial de *A. hunsteinii*, en plantaciones de Nueva Guinea, es muy alto (41).

Los datos de parcelas de rendimiento en Nueva Guinea para *A. hunsteinii* reportan los siguientes estimadores del crecimiento: altura de los dominantes, 12,5 m para 8,5 años del rodal; área basal 10,5 m²/ha, y un diámetro promedio de 14,2 cm. En cambio en una plantación de 16,5 años, el crecimiento longitudinal de los dominantes es de 28,4 m, con un diámetro promedio de 34,5 cm y una área basal de 29,0 m²/ha, que como se aprecia son muy satisfactorios.

2.7 *Cryptomeria japonica* D. Don

2.7.1 Habitat natural e importancia económica

C. japonica se encuentra en el Japón y China central formando grandes bosques. Fue identificado por Kaempfer en Japón (1662) y Cunningham en China (1701).

C. japonica, llamado comúnmente "el ciprés del Japón", alcanza

50 m de altura, es piramidal, de 6 a 10 m de circunferencia en la base; presenta tronco recto y cónico; corteza café rojiza, gris cuando vieja, 2,5 cm de grueso brevemente fisurada, fibrosa descascarándose en tiras largas (47).

Conífera alta, de fuste muy recto, ramas delgadas y follaje de aspecto agradable; adecuado para estaciones húmedas en zonas de precipitación entre moderada y alta de altitud media. Es exigente en cuanto a suelos, prefiriendo las tierras francas, profundas y húmedas.

La madera es ligera pero muy durable y de excelente calidad. Es una magnífica especie para postes grandes, pero su incremento diametral es bajo para los fines de la producción maderera (17).

2.7.2 Ensayos de introducción

En una plantación de Tanganyika, se ha comprobado que el crecimiento es bastante lento, a pesar de estar en una buena condición climática, sólo pudo alcanzar 22 metros en 34 años. Sin embargo, puede crecer en rodales muy densos, y dar rendimientos altos a pesar de su lentitud de crecimiento. En Tanganyika una buena plantación de 34 años tenía un volumen en pie de 348 metros cúbicos de madera por hectárea, con un diámetro superior a 20 centímetros, y más de 122 metros cúbicos de madera de leña por hectárea; en los aclareos se habían sacado 138 m cúbicos por hectárea (17).

Se ha demostrado que *C. japonica* es sensible a la sequía, a las bajas temperaturas y a sus cambios bruscos. Requiere suelos frescos, profundos y atmósfera húmeda. Puede alcanzar una altura total de 60 metros. Es plantada en los parques y jardines de varios países en Europa

con variables resultados (19).

La especie es promisoría para zonas consideradas demasiado húmedas para los cipreses. En el Japón se reconocen diversas variedades, algunas de ellas de mala forma. La variedad introducida a Tanganyika es de excelente conformación, pero no produce semilla viable. En el Japón se cultiva en espaciamentos muy compactos, lo cual, desde el punto de vista silvícola, parece ser eficaz, puesto que la especie responde bien en masa densa (17). Para una plantación de *C. japonica* en el Brasil, en una zona ecológica subtropical a una latitud de 23°26'S y longitud de 46°44'O, y elevación de 730 metros, se reportó los siguientes datos de crecimiento para árboles dominantes y codominantes (58):

Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Densidad por hectárea Nº de árboles	Area basal (m ² /ha)	Volumen (m ³)
16	14	16	3417	50	372
1818	16	18	2117	43	342
20	18	20	1450	36	319

Según Ghosh (18), *C. japonica* del oeste de Bengala, donde ha sido introducido debido a ciertos factores favorables silvícolas y de localidad, está situada en latitudes de 26°3'N y 27°12'N y longitudes de 87°59'E y 89°55'E, en colinas de 1.600 a 2.400 m de altura, con un clima que es semejante al templado, y donde la temperatura cae a 0°C o más bajo en los meses de invierno. Los crecimientos diamétricos para diferentes edades de plantación son:

Edad (años)	Crecimiento diamétrico (cm)	Observaciones
5	6,86	Altitudes va-
10	13,97	riables desde
15	19,56	1.600 m a
20	24,89	2.400 m
25	28,70	
30	32,26	
35	34,80	
40	37,59	
45	39,88	
50	41,15	

2.8 *Pinus ayacahuite* Ehrenberg

2.8.1 Habitat natural e importancia económica

Este pino se encuentra en México en los estados de Sonora, Chiuhua, Coahuila, Nuevo León y en Guatemala. En Honduras en la localidad de Montaña de Santa Bárbara, y en el Departamento de Chaltenango. También se encuentra en El Salvador (1, 39).

Su habitat natural oscila entre 2.300 a 3.200 m sobre el nivel del mar. Esta especie se adapta a distintas pendientes, desde plano a escarpada (25). Su distribución geográfica está entre 16 a 21° de latitud norte y 92 a 101° de longitud oeste. El *P. ayacahuite* típico se encuentra en altitudes de 2.400 a 3.000 metros, principalmente en los valles protegidos de las montañas del estado de Oaxaca. La precipitación

anual en esas áreas es probablemente 1.400 mm. Se registran heladas suaves durante el invierno, y el clima es generalmente más húmedo y templado que en la región norte, donde se encuentra el *P. ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw. Se presenta a veces en masas puras de extensión limitada, pero más a menudo se halla asociada con otras especies como *P. patula* var. *longepedunculata* Loock, *P. oocarpa* var. *ochoterenai* Martínez y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* Martínez (46).

Esta especie fue observada en suelos ricos, bien drenados y moderadamente profundos, derivados de rocas ortho o paragneisses y dolomitas calcáreas asociadas con andesita (46).

Es un árbol de 20 a 35 m de altura y a veces alcanza 45 m o más; de tronco recto, cilíndrico cuando crece en bosques poco densos, combado cuando halla obstáculos al crecer en muchos casos bifurcados hacia el medio superior y algunas veces desde la base; en ejemplares de los márgenes de la carretera Totonicapán-María Tecún (México), se han medido troncos cuyos diámetros oscilan entre 0,75 y 1,20 m, siendo siempre más bajos y de menos diámetros, los que crecen en las cumbres pedregosas; corteza color gris del blanquesino al bruno rojizo, relativamente lisa en árboles jóvenes y áspera rugosa y escamosa en los adultos; ramaje verticilado o no, ascendente, horizontal, hasta colgante, con las cualidades de emitir renuevos por los cortes de las ramas o del tronco joven; en los ejemplares de Totonicapán suelen hallarse copas muy densas, en otras localidades, de mediana densidad hasta poco densas, ordinariamente de forma largamente piramidal (1).

Su madera de haces rectas, flexibles, de color blanco amarillento,

fácil de trabajar; se emplea en construcciones urbanas, mueblería corriente y para la curtición de pieles (1).

2.8.2 Ensayos de introducción

Se hicieron pruebas de eliminación de especies de pino, en Nigeria para diferentes sitios:

Afaka: latitud 10°37'N, longitud 7°17'E, altitud 600 m; precipitación anual 1.290 mm, temperatura media anual 25°C, suelo con pH 5,3 a 6,2.

Miango: latitud 9°50'N, longitud 8°40'E, altitud 1.130 m; precipitación anual 1.570 mm, temperatura media anual de 22°C, con suelo pH 5,2 a 5,6.

Ngoroge: latitud 7°00'N, longitud 9°30'E, altitud 1.680 m; precipitación anual 1.750 mm. Suelo derivado de basaltos.

En Miango, la plantación de *P. ayacahuite*, a la edad de 2,8 años, alcanza una altura media de 67 cm, y una sobrevivencia de 8 por ciento; mientras que en Ngoroge, la altura media es de 200 cm, con una sobrevivencia de 83 por ciento, para una edad del rodal de 3,9 años; según informa Iyamabo (30).

En general, son pocos los reportes sobre la evolución del crecimiento de esta especie, parece ser porque los ensayos de parcelas no han alcanzado la edad suficiente para efectos de análisis más detallados.

2.9 *Pinus insularis* Endl.

2.9.1 Habitat natural e importancia económica

P. insularis crece en la mayoría de las partes más altas del

sureste de Asia, desde las colinas de Khasi de Assam, India, los valles de Zayul en el sureste del Tibet y sureste de Yunnan, hasta las montañas altas del sur de Vietnam y las montañas del norte de Luzon en las Islas Filipinas. Su distribución es conocida incompletamente en muchas partes del sureste de Asia, especialmente en las montañas de Laos al norte de Vietnam (10).

Los límites de la especie en China no están bien definidas, debido a su similaridad con *Pinus yunnanensis* Franchet. Wu (63) considera las dos especies como una sola, pero se sigue singularizándolos en base a la descripción de los botánicos que generalmente los tratan separadamente; Handel-Mazzetti (21), Wang (59) y Wilson (61). Posiciones intermedias han sido reportadas por Perkins (48), quien cree que *P. merkusii* De Vriese está entre las dos especies anteriores, tal como se presenta en Zambales de la región de Luzón.

P. insularis es conocido en la literatura como "Bengue pine". Forma bosques muy densos y extensos en las tierras altas en el norte de Luzón, y está considerado por muchos de ser la misma especie que *P. khasya* Royle (10).

La distribución altitudinal de *P. insularis* es de cerca de 1.000 a 2.700 metros y ocasionalmente tan alto como 3.000 metros sobre el nivel del mar. Se reproduce bien, parece ser agresivo y se expande rápidamente. Este pino, llegó a Luzón desde las tierras de Asia, ya sea en el terciario o, más seguro, mucho más tarde, durante la época de la edad de hielo en el norte (39).

2.9.2 Ensayos de introducción

Ensayos de crecimiento con varias especies de pino, entre ellos el *P. insularis*, de procedencia Filipina, han demostrado que dicha especie mostró una alta sobrevivencia después del trasplante. Los datos de crecimiento en altura para el sitio L'Anguededon (Costa de Ivory) son: altura media para un año de edad: 0,6 m; altura total a los dos años de edad: 2,4 m; altura total a los tres años de edad, 4,2 m (12).

Muchos otros ensayos han sido practicados en diferentes lugares, lamentablemente la literatura está confundida debido a los problemas taxonómicos de que es objeto, al señalársele muchas veces como *P. khasya*.

2.10 *Pinus khasya* Royle

2.10.1 Habitat natural e importancia económica

El *P. khasya* se encuentra ampliamente distribuido en la zona tropical a templado-cálido del sureste continental del Asia y de algunas islas adyacentes. La amplitud geográfica total no es aún completamente conocida; se tiene información de su ocurrencia en Assam, Burma, Tailandia, Yunnan, Laos, Camboya, Vietnam del Norte y del Sur, Luzón y en las Islas Mindora en las Filipinas. El *P. khasya* se encuentra a altitudes de 600 a 2.500 m. La procedencia de las Islas Filipinas tiene una amplitud altitudinal de 1.000 a 2.700 m, ocasionalmente hasta 3.000 m (3).

La temperatura varía de 1°C a 38°C, y la precipitación de 1.800 a 4.500 mm anuales. En toda su amplitud el *P. khasya* está expuesto a estaciones secas de 4 a 6 meses. Crece en un amplio rango de sitios, que incluyen suelos superficiales pobres, margas pesadas y arcillosas como

cascajo, provisto de buen drenaje, según Barret, citado por Silva (54).

La aireación del suelo puede ser importante factor en las Filipinas, donde el crecimiento es mucho mejor en suelos arenosos que sobre suelos arcillosos pesados. Este mismo autor informa que en Zambia, Malawi y Malaya, así como en tierras altas de Cameron, el crecimiento más promisorio del *P. khasya* se presenta en sitios muy bien drenados (31).

El *P. khasya* en las Filipinas alcanza hasta 40 m de altura y 120 cm de diámetro. La madera es de buena calidad, medianamente dura, muy resinosa, se utiliza en construcciones de viviendas y otros usos generales. El árbol produce una resina de alta calidad (54).

Los ensayos de pulpa de *P. khasya*, cultivado en Zambia, han dado buenos resultados y se indica que la madera es adecuada para la fabricación de papel periódico. A pesar de la naturaleza resinosa de la madera no se presentan mayores inconvenientes con las manchas de resina. Se ha encontrado que el papel periódico de *P. khasya* tiene propiedades de resistencia ligeramente más alta que las de *P. patula* Schl. & Cham. Los ensayos de desenrollado de chapas para cajas de fósforos, utilizando *P. khasya* cultivado en Rodesia, han dado buenos resultados (54).

2.10.2 Ensayos de introducción

El *P. khasya* como exótica se ha comportado bien en climas monsonicos severos, comparable a su tierra natural en las Filipinas, y no ha dado resultados satisfactorios en altitudes bajas. Es menos tolerante al anegamiento que el *P. caribaea* Morelet; en Filipinas las plantaciones de esta especie, en suelos arcillosos rojos, son atacados severamente por perforadores de los brotes, y en Queensland e India, por insectos

descortezadores. Estos ataques de insectos son debido probablemente a la inconveniencia del suelo y clima en esas áreas (31).

En plantaciones, el *P. khasya* siempre presenta ramas muy gruesas, y rara vez exhibe un fuste recto en su juventud. No se debe plantar a distanciamientos mayores de 2,5 x 2,5 m y todos los árboles se deben limpiar y podar, eliminando las ramas gruesas más bajas, más o menos al cuarto año de edad. Las podas siguientes hasta la mitad de la altura controlan el tamaño de los nudos, limitándolos al centro del tronco del árbol. Con el crecimiento posterior, la forma del fuste se ve mucho más recta. Esta es una especie que probablemente en un programa de mejoramiento diseñado para la obtención de fuste de mejor forma, dará resultados satisfactorios, según Lamb (31).

Las parcelas experimentales de *P. khasya* en los Andes Venezolanos, se encuentran en las condiciones ecológicas de las zonas de vida: Bosque Húmedo montano bajo, Bosque Húmedo premontano; a altitudes comprendidas entre 1.300 y 1.850 m. La evaluación de las parcelas determinan una alta sobrevivencia, con un crecimiento longitudinal de 1,0 a 1,3 m/año, y de diámetro entre 2,0 a 2,7 cm/año.

Esta tendencia aún se manifiesta en el grupo de árboles de 10,5 años de edad, que representan en promedio, 11,6 m de altura y 27,8 cm de D.A.P.

Las parcelas presentan la mayoría de los árboles con fustes rectos o ligeramente torcidos, pero debido al excesivo desarrollo de la ramificación desde la base del árbol, exhiben una pronunciada conicidad. Los árboles en promedio tienen: 1-2 verticilos/m, 5 a 6 ramas

por verticilo, 3 a 6 cm de grosor de ramas, y 45 a 90 grados de ángulo de inserción de las ramas. En la zona de vida Bosque seco premontano se observó una alta incidencia de "cola de zorro" (90%) (54).

Howcroft (26), en un ensayo de procedencias de *P. kesiya* en Papua, Nueva Guinea, encontró que la procedencia de Malagasy crece claramente más rápido que la procedencia de Tailandia.

Sin embargo, la procedencia de Tailandia es menos susceptible a dos tipos de defectos: muerte regresiva de la cima de los árboles y doble fuste. Muerte regresiva ha sido atribuido parcialmente a la deficiencia de boro en el suelo, aunque los autores creen que la sequía podría contribuir altamente a esto. También se cree que muerte regresiva es controlado genéticamente, ya que dentro de la procedencia más afectada (Malagasy), se han encontrado ejemplares sin efectos malos.

2.11 *Pinus luchuensis* Mayr

2.11.1 Habitat natural e importancia económica

P. luchuensis es una especie de pino originario de Okinawa y de las islas adyacentes de la cadera Ryukyu, la cual está localizada entre Japón y Formosa. En la parte más al norte de las Islas Ryukyu, Oshima, el punto más alto es de 700 metros. Durante la segunda guerra mundial la mayoría de los pinares en Okinawa fueron destruidos. En las islas del sur de Ryukyu en cambio, el daño fue menor (39).

En las islas de Ryukyu, *P. luchuensis* es un árbol de baja elevación, usualmente de forma pobre con fustes irregulares y nudosos debido al viento. En Formosa donde *P. luchuensis* es plantado a bajas elevaciones, desde el nivel del mar hasta 1.000 metros, el árbol se ve mucho

mejor que en Okinawa pero inferior al *P. taiwanensis* Hayata (39).

P. luchuensis es la única especie que habita las islas Jonaguni, más al sur de los Ryukyu hasta Amami-Oshima, al noreste de Okinawa; es también la única sobre las islas de Tokora al norte de Amami-Oshima (60).

Es un árbol que alcanza alturas de 30 metros, con su tronco recto y una copa en forma de paraguas o sombrilla. La corteza de los árboles jóvenes y la parte alta de los árboles viejos es delgada y de color gris clara, marcada con parches cuando está vieja. Las yemas de invierno rojizas, resinosas con escamas apretadas. Hojas impares de 15 a 20 cm de largo. Canales resinosos en el centro u ocasionalmente en el margen. Conos ovado-cónicos, simétricos, hasta cerca de 5 cm de largo, escamas del cono con la porción terminal pardo brillante. Se distingue de otros pinos duros del este de Asia por la corteza suave de los árboles jóvenes. La madera es muy dura y pesada, semejante a la de *P. thumbergii* Parl. (11).

2.11.2 Ensayos de introducción

En el sur de Nueva Wales, existen pequeñas plantaciones experimentales jóvenes de *P. luchuensis* que muestran un crecimiento vigoroso especialmente en la zona costera (57).

En Australia se ha cultivado la especie experimentalmente en el sur de Nueva Wales (57), Victoria, y en el oeste de Australia. En la plantación de Victoria, establecido en 1932, en un suelo franco de profundidad de 60 a 91 cm, el crecimiento ha sido lento y con muy mala forma. La variación en altura de los árboles a la edad de 22 años fue

de 6 a 9 metros y diámetros de 13 a 20 cm, con una densidad de aproximadamente 875 árboles por hectárea. El experimento fue considerado como un fracaso total (55). En la Unión Sudafricana, se ha probado extensivamente en varios sitios (G, K y N), de 30 a 1.400 metros de altura, con precipitación de 558 a 1.900 mm por año, con heladas ausentes o moderadas. El incremento en altura ha sido de 0,60 a 1,21 m/año, pero la forma es frecuentemente deformada, con fustes bifurcados y deformados y ramas gruesas. La mayor tasa de crecimiento se ha demostrado en una plantación de 17 años de edad en el sitio K, con una altura media de 20 metros y un diámetro de 28 cm, densidad de 377 árboles por hectárea en suelos limosos y profundos, con 1.900 mm de precipitación anual a una altura de 1.364 metros (55).

2.12 *Pinus michoacana* Martínez

2.12.1 Habitat natural e importancia económica

La distribución geográfica del *P. michoacana* está comprendida entre 16 a 23° de latitud Norte y 93 a 105° de longitud Oeste. Esta especie se presenta principalmente en el límite oeste de la distribución geográfica indicada, en los estados de Michoacán y Jalisco de México.

Se le encuentra en un amplio rango de condiciones climáticas, y altitudes que van desde 700 a 2.300 metros. Probablemente alcanza su mejor desarrollo entre los 1.500 a 2.000 metros. La temperatura media anual es de 16 a 21°C, y las lluvias varían entre 1.000 a 1.700 mm. Fue observada en suelos moderadamente ricos y profundos, así como bien drenados, derivados de basaltos, cenizas volcánicas, y dolomitas asociadas con andesitas (46).

Esta especie crece principalmente en masas abiertas, en las pendientes bajas de las montañas, asociada con *P. occarpa* Schiede, pero también con especies tales como *P. montezumae* Shaw y *P. tenuifolia* Benth. Probablemente en su mejor desarrollo alcanza alturas de 25 m y diámetros mayores de 60 cm.

El *P. michoacana* incluye dos variedades: la variedad *cornuta* Martínez tiene una distribución más amplia que el *P. michoacana* típico, crece en las mismas condiciones de este último y es un árbol que alcanza alturas de 30 m y diámetros de 80 cm; la variedad *quevedoi* Martínez es interesante porque crece bajo condiciones de zonas templadas en suelos calcáreos y arenosos y puede ser más adaptada que las otras para las altitudes mayores, según Barret, citado por Silva (54).

El *P. michoacana* constituye una de las principales especies usadas en México para la extracción de resina, y aparentemente presenta una gran resistencia a los incendios y al ataque de ciertas plagas forestales (46). Es un árbol de 20 a 30 metros de altura, con la corteza áspera y agrietada; ramillas moreno oscuras, muy ásperas, revestidos de brácteas oscuras, grandes, salientes, duras y muy juntas (38).

La madera de *P. michoacana* es dura, pesada, blanca, algo amarillenta y de buena calidad. El peso específico sobrepasa 0,50. Se utiliza para aserrío, toda clase de construcciones, postes, ebanistería, chapas y obtención de celulosa (3, 39).

2.12.2 Ensayos de introducción

En una prueba de eliminación de especies, llevado a cabo en áreas de Savanna de Nigeria, Iyamabo (30) reporta los datos de selección

para diferentes especies y sitios:

Afaka: latitud 10°37'N, longitud 717'E, altitud 600 m; precipitación anual de 1.290 mm, temperatura media anual de 25°C; suelo con pH 5,3 a 6,2.

Miango: latitud 9°50'N, longitud 8°40'E, altitud 1.130 m; precipitación anual de 1.570 mm; temperatura media anual de 22°C; suelo con pH 5,2 a 5,6.

El crecimiento longitudinal fue de 70 cm en la localidad de Afaka, a la edad de 2,8 años, mientras que en Miango fue de 82 cm, la sobrevivencia para la misma edad ha sido de 27 y 80 por ciento, respectivamente.

Existen parcelas experimentadas de *P. michoacana* en los Andes Venezolanos, en las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Montano bajo y Bosque Húmedo Premontano; a altitudes comprendidas entre 1.750 y 2.250 m; en terrenos con pendientes moderadas a fuertes, que se utilizaban para potreros. La densidad actual de los rodales sin aclarar indican una alta sobrevivencia de la especie, presenta un crecimiento longitudinal de 0,65 a 1,10 m/año, mientras que el crecimiento diamétrico es de 1,55 a 1,93 cm/año (54).

2.13 *Pinus montezumae* Lamb.

2.13.1 Habitat natural e importancia económica

P. montezumae tiene una amplia distribución en México desde Coahuila a Chiapas, extendiéndose hacia el sur de Guatemala; en las zonas montañosas de México, entre los paralelos de 15° y 25° Norte, en los estados de Michoacán y Chiapas; se encuentra la especie también en la

región oriental de Guatemala, en Rabuil. Los mejores rodales existen cerca de Toluca, México (45). Generalmente, se asocia en México con *P. rudis* Endl., *P. michoacana* Martínez, *P. leiophylla* Sch. & Deppe, *P. lawsonia* Roetzl, *P. pseudostrobus* Lindl. y otras especies (46).

La especie crece entre los 2.450 y los 2.750 m de altitud (44). En México, a una altura de 900 a 1.100 m y en Guatemala, de 1,00 a 2,100 m de altitud (45).

Su amplitud altitudinal probablemente está comprendida entre 900 a 3.500 m, en climas desde subtropicales a templados-frío, pero tiene su mejor desarrollo de los 2.400 a 2.800 m, en clima templado-cálido, donde la precipitación es mayor de 900 mm anuales; requiere una temperatura media de 6 a 12°C, pero aparece mayormente en una faja con una temperatura de 10 a 24°C. Es muy resistente a las heladas y a las condiciones de alta montaña (45).

Esta especie crece en rodales puros o mixtos sobre una variedad de tipos de suelos, pero las mejores masas puras se han observado en suelos profundos al pie de las montañas en el Estado de México (54).

En México se encuentra el *P. montezumae* en suelos bien drenados, profundos y moderadamente ricos, derivados de andesitas, basaltos y cenizas volcánicas, así como también de rocas dolomíticas y dolomitas calcáreas, asociados con andesitas (46). Este pino requiere suelos de un pH entre 4 y 6 para un crecimiento óptimo.

Aún cuando el *P. montezumae* alcanza alturas de 30 m y diámetros de 90 cm, se destaca por un crecimiento lento en los primeros años. Es una especie que parece ser relativamente resistente a los incendios y al ataque de los insectos descortezadores (46).

Es un árbol siempreverde, de 20 a 30 m de altura; corteza áspera, gruesa y agrietada cuando a lulto, color pardo rojizo; ramas extendidas, ramillas morenas y ásperas, copa irregularmente redondeada y fuste recto (46).

La madera de *P. montezumae* es blanca, resinosa, fuerte, con textura fina; es muy útil para construcciones. Mejorada y Huguet, citados por Silva (54), clasifican el *P. montezumae* en el grupo de pinos más livianos de México, con un peso específico inferior a 0,45 y se le considera conveniente para construcciones livianas y, en general, para usos donde la resistencia de la madera no sea consideración primordial (46, 51). Es también útil en la fabricación de pulpa para papel.

2.13.2 Ensayos de introducción

En una parcela experimental de *P. montezumae* en una localidad de los Andes Venezolanos bajo las condiciones ecológicas de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, a 2.250 m de altitud, se encontraron los siguientes datos de crecimiento (54):

Las características cuantitativas con 11,5 años de edad, son: crecimiento longitudinal 1,1 m/año es considerado como relativamente moderado, mientras que el crecimiento diamétrico 2,3 cms/año es alto. El rendimiento de la masa principal 667 árboles/ha en pie de esta parcela es satisfactorio; alcanza un volumen de 210 metros cúbicos por hectárea, que corresponde a un crecimiento de 18 m³/ha/año.

La parcela de *P. montezumae* observada, presenta 50 por ciento de árboles con fuste ligeramente torcidos y 50 por ciento torcidos, con entrenudos largos y verticilos en ramas fuertes. Los árboles, en promedio,

tienen: 1 verticilo por metro, 6 ramas por verticilo, 2 a 4 cm de grosor de las ramas de tamaños desiguales y 45 a 90 grados de inserción de las ramas. Son frecuentes 35 por ciento las bifurcaciones de los tallos. En general, muchas de las características morfológicas de las especies son indeseables para la obtención de madera de un valor de utilización satisfactorio (54).

2.14 *Pinus oocarpa* Schiede

2.14.1 Habitat natural e importancia económica

El *P. oocarpa* es muy variable y tiene una amplia distribución; se extiende desde Sonora y Chihuahua en México hasta América Central (Guatemala, Honduras y aún hasta Nicaragua); esta especie tiene la distinción de ser el pino que más avanza hacia el sur de América (39, 46). Además de su forma típica, Mirov (39) menciona cuatro variedades: var. *microphylla* Martínez (follaje corto y muy fino); var. *manzansi* Martínez (conos asimétricos y pedúnculos muy cortos); var. *ochoterenai* Martínez (conos más delgados pesados que la forma típica); y var. *trifoliata* Martínez (hojas en grupos de tres).

El *P. oocarpa* se encuentra en las partes centrales oeste y sur de México, a altitudes variables entre 600 a 2.000 m. Se presenta en zonas con precipitación anual que varía entre 800 y 1.200 mm. La temperatura media anual es aproximadamente de 15°C. Los mejores crecimientos de esta especie se observan en Mesa de Cazares, a unos 1.000 m de elevación, y probablemente no con más de 1.000 mm de lluvias anuales; en suelos rojizos relativamente profundos, derivados de basaltos. En el norte de México el *P. oocarpa* típico no presenta buenas formas, pero se

utiliza como especie resinosa (46).

El *P. oocarpa* es un árbol de 12 a 18 metros de altura, a veces hasta 25 m por 50 a 75 cm de diámetro, con la copa por lo común redondeada y frecuentemente compacta; ramas fuertes y extendidas; corteza agrietada, oscura o grisácea, con placas delgadas, largas y casi rectangulares, de color amarillento interiormente (38).

La madera de *P. oocarpa* es más blanca, blanda y frágil que la de *P. caribaea*, menos resinosa y menos durable. Hughes (27), citado por Silva (54), presenta algunas características de la pulpa obtenida en muestras de maderas procedentes de Honduras Británica y México. La pulpa al sulfato y mecánica del material mexicano mostró propiedades similares a los pinos del Sur de los Estados Unidos, dando papel kraft con buena resistencia al desgarramiento y moderadamente buena resistencia al estallido, y mediante la adición de alguna pulpa química es satisfactoria para papel de periódico. La pulpa al sulfato, si se blanquea y se trata convenientemente, puede ser utilizada para papel de escribir (27).

2.14.2 Ensayos de introducción

Lamb (31) presenta una revisión relativamente reciente de las experiencias de plantaciones de *P. oocarpa* como exótica en países tropicales y subtropicales. Este autor opina que la variedad *ochoterenai* es muy promisorio para sitios distantes del mar con sequías pronunciadas de los países tropicales, desde unos 400 a 2.000 m de altitud; y que la procedencia más apropiada para los sitios más altos debe ser la sierra de San Cristóbal en Chiapas, México.

Una plantación en Honduras, en un grupo ecológico tropical húmedo; elevación 6 m; precipitación 3.084 mm; temperatura promedio 27°C, sin heladas, en suelo residual y drenaje libre obtuvo los siguientes datos de crecimiento, para una plantación de 11 años: D.A.P., 22 cm, altura, 20 m, y área basal, 55 m²/ha (58).

Silva (54) encontró que el crecimiento y rendimiento del *P. oocarpa*, en su primera etapa de desarrollo, es altamente satisfactorio, si se toma en cuenta las modestas clases de suelos (en pendientes y degradados) que ocupan algunas plantaciones de esta especie.

Las plantaciones jóvenes de *P. oocarpa* presentan muchos individuos torcidos y deformados; sin embargo, en las plantaciones más viejas se observa una notable mejoría de la derecha de los fustes, quedando sólo algunos vestigios de torceduras en las bases del árbol. Las ramas inferiores del árbol aunque mueren pronto y son delgadas no muestran indicios de poda natural. Las anomalías del crecimiento más frecuentes de los árboles son las bifurcaciones de los tallos y la presencia de "cola de zorro", que en el peor de los casos afecta sólo un 15 por ciento del rodal (54).

En general, las características cualitativas del fuste y ramificación de los árboles de edad mediana de *oocarpa*, se pueden juzgar como satisfactorios. Es una de las mejores especies entre los pinos ensayados en la región de los Andes Venezolanos, para los fines de producción de madera, de alto valor de utilización (54).

2.15 *Pinus patula* Schlect & Cham.

2.15.1 Habitat natural e importancia económica

El *P. patula* tiene una distribución comparativamente restringida; ocurre naturalmente en México, en los estados de Querétano, Hidalgo, Puebla y Veracruz, a elevaciones de unos 1.800 a 2.700 m sobre el nivel del mar. Esta especie generalmente se limita a regiones de alta precipitación y suelos profundos, donde se encuentran en rodales puros y denso, pero en suelos superficiales cede ante las especies latifiadas (3, 46). Los requerimientos climáticos para *P. patula* en México son: temperatura media anual, 12 a 20°C; precipitación anual, 1.000 a 2.000 mm (51).

El *P. patula* es sensible al fuego y a las sequías intensas; soporta las nevadas moderadas. Los vientos fuertes son temibles puesto que las copas de los árboles adultos pueden partirse con cierta facilidad. Es una especie de gran rapidez en el crecimiento (55).

Según Martínez (38) el *P. patula* es un árbol de 10 a 25 metros de altura. En el valle de México se ven ejemplares de 30 a 40 m de altura; de corteza escamosa y roja, sobre todo en la parte superior del tronco; ramas colocadas irregularmente; ramillas rojizas y escamosas, con ligero tinte blanquecino en sus partes más tiernas.

La madera es suave, ligera, débil, quebradiza, de color claro, ligeramente amarillenta con vetas moreno-pálidas, con un duramen ligeramente rosado. Es fácil de trabajar y poco resinosa. En México se emplea principalmente para la fabricación de cajas (46).

Algunas características tecnológicas de la madera de *P. patula*

producida en plantaciones artificiales en el Africa del sur, son las siguientes: fácil aserrado; muy susceptible al ataque de hongos (azulados), por lo que las trozas se deben aserrar rápidamente y las tablas se deben bañar con alguna solución fungicida o ponerlas al secador. La madera de árboles jóvenes o no podados es nudosa. En Africa del sur la madera de esta especie tiene numerosas utilizaciones, como por ejemplo, embalajes, carpintería de interiores, estructuras encoladas, y es usada en la industria de pasta, siendo de los mejores pinos para este fin (55).

2.15.2 Ensayos de introducción

Silva (54), al evaluar parcelas experimentales de *P. patula* en los Andes Venezolanos, en zonas de vida Bosque Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo; en altitudes comprendidas entre 1.750 a 2.300 m, reporta los siguientes resultados: alta sobrevivencia de la especie. El crecimiento medio anual de altura, a las edades 5-7,5 años, es relativamente moderado (1,0-1,3 m/año); sin embargo, el crecimiento longitudinal aumenta considerablemente a partir de los 7 años de edad. El crecimiento medio anual del diámetro (1,7-2,3 cm/año) es considerado como alto y se presenta uniforme en todas las edades de las parcelas. La masa principal, con 413 árboles por hectárea en pie, de una de las parcelas, alcanza un volumen de $158 \text{ m}^3/\text{ha}$, que presenta un crecimiento volumétrico de $15,3 \text{ m}^3/\text{ha/año}$.

El desarrollo cuantitativo de *P. patula*, en general, se considera como satisfactorio en todas las localidades de ensayos, lo que evidencia la excelente adaptabilidad de esta especie en gran parte de los Andes Venezolanos, según Silva (54).

La mayoría de las parcelas de *P. patula* presentan individuos con fustes rectos a ligeramente torcidos; en los árboles jóvenes es notoria la conicidad de los fustes y las bifurcaciones desde la base del tallo.

En los individuos jóvenes son frecuentes las ramas largas, especialmente inferiores, las cuales no muestran indicios de poda natural. Las "colas de zorro" que se registraron en *P. patula* son relativamente cortos y poco frecuentes (54).

2.16 *Pinus pseudostrobus* Lindl.

2.16.1 Habitat natural e importancia económica

Este pino tiene una amplia distribución natural; se extiende desde los estados de Nuevo León y Jalisco en México hasta Nicaragua. Tiene un rango altitudinal considerable; en Guatemala se encuentra en los 1.600 a 3.200 m. La amplitud normal altitudinal de esta especie puede establecerse entre 1.800 a 2.800 m; con lluvias que varían de 1.000 a 1.600 mm anuales. Alcanza su mejor desarrollo en suelos profundos, fértiles y bien drenados en las partes más altas, donde las nieblas son comunes durante los meses de verano. La gran extensión de su distribución y su amplio rango altitudinal probablemente han dado lugar a numerosas formas y variedades, alguna de las cuales está estrechamente relacionada y aún hibridizado con *P. montezumae*(1, 3, 46).

P. pseudostrobus es un árbol de 15 a 25 metros de altura, a veces más, con diámetros desde 0,60 a 1,50 m, con ramas extendidas y verticiladas; corteza lisa durante mucho tiempo, en la vejez áspera y agrietada; ramillas delgadas y frágiles, con largos entrenudos de color

café rojizo, con tinte azulado en sus partes tiernas. Las bases de las brácteas son espaciadas y frecuentemente adheridas a las ramillas y como sumergidas en ellas (38).

El *P. pseudostrobis* es una especie de gran importancia económica en México; su madera es de color blanco o ligeramente amarillenta, suave, resistente con grandes intervalos libres de nudos entre los verticilos. El árbol produce grandes cantidades de resina. La madera es semejante a la de *P. patula* pero con textura más regular (46, 55).

Las características tecnológicas de la madera de *P. pseudostrobis* de plantaciones artificiales son similares a las de *P. patula*; la madera entre verticilos tiene buena forma y buena calidad. La madera se utiliza en ebanistería, moldes, carpintería de interiores, embalaje y construcciones civiles (55).

2.16.2 Ensayos de introducción

Silva (54), en parcelas experimentales evaluadas bajo un grupo ecológico Bosque Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, a altitudes comprendidas entre 1.750 y 2.250 m, reportó los siguientes datos: el crecimiento medio anual de altura, es relativamente alto en las parcelas de La Mucuy (1,4 a 1,6 m/año), y moderado en las parcelas de San Eusebio y Sta. María (0,9 a 1,1 m/año). El crecimiento medio anual de diámetro de 2,0 a 2,4 cm/año, es considerablemente elevado y uniforme en todas las parcelas; los crecimientos del área basal están comprendidas entre 2 y 3 m²/ha/año, y los volumétricos entre 12 y 24 m³/ha/año.

El desarrollo cuantitativo de *P. pseudostrobis*, aunque presenta

algunas variaciones en el crecimiento longitudinal, puede considerarse como satisfactorio; en cuanto a características cualitativas, las parcelas presentan individuos con fustes rectos o ligeramente torcidos, entrenudos largos de buena forma; en algunos se presentan "colas de zorro", y verticilo de ramas fuertemente desarrolladas. El fuste presenta un patrón de adelgazamiento escalonado y brusco en un entrenudo al siguiente, a medida que se acerca al tope del árbol (54).

En una plantación de *P. pseudostrobus* en Guatemala, para un grupo ecológico templado húmedo: latitud 14°30'N, longitud 90°20'O; elevación 5.500 m; precipitación de 1.016 mm; temperatura promedio 13°C, en suelo residual y drenaje libre, se encontró que el crecimiento longitudinal de los árboles dominantes y codominantes a la edad de 21 años, es de 32 m, con una área basal de 37 m²/ha (58).

2.17 *Pinus radiata* D. Don

2.17.1 Habitat natural e importancia económica

P. radiata es indígena de tres pequeñas zonas en una estrecha faja costera de California, Estados Unidos; las de Swanton, Monterrey y Cambria. Además, en su forma bi-acicular, variedad *binata* Engelm., existe también esta especie en la isla mexicana de Guadalupe. El clima de su habitat es de tipo mediterráneo muy uniforme, con una precipitación total de 425 a 875 mm anuales. La temperatura máxima media estival es de 21-27°C. El *P. radiata* crece generalmente a no más de 10 km del mar, en sitios cuya altitud oscila desde el nivel del mar hasta 330 m, prefiriendo para un buen crecimiento en altura las margas arenosas de 1,0 a 1,3 m de profundidad. No prospera en suelos arcillosos, en los

profundos, o en los mal avenados. Este pino, en su habitat, sufre el ataque de varios hongos entre los que figura una roya dañina (*Cronartium* o *Peridermium*) y de unos cien insectos distintos (53).

Es un árbol de 13 a 33 m de altura, con troncos de 30 a 60 cm de diámetro, copa densa, angosta, redondeada y con frecuencia irregular, corteza hendida, áspera y escamosa, de 3 a 5 cm de espesor, de color moreno oscuro, a veces casi negra; ramas fuertes y extendidas; ramillas delgadas, algo glaucas cuando tiernas (38). La madera de *P. radiata* no es muy estimada en su habitat natural (53), porque tal como crece en él, es nudosa, la producción es pequeña y por la presencia relativamente abundante de otras maderas más atractivas que se extraen de masas naturales. Sin embargo, la buena calidad de la madera de *P. radiata* en plantaciones bien desarrolladas y cuidadas ha quedado plenamente demostrada en gran escala en Nueva Zelandia, Chile, Australia, Africa del Sur y España.

Esta especie, junto con *P. patula*, está llamada a ser la principal alternativa del ciprés en las plantaciones de coníferas en tierras de pasto, por lo que se refiere a su producción por volumen y la calidad de la madera, que vale la pena arriesgarse. Actualmente, en los lugares donde no llueve mucho, parece incluso que está más libre de enfermedades que *P. patula* (42).

2.17.2 Ensayos de introducción

El *P. radiata* es extraordinariamente satisfactorio y popular como especie exótica, sobre todo en el hemisferio austral; a tal efecto, Scott (53) expone las razones siguientes:

En condiciones adecuadas crece con excepcional rapidez y da un rendimiento correspondiente elevado de madera, obtenida económicamente, de buena calidad o adecuada para muchas aplicaciones, especialmente para madera de aserrar y para pasta. El promedio de incremento medio anual en gran parte de su zona de distribución como especie exótica es de 24 m^3 por ha, en un turno de 25 años y con 10 cm de diámetro mínimo bajo corteza; es rústica y fácil de plantar y crece en sitios adecuados de clima propicio; fructifica temprano y abundantemente, y la semilla es fácil de recoger, almacenar y utilizar; y en condiciones favorables, se mantiene en buen estado de salud y no deteriora el suelo, según atestiguan más de 50 años de experiencia en gran escala en Australia meridional.

Silva (54), al evaluar unas plantaciones experimentales de *P. radiata* en los Andes Venezolanos, bajo diversas condiciones ecológicas, desde 1.700 m hasta 3.500 m de altitud, reportó los siguientes datos de crecimiento: crecimiento medio anual de altura: 1,3 a 1,5 m/año, y de diámetro: 1,8 a 2,0 cm/año; que son considerablemente elevados. Área basal a la edad de 17 años, presenta $47 \text{ m}^2/\text{ha}$ y alcanza un volumen de $486 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($28 \text{ m}^3/\text{ha/año}$).

Una elevación cualitativa en plantaciones jóvenes de *P. radiata* presenta la mayoría de los individuos con fustes torcidos, encontrándose hasta formas pésimas en las localidades de mayor altitud. En otras localidades se notó un alto porcentaje de árboles con bifurcaciones; asimismo, son frecuentes los árboles con fustes inclinados, algunos ligeramente arqueados, y nudos abultados.

2.18 *Pinus taiwanensis* Hayata

2.18.1 Habitat natural e importancia económica

P. taiwanensis es un pino de Formosa (Taiwan), generalmente forma rodales puros sobre grandes áreas en las partes centrales de la isla a elevaciones desde 750 metros hasta 2.800 metros sobre el nivel del mar. Esta especie está relacionada muy cerca con *P. luchuensis* Mayr de las islas de Ryukyu al noreste de Taiwan y del *P. hwangshanensis* Hsia de las Tierras de China (10).

Budowski (4), al referirse a este pino cree que la zona ecológica a que corresponden las montañas centrales de Formosa a altitudes entre 750 a 2.800 metros son la de Sub-tropical Montano Bajo y Montano.

P. taiwanensis es un árbol con un fuste recto, hasta de 80 cm de D.A.P. y 35 metros de altura, y no es como el *P. luchuensis* que definitivamente es pequeño y de muy mala forma (39).

2.18.2 Ensayos de introducción

Lanner (32) recientemente estudió plantaciones de *P. taiwanensis* en un esfuerzo por determinar el porqué de los fustes que a menudo son bifurcados, y qué solución se daría para su control. Para ello comparó árboles bifurcados y normales, demostrando una tendencia frecuente de que las ramas recién emergentes de árboles bifurcados se desarrollan en forma vigorosa y elongadas; mientras que el botón o brote terminal quedó dormante. Ciertos árboles repiten este patrón anormal de crecimiento año tras año, resultado de ello es la multiplicación de árboles bifurcados, haciendo que los árboles pierdan completamente su valor como madera para aserrar. Aparentemente este hábito o manera de

crecer se debe a factores hereditarios; de modo que probablemente este fenómeno se puede evitar mediante una selección cuidadosa de los árboles semilleros (32).

En Taiwan, las "colas de zorro" son casi siempre causados por el hombre (viveros irrigados). El Pino rojo de Taiwan (*P. taiwanensis*), raramente forma "colas de zorro" en rodales naturales que están sujetos a las variaciones de estación húmedas y secas del clima monzónico, pero en camas de viveros, irrigados, se induce fácilmente "colas de zorro", y Lanner (32) afirma estar seguro de predecir la ocurrencia de "cola de zorro" en cualquier área tropical donde la precipitación es abundante y durante todo el año, para muchas especies de pinos. La frecuencia y duración de "cola de zorro" serán determinadas por la variabilidad genética dentro de la población.

2.19. *Pinus tenuifolia* Benth.

2.19.1 Habitat natural e importancia económica

El *P. tenuifolia* es un pino de las regiones subtropicales de México. Crece principalmente en los estados de Jalisco, Michoacán, Sinaloa, Guerrero; también se encuentra en Puebla, Veracruz, Oaxaca, Chiapas y en las partes adyacentes de Guatemala. Esta especie es más o menos restringida a las partes oeste y sur de la sierra, generalmente se encuentra en elevaciones de 1.500 a 2.400 metros sobre el nivel del mar, sobre suelos profundos y fértiles, en áreas que reciben más de 900 mm de precipitación anual. En Guatemala habita entre 1.100 a 2.400 mm (1, 3, 39).

Este pino había sido descrito por Bentham como *Pinus tenuifolia*

Benth, pero Shaw, citado por Martínez (38), lo declaró variedad del *P. pseudostrobus* Lindl. Aquí se restituye a su rango específico en vista de que al juicio del autor, así lo ameritan la histología de las hojas, la forma de éstas y los caracteres del cono.

El *P. tenuifolia* es un árbol de 15 a 30 metros de altura, con la corteza lisa durante mucho tiempo; ramas numerosas y erguidas, formando una copa redondeada; ramillas frágiles, con largos entrenudos, moreno rojizo o amarillentas y lustrosas, con las huellas de las brácteas espaciadas y poco marcadas (38).

A esto añade Aguilar (1), que el árbol es de tronco recto cilíndrico; a veces encorvado, raras veces bifurcado, de 20 a 35 m de altura, hasta de 1,20 m de diámetro, y manifiesta caracteres bien definidos en magníficos ejemplares.

La madera es similar a la de *P. pseudostrobus* y es utilizada para los mismos fines. Debido a la gran similitud morfológica de estas dos especies, es difícil la obtención de semillas verdaderamente identificadas a menos que la solicitud se haga a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México o de alguna agencia responsable (3, 39).

2.19.2 Ensayos de introducción

Una parcela de ensayo de *P. tenuifolia* se encuentra ubicada en la localidad de La Mucuy, municipio Tabay, Estado Mérida, Venezuela; las condiciones ecológicas de este sitio corresponden a la zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo, a 2.250 m de altitud, y según Silva (54), la información obtenida de dicha parcela con edad de 11,5 años

es el siguiente: crecimiento de altura, 1,7 m/año y el crecimiento de diámetro, 2,2 cm/año, que son considerablemente altos a juicio del autor; la masa principal (800 árboles /ha), presenta un alto crecimiento del área basal ($3,3 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$) y el volumen, $27 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$. El desarrollo cuantitativo de la especie se considera altamente satisfactorio.

La parcela de *P. tenuifolia* exhibe la mayoría de los árboles con fustes rectos a ligeramente torcidos; conicidad pronunciada, entrenudos largos y verticilos de ramas algo fuertes. Los árboles en promedio tiene: 1 verticilo por metro, 6 ramas por verticilo; 2 a 3 cm de grosor de las ramas; 45 a 90 grados de ángulo de inserción de las ramas. Se observaron las anomalías de "cola de zorro" (12%) y bifurcaciones (12%).

La mayoría de las características del fuste y ramificación de *P. tenuifolia* no son satisfactorias para la obtención de madera de alto valor de utilización (54).

Ferreyra (15), en un ensayo de introducción de pinos mexicanos a la región de Pocos de Caldas, Basal, encontró que *P. tenuifolia* a la edad de 6 años presentaba una sobrevivencia de 94,87 por ciento; un crecimiento de altura de 7,80 m y fue considerado como una de las mejores especies ensayadas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio en Turrialba

3.1.1 Ubicación

Las parcelas experimentales en Turrialba, están localizadas en las tierras que pertenecen al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y están ubicadas a 5 km en dirección sureste de la ciudad de Turrialba, Costa Rica, aproximadamente entre los paralelos $9^{\circ}52'20''$ y $9^{\circ}54'20''$ de latitud norte y los meridianos $83^{\circ}38'40''$ y $83^{\circ}42'00''$ de longitud oeste (8), y a una elevación de 602 metros sobre el nivel del mar (29).

Las áreas de estudio, están ubicadas en dos sitios diferentes: "Florencia Sur" y "Arboreto de Puente Cajón" (Fig. 1 y 2); diferentes no tanto en clima pero sí en suelos.

3.1.2 Características de las áreas de estudio

3.1.2.1 Clima

Según Budowski y Schreuder (5) y Hardy (22), citados por Aguirre (2), el clima de la región es cálido y excesivamente lluvioso y húmedo.

La temperatura media mensual, para los últimos 16 años de observaciones (1950-1974) es de $22,10^{\circ}\text{C}$; la temperatura media mensual máxima de $27,05^{\circ}\text{C}$ y la media mínima mensual de $17,56^{\circ}\text{C}$.

La precipitación media anual, para los últimos 31 años de observaciones (1944-1974), es de 2591,31 mm y la media mensual es de 215,94 mm (29) (Cuadro 1).

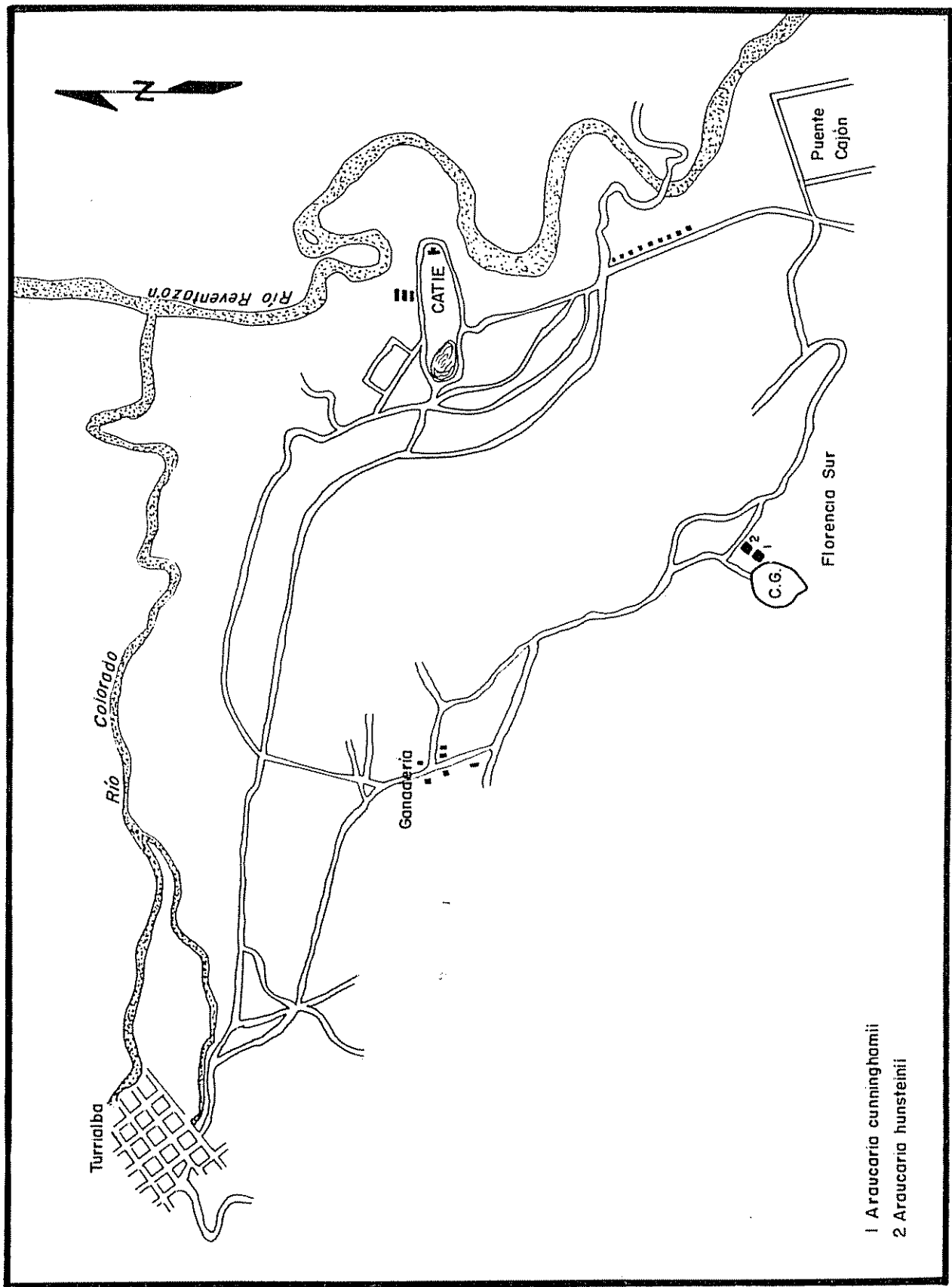


Fig. 1 Localización de las parcelas experimentales en Florencia Sur, CATIE - Turrialba

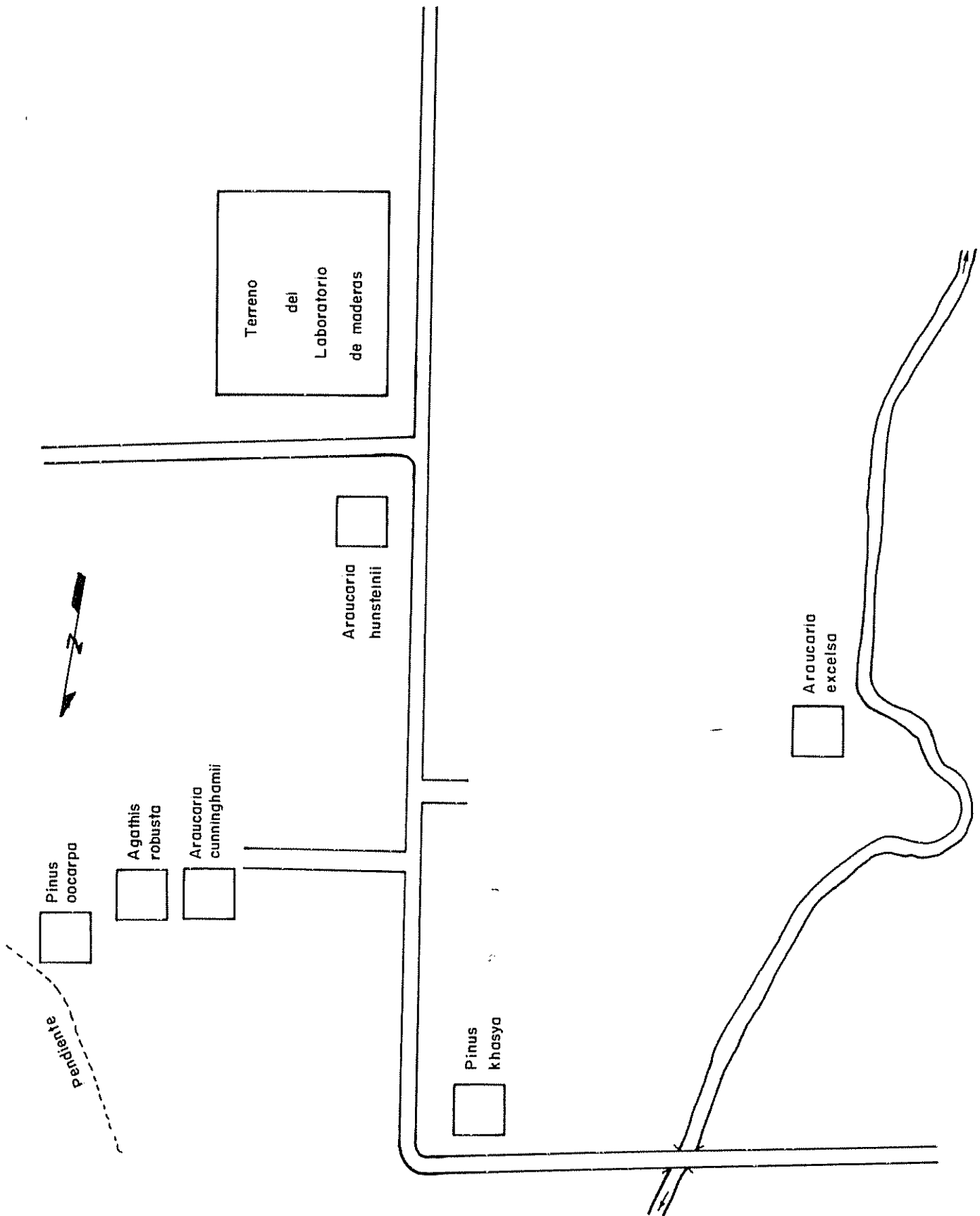


Fig.2 Ubicación de las parcelas experimentales en el Arboreto "Puente Cajón", CATIE, Turrialba

Cuadro 1. Resumen de Datos Meteorológicos: CATIE

MES	T E M P E R A T U R A*					P R E C I P I T A C I O N**		
	Max. Prom.	Mín. Prom.	Media Absoluta	Máx.	Mín.	Prom. Mens. (mm)	Máx. 24 hrs.	Prom. días lluvia cont. 0,1 mm
Enero	25,73	16,24	20,86	31,00	10,00	174,42	164,90	19,04
Febrero	26,12	16,11	20,91	30,00	10,40	141,89	247,50	15,18
Marzo	27,03	16,66	21,73	31,32	10,71	76,56	81,50	13,50
Abril	27,29	17,48	22,21	31,58	12,00	131,87	287,70	15,00
Mayo	27,91	18,30	22,94	31,79	13,75	221,98	67,29	23,13
Junio	27,90	18,60	23,00	30,00	16,30	255,98	71,39	21,26
Julio	27,26	18,36	22,57	30,60	14,10	276,19	102,30	25,26
Agosto	27,49	18,24	22,60	29,94	15,05	237,83	100,08	24,50
Setiembre	27,88	18,10	22,74	30,67	15,00	208,24	99,10	22,38
Octubre	27,59	18,02	22,56	30,60	14,70	246,62	109,20	23,15
Noviembre	26,59	17,78	21,96	29,80	14,30	269,47	107,30	22,22
Diciembre	25,86	16,84	21,11	28,10	11,30	350,26	288,30	21,90
Total	324,65	210,73	265,19			2591,31		246,52
Promedio	27,05	17,56	22,10			215,94		20,54

Fuente: Estación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Período de observaciones: *1950-1974 (últimos 16 años)

**1944-1974 (últimos 31 años)

3.1.2.2 Vegetación

La vegetación natural en el área de estudio es muy variada, y difícil de determinar por la gran devastación que han sufrido los bosques originales; sin embargo, por las especies que se encuentran diseminadas en la zona, se deduce que en esta región existió una rica flora (2).

La vegetación según Holdridge (24), es propia del Bosque Muy Húmedo Premontano, que ocurre entre los 500 y 1.500 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 18 a 24°C, y con una precipitación anual entre 2.000 y 4.000 mm.

El bosque primario mantenía muchas especies de los géneros *Cedrela* y *Simaruba* en su composición, pero es dudoso decir cuál fue el dominante.

Las especies arbóreas encontradas por Reark (48), indican que el bosque primario en los alrededores de Turrialba fue alto; de ello dan fe algunas especies como: *Ceiba*, *Cedrela*, *Chaetoptelea* y *Engelhardtia* (alcanzan 30 m de alto), según Aguirre (2).

3.1.2.3 Suelos

3.1.2.3.1 Los suelos en Florencia Sur

Los suelos de esta área corresponden a la serie La Margot fase coluvial (2). Estos suelos se sitúan en zonas de topografía ondulada con pendientes que varían de 3 a 6 por ciento. En la superficie se encuentran piedras y fragmentos rocosos que cubren aproximadamente el 10 por ciento del área a la vez que mezclas de materiales de origen coluvial reciente, proveniente de laderas vecinas pertenecientes a la serie Colorado.

La cantidad de piedras en la superficie y en el perfil pueden impedir el uso de maquinarias a excepción de máquinas livianas y herramientas manuales. El drenaje es de bueno a excesivo. Las propiedades físicas y químicas del perfil modal, se encuentran en los Cuadros 2 y 3.

3.1.2.3.2 Los suelos en el "Arboreto del Puente Cajón"

En esta área los suelos corresponden a la Serie Juray, según Aguirre (2), y están incluidos los terrenos planos a casi planos, que presentan pendientes que varían de 0 a 3 por ciento, siendo éstas algo mayores en las proximidades del Río Reventazón. Dentro de la serie, en algunos sitios, se presenta un micro relieve constituido por pequeños montículos u hondonadas.

Generalmente poseen un drenaje moderado, salvo en los sitios bajos u hondonadas donde el drenaje se torna imperfecto, por la presencia de moteaduras; en estos lugares la napa freática puede fluctuar entre 0,70 y 1,20 m. Las propiedades físicas y químicas del perfil modal se encuentra en los Cuadros 4 y 5.

3.2 Localización del estudio en Juan Viñas

3.2.1 Ubicación

Las parcelas experimentales en estudio, están situadas en los terrenos de la Hacienda Juan Viñas, fundo "El Sitio", sector denominado Peet, a una distancia aproximada de 15,5 km oeste-noroeste de Turrialba; elevación sobre el nivel del mar, 1.220 m (28; Fig. 3). Corresponde a la zona ecológica de Bosque Muy Húmedo Premontano, según la clasificación de Holdridge (23).

Cuadro 2. Características físicas de los suelos de Florencia Sur, perfil 23* (Serie La

Margot, fase coluvial), en terrenos del CATIE.

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distribución de partículas			Clase textural
						Arena	Limo	Arcilla	
Ap1	0-12	1,01	2,6	30,36	61,45	28,20	36,90	34,90	Franco arcilloso
Ap2	12-35	1,31	2,7	38,57	51,30	27,00	31,00	42,00	Arcilloso
BC	35-60	1,27	2,7	31,93	55,48	24,60	27,20	48,20	Arcilloso
C1	60-90	1,24	2,7	42,51	54,74	25,20	25,40	49,40	Arcilloso
C2	90-120	1,21	2,7	43,38	55,84	31,40	25,30	43,30	Arcilloso

Profundidad (cm)	Retención de humedad		Humedad volumétrica		Espacio aéreo		Agua disponible		Agua fácilmente (5 y 15 bares)
	bar	bares	bar	bares	bar	bares	bar	bares	
0-12	43,95	38,20	41,58	35,71	44,39	34,83	17,06	18,18	7,97
12-35	39,60	34,65	34,82	33,98	51,88	29,46	0,00	6,44	7,84

*Fuente de información: Aguirre (2).

Cuadro 3. Características químicas de los suelos de Florencia Sur, perfil 23*
(Serie La Margot, fase coluvial), en terrenos del CATIE.

Horizonte	Profundidad	pH	H ₂ O	CaCl ₂	MO	C	N	C/N	P disponible
						%			
AP ₁	0-12	4,4	4,4	3,8	3,78	2,19	0,27	8,1	23,10
AP ₂	12-35	5,0	5,0	4,5	1,02	0,59	0,16	3,7	2,37
BC	35-60	5,7	5,7	5,3	0,11	0,06	0,05	1,2	1,20
C ₁	60-90	5,3	5,3	4,7	Tr	--	0,04	--	5,28
C ₂	90-120	5,5	5,5	4,6	Tr	--	0,03	--	1,23

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.	Relaciones			
	Ca	Mg	K	Na		Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg / K	
	meq/100 g de suelo				%				
38,90	0,33	0,62	0,79	0,13	5,29	6,1	0,5	0,8	1,2
39,78	2,02	1,03	0,63	0,16	10,81	3,9	1,9	1,6	4,8
38,74	2,74	1,66	0,18	0,13	13,94	1,4	1,6	9,2	24,4
45,90	1,97	1,72	0,24	0,18	10,40	1,3	1,1	7,2	15,4
48,28	1,40	2,73	0,14	0,17	10,79	0,8	0,5	19,5	29,5

*Fuente de información: Aguirre (2).

Cuadro 4. Características físicas de los suelos de Puente Cajón, perfil 4*
(Serie Juray), en terrenos del CATIE.

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distribución de partículas			Clase textural
						Arena	Limo	Arcilla	
A ₁	0-22	1,25	2,6	43,30	52,29	20,50	40,70	38,80	Franco arcilloso
A ₃	22-46	1,18	2,8	48,14	57,55	18,00	35,00	47,00	Arcilloso
C ₁	46-72	1,24	2,9	45,54	57,39	13,50	41,50	45,00	Arcillo limoso
IIIC ₂	72-105	1,27	2,8	45,81	54,96	15,50	39,50	45,00	Arcilloso
IIIC ₃	105-130	1,26	2,8	45,05	54,35	8,20	45,80	46,00	Arcillo limoso

Profundidad (cm)	Retención de humedad		Humedad volumétrica		Espacio aéreo		Agua disponible		Agua fácilmente (5 y 15 bares)				
	bar	bares	bar	bares	bar	bares	bar	bares					
0-22	0,33	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0	0,1	0,33	10,25				
22-46	0,33	0,5	1,0	5,0	10,0	15,0	0,1	0,33	6,40				
-----%-----cc agua/100 cc S.-----%													
0-22	41,88	39,60	37,83	35,71	29,35	28,30	26,28	52,35	49,50	0,0	2,79	13,33	10,25
22-46	46,53	43,90	41,73	40,77	37,50	37,50	28,69	54,90	51,80	2,65	5,75	15,21	6,40

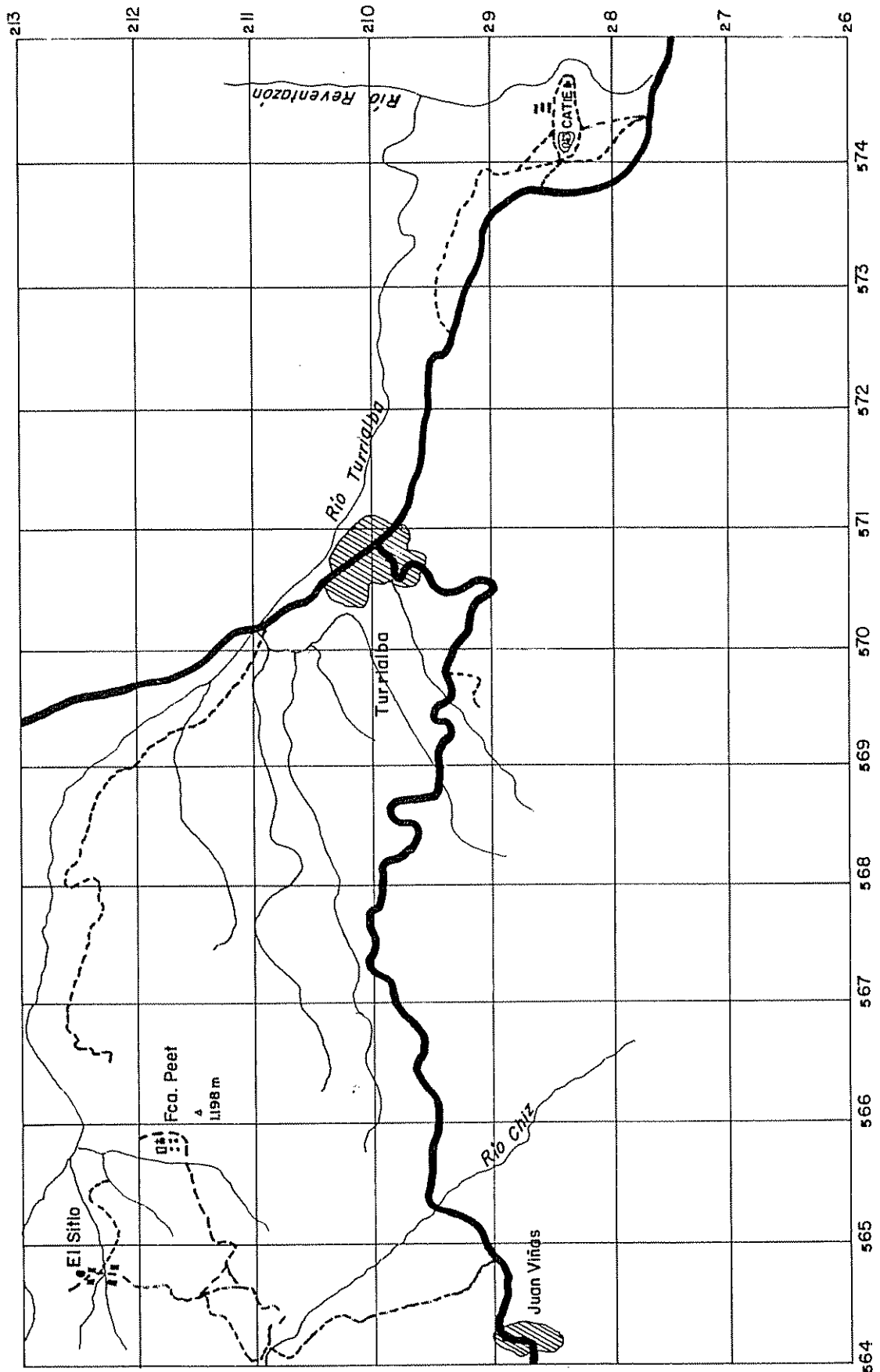
*Fuente de información: Aguirre (2).

Cuadro 5. Características químicas de los suelos de Puente Cajón, perfil 4*
(Serie Juray), en terrenos del CATIE.

Horizonte	Profundidad	pH		CaCl ₂	MO	C		N	C/N	P disponible
		H ₂ C	H ₂ O			%	%			
A ₁	0-22	5,5	4,37	5,1	4,37	2,54	0,21	12,1	1,18	
A ₃	22-46	4,9	1,58	4,4	1,58	0,91	0,07	13,0	0,15	
C ₁	46-72	5,3	1,19	4,3	1,19	0,69	0,05	13,8	0,30	
IIC ₂	72-105	5,2	1,02	4,3	1,02	0,59	0,03	19,7	0,33	
IIC ₃	105-130	5,1	0,91	4,4	0,91	0,52	0,02	26,0	0,30	

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B. %	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K	
41,45	8,14	4,34	0,32	0,15	0,07	33,02	2,1	1,9	13,6	39,0
37,40	3,65	4,44	0,14	0,13	0,05	23,81	1,1	0,8	31,7	57,8
43,85	2,70	5,78	0,14	0,19	0,03	21,66	0,7	0,5	41,3	60,6
43,30	2,91	10,63	0,17	0,25	0,02	34,75	0,7	0,3	62,5	79,6
45,98	3,82	14,00	0,18	0,25	0,02	43,36	0,7	0,3	77,8	99,0

*Fuente de información: Aguirre (2).



3.2.2 Características del área en estudio

3.2.2.1 Clima

Los datos climáticos obtenidos en la Estación de Juan Viñas (14) reportan que la temperatura media mensual para un año de observación es de 19,5°C; una temperatura media mensual máxima de 24,1°C y la media mínima mensual de 15,7°C (Cuadro 6).

Las horas de sol, media mensuales son de 5,21, en cambio no se han registrado los datos de precipitación. Sin embargo, un informe del Servicio Meteorológico Nacional (9), reporta una precipitación promedio anual para 10 años de observación continuado de 3724,80 mm (Cuadro 7).

3.2.2.2 Vegetación

Pequeñas montañas cubiertas de pastos naturales que cubren el suelo una vez que el bosque es talado, cultivado y utilizado en pastoreo. El sitio es una cuchilla alta y severamente expuesta y con buen drenaje. La pendiente general está mirando hacia el noroeste (Río Turrialba) (28), y varía entre 3 y 15 por ciento, caracterizándose por tener ondulaciones más o menos fuertes, dominado por su extensión, los constituidos por lomas suaves y de baja altura (13).

En los terrenos circundantes, los cultivos predominantes son café, caña de azúcar, y en pequeña escala productos hortícolas.

3.2.2.3 Suelo

Los suelos corresponden a la Serie Birrisito, según Dondoli (13), los mismos que se consideran una continuación de la Serie Paraíso con más influencia de cenizas volcánicas recientes. En ciertas partes de esta serie existen arcillas caoliníticas y óxidos de aluminio inmediatamente debajo del horizonte orgánico, junto al cual se encuentran

Cuadro 6. Resumen de datos meteorológicos* (1968-1969)
 en El Sitio, Hacienda Juan Viñas.

Mes	Temperatura °C			Horas de sol (día)
	Máximo	Mínimo	Media	
Agosto	23,7	15,9	19,1	3,81
Setiembre	25,0	16,0	20,0	5,37
Octubre	24,9	16,1	20,1	5,14
Noviembre	22,3	14,9	18,0	4,25
Diciembre	22,7	14,7	18,2	5,72
Enero	23,6	14,6	18,7	6,86
Febrero	23,2	15,0	19,0	6,54
Marzo	24,6	16,4	20,5	5,42
Abril	23,9	14,9	19,4	5,69
Mayo	25,7	16,0	20,5	6,30
Junio	25,5	17,6	20,9	4,82
Julio	24,2	16,4	19,8	2,63
Promedio	24,11	15,71	19,51	5,21

*Fuente de información: Estación meteorológica Juan Viñas.

Cuadro 7. Promedios de lluvia (1956-1965) en El Sitio,
Hacienda Juan Viñas*.

Estación	Mes	Precipitación	Promedio de 10 años
Juan Viñas	Enero	341,6	
	Febrero	218,0	
	Marzo	154,2	
	Abril	178,3	
	Mayo	331,6	
	Junio	328,9	
	Julio	369,4	
	Agosto	260,0	
	Setiembre	281,1	
	Octubre	294,9	
	Noviembre	395,9	
	Diciembre	470,9	
			3724,8 mm por año

*Información obtenida del Anuario Meteorológico, publicado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica, año 1966. 61 p.

las cenizas volcánicas recientes. Tomando en consideración principalmente el contenido de plagioclasas y piroxenos se nota que su porcentaje es mayor en el horizonte superior, indicando el fenómeno una decisiva influencia de las cenizas volcánicas recientes sobre toda la serie. La fertilidad potencial en el horizonte superior es mediana en el área de Juan Viñas y aumenta progresivamente hacia el Noroeste, mientras que la fertilidad potencial del horizonte inferior es bastante mala en general. El lavado continuo del horizonte superior llevará gradualmente a una disminución de su fertilidad. El grado de fertilidad potencial se puede representar con la fórmula siguiente dada por Dondoli (13): "Fertilidad potencial mediano-buena en superficie y mediano-mala en el subsuelo".

El tipo de suelo se puede resumir como color pálido, poroso, suelo volcánico reciente, estructura migajosa, buen drenaje y buena fertilidad (28).

En el Cuadro 8 se presentan los contenidos minerales de 10 muestras de suelos de Juan Viñas, que corresponden a la serie Birrisito (13).

3.3 Selección de muestras

La muestra para todas las parcelas experimentales ha sido considerada como la totalidad de individuos o árboles por parcela y por especie; es decir, se ha considerado toda la población, sin excluir ningún árbol; a este tipo de muestreo es lo que se llama normalmente Censo, y se cree que estadísticamente se consigue una estimación de los parámetros desconocidos con más consistencia, conforme se aumentó el tamaño

Cuadro 8. Contenidos minerales de diez muestras de suelos en
Juan Viñas (Serie Birrisito)*.

Número muestras	Profun- didad (cms)	Porcentaje parcial y total de los componentes minerales					
		Ox.--%	Caol.--%	Plag.--%	Pirox.--%	Cuarzo--%	Total--%
21	0-20	0,65	0,44	0,31	0,60		2,00
	20-50	2,50	1,20	0,10	0,20		4,00
	50-100	4,80	0,60		0,10		5,50
22	0-20	0,25	0,23	0,15	0,37		1,00
	20-50	0,30	5,50	0,10	0,10		6,00
23	0-20	0,70	0,14	0,10	0,06		12,00
	20-50	0,40	0,65	0,02	0,02		1,10
24	0-20	0,08	0,26	0,16	0,50		1,00
	20-50	0,12	0,51	0,15	0,47		1,25
25	0-20	1,75	1,95	0,90	2,55		7,25
	20-50	0,18	0,16	0,06	0,60		1,00
26	0-20	0,70	0,10	0,41	3,19		4,40
	20-50	0,19	0,10	0,11	0,85		1,25
27	0-20	0,84	0,28	1,49	2,04		4,65
	20-50	0,19	0,37	1,11	0,93		2,50
28	0-20	0,10	0,11	0,28	0,71		1,20
	20-50	0,18	0,46	0,22	0,32		1,20
29	0-20	0,45	0,85	1,40	0,80		3,50
	20-50	0,06	0,14	0,04	0,76		1,00
30	0-20	0,78	0,42	2,75	1,05		5,00
	20-50	0,18	0,14	0,12	1,10		1,54

Nota: Ox.= Oxidos de Hierro; Caol. - Granos de Caolín y de Oxidos de Aluminio;
Plag. = Feldespatos en general con gran prevalencia de plagioclasas;
Pirox. = principalmente Augita e Hipersteno.
*Fuente de información: Dondoli (13).

de la muestra y se acerca a la población total, el valor del estimador tiende al valor del parámetro poblacional (16).

Esto se traduce en: $P(\hat{\theta} \rightarrow \theta) \rightarrow 1$ cuando $n \rightarrow \infty$

La media muestral tiende a la media población. Entonces la media muestral \bar{x} , es un estimador consistente de la media poblacional U . Es decir,

$$P(\bar{x} \rightarrow U) \rightarrow 1 \text{ cuando } n \rightarrow N$$

Para nuestros fines bastará señalar que un estimador es suficiente, si extrae la máxima información de la muestra.

El censo ha servido para determinar las características cuantitativas y cualitativas de las plantaciones experimentales, mientras que para hallar el factor mórfico (f) bastó simplemente un muestreo al 5 por ciento dado la homogeneidad existente dentro de cada parcela de ensayo.

3.4 Variables que se midieron

3.4.1 Variables cuantitativas

1) Altura total (h) y D.A.P. de los árboles

La altura total y el D.A.P. de los árboles son las mediciones más corrientes en la práctica forestal, y por lo tanto, no se considera necesario entrar en detalles sobre éstos dos parámetros. Los instrumentos que se utilizaron para medirlos son: el hipsómetro de Blume-leiss para medir la altura y la cinta diamétrica para los diámetros.

2) Número de verticilos de ramas

En este caso se procedió a contar el número absoluto de verticilos de ramas por árbol en las 2/3 partes de altura desde el nivel del suelo. Esta práctica ha sido posible en todos los rodales de pino, en

cambio tuvo que podarse antes del conteo en las Araucarias, donde la ramificación frondosa no permitió un conteo normal.

3) Número de ramas por verticilo

De cada árbol observado se contó el número promedio (visual) de ramas por verticilo, tal como sugirió Silva (54). Esta característica generalmente ha sido constante para muchas especies o parcelas experimentales, debido a características intrínsecas de cada rodal.

4) Grosor de ramas

Esta característica se evaluó a una distancia de 5 cm del tallo principal, donde se procedió a tomar el valor promedio (visual) del diámetro de las ramas.

5) Area basal, volumen y área de corte de ramas

Son variables cuantitativas que han sido generadas a partir de datos anteriores según las fórmulas siguientes, mencionadas por Loján (35):

$$AB = \frac{\pi D^2}{4} = 0,7854 D^2$$

Se refiere al área de la sección transversal del fuste del árbol a la altura de 1,30 m del nivel del suelo.

AB = área basal

$\pi = 3,1416$

D = D.A.P.

$$V = 0,7854 \cdot D^2 \cdot H \cdot f$$

Estimado mediante las variables independientes: diámetro y altura; más una variable generada que es el factor mórfoico.

V = volumen

D = D.A.P.

H = altura total

f = factor mórfico

$$AC = (NV) \cdot (N.R.V.) \cdot 0,7854 (G.R.)^2$$

Estimada asimismo, mediante variables independientes, y que tiene una utilidad de tipo económico al expresarnos el área que necesariamente debemos cortar en operaciones de poda.

AC = área de corte de ramas

NV = número de verticilos

N.R.V. = número de ramas por verticilo

G.R. = grosor de ramas

6) Factor mórfico (f)

La forma del árbol sirve principalmente para el cálculo de su volumen geométrico. La forma se debe a la disminución del diámetro con el aumento de altura, y para valorarla se buscó la relación entre dos diámetros del mismo fuste. Según la fórmula Schiffel, citado por Loján (35).

$$CF = \frac{D_1}{DAP}$$

$$f = CF^2$$

D_1 = diámetro tomado a la mitad de la altura total del árbol

DAP = diámetro tomado a 1,30 m del nivel del suelo

CF = coeficiente de forma

f = factor mórfico

7) Area basal por hectárea

Es una medida de la densidad de un rodal y se expresa en m²/ha. El área basal por hectárea será calculado sumando las áreas basales de los árboles individuales que están dentro del área y dividiendo esta suma por el área que ocupa cada rodal.

$$A B H = \frac{\sum_{i=1}^N AB}{HS}$$

ABH = área basal por hectárea

AB = área basal de cada árbol

HS = superficie que ocupa el rodal

N = número de árboles

3.4.2 Variables cualitativas

1) Rectitud del fuste

Se consideró la metodología usada por Barret y Mullin, citados por Silva (54), que consiste en adoptar categorías de rectitud o derechura de los árboles, sin necesidad de recurrir a mediciones directas sobre el árbol. Es así como se consideraron cinco categorías:

<u>Categoría</u>	<u>Características de la rectitud de los fustes</u>
1	Recto: sin ninguna desviación
2	Ligeramente torcido: ligera desviación
3	Torcido: desviaciones notables
4	Muy torcido: casi no sirve para postes
5	Deformados: completamente curvo

2) Bifurcaciones

Es básicamente una anomalía de crecimiento del árbol. Con relación a esta variable se anotaron dos categorías posibles: sin bifurcación = 1 y árbol con bifurcación = 2; en base a ello se anotó árbol por árbol

en la categoría a la cual pertenece.

3) Quiebre de ramas

Se refiere a la resistencia de los árboles a quebrarse ya sea en la parte terminal de la copa o ramaje, debido a ciertos factores mecánicos especialmente el viento. Para ello se adoptaron dos categorías:

Sin quiebre de ramas = 1, y

con quiebre de ramas = 2

4) Posición sociológica

Se refiere a la posición de cada árbol dentro de la población total o rodal; habiéndose considerado para ello tres categorías posibles:

dominante = 1;

codominante = 2; y

oprimido = 3

Esta característica es importante para determinar la cantidad de raleo a efectuarse dentro de cada rodal.

5) Angulo de inserción de ramas

Se refiere al ángulo superior formado por la rama y el tallo principal. Esta variable está relacionada con el hábito de crecimiento de cada especie, el mismo que influirá en la densidad de la plantación; se consideraron tres categorías:

ángulo menor de 45° = 1;

entre 45 y 90° = 2;

mayor de 90° = 3

6) Inclinación del fuste

Es otra variable producto de muchos factores adversos al crecimiento; para evaluarlas se consideraron dos categorías:

fuste no inclinado = 1;

fuste inclinado = 2

3.4.3 Otras observaciones

Se registraron ciertas anomalías de crecimiento al que se denominó "cola de zorro", término generalizado para aquellos árboles que presentan las características dadas por Laner, citado por Musalem (40). También se observó el estado fenológico de los árboles: floración y fructificación.

3.5 Recolección de datos

Los datos de las variables tanto cuantitativas como cualitativas se tomaron según formulario adjunto (Planilla 1), el mismo que ha sido diseñado tomando como modelo el empleado por Silva (54), con ligeras modificaciones.

Se considera que con los datos que se recolecten en este formato, se obtiene suficiente información para los fines de evaluación del comportamiento de las especies de coníferas introducidas en Costa Rica.

El procedimiento de recolección de datos ha sido laborioso, donde ha primado el criterio de aumentar la precisión de la información de los árboles, para que los estimadores cumplan con las propiedades de insesgamiento, consistencia, eficiencia y suficiencia.

En cada parcela se midió las variables tanto cuantitativas como cualitativas, en diciembre de 1974 y enero de 1975; para ello se utilizaron relativamente pocos instrumentos de medición tales como: hipsómetro de Blume-Leiss, cinta diamétrica metálica, cinta métrica, y con el concurso de materiales como escaleras livianas de aluminio, sierras

circulares y machete.

3.6 Análisis de la información

Con los datos de medición, se estimó los parámetros poblacionales, mediante el proceso de la inferencia inductiva; es así como en principio se estima la media aritmética, que es un parámetro de posición de gran importancia, conseguida a través de los datos del censo. Posteriormente, se estudió los parámetros de Dispersión, el más importante de ellos; la varianza. La variación en torno al promedio es de vital importancia para el conocimiento de los elementos que han propiciado dicho promedio.

Para el caso de las variables cualitativas se procedieron a calcular porcentajes o proporciones de ocurrencia por categorías.

Una prueba de t de "Student" para un nivel de significación $\alpha = 0,10$, ha sido practicado para determinar un límite superior y otro inferior entre los cuales, con un cierto grado de confianza, esté contenido el verdadero valor de la media poblacional.

Toda la información inicial recolectada según formulario, fue transferida a tarjetas Hollerith, mediante perforaciones, con la finalidad de procesarla en computadora electrónica, según programa Fortran especialmente elaborada para este trabajo (Cuadro 8 del Apéndice), con lo cual se consiguió agilizar el proceso y a la vez concluir el trabajo más eficiente y preciso (Cuadros 9, 10 y 11 del Apéndice).

Finalmente, se calcularon los índices de adaptabilidad de cada especie al sitio en el grupo de edad correspondiente. Para lo cual se formaron tres grupos de edad; el primero entre 5,5 a 6,5 años, el segundo grupo entre 7,5 a 8,5 años y el tercero entre 10 a 11 años.

El índice de adaptabilidad es función de siete estimadores del crecimiento, seleccionados por su importancia más relevante:

$$IA = f(V, H, DAP, NV, ABH, BI, RF)$$

donde:

IA = Índice de adaptabilidad

V = Volumen

H = Altura total

DAP = Diámetro

NV = Número de verticilos 2/3 de altura

ABH = Area basal por hectárea

BI = Bifurcaciones

RF = Rectitud del fuste

Para conseguir el índice de adaptabilidad, las especies dentro de cada grupo de edad se fueron ordenando de acuerdo al orden de mérito que alcanzaron, según la magnitud de la variable respectiva. Es así como un índice más bajo corresponde a una mejor adaptabilidad de la especie.

4. RESULTADOS

4.1 Comportamiento de las coníferas introducidas a Costa Rica

4.1.1 *Agathis robusta*

Las plantaciones evaluadas, se encuentran en dos sitios diferentes, sus características se describen en el capítulo de Materiales y Métodos, ellos son: Puente Cajón (Turrialba) y Juan Viñas. En Puente Cajón la única variable medida fue la altura, cuya media se determinó como $2,24 \pm 0,21$ m para una edad de 8,4 años (Cuadro 10).

Los límites de confianza superior o inferior entre los cuales se encuentra la verdadera media poblacional según la prueba t de "Student".

A. robusta en Puente Cajón alcanza un índice de adaptabilidad de 3.571 en relación a otras especies de su misma edad (Cuadro 23). Un porcentaje de sobrevivencia de 22 por ciento caracteriza a esta especie para la misma edad (8,4 años).

La parcela de Juan Viñas de 6,3 años, arroja los siguientes estimadores de crecimiento: Variables Cuantitativas: altura $7,55 \pm 0,29$ m; DAP $11,58 \pm 0,46$ cm; Area Basal $22,83 \text{ m}^2/\text{ha}$; entre los más importantes (Cuadro 9). La tabla de estimadores mínimos y máximos entre los cuales se encuentra las verdaderas medias poblacionales están consignados en el Cuadro 17.

En lo relacionado a las Características Cualitativas la especie observada tiene: 95,23 por ciento de árboles con fustes rectos y 4,7 por ciento con fustes ligeramente torcidos; ausencia total de árboles con problemas de bifurcación y quiebre de ramas; todos sociológicamente

codominantes y sobrevivencia de 84 por ciento. La relación altura-DAP ajusta mejor al modelo lineal GAMMA, con un $R^2 = 81,49$ por ciento. El índice de adaptabilidad fue de 2.430 (Cuadro 22).

4.1.2 *Araucaria angustifolia*

La evaluación del crecimiento de *A. angustifolia* en Juan Viñas indica en cuanto a características cuantitativas: altura $6,82 \pm 0,55$ m; DAP $15,43 \pm 1,20$ cm; Area Basal $17,65 \text{ m}^2/\text{ha}$; entre las características de mayor significancia, para una edad de 6,3 años (Cuadros 9 y 14).

La evaluación de las características cualitativas de los árboles observados presenta: todos los árboles con fustes rectos, sin problemas de bifurcación y quiebre de ramas; un 11 por ciento de los árboles dominantes y 89 por ciento de codominantes. La sobrevivencia en este rodal ha sido de 69 por ciento, alcanzando un índice de adaptabilidad de 2.000 en relación con las otras especies coetáneas analizadas.

4.1.3 *Araucaria araucana*

La plantación de Puente Cajón de 13 años, arroja los siguientes estimadores de crecimiento: variables cuantitativas: altura $9,73 \pm 0,71$ m; DAP $23,89 \pm 2,02$ cm; Area Basal $52,60 \text{ m}^2/\text{ha}$, entre las características de mayor significancia (Cuadros 10 y 15). Los límites de confianza superior e inferior entre las que se hallan las verdaderas medias poblacionales se presentan en el Cuadro 18, prueba t de "Student".

En cuanto a las características cualitativas los árboles observados tienen: el 91 por ciento de los individuos con fustes rectos y solo el 9 por ciento ligeramente torcidos; ausencia total de anomalías del crecimiento como bifurcaciones y quiebre de ramas (Cuadro 15). Se ha

determinado asimismo, una sobrevivencia de 69 por ciento para la misma edad (13 años).

No se determinó índice de adaptabilidad, por ausencia de rodales coetáneos para establecer alguna comparación.

4.1.4 *Araucaria cunninghamii*

Evaluated en tres localidades diferentes, Puente Cajón (Turrialba), Florencia Sur (Turrialba) y Juan Viñas; los resultados son los siguientes: para la plantación de Puente Cajón, de 8,6 años, un resumen de las características cuantitativas presenta un crecimiento en: altura $9,86 \pm 0,54$ m; DAP $16,90 \pm 0,71$ cm; Area Basal $16,45 \text{ m}^2/\text{ha}$; como características más notorias (Cuadros 10 y 15).

Por sus características cualitativas esta parcela se distingue de tener la totalidad de árboles con fustes rectos, un 10,71 por ciento de árboles con problemas de bifurcación (Cuadro 15). Se halló un índice de adaptabilidad de 1.714 en relación a otras especies coetáneas. La relación altura-DAP que mejor ajuste ha demostrado el modelo GAMMA, con un $R^2 = 86,75$ por ciento.

En la parcela de Florencia Sur, el desarrollo cuantitativo de *A. cunninghamii* a los 6,6 años presenta un crecimiento en altura de $8,88 \pm 0,26$ m, DAP $12,89 \pm 0,38$ cm, y área basal $18,01 \text{ m}^2/\text{ha}$ para las variables más significantes; en relación con las características cualitativas se ha determinado individuos con fustes torcidos (2,5%), árboles con problemas de bifurcación (10%), y otras anomalías (Cuadro 16). La sobrevivencia fue de 57,78 por ciento, con un índice de adaptabilidad de 2.714.

La plantación de *A. cunninghamii* en Juan Viñas de 6,3 años,

mantiene los siguientes datos: altura $11,67 \pm 0,52$ m; DAP $16,71 \pm 0,86$ cm y Area basal $55,83 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando las variables de mayor importancia del Cuadro 9.

En el Cuadro 17 se presentan los límites de confianza de los estimadores, según prueba de t de "Student". Cualitativamente el rodal se caracteriza por la presencia de ciertas anomalías en el crecimiento (Cuadro 14). Se determinó una sobrevivencia de 96 por ciento, un índice de adaptabilidad de 2.000 y un $R^2 = 60,90$ por ciento para la relación altura-DAP con la función GAMMA (Fig. 4).

4.1.5 *Araucaria excelsa*

Esta especie ha sido evaluada bajo dos condiciones de sitios diferentes, tanto en clima como en suelo, ellos son: Puente Cajón (Turrialba) y Juan Viñas.

A. excelsa en Puente Cajón tiene un solo estimador del crecimiento, que es la altura el que ha sido determinado como $2,24 \pm 0,21$ m, para un rodal de 5,5 años de edad; el crecimiento precario de esta parcela no permitió establecer nuevas mediciones, razón por la cual nos conformamos con el crecimiento longitudinal, cuyos límites de confianza están dados por la prueba t de "Student" (Cuadro 18).

En la localidad de Juan Viñas los resultados fueron muy diferentes; para las características cuantitativas: altura $7,19 \pm 0,17$ m; DAP $12,01 \pm 0,22$ cm; Area basal $9,13 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14); se establecen asimismo los límites de confianza de los estimadores en el Cuadro 17.

Cualitativamente el rodal ha mostrado: un 12,50 por ciento de individuos con fustes ligeramente torcidos, 4,16 por ciento con fustes

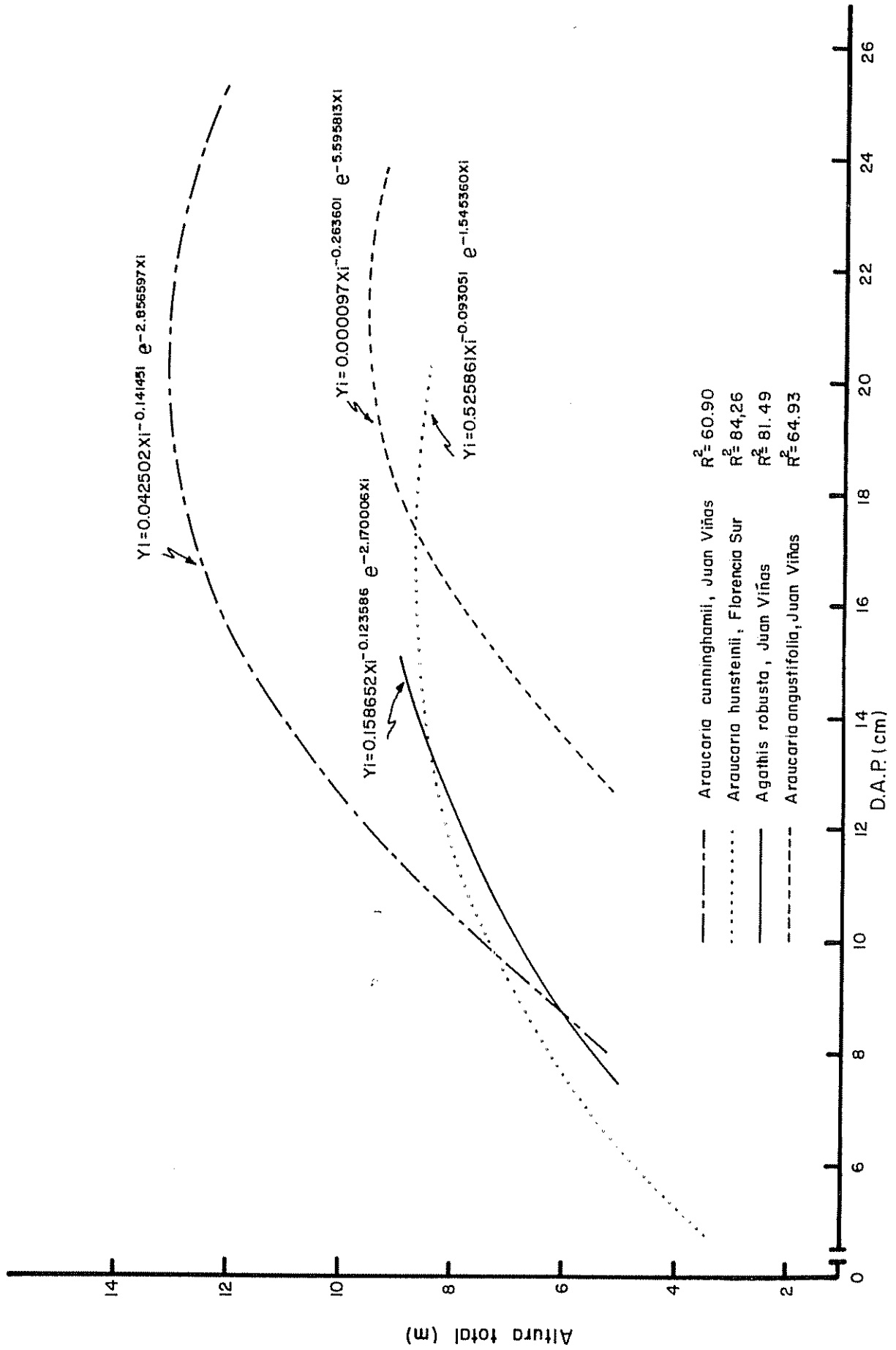


Fig. 4 Relación DAP--altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 5.5 a 6.5 años

muy torcidos, 4,16 por ciento de árboles bifurcados; sobrevivencia para la edad de 6,4 años de 48,98 por ciento y un índice de adaptabilidad de 3.000.

4.1.6 *Araucaria hunsteinii*

Experimentalmente esta especie ha sido introducida a tres localidades distintas, en diferentes épocas; los sitios son: Puente Cajón (Turrialba), Florencia Sur (Turrialba) y Juan Viñas.

La evaluación de la plantación en Puente Cajón para una edad de 8,5 años, indica los siguientes datos de crecimiento; variables cuantitativas: altura $11,18 \pm 0,23$ m; DAP $17,43 \pm 0,4$ cm; Area basal $32,60 \text{ m}^2/\text{ha}$, según los Cuadros 10 y 15.

En cuanto al desarrollo de las características cualitativas se encontró: que un 3,77 por ciento de los árboles tienen bifurcación, otras anomalías figuran en el Cuadro 15; la sobrevivencia fue de 53 por ciento, con un índice de adaptabilidad de 1.143, en relación a especies coetáneas estudiadas. La relación altura-DAP ajusta mejor al modelo GAMMA con un $R^2 = 65,05$ por ciento (Fig. 5).

En el rodal de Florencia Sur, se procedió asimismo a determinar las características tanto cuantitativas como cualitativas (Cuadros 11 y 16). Se determinó una sobrevivencia de 57 por ciento y un índice de adaptabilidad de 2.857 para la parcela de 6,6 años. La relación altura-DAP tiene su mejor ajuste al modelo GAMMA con un $R^2 = 84,26$ (Fig. 4).

En la plantación de Juan Viñas, los resultados del análisis cuantitativo se resume como: crecimiento en altura $9,41 \pm 0,17$ m; DAP $14,09 \pm 0,29$ cm. Area basal $30,21 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14).

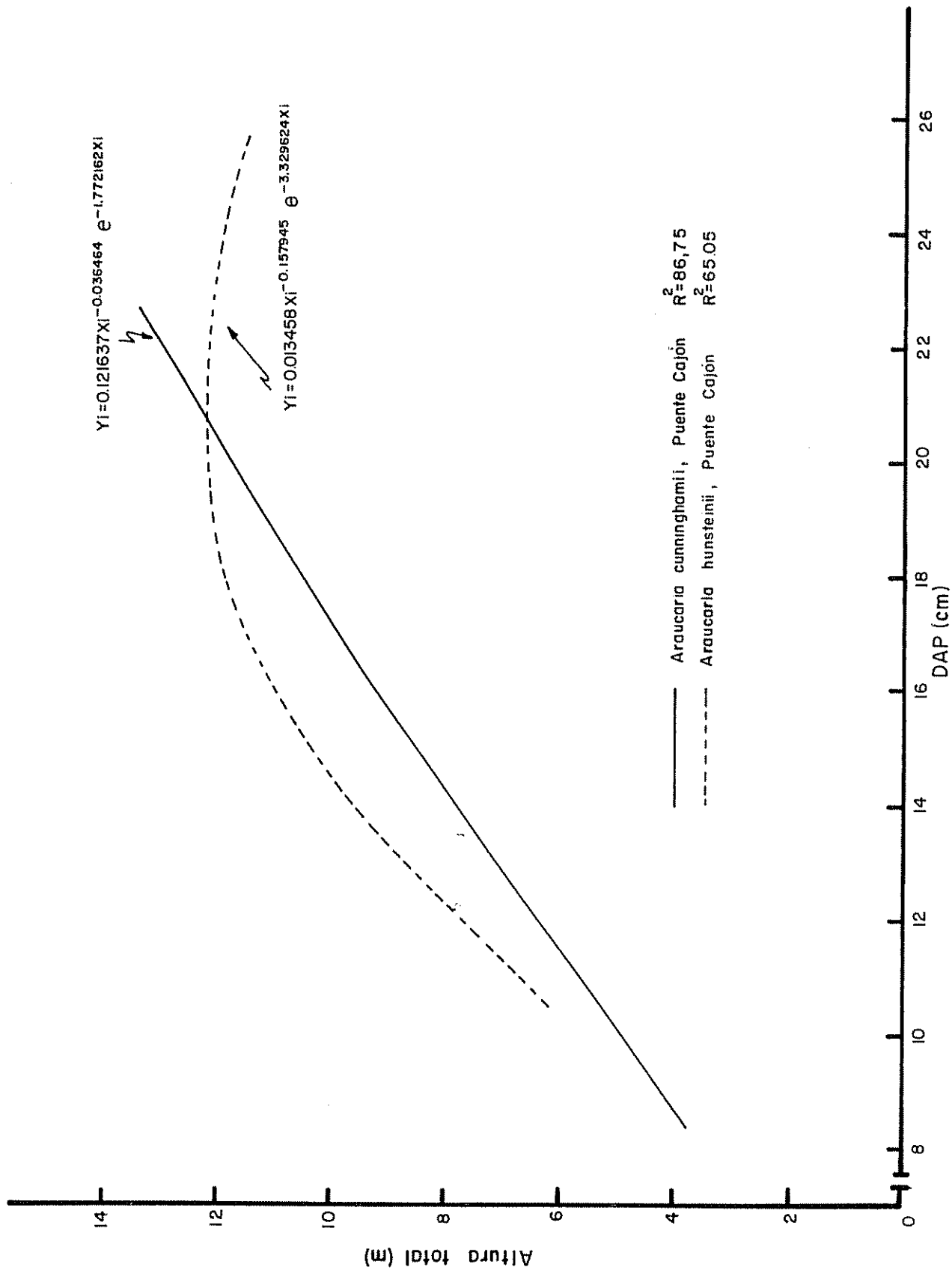


Fig. 5 Relación DAP-altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 7.5 a 8.5 años

La evaluación de las características cualitativas demuestra que los árboles observados tienen: 22,52 por ciento de individuos con fustes ligeramente torcidos, 0,90 por ciento con fustes torcidos y 0,90 por ciento con fustes deformados; hay también 45,94 por ciento de árboles con bifurcaciones y 9 por ciento con ramas quebradas. Por la posición social existe un 18,91 por ciento de oprimidos, registrándose una sobrevivencia de 61 por ciento para el rodal de 6,3 años, y un índice de adaptabilidad de 2.429.

4.1.7 *Cryptomeria japonica*

La parcela experimental de *C. japonica* en la localidad de Juan Viñas, arroja los siguientes estimadores del crecimiento para las variables cuantitativas: altura $8,81 \pm 0,16$ m, DAP $12,99 \pm 0,41$ cm, Área basal $25,19 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando las características más sobresalientes (Cuadros 9 y 14). Los límites de confianza superior e inferior entre los que se encuentran los verdaderos valores poblacionales, se presenta en el Cuadro 17.

La evaluación de las características cualitativas del rodal de 10,8 años demostró: que el 70,14 por ciento de individuos tienen los fustes rectos, 23,88 por ciento ligeramente torcidos y 5,97 por ciento con fustes torcidos; la bifurcación afecta al 5,97 por ciento de los árboles, no se presentaron quebraduras de ramas y sociológicamente están distribuidos como dominantes (7,4%), codominantes (62,8%) y oprimidos (29,80%).

Se determinó una sobrevivencia de 95 por ciento para la misma edad (10,8) y un índice de adaptabilidad de 3.143 en relación a otros

rodales coetáneos estudiados.

4.1.8 *Pinus ayacahuite*

La plantación de *P. ayacahuite*, establecida hace 10,5 años en la localidad de Juan Viñas, ha reportado los siguientes estimadores del crecimiento; variables cuantitativas: altura $6,16 \pm 0,32$ m; DAP $11,96 \pm 0,84$ cm, Area basal $8,66 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando algunas de las variables más significantes de los Cuadros 9 y 14.

La descripción de las características cualitativas es como sigue: 25,00 por ciento de árboles con fustes torcidos, 13,46 por ciento con fustes muy torcidos y 4,76 por ciento deformados; 57,14 por ciento de individuos tienen bifurcación y sociológicamente están en la categoría de codominantes (57,14%) y oprimidos (42,85%). Una sobrevivencia de 41,18 por ciento y un índice de adaptabilidad de 3.714 han sido determinados finalmente (Cuadros 24 y 25).

4.1.9 *Pinus insularis*

P. insularis en Juan Viñas, tiene las siguientes características cuantitativas como estimadores de crecimiento (Cuadro 9): altura $9,73 \pm 0,36$ m, DAP $18,02 \pm 0,88$ cm, Area basal $37,28 \text{ m}^2/\text{ha}$, para una edad de 10,5 años.

Analizando las características cualitativas se encontró que el 9,61 por ciento tienen fustes rectos, 28,84 por ciento de los árboles tienen fustes ligeramente torcidos y 23,07 por ciento con fustes deformados. Los problemas de bifurcación alcanzan a 65,38 por ciento de los árboles, 5,76 por ciento con ramas quebradas y por la posición sociológica se detectó un 40,38 por ciento de los árboles oprimidos, Cuadro 14.

La sobrevivencia es de 77 por ciento y el índice de adaptabilidad de 3.143. No se detectó relación significativa entre altura y DAP.

4.1.10 *Pinus khasya*

Esta especie introducida en la localidad de Puente Cajón (Turrialba) hace 7,8 años, mantiene los siguientes estimadores de crecimiento: variables cuantitativas: altura $9,50 \pm 0,22$ m, DAP $13,95 \pm 0,39$ cm, y Area basal $33,30 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando las características más notorias de los Cuadros 10 y 15, cuyos límites de confianza se presentan en el Cuadro 18 de resultados.

La parcela de *P. khasya* analizada cualitativamente demuestra tener un 74,39 por ciento de árboles con fustes rectos, 19,51 por ciento de árboles con fustes ligeramente torcidos y 4,87 por ciento con fustes torcidos; problemas de bifurcación se presentaron en un 23,17 por ciento de los individuos observados y sociológicamente hay 59,75 por ciento de codominantes y 18,29 por ciento oprimidos; se comprobó la presencia de "cola de zorro" hasta en un 29,27 por ciento de los árboles observados.

La sobrevivencia fue de 82 por ciento, y se determinó un índice de adaptabilidad de 2.143 en relación a rodales coetáneos de diferentes especies estudiadas.

4.1.11 *Pinus luchuensis*

Sembrado en la localidad de Juan Viñas hace 10,5 años, reporta los siguientes estimadores del crecimiento: variables cuantitativas: altura $11,16 \pm 0,37$ m, DAP $21,39 \pm 1,03$ cm, Area basal $62,36 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros

9 y 14). Los límites de confianza tanto superior como inferior están determinados por la prueba t de "Student" y figuran en el Cuadro 17. Evaluando las características cualitativas del rodal se encontró que el 12,76 por ciento de los individuos tienen fustes ligeramente torcidos, 12,76 por ciento con fustes torcidos, 17,02 por ciento con fustes muy torcidos y 57,44 por ciento con fustes deformados; fuerte incidencia de problemas de bifurcación (70,21%); sociológicamente un 78,72 por ciento son considerados codominantes y 12,76 por ciento oprimidos. La sobrevivencia de esta parcela ha sido determinada de 87 por ciento y un índice de adaptabilidad de 2.857 en relación a especies coetáneas del lugar.

4.1.12 *Pinus michoacana*

La parcela experimental de *P. michoacana* localizada en Juan Viñas, tiene los siguientes estimadores del crecimiento para una edad del rodal de 11,3 años; variables cuantitativas: altura $9,55 \pm 0,16$ m, DAP $16,89 \pm 0,42$ cm, Area basal $29,24 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando las características más sobresalientes de los Cuadros 9 y 14.

En relación a las características cualitativas, los árboles observados tienen 28,47 por ciento de individuos con fustes torcidos, 13,19 por ciento con fustes muy torcidos y 34,72 por ciento con fustes deformados; los problemas de bifurcación se presentó en un 62,50 por ciento de la población de árboles observados; 13,19 por ciento de árboles con ramas quebradas y sociológicamente se encontró hasta un 24,30 por ciento de árboles oprimidos. Se determinó que la ocurrencia de "cola de zorro" se presentó en un 4,17 por ciento de los individuos, una sobrevivencia

de 74,23 por ciento y un índice de adaptabilidad de 3.429 en relación a otras especies coetáneas del lugar.

Una observación fenológica del rodal, muestra unos pocos árboles con conos de fructificación.

4.1.13 *Pinus montezumae*

La unidad experimental de *P. montezumae* ubicada en Juan Viñas, ha presentado una evolución de su crecimiento para los estimadores cuantitativos como crecimiento en altura $10,42 \pm 0,17$ m, DAP $16,88 \pm 0,45$ cm, Area basal $32,33 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14), para una edad del rodal de 10,5 años.

La población de árboles observados cualitativamente demuestran presencia de árboles con fustes torcidos 27,38 por ciento, fustes muy torcidos 13,69 por ciento y fustes deformados 30,95 por ciento; problemas de anomalías de crecimiento un 58,33 por ciento de bifurcaciones, 13,09 por ciento de quebradura de ramas y sociológicamente un 34,52 por ciento de los individuos están considerados como oprimidos (Cuadro 14).

La sobrevivencia de esta especie a los 10,5 años se ha determinado como 82,35 por ciento, y un índice de adaptabilidad de 3.286 en relación a otros rodales coetáneos estudiados.

4.1.14 *Pinus oocarpa*

La especie es procedente de Honduras de la región Zamorano, e introducida en la localidad de Puente Cajón (Turrialba), arroja los siguientes estimadores del crecimiento a la edad de 9,5 años: variables cuantitativas: altura $15,53 \pm 0,32$ m, DAP $15,69 \pm 0,62$ cm, Area basal $26,00 \text{ m}^2/\text{ha}$.

La evaluación de las características cualitativas del rodal

demuestra que los árboles observados tienen el 4 por ciento de la población de árboles con fustes torcidos, 22 por ciento con problemas de bifurcación y 18 por ciento de individuos considerados sociológicamente como oprimidos. Una observación fenológica del rodal nos muestra una cantidad moderada de árboles con conos de fructificación.

El índice de adaptabilidad para esta especie es de 2.143, en relación a rodales coetáneos de diferentes especies. La relación altura-DAP ajusta mejor al modelo de regresión lineal o linearizable GAMA con un $R^2 = 66,97$ por ciento (Fig. 6).

4.1.15 *Pinus patula*

P. patula es procedente de México de la región Ayotla-Puebla, y sembrada en la localidad de Juan Viñas (Costa Rica) hace 11,3 años, reporta los siguientes estimadores del crecimiento: variables cuantitativas: altura $14,04 \pm 0,20$ m, DAP $18,68 \pm 0,48$ cm, Area basal $40,28 \text{ m}^2/\text{ha}$, características más representativas de la parcela (Cuadros 9 y 14). Los límites de confianza superior e inferior en los que se encuentran los parámetros poblacionales se expresan en el Cuadro 17.

El análisis cualitativo de los árboles presentan a 20,76 por ciento de los individuos con fustes torcidos, 8,19 por ciento con fustes muy torcidos y 8,74 por ciento con fustes deformados, fuerte incidencia de la bifurcación (75,40%); sociológicamente se encontró que el 33,87 por ciento de los árboles están en situación de oprimidos.

La sobrevivencia de esta especie a los 11,3 años es de 79,91 por ciento, con un índice de adaptabilidad de 2.714, valor encontrado en comparación con otras especies coetáneas estudiadas.

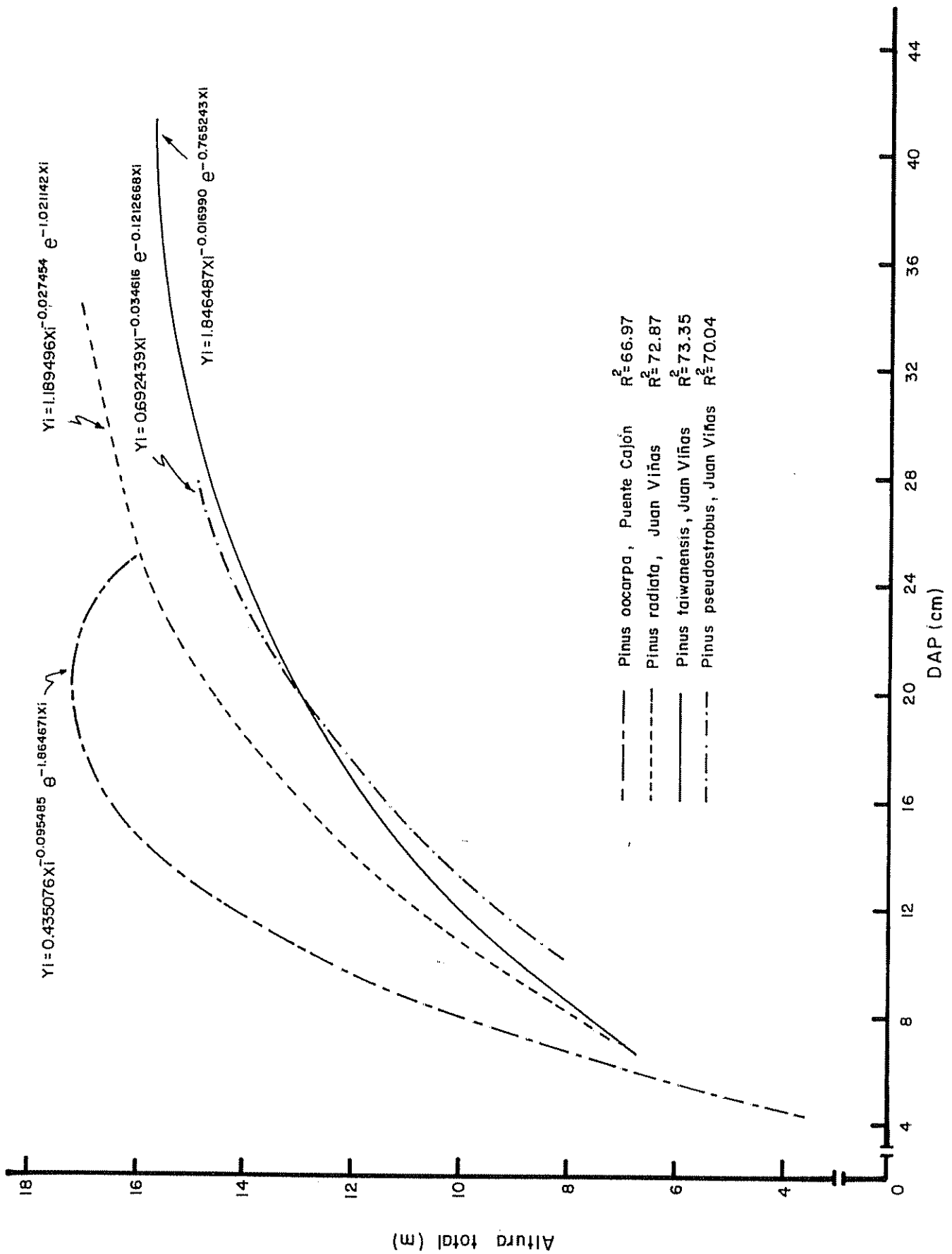


Fig. 6 Relación DAP - altura total en especies de coníferas introducidas a Costa Rica, para una edad entre 10 a 11 años

4.1.16 *Pinus pseudostrobus*

Pinus pseudostrobus ha sido introducido de México, ciudad Guzmán (Jalisco), y el desarrollo de su crecimiento en la localidad de Juan Viñas (Costa Rica) muestra entre las características cuantitativas los siguientes: crecimiento en altura $11,85 \pm 0,52$ m, DAP $18,06 \pm 1,04$ cm, Area basal $27,13 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14).

El análisis de las características cualitativas demuestra que los árboles observados tienen: 36,95 por ciento de la población de individuos con fustes torcidos, 23,21 por ciento con fustes muy torcidos y 21,73 por ciento con fustes deformados; alto porcentaje de incidencia de bifurcaciones (76,08%); 10,86 por ciento de árboles con ramas quebradas y 30,43 por ciento de individuos considerados sociológicamente como oprimidos.;

Una observación fenológica del rodal muestra una escasa fructificación. La sobrevivencia del rodal a la edad de 11,3 años es de 54 por ciento, y se encontró un índice de adaptabilidad de la especie de 3.286, en relación con otras especies coetáneas. Un $R^2 = 70,04$ por ciento expresa la relación altura=DAP para el modelo GAMMA.

4.1.17 *Pinus radiata*

La parcela de *P. radiata* en la localidad de Juan Viñas, presenta los siguientes estimadores del crecimiento a la edad de 10,5 años: variables cuantitativas: altura $11,69 \pm 1,09$ m, DAP $14,78 \pm 2,21$ cm, Area basal $12,83 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14).

La evaluación de las características cualitativas del rodal demuestran que los árboles observados tienen 16,66 por ciento de los árboles

con fustes torcidos, 8,33 por ciento con fustes muy torcidos y 8,33 por ciento con fustes deformados; la presencia de bifurcación corresponde a un 16,66 por ciento de la población total y sociológicamente se determinó un 25 por ciento de individuos sometidos al crecimiento de los dominantes y codominantes, es decir, en situación de oprimidas.

La sobrevivencia de esta especie a la edad de 10,5 años es de 40 por ciento, mientras que la adaptabilidad de la misma ha sido determinada como 3.000 en la escala del cuadro de evaluación correspondiente, para rodales coetáneos (Cuadro 24).

La mejor relación altura-DAP se obtuvo con el modelo GAMMA con un $R^2 = 72,87$ por ciento.

4.1.18 *Pinus taiwanensis*

Esta especie de procedencia desconocida, introducida a la localidad de Juan Viñas, reporta los siguientes estimadores del crecimiento para una edad del rodal de 10,5 años: características cuantitativas: altura $13,16 \pm 0,53$ m, DAP $23,03 \pm 1,60$ cm, y Area basal de $76,66 \text{ m}^2/\text{ha}$, considerando algunas de las variables más importantes que se han tomado en cuenta. Sin embargo, la totalidad de las mediciones se presentan en los Cuadros 9 y 14.

El análisis de las variables cualitativas en el rodal, indica los árboles observados tienen: 28,12 por ciento de la población de individuos con los fustes torcidos, 15,62 por ciento con fustes muy torcidos y 34,37 por ciento con fustes deformados; árboles bifurcados están contenidos en el 56,25 por ciento de la población, y sociológicamente se tienen un 15,62 por ciento de árboles en calidad de oprimidos (Cuadro 14).

La sobrevivencia de los árboles en el rodal es de 100 por ciento, a los 10,5 años, y presenta un índice de adaptabilidad del orden de 2.143, en relación a otras especies coetáneas. Un ajuste de $R^2 = 73,35$ por ciento se ha conseguido para la función GAMMA en la relación altura-DAP (Fig. 6).

4.1.19 *Pinus tenuifolia*

Esta especie procedente de México, región de Michoacán, y establecida en Juan Viñas (Costa Rica), reporta los siguientes estimadores del crecimiento: para las características cuantitativas: crecimiento en altura $13,95 \pm 1,96$ m, DAP $18,87 \pm 0,48$ cm, Area basal $34,08 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Cuadros 9 y 14).

Los límites de confianza superior e inferior entre los cuales se hallan los verdaderos parámetros poblacionales se presentan en el Cuadro 17.

La evaluación cualitativa de la parcela de *P. tenuifolia* demuestra que los árboles observados tienen un 29,83 por ciento de individuos con los fustes torcidos, 21,77 por ciento con fustes muy torcidos y 26,61 por ciento con fustes deformados; la bifurcación se presentó en un 48,38 por ciento de los árboles; las quebraduras de ramas se detectó en un 7,25 por ciento y por la posición sociológica de los individuos dentro de la plantación se encontró que el 18,54 por ciento de ellos están dentro de la situación de oprimidos, cuyo crecimiento longitudinal prácticamente está detenido.

La sobrevivencia que corresponde a esta especie es de 72 por ciento a los 10,1 años de edad, con un índice de adaptabilidad de 2.857, en relación con otros rodales coetáneos.

Cuadro 9. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Promedios y error estándar por árbol de las características cuantitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S				C U A N T I T A T I V A S		Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Area basal m ² / árbol				
<i> Araucaria</i>										
<i> angustifolia</i>	6,32±0,55	15,43±1,20	12,11±0,37	6,22±0,14	2,61±0,16	0,019±0,003	0,074±0,019	415,56±	60,43	
<i> A. cunninghamii</i>	11,67±0,52	16,71±0,86	19,04±0,69	6,13±0,06	2,59±0,11	0,023±0,002	0,195±0,022	661,88±	59,06	
<i> A. excelsa</i>	7,19±0,17	12,01±0,22	13,58±0,58	5,91±0,03	2,53±0,09	0,011±0,000	0,040±0,002	441,57±	29,02	
<i> A. kurostemi</i>	9,41±0,17	14,09±0,29	13,62±0,48	4,29±0,06	2,45±0,07	0,016±0,000	0,097±0,004	339,98±	20,49	
<i> Agathis robusta</i>	7,55±0,29	11,58±0,46	11,33±0,17	5,00±0,00	2,33±0,06	0,010±0,000	0,056±0,005	246,62±	14,53	
<i> Cryptomeria</i>										
<i> japonica</i>	8,81±0,16	12,99±0,41	21,57±0,35	3,02±0,02	1,96±0,06	0,015±0,001	0,053±0,004	146,53±	13,01	
<i> Pinus ayacahuite</i>	6,16±0,32	11,96±0,84	5,28±0,63	5,95±0,41	2,46±0,18	0,012±0,001	0,043±0,008	164,39±	44,82	
<i> P. insularis</i>	9,73±0,36	13,02±0,88	5,73±0,31	6,55±0,22	4,09±0,17	0,028±0,002	0,097±0,011	590,55±	71,98	
<i> P. luchuensis</i>	11,16±0,37	21,39±1,03	8,23±0,74	6,29±0,17	3,28±0,13	0,039±0,003	0,215±0,022	493,47±	65,38	
<i> P. michoacana</i>	9,55±0,16	16,89±0,42	4,71±0,21	5,43±0,12	3,55±0,13	0,024±0,001	0,107±0,006	271,98±	19,72	
<i> P. montezumae</i>	10,42±0,20	16,88±0,45	5,34±0,16	6,37±0,14	3,33±0,07	0,024±0,001	0,131±0,008	334,08±	26,26	
<i> P. patula</i>	14,04±0,20	18,68±0,48	10,40±0,41	4,85±0,06	2,61±0,06	0,030±0,001	0,255±0,014	320,17±	23,59	
<i> P. pseudostro-</i>										
<i> bus</i>	11,85±0,52	18,06±1,04	4,37±0,36	6,13±0,37	2,12±0,15	0,029±0,003	0,193±0,026	125,98±	17,85	
<i> P. radiata</i>	11,69±1,09	14,78±2,21	12,58±1,41	5,58±0,25	2,89±0,32	0,021±0,007	0,156±0,061	569,65±	189,72	
<i> P. taiwanensis</i>	13,16±0,53	23,03±1,60	9,41±0,76	5,81±0,22	4,58±0,35	0,047±0,005	0,356±0,047	1011,36±	172,36	
<i> P. tenuifolia</i>	13,95±1,96	18,87±0,48	11,51±0,54	6,80±0,15	2,55±0,08	0,030±0,001	0,259±0,014	428,51±	30,32	

Cuadro 10. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Puente Cajón (Turrialba), Costa Rica. Promedios y error estándar de las características cuantitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	Altura m	DAP cm	Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Area basal m ² / árbol	Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol
<i>Araucaria araucana</i> *	9,73+0,71	23,84+2,02	14,54+0,70	5,73+0,14	3,32+0,19	0,047+0,003	0,298+0,060	717,36+69,94
<i>A. excelsa</i>	2,24+0,21							
<i>A. cunninghamii</i>	9,86+0,54	16,90+0,71	13,78+0,45	5,93+0,05	1,82+0,11	0,023+0,001	0,106+0,010	238,55+25,85
<i>A. hunsteini</i>	11,18+0,23	17,43+0,43	16,64+0,20	4,87+0,05	1,61+0,07	0,024+0,001	0,161+0,009	182,16+16,01
<i>Agathis robusta</i>	2,12+0,14							
<i>Pinus oocarpa</i>	15,53+0,32	15,69+0,62	18,88+0,43	4,68+0,08	1,27+0,08	0,020+0,001	0,216+0,018	138,56+19,57
<i>P. khasya</i>	9,50+0,22	13,95+0,39	8,52+0,35	6,22+0,32	2,29+0,11	0,016+0,000	0,079+0,005	231,28+21,68

*plantado en el Arboretum viejo del CATIE, que por conveniencia figura en el presente cuadro.

Cuadro 11. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Florencia San Turrialba, Costa Rica. Promedios y error estándar por árbol de las características cuantitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S									
	Altura m	DAP cm	Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Area basal m ² / árbol	Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol		
<i>Araucaria cunninghamii</i>	8,88±0,26	12,89±0,38	13,62±0,45	5,07±0,06	1,36±0,07	0,013±0,000	0,069±0,005	108,96±11,41		
<i>A. hunsteini</i>	7,63±0,34	13,23±0,91	15,23±0,35	4,65±0,09	1,82±0,13	0,015±0,001	0,070±0,009	218,49±33,40		

Cuadro 12. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en las localidades de Juan Viñas y Puente Cajón, Costa Rica. Promedios y error estándar de las variables cuantitativas por árbol y por sitio de la población entera.

Especie	Altura m	DAP cm	VARIABLES CUANTITATIVAS				Volumen m ³ / árbol	Área de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Área basal m ² / árbol		
EN LA LOCALIDAD DE JUAN VIÑAS								
<i>Araucaria cunninghamii</i>	11,67±0,52	16,71±0,86	19,04±0,06	6,13±0,06	2,59±0,11	0,023±0,002	0,195±0,022	661,88±59,06
<i>A. excelsa</i>	7,19±0,17	12,01±0,22	13,58±0,58	5,91±0,08	2,53±0,09	0,011±0,000	0,090±0,002	441,57±29,02
<i>A. hunsteinii</i>	9,41±0,17	14,09±0,29	13,62±0,48	4,29±0,06	2,45±0,07	0,016±0,000	0,097±0,004	339,98±20,49
<i>Agathis robusta</i>	7,55±0,29	11,58±0,46	11,33±0,17	5,00±0,00	2,33±0,06	0,010±0,000	0,056±0,005	246,62±14,53
EN LA LOCALIDAD DE PUENTE CAJÓN								
<i>Araucaria cunninghamii</i>	9,86±0,54	16,90±0,71	13,70±0,45	5,93±0,05	1,82±0,11	0,023±0,001	0,106±0,010	233,55±25,35
<i>A. excelsa</i>	2,24±0,21	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>A. hunsteinii</i>	11,18±0,23	17,43±0,43	16,64±0,20	4,87±0,05	1,61±0,07	0,024±0,001	0,161±0,009	182,16±16,01
<i>Agathis robusta</i>	2,12±0,14	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Cuadro 13. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en las localidades de Juan Viñas, Florencia Sur y Puente Cajón en Costa Rica. Promedios y error estándar de las variables cuantitativas por árbol y por sitio, de la población entera.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S				Grosor de ramas cm	Área basal m ² / árbol	Volumen m ³ / árbol	Área de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Número de ramas/ cm	Área basal m ² / árbol				
EN LA LOCALIDAD DE JUAN VIÑAS										
<i>Ataucaria</i>										
<i>cunninghamii</i>	11,67±0,52	16,71±0,86	19,04±0,69	6,13±0,06	2,59±0,11	0,023±0,002	0,195±0,022	661,88±59,06		
<i>A. hunsteinii</i>	9,41±0,17	14,09±0,29	13,62±0,48	4,29±0,06	2,45±0,07	0,016±0,000	0,097±0,004	339,98±20,49		
EN LA LOCALIDAD DE FLORENCIA SUR										
<i>A. cunninghamii</i>	8,88±0,26	12,89±0,38	13,62±0,45	5,07±0,06	1,36±0,07	0,013±0,000	0,067±0,005	108,96±11,41		
<i>A. hunsteinii</i>	7,63±0,34	13,23±0,91	15,23±0,35	4,65±0,09	1,32±0,13	0,015±0,001	0,070±0,009	218,49±33,40		
EN LA LOCALIDAD DE PUENTE CAJON										
<i>A. cunninghamii</i>	9,86±0,54	16,90±0,71	13,78±0,45	5,93±0,05	1,82±0,11	0,023±0,001	0,106±0,010	233,55±25,35		
<i>A. hunsteinii</i>	11,18±0,23	17,43±0,43	16,64±0,20	4,87±0,05	1,61±0,07	0,024±0,001	0,161±0,009	182,16±16,01		

Cuadro 14. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Juan Vías, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	V A R I A B L E S C U A L I T A T I V A S															Area basal m ² /ha			
	Rectitud del Fuste (%)					Bifurcación(%)					Quieb.ramas(%)						Pos. soc.(%)		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3
<i>Ataucaria angustifolia</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	11,11	88,88	0,00	17,65			
<i>A. cunninghamii</i>	29,16	54,16	8,33	4,16	4,16	91,66	8,33	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	87,50	12,50	55,83			
<i>A. excelsa</i>	83,33	12,50	0,00	4,16	0,00	95,83	4,16	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	95,83	4,16	9,13			
<i>A. hunsteinii</i>	75,67	22,52	0,90	0,00	0,90	54,05	45,94	0,00	90,99	9,00	90,99	0,00	0,00	81,08	18,91	30,21			
<i>Agathis robusta</i>	95,23	4,76	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	22,83			
<i>Cryptomeria japonica</i>	70,14	23,88	5,97	0,00	0,00	94,02	5,97	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	7,46	62,88	29,85	25,19			
<i>Pinus ayacahuite</i>	47,61	23,80	19,04	4,76	4,76	42,85	57,14	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	57,14	42,85	8,66			
<i>P. insularis</i>	9,61	28,84	25,00	13,46	23,07	34,61	65,38	0,00	94,23	5,76	94,23	5,76	1,92	57,69	40,38	37,28			
<i>P. luchuensis</i>	0,00	12,76	12,76	17,02	57,44	29,78	70,21	0,00	97,87	2,12	97,87	2,12	8,51	78,72	12,76	62,36			
<i>P. michoacana</i>	2,77	20,83	28,47	13,19	34,72	37,50	62,50	0,00	86,80	13,19	86,80	13,19	1,38	74,30	24,30	29,24			
<i>P. montezumae</i>	3,57	24,40	27,38	13,69	30,95	41,66	58,33	0,00	86,90	13,09	86,90	13,09	5,35	60,11	34,52	32,33			
<i>P. patula</i>	32,78	29,50	20,76	8,19	8,74	24,59	75,40	0,00	97,81	2,18	97,81	2,18	7,65	58,46	33,87	40,23			
<i>P. pseudostrobus</i>	4,34	13,04	36,95	23,91	21,73	21,73	76,08	0,00	89,13	10,86	89,13	10,86	13,04	54,34	30,43	27,13			
<i>P. radiata</i>	33,33	33,33	16,66	8,33	8,33	83,33	16,66	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	25,00	50,00	25,00	12,83			
<i>P. taiwanensis</i>	9,37	12,50	28,12	15,62	34,37	43,75	56,25	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	12,50	71,87	15,62	76,66			
<i>P. tenuifolia</i>	2,41	19,35	29,83	21,77	26,61	51,61	48,38	0,00	92,74	7,25	92,74	7,25	4,83	76,61	18,54	34,08			

Cuadro 15. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	V A R I A B L E S C U A L I T A T I V A S												Area basal m ² /ha
	Rectitud del Fuste(%)			Bifurcación(%)			Quieb.ramas(%)			Pos. soc. (%)			
	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	3	
<i>Anaucaria anaucana</i> *	90,90	9,09	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	27,27	54,54	18,18	52,60
<i>A. excelba</i>													
<i>A. cunninghamii</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,28	10,71	100,00	0,00	0,00	89,28	10,71	16,45
<i>A. hunsteinii</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,22	3,77	100,00	0,00	22,64	71,69	5,66	32,60
<i>Agathis robusta</i>													
<i>Pinus occaupa</i>	82,00	14,00	4,00	0,00	0,00	78,00	22,00	100,00	0,00	18,00	64,00	18,00	26,00
<i>P. khasya</i>	74,39	19,51	4,87	0,00	0,00	76,82	23,17	100,00	0,00	21,95	59,75	18,29	33,30

*Plantado en el Arboretum viejo del CATIE, que por conveniencia figura en el presente cuadro.

Cuadro 16. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. Porcentaje o proporciones de las características cualitativas del total de árboles en experimentación.

Especie	V A R I A B L E S C U A L I T A T I V A S										Area basal m ² /ha			
	Rectitud del fuste (%)					Bifurcación(%)			Quieb.ramas(%)			Pos. soc. (%)		
	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	1	2	3	
<i>Araucaria cunninghamii</i>	87,50	10,00	2,50	0,00	0,00	90,00	10,00	97,50	2,50	15,00	67,50	17,50	18,01	
<i>A. hunsteinii</i>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,30	7,69	96,15	3,84	11,53	69,23	19,23	13,30	

Cuadro 17. Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Prueba de t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S					Volumen $\frac{m^3}{\text{árbol}}$	Area de corte $\frac{cm^2}{\text{árbol}}$
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Area basal $\frac{m^2}{\text{árbol}}$			
<i>Araucaria</i>									
<i>angustifolia</i>	7,82- 5,82	17,60-13,26	13,69-10,53	6,47-5,97	2,90-2,32	0,024-0,014	0,108-0,040	525,15-305,97	
<i>A. cunninghamii</i>	12,56-10,78	18,18-15,24	20,22-17,86	6,23-6,03	2,78-2,40	0,026-0,020	0,233-0,157	763,18-560,58	
<i>A. excelsa</i>	7,48- 6,90	12,39-11,63	14,57-12,59	6,05-5,77	2,68-2,38	0,013-0,009	0,043-0,037	491,13-391,18	
<i>A. hunsteinii</i>	9,69- 9,13	14,57-13,60	14,42-12,82	4,39-4,19	2,56-2,33	0,018-0,014	0,104-0,090	374,22-305,74	
<i>Agathis robusta</i>	8,05- 7,05	12,37-10,79	11,62-11,04	5,02-4,98	2,43-2,23	0,012-0,008	0,065-0,047	271,68-221,56	
<i>Cryptomeria</i>									
<i>japonica</i>	9,07- 8,54	13,67-12,31	22,15-20,99	3,05-2,99	1,56-1,36	0,017-0,013	0,060-0,046	168,10-124,96	
<i>Pinus ayacahuite</i>	6,71- 5,61	13,41-10,51	6,37- 4,19	6,66-5,24	2,77-2,15	0,014-0,010	0,057-0,029	241,70- 87,07	
<i>P. insularis</i>	10,34- 9,12	19,50-16,54	6,25- 5,21	6,92-6,18	7,38-3,80	0,031-0,025	0,116-0,078	711,76-469,34	
<i>P. luchuensis</i>	11,78-10,54	23,12-19,65	9,48- 6,98	6,58-6,00	3,49-3,06	0,044-0,034	0,252-0,178	603,57-383,37	
<i>P. michoacana</i>	9,81- 9,28	17,59-16,19	5,06- 4,36	6,63-5,23	3,98-3,33	0,026-0,022	0,117-0,097	304,68-239,28	
<i>P. montezumae</i>	10,70-10,14	17,63-16,13	5,60- 5,07	6,60-6,13	3,45-3,21	0,027-0,023	0,144-0,118	377,62-290,54	
<i>P. patula</i>	14,37-13,71	19,48-17,88	11,08- 9,72	4,95-4,75	2,71-2,51	0,032-0,028	0,278-0,232	359,28-281,06	
<i>P. pseudostrobus</i>	12,73-10,97	18,91-16,31	4,98- 3,76	6,76-5,51	2,46-1,96	0,034-0,024	0,237-0,149	156,04- 95,92	
<i>P. radiata</i>	13,65- 9,73	18,75-10,81	14,75-10,41	6,03-5,13	3,46-2,31	0,034-0,008	0,266-0,046	910,39-228,91	
<i>P. taiwanensis</i>	14,06-12,26	25,74-20,31	10,70- 8,12	6,18-5,44	5,17-3,98	0,055-0,039	0,436-0,276	1303,85-718,86	
<i>P. tenuifolia</i>	17,20-10,70	19,67-18,07	12,40-10,61	7,13-6,63	2,68-2,42	0,032-0,028	0,282-0,236	478,78-378,24	

Cuadro 18, Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Punte Cajón, Turrialba, Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S						Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor de ramas cm	Area basal m ² / árbol	Número ramas/ verti- cilos	Area basal m ² / árbol		
<i>Araucaria araucana</i>	11,02- 2,59-1,88	27,50-20,18	15,81-13,37	5,98-5,48	3,66-2,98	0,061-0,033	0,407-0,189	844,09-590,63		
<i>A. cunninghamii</i>	10,78- 8,94	18,14-15,66	14,55-13,01	6,01-5,84	2,01-1,63	0,025-0,021	0,123-0,089	277,57-139,53		
<i>A. hunsteinii</i>	11,57-10,79	18,15-16,71	16,98-16,30	4,95-4,79	1,73-1,49	0,026-0,022	0,176-0,146	209,12-155,20		
<i>Agathis robusta</i>	2,36-1,88									
<i>Pinus oocarpa</i>	16,07-14,99	16,73-14,65	19,60-18,16	4,81-4,54	1,40-1,13	0,022-0,018	0,246-0,186	171,52-105,60		
<i>P. khasya</i>	9,87-9,13	14,60-13,30	9,10-7,93	6,75-5,68	2,47-2,11	0,018-0,014	0,087-0,071	267,51-135,05		

Cuadro 19. Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S							Area de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor ramas cm	Area basal m ² / árbol	Volúmen m ³ / árbol			
<i>Araucaria cunninghamii</i>	9,32-8,44	13,53-12,24	14,38-12,86	5,17-4,97	1,48-1,24	0,015-0,011	0,077-0,061	128,32- 89,60		
<i>A. hunsteini</i>	8,22-7,05	14,78-11,68	15,83-14,63	4,80-4,50	2,04-1,60	0,017-0,013	0,085-0,055	275,34-161,44		

Cuadro 20. Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en las localidades de Juan Viñas y Puente Cajón en Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Especie	Altura m	DAP cm	V A R I A B L E S C U A N T I T A T I V A S				Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol
			Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor ramas cm	Area basal m ² / árbol		
EN LA LOCALIDAD DE JUAN VIÑAS								
<i>Araucaria cunninghamii</i>	12,56-10,78	18,18-15,24	20,22-17,86	6,23-6,03	2,78-2,40	0,026-0,020	0,233-0,157	763,18-560,58
<i>A. excelsa</i>	7,48- 6,90	12,39-11,63	14,57-12,59	6,05-5,77	2,68-2,38	0,013-0,009	0,043-0,037	491,13-391,18
<i>A. hunsteinii</i>	9,69- 9,13	14,57-13,60	14,42-12,82	4,39-4,19	2,56-2,33	0,018-0,014	0,104-0,090	374,22-305,74
<i>Agathis robusta</i>	8,05- 7,05	12,37-10,79	11,62-11,04	5,02-4,98	2,43-2,23	0,013-0,008	0,065-0,047	271,68-221,56
EN LA LOCALIDAD DE PUENTE CAJON								
<i>Araucaria cunninghamii</i>	10,78- 8,94	18,14-15,66	14,55-13,01	6,01-5,84	2,01-1,63	0,025-0,021	0,123-0,089	277,57-189,53
<i>A. excelsa</i>	2,59- 1,88	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>A. hunsteinii</i>	11,57-10,79	18,15-16,71	16,98-16,30	4,95-4,79	1,37-1,49	0,026-0,022	0,176-0,146	209,12-155,20
<i>Agathis robusta</i>	2,36- 1,88	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Cuadro 21. Límites de la variabilidad de las características cuantitativas de coníferas exóticas de una plantación de ensayo en las localidades de Juan Viñas, Puente Cajón y Florencia Sur en Costa Rica. Prueba t de "Student" para un nivel de significación de $\alpha = 0,10$.

Especie	Altura m	DAP cm	Número verticilos 2/3 de altura	Número ramas/ verti- cilos	Grosor ramas cm	Area basal m ² / árbol	Volumen m ³ / árbol	Area de corte cm ² / árbol
EN LA LOCALIDAD DE JUAN VIÑAS								
<i>Ataucaria</i>								
<i>cunninghamii</i>	12,56-10,78	18,18-15,24	20,22-17,86	6,23-6,03	2,78-2,40	0,026-0,020	0,233-0,157	767,18-560,58
<i>A. hunsteinii</i>	9,69- 9,13	14,57-13,60	14,42-12,82	4,39-4,19	2,56-2,33	0,018-0,014	0,104-0,090	374,22-305,74
EN LA LOCALIDAD DE FLORENCIA SUR								
<i>A. cunninghamii</i>	9,32- 8,44	13,53-12,24	14,38-12,86	5,17-4,97	1,48-1,24	0,015-0,011	0,077-0,061	128,32- 89,60
<i>A. hunsteinii</i>	8,22- 7,05	14,78-11,68	15,83-14,63	4,80-4,50	2,04-1,60	0,017-0,013	0,085-0,055	275,34-161,44
EN LA LOCALIDAD DE PUENTE CAJON								
<i>A. cunninghamii</i>	10,78- 8,94	18,14-15,66	14,55-13,01	6,01-5,84	2,01-1,63	0,025-0,021	0,123-0,089	277,57-189,53
<i>A. hunsteinii</i>	11,57-10,79	18,15-16,71	16,98-16,30	4,95-4,79	1,37-1,49	0,026-0,022	0,176-0,146	209,12-155,20

Cuadro 22. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 5,5 a 6,5 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Número verticilos en 2/3 altura	Area basal/ ha	Bifur- cacio- nes	Rect. Fuste	Indice de adapta- bilidad	Indice adapta- bilidad promedio ponderado	Localidad
<i>Araucaria angustifolia</i>	3	3	2	1	3	1	1	2.000	2,35	Juan Viñas
<i>A. cunninghamii</i>	1	1	1	4	1	3	3	2.000	1,50	Juan Viñas
<i>A. humsteini</i>	2	2	2	2	2	5	2	2.430	2,23	Juan Viñas
<i>Agathis robusta</i>	4	3	4	1	3	1	1	2.430	2,96	Juan Viñas
<i>Araucaria cunninghamii</i>	3	2	3	2	3	4	2	2.714	2,77	Florencia Sur
<i>A. humsteini</i>	3	3	3	3	4	3	1	2.857	2,96	Florencia Sur
<i>A. excelsa</i>	4	3	3	2	5	2	2	3.000	3,38	Juan Viñas
<i>A. excelsa</i>	5	4	5	5	6	6	4	5.000	5,00	Puente Cajón

Cuadro 23. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 7,5 a 8,5 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Número verticilos en 2/3 altura	Area basal/ha	Bifurcaciones	Rect. Fuste	Indice de adaptabilidad	Indice adaptabilidad promedio ponderado	Localidad
<i>Araucaria hunsteini</i>	1	1	1	2	1	1	1	1.143	1,04	Puente Cajón
<i>A. cunninghamii</i>	2	2	2	1	2	2	1	1.714	1,85	Puente Cajón
<i>Pinus khasya</i>	3	2	3	1	1	3	2	2.143	2,27	Puente Cajón
<i>Agathis robusta</i>	4	3	4	4	3	4	3	3.571	3,54	Puente Cajón

Cuadro 24. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad de 10 a 11 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Número verticalios en 2/3 altura	Area basal/ ha	Bifur- cacio- nes	Rect. Fuste	Indice de adapta- bilidad	Indice de adapta- bilidad ponderado	Localidad
<i>Pinus oocarpa</i>	2	1	4	3	3	1	1	2.143	2,27	Puente Cajón
<i>P. taiwanensis</i>	1	2	1	2	1	3	5	2.143	1,81	Juan Viñas
<i>P. patula</i>	2	1	3	3	2	5	3	2.714	2,42	Juan Viñas
<i>P. luchuensis</i>	2	3	2	2	1	5	5	2.857	2,54	Juan Viñas
<i>P. tenuifolia</i>	2	2	3	3	3	2	5	2.857	2,77	Juan Viñas
<i>P. radiata</i>	3	3	4	3	4	1	3	3.000	3,23	Juan Viñas
<i>P. insularis</i>	4	4	3	1	2	4	4	3.143	3,31	Juan Viñas
<i>Cryptomeria japonica</i>	5	4	5	3	3	1	1	3.143	3,62	Juan Viñas
<i>Pinus montezumae</i>	3	4	4	1	3	3	5	3.286	3,50	Juan Viñas
<i>P. pseudostrobus</i>	3	3	3	1	3	5	5	3.286	3,31	Juan Viñas
<i>P. michoacana</i>	3	4	4	1	3	4	5	3.429	3,58	Juan Viñas
<i>P. ayacahuite</i>	5	5	5	1	5	3	2	3.714	4,35	Juan Viñas

Cuadro 25. Comportamiento de especies de coníferas introducidas, en parcelas de ensayo a Costa Rica. Porcentaje de sobrevivencia por especie y por sitio.

Especie	Población inicial	Población actual	Porcentaje sobrevivencia	Edad (años)
EN LA LOCALIDAD DE PUENTE CAJON				
<i>Agathis robusta</i>	100	22	22,00	8,4
<i>Araucaria excelsa</i>	100	36	36,00	5,5
<i>A. araucana</i>	16	11	68,75	13,0
<i>A. hunsteinii</i>	100	53	53,00	8,5
<i>A. cunninghamii</i>	100	28	28,00	8,6
<i>Pinus khasya</i>	100	82	82,00	7,8
<i>P. oocarpa</i>	100	50	50,00	9,5
EN LA LOCALIDAD DE FLORENCIA SUR				
<i>A. cunninghamii</i>	45	40	88,89	6,6
<i>A. hunsteinii</i>	45	26	57,78	6,6
EN LA LOCALIDAD DE JUAN VIÑAS				
<i>Agathis robusta</i>	25	21	84,00	6,3
<i>Araucaria angustifolia</i>	13	9	69,23	6,3
<i>A. cunninghamii</i>	25	24	96,00	6,3
<i>A. excelsa</i>	49	24	48,98	6,4
<i>A. hunsteinii</i>	180	111	61,67	6,3
<i>Cryptomeria japonica</i>	140	134	95,71	10,8
<i>Pinus ayacahuite</i>	51	21	41,18	10,5
<i>P. insularis</i>	67	52	77,61	10,5
<i>P. luchuensis</i>	54	47	87,04	10,5
<i>P. michoacana</i>	194	144	74,23	11,3
<i>P. montezumae</i>	204	168	82,35	10,5
<i>P. Patula</i>	229	183	79,91	11,3
<i>P. pseudostrobus</i>	84	46	54,76	11,3
<i>P. radiata</i>	30	12	40,00	10,5
<i>P. taiwanensis</i>	32	32	100,00	10,5
<i>P. tenuifolia</i>	171	124	72,51	10,1

Cuadro 26. Comportamiento de coníferas introducidas a Costa Rica. Porcentaje de ocurrencia de "cola de zorro".

Especie	Población actual de árboles	Nº de árboles con "cola de zorro"	Porcentaje de ocurrencia	Localidad
<i>Pinus khasya</i>	82	24	29,27	Puente Cajón
<i>P. michoacana</i>	144	6	4,17	Juan Viñas

Cuadro 27. Comportamiento de coníferas introducidas a Costa Rica. Observaciones fenológicas.

Especie	Fructificación	Fecha de observación	Localidad
<i>Pinus oocarpa</i>	XX*	27/12/74	Puente Cajón
<i>Cryptomeria japonica</i>	XXX	9/1/75	Juan Viñas
<i>Pinus pseudostrobus</i>	X	2/1/75	Juan Viñas
<i>P. michoacana</i>	X	21/1/75	Juan Viñas

* X = escasa (menor de 25%)

XX = moderada (entre 25-50%)

XXX = abundante (mayor de 50%)

5. DISCUSION

Con la finalidad de juzgar el ritmo de crecimiento de las plantaciones de ensayo según los resultados obtenidos, se ha creído conveniente establecer categorías de incremento medio anual en DAP, altura y volumen, que figuran en el Cuadro 6 del Apéndice.

El comportamiento de una especie se explica en función de su índice de adaptabilidad, valor generado a través de la conjunción de siete variables las más influyentes en la producción de madera dentro de la morfología externa y directamente ponderable.

Las variables cuantitativas, DAP y altura son los estimadores in dependientes y su conjunción determina el crecimiento que es la expresión de la adaptabilidad. Los cualitativos, bifurcaciones, rectitud del fuste y número de verticilos, muestran directamente la calidad en el producto e indirectamente la adaptabilidad.

Por último, las variables dependientes entre ellas volumen y área basal, seguirán la tendencia de los primeros.

El promedio aritmético o Índice de Adaptabilidad, ha ubicado las especies en determinadas categorías: deseables, medianamente deseables y poco deseables como se observa en el Cuadro 7 del Apéndice. Al ensayar una ponderación a las variables según los Cuadros 3, 4 y 5 del Apéndice, la ubicación de las especies adquiere una ligera variación, asegurando solidez a la metodología inicial utilizada, este es el Índice de Adaptabilidad.

5.1 Comportamiento de *Agathis robusta*

A. robusta en Puente Cajón (Turrialba) alcanza un índice de

adaptabilidad de 3.571, que es el valor más alto para el grupo de edad de las especies de 7,5-8,5 años; según el método utilizado se considera que para un valor más bajo del índice correspondería una mejor adaptabilidad de la especie al sitio.

El desarrollo de *A. robusta* es sumamente precario; la mayoría de los individuos se encuentran en pésimas condiciones y gran parte de la población ha fallado completamente. Esta parcela con 8,4 años de edad, presenta una altura promedio entre 1,88-2,36 m, que como puede apreciarse el desarrollo cuantitativo en este sitio, es pésimo.

La altitud 600 m y precipitación de 2.591 mm que caracteriza al sitio están dentro de los requerimientos mínimos de la especie para su desarrollo satisfactorio; sin embargo, parece que las condiciones del suelo son las que definitivamente influenciaron en el crecimiento anormal de *A. robusta*. El drenaje en Puente Cajón es imperfecto como lo evidencia la presencia de moteaduras, la napa freática fluctúa entre 0,70 y 1,20 m (2); y está demostrado que esta conífera necesita suelos forestales profundos en arcillas volcánicas, con drenaje libre (33).

A. robusta en la localidad de Juan Viñas alcanza un crecimiento medio anual de altura entre 1,12 y 1,27 m al año, es considerado óptimo y está de acuerdo con los resultados de Laurie (33). El crecimiento medio anual de diámetro de 1,71 a 1,96 cm/año, es considerablemente elevado; alcanza un volumen de 98,70 a 136,50 m³/ha que representa un crecimiento volumétrico de 15,66 a 21,66 m³/ha/año. El desarrollo de parcela se considera satisfactorio y evidencia un comportamiento medianamente deseable con un índice de adaptabilidad de 2.430. Las características cualitativas de los árboles a la edad de 6,3 años, corresponden

en general a la morfología normal de la especie de acuerdo con la descripción de Little (34).

5.2 Comportamiento de *Araucaria angustifolia*

El crecimiento en altura de 0,92 a 1,24 m/año y diámetro de 2,10 a 2,79 cm/año en la localidad de Juan Viñas para una edad de 6,3 años, se consideran como óptimos, mientras que el incremento volumétrico anual de 5,71 a 15,42 m³/ha/año es bastante lento para estos primeros años de su crecimiento.

Alcanza un índice de adaptabilidad de 2,00, ubicándola como una de las mejor adaptada entre las especies de su edad, 5,5-6,5 años.

El desarrollo inicial, tanto cualitativo como cuantitativo, ameritan la ampliación de los ensayos de introducción de esta especie en los trópicos; debe recordarse que se trata de una especie de la zona templada y en consecuencia en los trópicos está fuera de su habitat natural; sin embargo, la buena adaptación inicial que muestran se puede atribuir al régimen de lluvia, uniformemente distribuida durante todo el año que presenta el área de experimentación, similar al de su habitat natural.

5.3 Comportamiento de *Araucaria araucana*

En la localidad de Arboretum viejo, el crecimiento medio anual de altura de 0,65 a 0,85 m/año relativamente moderado mientras que el de diámetro de 1,55 a 2,11 cm/año se puede considerar como elevado, comparándolo con los antecedentes de esta especie en plantaciones experimentales donde ha demostrado tener un crecimiento bastante lento (63). Se desconocen reportes concretos de su comportamiento en otros países (45),

ya que *A. araucana* está confinado a la parte Sur de Chile y a la occidental de Argentina.

Alcanza un volumen de 207,90 a 447,70 m³/ha, presentando un incremento anual en volumen de 15,99 a 34,43 m³/ha/año, situándole como una especie de crecimiento y rendimiento altamente satisfactorio. Cualitativamente los individuos de esta plantación joven se presentan en su mayoría con fustes rectos. El aspecto en general es bastante deseable y acorde con las buenas características morfológicas de su habitat natural, y su comportamiento como un género monotípico en ensayos de inroducción (63).

5.4 Comportamiento de *Araucaria cunninghamii*

El crecimiento medio anual de altura es óptimo en Juan Viñas (1,71 a 1,99 m/año). El crecimiento medio anual de diámetro en todas las localidades de ensayo, es considerablemente elevado, teniendo en cuenta la ausencia casi total de reportes concretos acerca de la evolución del crecimiento en parcelas de ensayo realizados con esta especie debido a su reciente introducción. En Juan Viñas el crecimiento diamétrico es de 2,42 a 2,88 cm/año.

El crecimiento medio anual y volumétrico presenta variaciones debido principalmente a la desigualdad de las densidades en el rodal, es así como corresponde un volumen de 376,8 a 559,20 m³/ha para una densidad de plantación de 2,0 x 2,0 m en la localidad de Juan Viñas, y el más bajo corresponde a un volumen de 62,10 a 62,30 m³/ha para una densidad de plantación muchísimo menor debido a una poda rigurosa que extrajo el 50 por ciento de la población inicial de árboles. El

desarrollo cuantitativo, aunque presenta algunas variaciones, especialmente en el crecimiento volumétrico, puede considerarse como satisfactorio.

La evaluación cualitativa de las parcelas de *A. cunninghamii*, presentan individuos con fustes rectos a ligeramente torcidos aunque existen algunos tallos bifurcados. Se considera, en general, que todos ellos presentan características morfológicas deseables para la producción de madera de alto valor de utilización de acuerdo con sus recomendables características silviculturales de la especie.

El mejor índice de adaptabilidad de 2.000 se alcanza en Juan Viñas y una adaptabilidad intermedia en Florencia Sur y Puente Cajón. En este último lugar las condiciones del suelo, especialmente por el drenaje imperfecto, se consideran como las razones del bajo rendimiento, ya que esta especie tal como afirma Ntima (41), crece bien en una gran variedad de suelos a condición de que estén bien drenados.

Por otro lado, la causa del bajo desarrollo pudo ser el resultado de la excesiva pluviosidad de los sitios, puesto que *A. cunninghamii* necesita una precipitación entre 1,016 a 1,524 mm anualmente, con estaciones húmedas y secas alternadas, según Golfari, citado por Ntima (41); esta condición no se presenta en los lugares de ensayo. Pese a todo, esto se trata de una especie promisoría para los trópicos, aunque se ha notado que el crecimiento del tallo principal se presenta mostrando cierta curvatura en la parte terminal alternando con épocas de crecimiento completamente erecto, posiblemente debido a la acción mecánica y secante del viento, dando la impresión de tener cierta flexibilidad lo que impide la rotura del brote terminal.

5.5 Comportamiento de *Araucaria excelsa*

Una de las parcelas de *A. excelsa* se encuentra en la localidad de Puente Cajón, donde ha demostrado estar completamente desadaptada, como se comprueba con el crecimiento longitudinal de 1,88 a 2,59 m para 5,5 años de edad del rodal, desarrollo que es sumamente precario. Es de suponer la influencia negativa de las condiciones del suelo, especialmente la falta de drenaje para este manifiesto fracaso, ya que esta especie ha tenido éxito en su introducción a muchos climas tropicales y subtropicales del mundo, tal como afirma Little (34).

La parcela ubicada en Juan Viñas tiene otro aspecto; el crecimiento medio anual de altura varía entre 1,08 a 1,17 m/año, el crecimiento medio anual diamétrico entre 1,82 a 1,93 cm/año, lo cual es bastante elevado y uniforme en el rodal. El crecimiento medio anual volumétrico estimado para la edad de 6,4 años, es de 29,60 a 34,40 m³/ha, representando un incremento anual de 4,62 a 5,37 m³/ha/año que se considera bajo, probablemente debido a su excesiva conicidad del tallo y gran desarrollo de ramas.

En la parcela de *A. excelsa* se presentan la mayoría de los árboles con fustes rectos o ligeramente torcidos. Su ramificación general, corresponden con la morfología normal de la especie.

El desarrollo cuantitativo en general de *A. excelsa*, se considera poco deseable para producción de madera; sin embargo, el análisis cualitativo, demuestra claramente que se trata de un árbol valioso para ornamentación, con este fin comercial se está plantando en gran escala en muchos países, especialmente en Filipinas como árbol de navidad y también utilizado para el embellecimiento de paisajes en zonas

residenciales (7, 37).

5.6 Comportamiento de *Araucaria hunsteinii*

A. hunsteinii, en la localidad de Puente Cajón, tiene un crecimiento medio anual en altura de 1,27 a 1,36 m/año, y 1,96 a 2,13 cm/año de diámetro, que de acuerdo a la categoría se considera como óptimo, y es de anotar la poca información en el mundo sobre crecimientos de esta conífera en parcelas de ensayo (41).

Alcanza un volumen de 193,45 a 233,20 m³/ha a la edad de 8,5 años, que representa un incremento medio anual de 22,75 a 27,4 m³/ha/año. Por este desarrollo cuantitativo alto y su excelente índice de adaptabilidad al sitio (1.443), esta especie se considera entre las más prometedoras de las ensayadas, requiriendo un estudio más intensivo en otras fases del mejoramiento de árboles forestales, como selección y prueba de procedencias.

La plantación en Florencia Sur, en cambio, difiere ligeramente de la anterior (Cuadros 10 y 11). Pese a todo esto, se considera haber alcanzado una adaptabilidad intermedia entre las especies de su grupo de edad de 5,5 a 6,5 años.

A. hunsteinii en Juan Viñas, alcanza un crecimiento medio anual en altura de 1,45 a 1,54 m/año y 2,16 a 2,31 cm/año de diámetro y su volumen es de 166,5 a 192,40 m³/ha, que corresponde a un incremento medio anual de 26,42 a 30,53 m³/ha.

En general, el crecimiento inicial de *A. hunsteinii*, en la región de Turrialba, a pesar de las variaciones, se considera satisfactorio y las perspectivas de la producción de las parcelas son buenas.

La evaluación cualitativa de las parcelas de ensayo, en su mayoría presentan árboles con fustes rectos y ligeramente torcidos, que por su hábito de ramificación y forma piramidal de la copa (41), se pueden juzgar como satisfactorios y es una de las buenas especies ensayadas en la región. Sin embargo, se detectaron ciertas anomalías en el crecimiento, especialmente la bifurcación de los tallos que en Juan Viñas afecta hasta un 45,95 por ciento del rodal. El otro carácter negativo concordante con la literatura citada por Ntíma (41), son las quebraduras de la cima de los árboles causadas por el viento, que para la misma parcela afectan un 9 por ciento de la población de árboles. Es por esta razón que en Nueva Guinea se ha demostrado que *A. hunsteinii* no es recomendable plantar sobre la parte alta de las cordilleras, o en áreas donde pueden presentarse fuertes vientos (41). Es importante mencionar que por su hábito de crecimiento y forma de ramificación se hace indispensable la práctica frecuente de podas, con el fin de obtener madera de mayor valor y calidad.

5.7 Comportamiento de *Cryptomeria japonica*

En la parcela de *C. japonica* en Juan Viñas, con edad de 10,8 años, el crecimiento de altura es de 0,79 a 0,84 m/año y el crecimiento diamétrico de 1,14 a 1,26 cm/año. Estos desarrollos son considerablemente moderados y concuerda con la literatura citada por Ghosh (18).

La parcela tiene un volumen de 77,05 a 100,50 m³/ha (7,13 a 9,30 m³/ha/año), que es relativamente bajo, debido probablemente a su alta conicidad y forma piramidal del fuste (47).

El desarrollo cuantitativo de *C. japonica*, puede considerarse

satisfactorio y concuerda con la literatura que señala un crecimiento bastante lento aún en sitios de excelente calidad (6).

La morfología en general, corresponde a la descripción dada para esta especie en la literatura; sin embargo, se encontraron algunos árboles bifurcados y otros en situación sociológica de oprimidos, probablemente por la alta densidad del rodal y la influencia de otra especie de rápido crecimiento plantada a continuación (*Pinus tenuifolia*).

Se espera que mediante trabajos de selección y mejoramiento de la especie, se llegue a obtener características deseables para la producción de madera de alto valor de utilización. Una observación fenológica detectó una alta producción de semilla por árbol, aclarando que más del 50 por ciento de los árboles están en plena producción en el momento de la observación. Un ensayo hecho por el Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, indica que las semillas no son viables.

El comportamiento de *C. japonica* se resume como medianamente deseable y prometedora, tanto por su madera como por su empleo potencial en ornamentación.

5.8 Comportamiento de *Pinus ayacahuite*

El desarrollo de *P. ayacahuite* en Juan Viñas, es completamente precario. La mayoría de los individuos se encuentran en pésimas condiciones con aspecto achaparrado, adquiriendo apariencia de un árbol ornamental; con base en ello, se cree que las perspectivas para su plantación en los trópicos en las condiciones ensayadas es mínima, pues requiere alturas oscilantes entre 2.300 a 3.200 m sobre el nivel del mar y en sitios con ligera lluvia (25), que corresponden a áreas climáticas

de tipo mediterráneo, mientras que el lugar de ensayo es un tipo de asociación atmosférica más bien húmeda, razón por la cual se cree que las posibilidades de éxito desde el inicio han sido escasas.

5.9 Comportamiento de *Pinus insularis*

El desarrollo cuantitativo de la parcela de *P. insularis*, se puede considerar como moderado. Sin embargo, el crecimiento medio anual diamétrico de 1,57 a 1,85 cm/año es relativamente elevado si se compara a lo expresado por De la Mensbruge (12). En la revisión de literatura, en base a los pocos reportes sobre el crecimiento de esta especie, se confunde taxonómicamente con *P. khasya*, y sobre éste sí se han reportado numerosos ensayos concretos.

P. insularis, en la prueba de Juan Viñas, presenta la mayoría de los individuos con fustes torcidos, muy torcidos y deformados; exhibe también características indeseables como bifurcación de los tallos y quebradura de ramas; gran parte de la población se encuentra sociológicamente en situación de oprimidos, deteniendo prácticamente su crecimiento longitudinal. Esta morfología exhibida por *P. insularis* definitivamente resta la posibilidad de producir madera de un buen valor de utilización. La especie ha demostrado poseer cierta plasticidad a desarrollarse en un habitat ecológicamente tan diferente, como se describe en la literatura, donde se aprecia que su rango altitudinal oscila entre 1.000 a 2.700 m sobre el nivel del mar, y ocasionalmente a 3.000 m (39).

El índice de adaptabilidad de 3.143 para esta especie lo sitúa como una conífera medianamente deseable para las condiciones ecológicas

de Juan Viñas; es de esperar que con trabajos de selección y ampliación de parcelas de ensayo en otros sitios, se llegue a obtener árboles más deseables para la producción de madera de alto valor de utilización.

5.10 Comportamiento de *Pinus khasya*

El desarrollo inicial cuantitativo de la parcela en la localidad de Puente Cajón es muy uniforme, manteniendo un crecimiento longitudinal de 1,17 a 1,26 m/año, que es considerado óptimo y concuerda con lo expresado por Silva (54); el crecimiento diamétrico de 1,70 a 1,87 cm/año, es ligeramente inferior a lo reportado por el mismo autor en la literatura. *P. khasya*, a la edad de 7,8 años, alcanza un volumen de 145,55 a 178,35 m³/ha, que representa 18,66 a 22,86 m³/ha/año; como se aprecia es bastante considerable.

Cualitativamente la parcela presenta la mayoría de los árboles con fustes rectos a ligeramente torcidos, ramificación abundante, y una pronunciada conicidad. Se observa una alta incidencia de "cola de zorro" de 29 por ciento del rodal.

Las características indeseables del fuste y ramificación que presenta *P. khasya*, corresponden a la morfología típica de la especie (31). Indudablemente, que exige cuidados culturales intensivos (podas) para la obtención de madera de mejor valor de utilización.

En resumen, la adaptabilidad de *P. khasya*, se considera medianamente deseable para el sitio en el cual se condujo la experimentación donde ha ejercido una influencia negativa el drenaje imperfecto del suelo, ya que Lamb (31) encontró que el drenaje y aireación del suelo son factores importantes para un buen crecimiento de esta conífera. Otro

factor que se considera fundamental es la influencia negativa del régimen de lluvia tipo uniforme en la región de introducción, sabiendo que esta especie pertenece al tipo monzónico*.

5.11 Comportamiento de *Pinus luchuensis*

La información de la parcela se presenta recopilada en los Cuadros 9 y 10. Los crecimientos iniciales de altura de 1,00 a 1,09 m/año y de 1,87 a 2,20 cm/año en diámetros, son relativamente altos; el crecimiento del área basal de 5,94 m²/ha/año, y el de volumen de 23,43 a 33,17 m³/ha/año indican buenas perspectivas de la capacidad de producción de esta especie en el lugar de ensayo. El desarrollo cuantitativo de la especie se considera satisfactorio, más aún cuando existen reportes de plantaciones donde ha fracasado totalmente (55).

P. luchuensis presenta la mayoría de los árboles con fustes torcidos, muy torcidos y especialmente deformados con 57 por ciento, característica observada inclusive en su habitat natural, donde la forma de los árboles es, en general, de aspecto pobre con los fustes irregulares y nudosos debido al viento (39). Se observan las anomalías de bifurcación en 70 por ciento y quebraduras de ramas de 2 por ciento, con ramificación abundante y gruesa. Lo mismo se aprecia también en reportes de ensayos como exótica en Sud Africa (55). La mayoría de las características del fuste y ramificación de los árboles de *P. luchuensis*

* Golfari, IDIA - Suplemento Forestal 1965.

son indeseables para la obtención de madera de un valor de utilización satisfactorio. Indudablemente se considera muy sensato esperar nuevos ensayos de procedencias y mejoramiento genético para esta especie, que cuantitativamente es muy deseable.

Alcanza un índice de adaptabilidad de 2.857, valor que la jerarquiza como una especie medianamente deseable y desde luego amerita la ampliación de los ensayos de introducción a otras áreas.

5.12 Comportamiento de *Pinus michoacana*

La parcela a la edad de 11,3 años, presenta un crecimiento longitudinal de 0,82 a 0,87 m/año, y de diámetro de 1,43 a 1,56 cm/año que se consideran moderados, y tienen marcada relación con los informes de crecimiento proporcionados por Silva (54).

La masa principal en pie de la parcela, mantiene un volumen de 116,50 a 140,40 m³/ha, que corresponde a un crecimiento volumétrico de 10,30 a 12,42 m³/ha/año. En general, el desarrollo cuantitativo de *P. michoacana* no es satisfactorio.

La parcela de ensayo presenta la mayoría de los árboles con fustes torcidos, muy torcidos y especialmente deformados en 35 por ciento. Como anomalías del crecimiento se detectó una alta bifurcación de los tallos principales en el 63 por ciento de los árboles, algunos con ramas quebradas, causadas probablemente por el viento y fuerte incidencia de "cola de zorro" (4,17%). Los fustes tienen entrenudos largos, con verticilos de ramas fuertemente desarrolladas que definitivamente desmejoran la calidad de los árboles. Las características negativas exhibidas por el rodal, corresponden a la morfología de la especie (54).

En resumen, la adaptabilidad de la especie se considera como poco deseable para las condiciones ecológicas del sitio; sin embargo, se podría en el futuro ampliar su investigación en otras áreas con biotemperatura similar al de su habitat natural (aproximadamente 8°C), el mismo que se alcanzaría aumentando la altura de las áreas de ensayo a cerca de 3.000 m.s.n.m., condición que es difícil de alcanzar en la región de introducción.

5.13 Comportamiento de *Pinus montezumae*

El crecimiento longitudinal de 0,96 a 1,02 m/año, en diámetro de 1,54 a 1,68 cm/año, se considera relativamente moderado y notablemente inferior a los datos de crecimiento reportados por Silva (54), en otros ensayos como exótica. El rendimiento con un volumen de 152,49 a 186,02 m³/ha para la edad de 10,5 años, es también moderado y representa un incremento anual de 14,52 a 17,72 m³/ha/año.

El análisis cuantitativo de la especie así como el *P. michoacana*, se considera no satisfactorio para los requerimientos de producción de madera de alta calidad.

La morfología exhibida por *P. montezumae* es similar también a la *P. michoacana* (Cuadro 14). Son frecuentes los fustes deformados, bifurcaciones de los tallos, entrenudos largos y verticilos con ramas fuertemente desarrolladas que desmejoran la calidad del rodal.

Por el índice de adaptabilidad alcanzado (3.286), para el grupo de edad correspondiente, según el Cuadro 24, se considera que *P. montezumae* está desadaptada y por lo tanto no es deseable para las condiciones ecológicas del sitio; es necesario experimentar en el futuro

para áreas con biotemperaturas y precipitación homólogas al de su hábitat natural, pero teniendo en cuenta que esta especie procede de un clima templado (45).

5.14 Comportamiento de *Pinus oocarpa*

El crecimiento longitudinal de 1,57 a 1,69 m/año es considerablemente alto y uniforme en toda la parcela; el crecimiento en diámetro de 1,54 a 1,76 cm/año es moderado. Alcanza un volumen estimado entre 232,47 a 307,50 m³/ha a la edad de 9,5 años, que representa un incremento medio anual de 24,47 a 32,36 m³/ha/año, bastante bueno para el sitio y la especie.

En general, el crecimiento y rendimiento de *P. oocarpa* en su primera etapa de desarrollo, se puede evaluar como altamente satisfactorio, máximo si se toma en cuenta la influencia negativa del drenaje imperfecto del suelo en la localidad de Puente Cajón (2).

Cualitativamente *P. oocarpa* presenta la mayoría de los individuos con fustes rectos y ligeramente torcidos, quedando sólo algunos vestigios de torceduras de tallo en el 4 por ciento. La intervención de aclareos oportunos y buena selección puede mejorar considerablemente el aspecto general de los rodales. Las anormalidades más frecuentes del crecimiento son las bifurcaciones de los tallos, que afectan a un 22 por ciento de la población total. Pese a ello, en general las características cualitativas del fuste y ramificación de los árboles de *P. oocarpa* se pueden juzgar como muy satisfactorias, y una de las mejores entre las coníferas ensayadas, para los fines de producción de madera de alto valor de utilización.

Se ha determinado un índice de adaptabilidad de 2.143, que ubican el *P. oocarpa* como la mejor adaptada de las especies para el grupo de edad correspondiente, expresada en el Cuadro 24, comparable a *P. taiwanensis*. Esta excelente adaptación se ve fortalecida por sus buenos antecedentes silvícolas de poseer una enorme amplitud de distribución, y comprobada plasticidad como exótica aún en países tropicales (31).

5.15 Comportamiento de *Pinus patula*

El crecimiento medio anual de altura de 1,21 a 1,27 m/año y el de diámetro de 1,58 a 1,72 cm/año, son considerados óptimos y relativamente altos en comparación a los reportes de literatura con *P. patula*, que le considera como especie de rápido crecimiento (55).

Alcanza un volumen de 303,25 a 363,38 m³/ha a la edad de 11,3 años, representa un incremento de 26,83 a 32,15 m³/ha/año, lo cual es ligeramente superior a lo determinado por Silva (54) para los Andes Venezolanos.

El desarrollo cuantitativo de *P. patula*, en general, se considera como satisfactorio y prometedor, especialmente para sitios con mayor altura sobre el nivel del mar, a fin de alcanzar una biotemperatura similar a la de su habitat natural (3, 46).

Cualitativamente la parcela presenta individuos con fustes rectos, ligeramente torcidos y torcidos; es notoria también la conicidad de los fustes y las bifurcaciones en el 75 por ciento, inclusive desde la base de los árboles. Se considera que con aclareos y podas oportunas se puede mejorar considerablemente el aspecto del rodal. Los árboles exhiben también frecuentes ramas largas y vigorosamente desarrolladas,

las mismas que no muestran indicios de poda natural.

Las características cualitativas del fuste y ramificación, en general, corresponden a la morfología normal de la especie. El hábito de ramificación hace indispensable la práctica frecuente de podas, a fin de obtener madera de mejor valor de utilización.

P. patula alcanza una adaptabilidad satisfactoria, que la sitúa en una posición relevante dentro del grupo de edad correspondiente (Cuadro 24), superada sólo por *P. oocarpa* y *P. taiwanensis*.

Es de anotar que *oocarpa* procede de un régimen de lluvias de tipo monzónico, razón por la cual la plasticidad es meritoria y en consecuencia debería ampliarse su estudio en los trópicos.

5.16 Comportamiento de *Pinus pseudostrobus*

El crecimiento medio anual en altura de 0,97 a 1,13 m/año, y diamétrico de 1,44 a 1,75 cm/año, para *P. pseudostrobus*, se puede considerar como moderado, comparado con reportes sobre tasas de crecimiento encontrados para esta especie en ensayos de introducción tal como se aprecia en revisión de literatura.

Esta especie alcanza un volumen de 137,08 a 218,04 m³/ha a la edad de 11,3 años, o sea, 12,13 a 19,29 m³/ha/año; el área basal es de 27,13 m²/ha, o sea, 2,40 m²/ha/año. La sobrevivencia en la parcela se determinó en el 54 por ciento. El aspecto del rodal es precario, con la mayoría de los individuos en pésimas condiciones, muchos de ellos en proceso de secamiento después de haber alcanzado 5-6 m de altura.

El desarrollo cuantitativo de *P. pseudostrobus* no es satisfactorio

para los objetivos de producción de madera de alta calidad bajo las condiciones estudiadas.

La evaluación cualitativa, demuestra que la gran mayoría de los árboles tienen los fustes torcidos, hasta deformados; entrenudos largos, mala forma, y verticilos de ramas fuertemente desarrolladas. También es frecuente la bifurcación de los tallos en el 76 por ciento, factor que definitivamente desmejoran la calidad del rodal.

En consecuencia, *P. pseudostrobus* no ha alcanzado el éxito esperado, razón por la cual podría considerarse como especie poco deseable en esta primera fase del mejoramiento de árboles forestales.

5.17 Comportamiento de *Pinus radiata*

En el lote de introducción el crecimiento medio anual de altura de 0,93 a 1,30 m/año y diamétrico de 1,03 a 1,78 cm/año, se considera como relativamente moderado. La masa principal de árboles a la edad de 10,5 años, presenta un área basal de 12,83 m²/ha ó 1,22 m²/ha/año, y alcanza un volumen de 29,05 a 168,00 m³/ha, representando un incremento medio anual de 2,76 a 16,00 m³/ha/año, observándose así una gran variabilidad intraespecífica. Indudablemente, el crecimiento y rendimiento para esta parcela no es muy deseable, pese a que *P. radiata* es extraordinariamente satisfactorio y popular como especie exótica, sobre todo en el hemisferio austral (52).

El análisis cualitativo del rodal, presenta la mayoría de los individuos con fustes ligeramente torcidos el 33 por ciento, encontrándose inclusive hasta árboles extremadamente deformados. Como anormalidades del crecimiento se encontraron las bifurcaciones en el 17 por ciento,

fustes inclinados y ligeramente arqueados, con nudos muy abultados. Es frecuente también encontrar árboles con ramas en proceso de secado y fuerte defoliación.

La mayoría de las características del fuste y ramificación de los árboles son indeseables para la obtención de madera de buena utilización; sin embargo, sería muy sensato ampliar los experimentos insistiendo en ensayos de procedencia y mejoramiento genético, por tratarse de una importante especie, que ha demostrado ser muy "plástica", casi en el mundo entero.

P. radiata es una especie que requiere lluvias periódicas predominantes en invierno y soporta un período de sequía estival más o menos pronunciado, condiciones que no se presentaron en el lugar de ensayo, motivo por el cual es sensato ubicar nuevas áreas que presentan condiciones homólogas al de su origen.

5.18 Comportamiento de *Pinus taiwanensis*

El crecimiento medio anual de altura de 1,17 a 1,34 m/año y en diámetro de 1,93 a 2,45 cm/año, exhibida por *P. taiwanensis*, son considerados como alto, y uno de los más relevantes dentro del grupo de coníferas estudiadas. La masa principal de 10,5 años de edad, alcanza un volumen de 441,6 a 697,6 m³/ha, que representa un crecimiento medio anual de 42,05 a 66,43 m³/ha/año, y un área basal de 76,66 m²/ha ó 7,30 m²/ha/año. Estos rendimientos son muy satisfactorios, más aún si se relaciona con la alta sobrevivencia demostrada del 100 por ciento, valor que no ha sido registrado para ninguna otra especie ensayada.

El desarrollo cuantitativo de *P. taiwanensis*, en general, es

muy convincente, y una de las mejores entre las coníferas ensayadas, comparable sólo con *P. oocarpa* (Cuadro 24), donde alcanza un índice de adaptabilidad de 2.143 para el grupo de edad correspondiente.

La mayoría de los árboles observados presenta fustes torcidos, con frecuentes bifurcaciones que desmejoran la calidad del rodal. Laner (24) encontró estas mismas anomalías al estudiar la especie como exótica, y cree que este hábito de crecimiento se debe a factores hereditarios, de modo que probablemente este fenómeno se puede evitar mediante una cuidadosa selección de los árboles semilleros, por lo demás, *P. taiwanensis* es una especie promisoría para la región en estudio y amerita intensificar nuevos ensayos en fases más avanzadas en el proceso del mejoramiento de árboles forestales en los trópicos.

5.19 Comportamiento de *Pinus tenuifolia*

Esta especie ha demostrado una adaptabilidad intermedia, por lo cual se considera medianamente deseable. Los datos de comportamiento son: crecimiento medio anual de altura de 1,06 a 1,70 m/año y de diámetro de 1,79 a 1,95 cm/año, desarrollo que se considera óptimo, y comparable a lo reportado por Silva (54) para ensayos llevados en los Andes Venezolanos.

Alcanza un volumen de 266,03 a 317,87 m³/ha a los 10,1 años de edad, que representa un incremento de 26,34 a 31,47 m³/ha/año; la densidad del rodal reporta una área basal de 34,08 m²/ha ó 3,37 m²/ha/año; como se aprecia son valores catalogados como deseables para la producción bruta de madera.

La parcela de *P. tenuifolia* presenta la mayoría de los árboles

con los fustes torcidos y hasta deformados en el 27 por ciento; la ramificación es excesiva, inclusive desde la base de los árboles; la inclinación de fustes es frecuente y se han notado numerosos árboles con problemas de bifurcación en el 48 por ciento, características negativas que desmejoran notablemente la calidad del rodal. Las copas son muy densas y arrancan desde la base del árbol, permitiendo un control perfecto de malas hierbas al interrumpir la entrada de los rayos solares, es también relevante la caída de las ascúculas que han llegado a formar un colchón en la superficie del rodal, dando a entender de que la descomposición de la materia orgánica pareciera lenta.

Las características indeseables del fuste y ramificación de la parcela, exigen cuidados culturales intensivos y oportunos para la obtención de madera de mejor valor de utilización.

6. CONCLUSIONES

Por los Índices de Adaptabilidad obtenidos, las especies ensayadas pueden agruparse bajo tres categorías de importancia: deseables, especies medianamente deseables y poco deseables.

6.1 Especies deseables

6.1.1 Edad: 5,5 a 6,5 años

Las especies de mejor comportamiento son: *Araucaria angustifolia*, *Araucaria cunninghamii* y *Araucaria hunsteinii*, localizadas en Juan Viñas, Costa Rica. El crecimiento y rendimiento a pesar de algunas variaciones, es satisfactorio y las perspectivas de la producción son buenas. Los árboles, en general, presentan algunas características indeseables comunes en las plantaciones; bifurcación de los tallos, constituye la principal desventaja morfológica, especialmente de *Araucaria hunsteinii*.

6.1.2 Edad: 7,5 a 8,5 años

Sólo *Araucaria hunsteinii* en Puente Cajón, Turrialba, se considera haber alcanzado una adaptabilidad deseable; las perspectivas de producción por unidad de área son buenas, debido a la elevada densidad que aparentemente permiten los rodales de esta especie.

Entre las coníferas ensayadas en Costa Rica, las características cualitativas del fuste y ramificación son las más satisfactorias.

6.1.3 Edad: 10 a 11 años

Dentro de este grupo: *Pinus oocarpa* en la localidad de Puente

Cajón, Turrialba, *Pinus taiwanensis*, *P. patula* y *P. luchuensis* en Juan Viñas, presentan un desarrollo cuantitativo relativamente alto. Por lo tanto, las perspectivas de la producción de biomasa son satisfactorias en las localidades de ensayo.

Las características del fuste y ramificación son muy variables, la principal desventaja común en las cuatro especies son las bifurcaciones, pero es más relevante en *P. patula*. Los verticilos de ramas fuertemente desarrolladas son más notorios en *P. taiwanensis* y *P. luchuensis*. Es también común encontrar los fustes torcidos que desmejora la calidad del rodal. Los ensayos con estas especies ameritan ampliarse en la región de introducción.

6.2 Especies medianamente deseables

6.2.1 Edad: 5,5 a 6,5 años

Dentro de esta categoría se incluyen *Agathis robusta* de la localidad de Juan Viñas, *Araucaria cunninghamii* y *A. hunsteinii* en la localidad de Florencia Sur, Turrialba.

El desarrollo cuantitativo, en general, se considera como relativamente moderado, mientras que las características del fuste y ramificación son muy satisfactorias. Los ensayos con estas especies ameritan ampliarse en la región.

6.2.2 Edad: 7,5 a 8,5 años

Las especies cuyo comportamiento se consideran medianamente aceptables son: *Araucaria cunninghamii* y *Pinus khasya*, ambos plantados en la localidad de Puente Cajón, Turrialba. El desarrollo cuantitativo

para estas especies es relativamente moderado; sin embargo, el hábito de ramificación observado, especialmente en *P. khasya*, puede reducir notablemente el valor de utilización de la madera. Es frecuente también en esta especie la presencia de "cola de zorro". Los ensayos con estas especies ameritan ampliarse en la región de introducción.

6.2.3 Edad: 10 a 11 años

Entre las especies que han alcanzado una adaptabilidad intermedia se consideran: *Pinus tenuifolia*, *P. insularis*, *P. radiata* y *Cryptomeria japonica*, establecidas en la localidad de Juan Viñas; los crecimientos y rendimientos en las plantaciones de ensayo son relativamente moderados. Las características de los fustes y ramificación son muy variables, las principales desventajas para todos ellos son las torceduras de los fustes y los verticilos de ramas fuertemente desarrolladas. Se hace necesario ampliar los estudios de selección de especies y pruebas de procedencias.

6.3 Especies poco deseables

6.3.1 Edad: 5,5 a 6,5 años

Araucaria excelsa, en la localidad de Juan Viñas y Puente Cajón, ha demostrado un desarrollo precario y manifiesto fracaso. Su comportamiento cuantitativo es relativamente bajo, mientras que sus características cualitativas del fuste y ramificación del árbol le dan cierto valor ornamental, razón por la cual se podría ampliar su plantación.

6.3.2 Edad: 7,5 a 8,5 años

Agathis robusta en la localidad de Puente Cajón, Turrialba, ha demostrado estar completamente desadaptada, ya que su desarrollo cuantitativo y cualitativo es muy precario y la plantación se considera como un manifiesto fracaso; es improbable que adquiriera algún valor bajo las condiciones experimentales de la localidad.

6.3.3 Edad: 10 a 11 años

Las especies que demostraron pésimas condiciones de adaptabilidad son: *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. michoacana* y *P. ayacahuite*, todos plantados en la localidad de Juan Viñas, Costa Rica. Se nota una alta predominancia de ramas gruesas, irregularidades en la disposición de ramas en verticilos y torceduras del fuste así como bifurcaciones de tallo; se demuestra así que las especies analizadas se sitúan bajo condiciones altamente deformables a su adaptación.

7. RESUMEN

El objetivo de este estudio fue observar el comportamiento de diecinueve especies de coníferas introducidas en la formación Bosque Muy Húmedo Premontano, prevalente en Turrialba y Juan Viñas, de la Provincia de Cartago, Costa Rica.

Las especies estudiadas fueron: *Agathis robusta* Bailey, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., *Araucaria araucana* (Molina) D. Koch, *Araucaria cunninghamii* Sweet, *Araucaria excelsa* R. Brown, *Araucaria hunsteinii* K. Schumann, *Cryptomeria japonica* D. Don, *Pinus ayacahuite* Ehrenberg, *Pinus insularis* Endl., *Pinus khasya* Royle, *Pinus luchuensis* Mayr, *Pinus michoacana* Martínez, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus patula* Schl, & Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taiwanensis* Hayata y *Pinus tenuifolia* Benth.

Las variables que se midieron fueron: variables cuantitativas: Volumen, Altura total, DAP, Área basal, Número de verticilos de ramas en 2/3 partes de la altura, Número de ramas por verticilo, Grosor de ramas, factor mórfico, y área de corte de ramas; variables cualitativas: Bifurcaciones, Rectitud del fuste, Quiebre de ramas, Posición sociológica, Angulo de incursión de ramas e Inclinación del fuste; agregándose a ello observaciones de ocurrencia de "cola de zorro", sobrevivencia y fenología.

Con las siete primeras variables se determinó un Índice de Adaptabilidad que sirvió para juzgar el comportamiento de cada especie en las tres edades presentes en los rodales estudiados. El Índice de Adaptabilidad propuesto jerarquiza a las especies en tres categorías:

deseables, medianamente deseables y poco deseables.

Con el análisis de los datos censales de las parcelas estudiadas, las especies se clasifican en la siguiente forma:

1. Especies deseables

- Edad: 5,5 a 6,5 años:

Araucaria angustifolia, *Araucaria cunninghamii* y *Araucaria hunsteinii* en Juan Viñas, Costa Rica. Las perspectivas de producción son buenas, la principal desventaja común son las bifurcaciones de los tallos.

- Edad: 7,5 a 8,5 años

Araucaria hunsteinii en Puente Cajón, Turrialba; las perspectivas de producción por unidad de área son buenas, aparentemente soportan elevada densidad.

- Edad: 10 a 11 años

Pinus oocarpa en Puente Cajón (Turrialba); *Pinus taiwanensis*, *P. patula* y *P. luchuensis* en Juan Viñas. Las perspectivas de producción de biomasa son altamente satisfactorias; la principal desventaja común a las cuatro especies son las bifurcaciones y verticilos de ramas fuertemente desarrollados. Es también común la torcedura de los fustes.

2. Especies medianamente deseables

- Edad: 5,5 a 6,5 años

Agathis robusta en Juan Viñas; *Araucaria cunninghamii* y *Araucaria hunsteinii* en Florencia Sur (Turrialba). Su desarrollo cuantitativo en general es moderado, y como característica cualitativa presentan

una morfología externa satisfactoria.

- Edad: 7,5 a 8,5 años

Araucaria cunninghamii y *Pinus khasya* en Puente Cajón. Su desarrollo cuantitativo es moderado. En *P. khasya* es notable la presencia de "cola de zorro".

- Edad: 10 a 11 años

Pinus tenuifolia, *Pinus insularis*, *Pinus radiata* y *Cryptomeria japonica* en Juan Viñas. La principal desventaja son las torceduras de los fustes y verticilos de ramas fuertemente desarrolladas, exceptuándose a *C. japonica*.

3. Especies poco deseables

- Edad: 5,5 a 6,5 años

Araucaria excelsa en las localidades de Puente Cajón y Juan Viñas. Su desarrollo cuantitativo es precario, su morfología externa le da alto valor ornamental.

- Edad: 7,5 a 8,5 años

Agathis robusta en Puente Cajón, ha demostrado estar completamente desadaptada. Es dudoso que adquiriera algún valor bajo las condiciones del sitio experimental.

- Edad: 10 a 11 años

Pinus montezumae, *P. pseudostrobus*, *P. michoacana* y *P. ayacahuite* en Juan Viñas, demostraron condiciones adversas a su adaptación; se nota alta predominancia de ramas gruesas, irregularidades en la disposición de ramas, torceduras del fuste y bifurcaciones.

7a. SUMMARY

The objective of this study was to observe growth characteristics of nineteen introduced coniferous species in the Premontane Wet Forest Formation as found in Turrialba and Juan Viñas, Province of Cartago, Costa Rica.

The species studied were: *Agathis robusta* Bailey, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., *Araucaria araucana* (Molina), D. Koch, *Araucaria cunninghamii* Sweet, *Araucaria excelsa* R. Brown, *Araucaria hunsteinii* K. Schumann, *Cryptomeria japonica* D. Don, *Pinus ayacahuite* Ehrenberg, *Pinus insularis* Endl., *Pinus khasya* Royle, *Pinus luchuensis* Mayr, *Pinus michoacana* Martínez, *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus patula* Schl. & Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Pinus radiata* D. Don, *Pinus taiwanensis* Hayata and *Pinus tenuifolia* Benth.

The following variables were analyzed: 1. Quantitative: volume, total height, dbh, basal area, number of nodes in $\frac{2}{3}$ of the height, number of branches per node, branch diameter and form factor; 2. Qualitative: forking, stem curvature, terminal shoot breakage, sociological position of individuals within the stand, branch angle and stem inclination. Occurrence of foxtails, survival and seed production were also recorded.

An adaptability index was determined, using the first seven variables which served to evaluate the performance of each species in three age classes in the three plantations studied. The adaptability index categorizes the species in three groups: desirable, somewhat desirable, and undesirable species for reforestation.

The analysis of the census data of the plantations studied resulted in the following species categories:

1. Desirable species for reforestation

- Age: 5.5 to 6.5 years

Araucaria angustifolia, *A. cunninghamii* and *A. hunsteinii*, in Juan Viñas. The perspective of high production of biomass is good, the main disadvantage is forking of the stem.

- Age: 7.5 to 8.5 years

Araucaria hunsteinii in Puente Cajón, Turrialba. High per-unit-area production of biomass to be expected. Apparently supports high density of stems per unit area.

- Age: 10 to 11 years

Pinus oocarpa in Puente Cajón, Turrialba; *P. taiwanensis*, *P. patula* and *P. luchuensis* in Juan Viñas. Highly satisfactory volume production of biomass. Principal disadvantage, common to the four pine species, is the tendency for forking, strongly developed branching at the nodes and bent stems.

2. Somewhat desirable species for reforestation

- Age: 5.5 to 6.5 years

Agathis robusta in Juan Viñas; *Araucaria cunninghamii* and *A. hunsteinii* in Florencia Sur, Turrialba. The growth performance according to quantitative factors is judged moderate, but the qualitative factors present satisfactory phenotypes.

- Age: 7.5 to 8.5 years

Araucaria cunninghamii and *Pinus khasya* in Puente Cajón, Turrialba. Quantitative growth performance is moderate. There exists a tendency for foxtailing in *P. khasya*.

- Age: 10 to 11 years

P. tenuifolia, *P. insularis*, *P. radiata* and *Cryptomeria japonica* in Juan Viñas. The principal disadvantages are the tendency for bent stems and overly developed branching at the nodes, except in *Cryptomeria japonica*.

3. Undesirable species for reforestation

- Age: 5.5 to 6.5 years

Araucaria excelsa in Puente Cajón, Turrialba, and Juan Viñas. Quantitative growth development is poor, although the crown morphology gives this species high value as an ornamental.

- Age: 7.5 to 8.5 years

Agathis robusta in Puente Cajón, Turrialba. Appears to be completely unadapted to this site. Highly doubtful that it will ever be of any value under the conditions of this experimental site.

- Age: 10 to 11 years

Pinus montezumae, *P. pseudostrobus*, *P. michoacana* and *P. ayacahuite* in Juan Viñas. Not well adapted to these conditions. There is a high tendency for heavy branching, bent stems and forking.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUILAR, I. G. Pinos de Guatemala. La Aurora, Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General Forestal, 1961. 32 p.
2. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
3. BARRET, R. L. y MULLIN, L. J. A review of introductions of forest trees in Rhodesia. Rhodesia Bulletin Forestry Research no. 1. 1968. 227 p.
4. BUDOWSKI, G. The field identification of pines in tropical regions. Yale University, New Haven, 1959. 11 p.
5. _____, y SCHREUDER, G. F. The climate at Turrialba; Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Communications from Turrialba no. 68. 1961. 19 p.
6. BURLEY, J. Mejoramiento de árboles y biometría; informe. Roma, FAO, 1970. 61 p.
7. CALEDA, A. A. Notes on the trial planting of Norfolk Island Pine (*Araucaria excelsa* R. Br.). Philippines, Forestry Research Division. Research Note no. 69. 1964. 2 p.
8. COSTA RICA. INSTITUTO GEOGRAFICO. Mapa topográfico. Hoja: Turrique. San José, 1963. Escala 1:50.000.
9. COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Anuario Meteorológico. San José, Servicio Meteorológico Nacional, 1966. 61 p.
10. CRITCHFIELD, W. B. y LITTLE JUNIOR, E. L. Geographic distribution of the pines of the World. Washington, Department of Agriculture. Miscellaneous Publication no. 991. 1971. 95 p.
11. DALLIMORE, I. S. O. y JACKSON, A. B. A handbook of coniferae including Ginkgoaceae. 3 ed. London, Edward Arnold, 1961. 686 p.
12. DE LA MENSERUGE, G. First results of the introduction of pines in the lowland tropical zone of the Ivory Coast. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. pp. 213-225.

13. DONDOLY, G. y TORRES, J. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
14. ESTACION JUAN VIÑAS. Datos meteorológicos. Juan Viñas, Costa Rica, 1969. 12 p.
15. FERREYRA, M., COUTO, H. T. y MASCARENAS, J. Introducao de pinos mexicanos na regio de Pocos de Caldas. IPEF (Brasil) no. 4: 95-109. 1972.
16. FLORES, L. Estadística. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Producción y Administración, 1972. 103 p.
17. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Tree planting practices in tropical Africa. Rome, FAO, 1957. 297 p.
18. GHOSH, R. C. *Cryptomeria japonica* plantations in West Bengal. Indian Forester 94(1):104-111. 1968.
19. GONZALES, V. E. Selvicultura. Fundamentos naturales y especies forestales. Los bosques Ibéricos. 2 ed. Madrid, Dossat, 1947. 575 p.
20. GRAY, B. Distribution of *Araucaria* in Papua New Guinea. Papua New Guinea. Department of Forest. Research Bulletin no. 1. s.f., s.p.
21. HANDEL-MAZZETTI, H. Naturbilder aus Südwest-China. s.l., Wien and Leipzig, 1927. 380 p.
22. HARDY, F. The soils of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences area. Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 76 p.
23. HOLDRIDGE, L. R. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1966. 1 p.
24. _____. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1964. 124 p.
25. _____. Los bosques de Guatemala. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 174 p.
26. HOWCROFF, N. y DAVIDSON, J. A provenance trial of *Pinus kesiya* in Papua. Nueva Guinea. Tropical Forestry Research, Note no. 16. 1973. pp. 1-16.

27. HUGHES, J. F. Utilization of the wood of low altitude tropical pines. In FAO World Symposium on Man-Made Forests and their industrial importance. Rome, FAO, 1968. s.p.
28. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Descripción del experimento 62-2 Conifer trial plots El Sitio. Turrialba, Costa Rica, Programa Forestal, 1962. s.p.
29. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Resumen de datos meteorológicos, desde la iniciación de observaciones hasta diciembre 31, 1974. Turrialba, Costa Rica, 1975. 12 p.
30. IYAMABO, D. E., JACKSON, J. K. y OJO, G. O. A. Pine trials in the savanna areas of Nigeria. In Burley, J. y Nikles, K. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. pp. 200-212.
31. LAMB, A. F. A. Impressions of tropical pines and hardwoods in some eastern countries. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1966. s.p.
32. LANNER, R. M. Growth and morphogenesis of pines in the tropics. In Burley, J. y Nikles, D. G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. pp. 126-132.
33. LAURIE, M. V. Fast growing tropical tree species. s.l., s.e., 1966. s.p.
34. LITTLE JUNIOR, E. L., WOODBURY, R. O. y WADSWORTH, F. H. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. US. Department of Agriculture. Agriculture Handbook no. 449, 1974. 1,024 p.
35. LOJAN, L. Apuntes del Curso de Dasometría. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 106 p.
36. MALUF, J. R. T. Zonificación ecológica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. e *Eucalyptus saligna* Sm. para Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 154 p.
37. MARIN, E. T. Vegetative propagation of Norfolk Island Pine (*Araucaria excelsa*). Philippine Journal of Forestry 17(3-4):179-188. 1961.
38. MARTINEZ, M. Los pinos Mexicanos. 2 ed. México, D.F., Botas, 1948. 361 p.

39. MIROV, N. T. The Genus Pinus. New York, Ronald Press, 1967. 602 p.
40. MUSALEM, M. A. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el trópico húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 108 p.
41. NTIMA, O. O. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical. Las araucarias: *Araucaria cunninghamii* Sweet y *Araucaria hunsteinii* K. Schumann. Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación (Venezuela) no. 36-37:3-110. 1971.
42. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Métodos de plantación de bosques en el Africa tropical. Roma, FAO, 1957. 333 p.
43. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Métodos de plantación forestal en zonas áridas. Roma, FAO, 1964. 265 p.
44. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Notas sobre semillas forestales. I. Zona Arida. II. Zonas tropicales húmedas. Roma, FAO, 1956. 370 p.
45. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Roma, FAO, 1960. 497 p.
46. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas. 2 ed. México, Torma, 1967. 218 p.
47. OUDEN, P. D. y BOON, B. K. Manual of cultivated conifers. The Hague, Martinus Nijhoff, 1965. 526 p.
48. PERKINS, J. Fragmenta Florae Philippinae. Contributions to the flora of the Philippine Islands. Leipzig, Gebruder Borntraeger, 1904. 212 p.
49. REARK, J. B. The forest ecology of the Reventazón Valley. Thesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1952. 102 p.
50. RECORD, S. J. y HESS, R. W. Timbers of the new world. New Haven, Yale University Press, 1949. 640 p.
51. SANCHEZ, M. N. y HUGUET, L. Las coníferas de México. Unasyuva 12(3):122-134. 1958.

52. SCOTT, G. W. El pino de Monterrey en Chile. *Unasyuva* 8(4):177. 1954.
53. _____ . Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don). Roma, FAO, 1961. 340 p.
54. SILVA SALAZAR, R. Evaluación de las plantaciones experimentales forestales en los Andes venezolanos. Mérida, Venezuela, Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación, Corporación de los Andes, 1973. 92 p.
55. STREETS, T. J. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford University, 1962. 765 p.
56. TOSI, J. A. y HOLDRIDGE, L. R. Potencial para la ordenación técnica del bosque natural en Costa Rica. Centro Científico Tropical. Notas Técnicas y Económicas no. 1. 1973. 19 p.
57. TROUP, R. S. et al. Exotic forest trees in the British Empire. London, Clarendon Press, 1932. 259 p.
58. WADSWORTH, F. H. Datos de crecimiento. *Caribbean Forester*. Suplemento 21. 1961. 270 p.
59. WANG, CHI-WU. The forest of China. Massachusetts, Maria Moors Cabot Foundation Publication 5. 1961. 313 p.
60. WILSON, E. H. The Linkin Islands and its ligneous vegetation. *Journal of the Arnold Arboretum* 1:171-186. 1926.
61. _____ . The taxæds and conifers of Yunan. *Journal of the Arnold Arboretum* 7:37-68. 1926.
62. WRIGHT, J. W. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Roma, FAO, 1964. 436 p.
63. WU, CHONG-IWEN. The taxonomic revision and phytogeographical study of chinese pines. *Acta Phytotaxonom. Sinica* 5: 131-164. 1956.

9. APENDICE

Cuadro 1. Características cuantitativas de especies de coníferas exóticas en parcelas de ensayo en Juan Viñas, Costa Rica. Datos de crecimiento medio anual.

Especie	Altura m/año	D.A.P. cm/año	Vol. m ³ /ha/año	Area basal m ² /ha/año
<i>Agathis robusta</i>	1,27 - 1,12	1,96 - 1,71	21,66 - 15,66	3,62
<i>Araucaria angustifolia</i>	1,24 - 0,92	2,79 - 2,10	15,42 - 5,71	2,80
<i>A. cunninghamii</i>	1,99 - 1,71	2,88 - 2,42	88,76 - 59,80	8,86
<i>A. excelsa</i>	1,17 - 1,08	1,93 - 1,82	5,37 - 46,25	1,43
<i>A. hunsteinii</i>	1,54 - 1,45	2,31 - 2,16	30,53 - 26,42	4,79
<i>Cryptomeria japonica</i>	0,84 - 0,79	1,26 - 1,14	9,30 - 7,13	2,33
<i>Pinus ayacahuite</i>	0,64 - 0,53	1,27 - 1,00	3,56 - 1,81	0,82
<i>P. insularis</i>	0,98 - 0,87	1,85 - 1,57	14,73 - 9,90	3,55
<i>P. luchuensis</i>	1,09 - 1,00	2,20 - 1,87	33,17 - 23,43	5,94
<i>P. michoacana</i>	0,87 - 0,82	1,56 - 1,43	12,42 - 10,30	2,59
<i>P. montezumae</i>	1,02 - 0,96	1,68 - 1,54	17,72 - 14,52	3,08
<i>P. patula</i>	1,27 - 1,21	1,72 - 1,58	32,15 - 26,83	3,56
<i>P. pseudostrobus</i>	1,13 - 0,97	1,75 - 1,44	19,29 - 12,13	2,40
<i>P. radiata</i>	1,30 - 0,93	1,78 - 1,03	16,00 - 2,76	1,22
<i>P. taiwanensis</i>	1,34 - 1,17	2,45 - 1,93	66,43 - 42,05	7,30
<i>P. tenuifolia</i>	1,70 - 1,06	1,95 - 1,79	31,47 - 26,34	3,37

Cuadro 2. Características cuantitativas de especies de coníferas exóticas en parcelas de ensayo en Puente Cajón, Turrialba, Costa Rica. Datos de crecimiento medio anual.

Especie	Altura m/año	D.A.P. cm/año	Vol. m ³ /ha/año	Area basal m ² /ha/año
<i>Araucaria araucana</i>	0,85 - 0,65	2,11 - 1,55	34,43 - 15,99	4,05
<i>A. cunninghamii</i>	1,25 - 1,05	2,11 - 1,82	10,01 - 7,24	1,91*
<i>A. hunsteinii</i>	1,36 - 1,27	2,13 - 1,96	27,43 - 22,75	3,83*
<i>Pinus khasya</i>	1,26 - 1,17	1,87 - 1,70	22,86 - 18,66	4,27
<i>P. oocarpa</i>	1,69 - 1,57	1,76 - 1,54	32,36 - 24,47	2,74*

Datos de crecimiento medio anual en la localidad de Florencia Sur, Turrialba

<i>Araucaria</i>				
<i>cunninghamii</i>	1,41 - 1,27	2,05 - 1,85	15,55 - 12,32	2,73
<i>A. hunsteinii</i>	1,24 - 1,06	2,23 - 1,76	11,16 - 7,22	2,01

*Distanciamiento de plantación 2,00 x 2,00 m.

Cuadro.3. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad entre 5,5 a 6,5 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Nº vert. 2/3 altura	Area basal/ha	Bifur- caciones	Rect. Fuste	Indice de Adapt.*	Localidad
<i>Araucaria cunninghamii</i>	18	12	10	1	15	2	3	1,50	Juan Viñas
<i>A. hunsteini</i>	6	4	5	4	5	6	9	2,23	Juan Viñas
<i>A. angustifolia</i>	12	8	10	2	10	10	6	2,35	Juan Viñas
<i>A. cunninghamii</i>	24	12	20'	1	15	2	3	2,77	Florencia Sur
<i>A. hunsteini</i>	18	12	15	3	20	6	3	2,96	Florencia Sur
<i>Agathis robusta</i>	18	8	15	2	15	8	6	2,96	Juan Viñas
<i>Araucaria excelsa</i>	24	12	15	2	25	4	6	3,38	Juan Viñas
<i>A. excelsa</i>	30	16	25	5	30	12	12	5,00	Puente Cajón

*Índice de Adaptabilidad determinado a través del promedio ponderado. La ponderación utilizada para las variables: volumen = 6; DAP y Area basal = 5; altura = 4; rectitud del fuste = 3; bifurcaciones = 2; Nº verticilos = 1.

Cuadro 4. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad entre 7,5 a 8,5 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Nº vert. 2/3 altura	Area basal/ha	Bifurca- ciones	Rect. Fuste	Indice de Adapt.*	Localidad
<i>Araucaria hunsteini</i>	6	4	5	2	5	2	3	1,04	Puente Cajón
<i>A. cunning- hamii</i>	12	8	10	1	10	4	3	1,85	Puente Cajón
<i>Pinus khasya</i>	18	8	15	1	5	6	6	2,27	Puente Cajón
<i>Agathis robusta</i>	24	12	20	4	15	8	9	3,54	Puente Cajón

* Indice de adaptabilidad determinado a través del promedio ponderado. La ponderación utilizada por las variables: volumen = 6; DAP y Area basal = 5; altura = 4; rectitud del fuste = 3; bifurcaciones = 2; Nº verticilos = 1.

Cuadro 5. Evaluación del comportamiento de coníferas exóticas en Costa Rica, con base en

siete indicadores del crecimiento. Grupo de edad entre 10 a 11 años.

Especie	Vol.	Alt.	DAP	Nº vert. 2/3 alt.	Area basal/ha	Bifurca- ciones	Rect. Fuste	Indice de Adapt.*	Localidad
<i>Pinus taiwanensis</i>	6	8	5	2	5	6	15	1,81	Juan Viñas
<i>P. oocarpa</i>	12	4	20	3	15	2	3	2,27	Puente Cajón
<i>P. patula</i>	12	4	15	3	10	10	9	2,42	Juan Viñas
<i>P. luchuensis</i>	12	12	10	2	5	10	15	2,54	Juan Viñas
<i>P. tenuifolia</i>	12	8	15	3	15	4	15	2,77	Juan Viñas
<i>P. radiata</i>	18	12	20	3	20	2	9	3,23	Juan Viñas
<i>P. insularis</i>	24	16	15	1	10	8	12	3,31	Juan Viñas
<i>P. pseudostrobus</i>	18	12	15	1	15	10	15	3,31	Juan Viñas
<i>P. montezumae</i>	18	16	20	1	15	6	15	3,50	Juan Viñas
<i>P. michoacana</i>	18	16	20	1	15	8	15	3,58	Juan Viñas
<i>Cryptomeria japonica</i>	30	16	25	3	15	2	3	3,62	Juan Viñas
<i>Pinus ayacahuite</i>	30	20	25	1	25	6	6	4,35	Juan Viñas

*Índice de adaptabilidad determinado a través del promedio ponderado. La ponderación utilizada por las variables: volumen = 6; DAP y Area basal = 5; altura = 4; Rectitud del fuste = 3; bifurcaciones = 2; Nº verticilos = 1.

Cuadro 6. Categorías de crecimiento medio anual, para diecinueve coníferas introducidas en Costa Rica.

Clase	DAP cm/año	Altura m/año	Volumen m ³ /ha/año	Categorías de crecimiento*
Mayor de	1,50	1,00	25,00	óptimo
Entre	1,00 a 1,50	0,80 a 1,00	15,00 a 25,00	moderado
Menor de	1,00	0,80	15,00	lento

* Se reconoce que la adopción de estas categorías se ha decidido de acuerdo al actual desarrollo de las coníferas analizadas y en base a la bibliografía consultada.

Cuadro 7. Categorías de índice de adaptabilidad para diecinueve coníferas introducidas en Costa Rica.

Edad de especies (años)	Índice de Adaptabilidad	Categoría de Adaptabilidad*
5,5 a 6,5	menor de 2.43	Deseable
	entre 2.43 a 2.86	Medianamente deseable
	mayor de 2.86	Poco deseable
7,5 - 8,5	menor de 1.7	Deseable
	entre 1.7 y 2.2	Medianamente deseable
	mayor de 2.2	Poco deseable
10 - 11	menor de 2,857	Deseable
	entre 2,857 y 3,143	Medianamente deseable
	mayor de 3,143	Poco deseable

* Estas categorías de adaptabilidad, se han formulado en base a observaciones de campo en detalle y en comparación a métodos existentes en la literatura. Por esta razón la metodología debe ser probada en otras regiones de introducción.

Cuadro 8. Programa FORTRAN para análisis de datos por computadora.

```
*IOCS(CARD, 1132 PRINTER)
```

```
*LIST SOURCE PROGRAM
```

```

DIMENSION X(8), SX(8), SX2(8), XB(8), S(8), CV(8), Z(6,5), P(6,5),
1V(6,5), IV(6), TIT(14,2), ESP (12)
READ (2,99) ((TIT(I, J), J=1,2), (I=1, 14)
READ (2,100)NS
DO 1 NES = 1, NS
READ (2,101) EDA, F, NA, HS, ESP
DO 2 I = 1,6
DO 2 J = 1,5
2   Z (I, J) = 0
   AN = NA
   DO 3I = 1,8
   SX(I) = 0
3   SX2(I) = 0
   DO 4JA = 1, NA
   READ (2,102)(X(I), I = 1,5), (IV(K), K = 1,6
   DO 9I = 3,5
9   IV(I) = IV(I) + 1
   X(6) = 0.7854*(X(2)/(100.))**2
   X(7) = X(6)*X(1)*F
   X(8) = X(3)*X(4)*0.7854*X(5)**2
   DO 5 I = 1,8
   SX(I) = SX(I) + X(I)
5   SX2(I) = SX2(I) + X(I)**2
   DO 8 I = 1,6
   IVK = IV(I)
8   Z(L, IVK) = Z(I, IVK) + 1.
4   CONTINUE

```

continúa...

Cuadro 8 (continuación)

```

-----
      DO 6I = 1,6
      DO 6J = 1,5
      P(I,J) = (Z(I, J)/AN          *100.)
6     V(I,J) = AN*P(I,J)*(1.-P(I,J))/(AN-1.)
      DO 7I = 1,8
      XB(I) = SX(I)/AN
      S(I) = SQRT((SX2(I)-SX(I)**2/AN)/(AN-1.))
      CV(I) = S(I)/XB(I)*100.
      ABH=SX(6)/HS
7     SXB(I)=S(I)/SQRT(AN)
99    FORMAT(20A4)
100   FORMAT(I3)
101   FORMAT(F3.1, F4.2, I3,F4,2,12A4)
102   FORMAT (5F5.0, 6I3)
      WRITE(3,200)ESP,NA,EDA
200   FORMAT(1H1,3X,' CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE', 2X,12A4      /15X
1, 'COMPUESTA POR ',I3,' ARBOLES', 2X, 'EDAD'. F5.1,' AÑOS')
      WRITE(3,201)
201   FORMAT(1H0,4X,'CARAC.CUANT.',6X,'PROM.'5X, 'D.S.', 5X, 'C.V.', 5X,'E.S.
1.')
      DO 10I=1,8
10    WRITE(3,202)TIT(I,1),TIT(I,2),XB(I),S(I),CV(I),SXB(I)
202   FORMAT(1H, 5X,2A4,5X,4F9.3;I6)
      WRITE(3,203)ABH
203   FORMAT( //,5X,'AREA BASAL /HA.= ',F6.2)
      WRITE(3,204)
204   FORMAT(1H0,// ,5X,'CARACT.CUALIT.',20X,'TIPOS',/,24X,'1',7X,'2',7X
1,'3',7X,'4',7X,'5')
      WRITE(3,206)TIT(9,1),TIT(9,2),(P(1,J),J=1,3)
      WRITE(3,205)TIT(10,1),TIT(10,2),(P(2,J),J=1,5)
      WRITE(3,207)TIT(11,1),TIT(11,2),(P(3,J),J=1,2)
-----

```

continúa....

Cuadro 8 (continuación)

```
WRITE(3,207)TIT(12,1),TIT(12,2),(P(4,J),J=1,2)
WRITE(3,207)TIT(13,1),TIT(13,2),(P(5,J),J=1,2)
WRITE(3,206)TIT(14,1),TIT(14,2),(P(6,J),J=1,3)

205  FORMAT(1H ,5X,2A4,6X,5F8.2)
206  FORMAT(1H ,5X,2A4,6X,3F8.2)
207  FORMAT(1H ,5X,2A4,6X,2F8.2)
1    CONTINUE

      CALL EXIT

      END
```

Cuadro 9. Características de la especie *Araucaria cunninghamii*,
 Puente Cajón, compuesta por 28 árboles. Edad: 8,6 años.
 (Impreso por computadora).

Característica cuantitativa	Prom.	D.S.	C.V.	E.S.
Altura	9,857	2,839	28,806	0,536
DAP	16,903	3,751	22,192	0,708
Núm. verticilos	13,785	2,378	17,251	0,449
Núm. ramas	5,928	0,262	4,423	0,049
Grosor ramas	1,821	0,580	31,885	0,109
Area basal	0,023	0,008	37,763	0,001
Volumen	0,106	0,057	54,038	0,010
Ar. corte	233,552	136,803	58,575	25,853

Area basal/ha = 16,45

Característica cualitativa	TIPOS				
	1	2	3	4	5
Ang. ins.	0,00	100,00	0,00		
Rect. fuste	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bifurcación	89,28	10,71			
Inclinación	46,42	53,57			
Quiebre	100,00	0,00			
Posición sociol.	0,00	89,28	10,71		

Cuadro 10. Características de la especie *Pinus khasya*, Puente Cajón, compuesta por 82 árboles. Edad: 7,8 años.
(Impreso por computadora).

Característica cuantitativa	Promedio	D.S.	C.V.	E.S.
Altura	9,499	1,957	20,604	0,216
DAP	13,949	3,517	25,215	0,388
Núm. verticilos	8,524	3,182	37,335	0,351
Núm. ramas	6,219	2,876	46,243	0,317
Grosor ramas	2,289	0,961	42,020	0,106
Area basal	0,016	0,008	49,780	0,000
Volumen	0,079	0,052	66,661	0,005
Ar. corte	231,280	196,288	84,870	21,676

Area basal/ha = 33,30

Característica cualitativa	TIPOS				
	1	2	3	4	5
Ang. ins.	35,36	64,63	0,00		
Rect. fuste	74,39	19,51	4,87	0,00	0,00
Bifurcación	76,82	23,17			
Inclinación	98,78	1,21			
Quiebre	100,00	0,00			
Posición sociol.	21,95	59,75	18,29		

Cuadro 11. Curvas de alturas estimadas, *Maucaria cunnínghamii* - Puente Cajón.
Ajuste de seis modelos lineales y linealizables. (Impreso por computadora).

Función ajustada	B-0	B-1	B-2	R**2			
Lineal	-1,744776	0,686356		82,22			
Logarítmica	0,266825	1,270887		86,48			
Geométrica	2,040880	1,094086		83,44			
Cuadrática	-1,623573	0,668698	0,000592	82,22			
Raíz cuadrática	-2,079580	0,662275	0,181744	82,22			
Gamma	0,121894	-0,036368	1,770829	86,75			
Promedio de X = 16,9035	Promedio de Y = 9,8571						
PREDICCIONES CON BASE EN PARAMETROS ESTIMADOS							
X(I)	Y(I)	Lineal	Logar.	Geomét.	Cuadr.	Raíz	Gamma
1	3,400	3,951	3,928	4,304	3,967	3,940	3,823
2	5,300	4,706	4,602	4,752	4,714	4,703	4,578
3	6,000	5,118	4,978	5,015	5,122	5,117	4,998
4	8,900	8,756	8,547	8,078	8,746	8,764	8,754
5	10,400	8,825	8,618	8,151	8,814	8,832	8,823
6	9,300	9,099	8,903	8,449	9,089	9,106	9,100
7	10,500	9,580	9,408	8,998	9,571	9,586	9,579
8	8,800	9,717	9,553	9,161	9,708	9,723	9,714
9	9,400	9,991	9,845	9,497	9,984	9,996	9,984
10	6,500	10,197	10,065	9,756	10,191	10,202	10,184
11	11,400	10,266	10,138	9,845	10,260	10,270	10,251
12	9,500	10,403	10,286	10,023	10,398	10,407	10,383
13	9,900	10,746	10,656	10,484	10,742	10,749	10,712
14	10,800	10,815	10,731	10,579	10,812	10,817	10,777
15	9,500	11,021	10,955	10,868	11,019	11,022	10,972
16	10,600	11,295	11,255	11,266	11,295	11,295	11,228
17	12,700	11,433	11,406	11,471	11,433	11,432	11,356
18	13,300	11,707	11,709	11,831	11,710	11,705	11,608
19	13,000	11,776	11,785	11,998	11,779	11,773	11,670
20	13,700	12,050	12,090	12,438	12,056	12,046	11,919
21	12,400	12,394	12,473	13,010	12,403	12,388	12,224
22	13,800	13,629	13,875	15,295	13,652	13,615	13,281
23	12,700	13,766	14,032	15,573	13,791	13,751	13,394

Cuadro 12. Comportamiento de diecinueve especies de coníferas exóticas en Costa Rica. Valores estimados del factor mórfo (f).

Especie	Factor mórfo	Localidad
<i>Araucaria hunsteinii</i>	0,55	Florencia Sur
<i>A. cunninghamii</i>	0,56	" "
<i>A. araucana</i>	0,62	Puente Cajón
<i>A. cunninghamii</i>	0,42	" "
<i>A. hunsteinii</i>	0,57	" "
<i>Pinus khasya</i>	0,48	" "
<i>P. oocarpa</i>	0,64	" "
<i>Agathis robusta</i>	0,66	Juan Viñas
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,51	" "
<i>A. cunninghamii</i>	0,68	" "
<i>A. excelsa</i>	0,49	" "
<i>A. hunsteinii</i>	0,63	" "
<i>Cryptomeria japonica</i>	0,37	" "
<i>Pinus ayacahuite</i>	0,51	" "
<i>P. insularis</i>	0,31	" "
<i>P. luchuensis</i>	0,45	" "
<i>P. michoacana</i>	0,43	" "
<i>P. montezumae</i>	0,46	" "
<i>P. patula</i>	0,55	" "
<i>P. pseudostrobus</i>	0,49	" "
<i>P. taiwanensis</i>	0,51	" "
<i>P. tenuifolia</i>	0,60	" "