

Casuarina equisetifolia L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, pino australiano

Casuarinaceae Familia de las casuarinas

John A. Parrotta

Casuarina equisetifolia L. ex J.R. & G. Forst., conocido comúnmente como casuarina y pino australiano, es un árbol siempreverde de tamaño mediano y crecimiento rápido, que alcanza una altura de hasta 45 m. Este árbol se distingue por su corteza de color marrón gris claro, áspera y arrugada, y una copa rala de ramillas fotosintéticas de color verde oscuro que se inclinan hacia abajo (fig. 1). La casuarina, indígena a las áreas costeras tropicales de Australia y el sudeste de Asia (fig.2), se ha introducido y naturalizado a través del Caribe y en otras partes de los trópicos y subtrópicos. Esa una especie útil en la reforestación de las áreas costeras y tierras degradadas, y se valúa como una fuente de combustible, postes y tanino. Se reconocen dos subespecies: *incana* y *equisetifolia*. La primera es un árbol de tamaño pequeño nativo solamente a Australia; la segunda es un árbol mucho más grande y de distribución más amplia. Toda la información contenida en esta monografía se refiere a la subespecie *equisetifolia*.

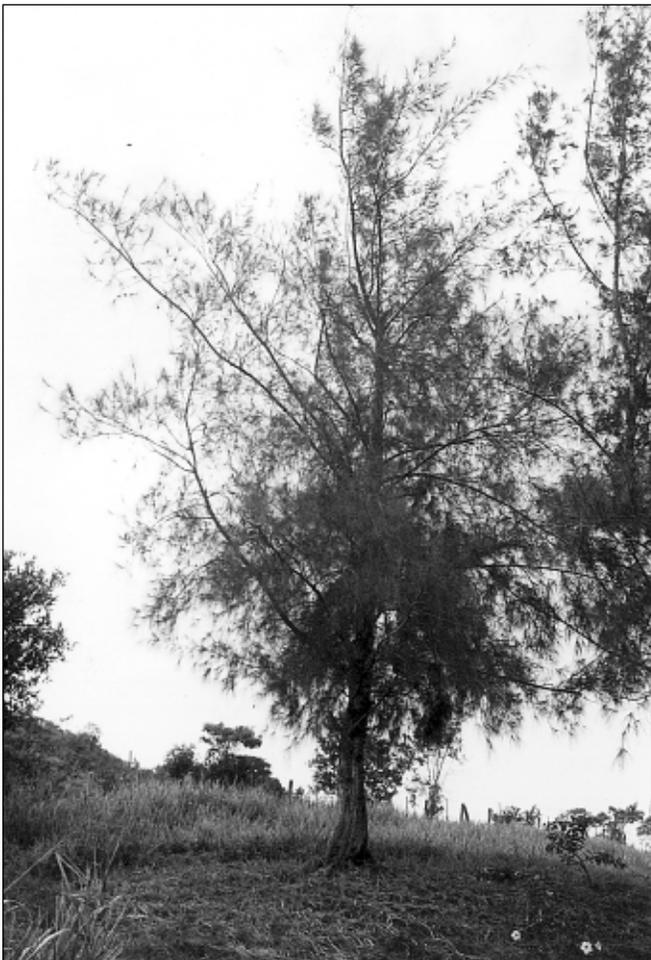


Figura 1.—*Casuarina*, *Casuarina equisetifolia*, en Puerto Rico.

HABITAT

Area de Distribución Natural y de Naturalización

La casuarina es nativa a las Islas Andamán (en la India) y las costas marítimas desde el sur de Bangladesh, Myanmar (anteriormente Burma), Tailandia y Malasia hasta las áreas subtropicales de Australia, Melanesia, Micronesia, las Filipinas y Polinesia entre las latitudes 22° N. y 32° S. (5) (fig. 2). Ha sido introducida y se ha naturalizado en el sur de la India, Hawaii, el sur de la Florida, el Caribe, las áreas costeras de México y la América Central y en la América del Sur (57, 112). En el Caribe, la casuarina fue introducida en Cuba al principio del siglo XIX (8).

Se han establecido extensas plantaciones en China, Tailandia, la India, Kenia, Portugal y la isla de Córcega así como también en el Medio Oriente, África del Norte, África Occidental y Sudáfrica (76). En Puerto Rico, se han plantado cientos de miles de casuarinas desde el año de 1924 en tierras públicas y a lo largo de las costas y los caminos y en tierras privadas (67, 68).¹

Clima

La casuarina crece mejor en las zonas climáticas tropicales y subtropicales húmedas. Dentro de su área de distribución natural la precipitación anual varía entre 700 y 500 mm y existe a menudo una temporada seca de 6 a 8 meses. En Australia, la casuarina ocurre principalmente en la zona húmeda caliente, con cierta penetración en las zonas climáticas sub-húmeda caliente y cálida. Las heladas son inexistentes en la totalidad del tramo costero, aunque en la porción sureña extrema de su área de distribución puede haber de una a tres heladas por año a unos pocos kilómetros del mar. La precipitación anual a través de la mayoría del área de distribución de la casuarina en Australia es de entre 1000 y 1500 mm, con la distribución estacional variando desde un fuerte máximo estival en el sur hasta un fuerte patrón de monzón en el norte (25). En las costas de Myanmar y las Islas Andamán, la precipitación anual varía entre 2500 y 5000 mm, con unas temperaturas promedio mínimas y máximas a la sombra variando entre 7 y 16 °C, y entre 37 y 38 °C, respectivamente (100).

La casuarina ha sido plantada con éxito en áreas con una precipitación anual de 200 a 6000 mm (76, 84), aunque crece mejor en sitios recibiendo de 700 a 2500 mm de precipitación anual (107). En su área de distribución artificial la casuarina crece bien cuando las temperaturas anuales promedio varían entre 18 y 28 °C, con temperaturas promedio entre 20 y 35 °C durante el mes más caliente y entre 10 y 20 °C

¹Información inédita archivada en: Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Río Piedras, PR 00928-5000.

durante el mes más frío (13, 107). Se reporta que las heladas ligeras causan sólo un daño mínimo a los árboles bien establecidos (71, 88, 100), aunque las temperaturas de aproximadamente -8 °C pueden matar árboles de menos de 0.5 m de altura (88).

En Puerto Rico, las plantaciones de casuarina han sido establecidas en las zonas de vida forestales subtropical seca, subtropical húmeda y subtropical muy húmeda (30). La precipitación anual promedio en estas áreas varía entre 600 y 4000 mm, con la mayoría de los sitios recibiendo una precipitación entre 1250 y 2000 mm (31).

En el sur de China, en donde se han establecido extensas plantaciones a lo largo de las costas de las provincias de Guangdong y Fujian y la región autónoma de Guanxi, la precipitación anual promedio varía entre 1400 y 1600 mm y existe una estación seca de seis meses de duración. La temperatura anual promedio en esta región es de 24 °C, con un máximo absoluto de 37 °C (101).

En el sur de la India, la casuarina crece bien en áreas con una precipitación bien distribuida variando entre 850 y 3800 mm por año (100). En las áreas costeras, las temperaturas mínimas y máximas promedio varían entre 7.5 y 17.5 °C, y entre 37.5 y 47.5 °C, respectivamente. En áreas en el interior, la casuarina se cultiva bajo condiciones más extremas de temperatura (100, 112).

Suelos y Topografía

En su área de distribución natural, la casuarina ocurre en regiones costeras en dunas, llanos arenosos y en topografías con pendientes leves de hasta 100 m de elevación. Los suelos consisten típicamente de arenas sobre margas arenosas (25). En Micronesia, la casuarina ocurre de manera natural a lo largo de las costas y en sabanas elevadas tanto sobre suelos de piedra caliza como suelos volcánicos (76). En las áreas en donde ha sido introducida, la casuarina crece desde cerca del nivel del mar hasta una elevación de 1,750 m (13).

La casuarina crece mejor en suelos porosos con buen drenaje y con una humedad y provisión de nutrientes adecuadas, tales como aluviones causados por los ríos o las margas arenosas. Un buen crecimiento tiene lugar en arenas pobres en nutrientes, así como los suelos calcáreos y de salinidad moderada (4, 14, 27, 66, 74, 111), aun cuando las

tasas de crecimiento disminuyen bajo condiciones de salinidad excesiva y de saturación de sodio (54, 113). La casuarina crece bien en suelos con un amplio espectro de pH, desde 5.0 a 9.5 (13, 76, 113). Este árbol ha sido cultivado con éxito en sitios problemáticos, como en dunas (64), despojos de minas de piedra caliza y estaño (29, 96), y piedra pómez estéril (76). Las deficiencias de fósforo, evidenciadas por descoloraciones purpúreas en las ramillas, inhiben la fijación de nitrógeno por los simbiontes *Frankia* y pueden limitar la productividad de la casuarina en algunos sitios (2). Se cree que las deficiencias de potasio contribuyen a la extensa mortalidad en algunas plantaciones en la India (77).

En Puerto Rico, la casuarina se ha plantado a lo largo de las costas, en llanos costeros y al pie de cerros hasta una altura de aproximadamente 500 m. Un buen crecimiento ocurre en las arenas costeras con buen drenaje, los francos arenosos, los francos arcillo-limosos y las arcillas dentro de los órdenes Entisoles, Inceptisoles, Molisoles, Oxisoles y Vertisoles (35, 61, 67, 68).¹ Los fracasos de las plantaciones son comunes en Ultisoles en sitios fríos y húmedos arriba de los 500 m de altitud.¹ Por lo general, el crecimiento es mejor en los llanos costeros y en los valles ribereños de buen tamaño que en los sitios a mayor altitud (67). En las tierras altas, se ha reportado mejor crecimiento en los valles en pendientes.¹

El crecimiento de la casuarina se ve influenciado por la profundidad y la fluctuación del agua subterránea bajo la superficie. En sitios favorables, tales como en las playas en las costas o las dunas, el agua subterránea se encuentra a profundidades de 1.5 a 4 m bajo la superficie y existe poca fluctuación estacional (113). La sequía prolongada causando una disminución en el nivel del agua subterránea abajo de los 4 a 5 m, la presencia de horizontes arriba del nivel del agua subterránea impermeables a las raíces y períodos prolongados de empantanamiento son todos perniciosos al crecimiento de la casuarina (104, 112).

Cobertura Forestal Asociada

En el tramo costero en el área de distribución natural en donde la casuarina crece principalmente, la especie típicamente forma rodales puros en asociación con una vegetación terrestre baja de hierbas y gramíneas (25, 40, 100). En Myanmar, la casuarina crece en rodales casi puros a lo largo de la costa con individuos dispersos de *Pongamia glabra*

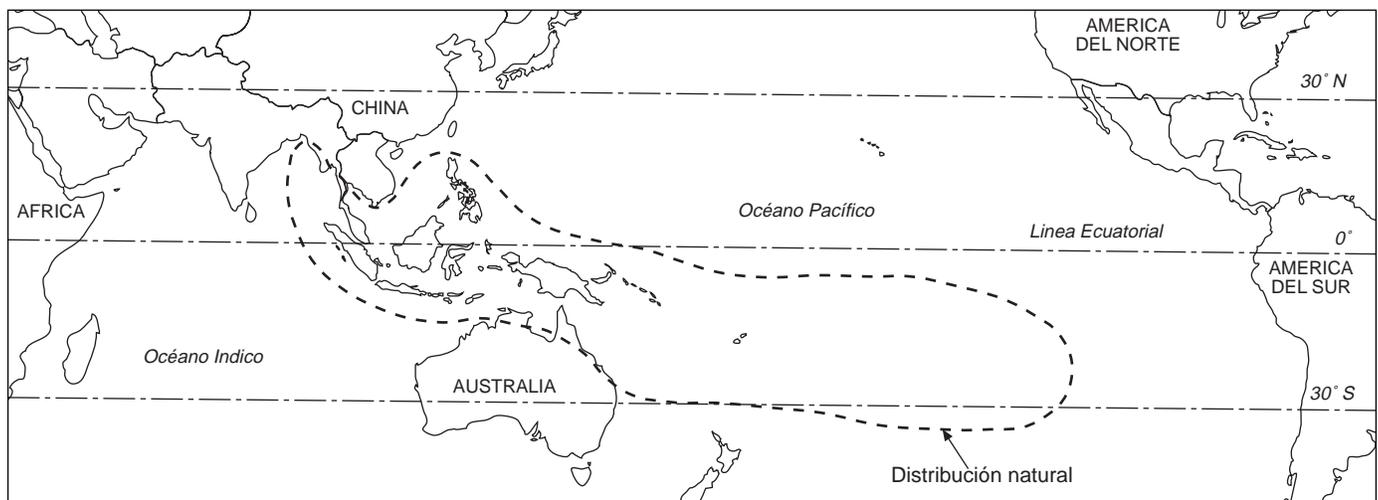


Figura 2.—Distribución natural de la casuarina, *Casuarina equisetifolia*.

Vent., *Calophyllum inophyllum* L., *Eugenia* spp., *Erythrina indica* Lam., *Thespesia populnea* (L.) Soland ex Correa e *Hibiscus tiliaceus* L. como socios del sotobosque (12, 109). En Malasia forma rodales puros, a veces con socios herbáceos del sotobosque (12, 109). En Australia la casuarina también crece en las zonas estrechas adyacentes a los manglares o se encuentra dispersa en las tierras boscosas abiertas en asociación con especies de *Eucalyptus* (25). En el sur de la Florida, la casuarina usualmente forma rodales puros (17), aunque a veces también crece en asociación con *Piscidia carthagenensis* Jacq., *Conocarpus erectus* L., *Rapanea guianensis* Aubl., *Eugenia* spp., *Randia* spp., *Chrysobalanus icaco* L., *Myrica cerifera* L., *Persea littoralis* Small y *Metropium toxiferum* (L.) Krug & Urban (16).

En rodales densos, la vegetación del sotobosque es usualmente escasa debido a la combinación de la producción de una capa gruesa de hojarasca de descomposición lenta y la alta y potencialmente tóxica concentración de selenio y sales (en sitios costeros) que a menudo caracterizan la hojarasca de la casuarina (76). Se observó una regeneración natural abundante de *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken, *Inga vera* Willd., *Petitia dominguensis* Jacq., *Swietenia mahoganii* (L.) Jacq. y *S. macrophylla* G. King en plantaciones de 4 años de edad en St. Just en Puerto Rico.¹ En Lajas, Puerto Rico, la regeneración natural de *Chrysophyllum cainito* L., *Cupania americana* L., *Roystonea borinquena* O.F. Cook, *Albizia procera* (Roxb.) Benth. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit se ha observado en plantaciones de 12 años de edad (observación personal del autor). En los rodales más abiertos en sitios costeros en Puerto Rico, los socios del sotobosque incluyen a *Bucida buceras* L., *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton, *Andira inermis* (W. Wright) DC. y *Calophyllum calaba* L.¹ En las plantaciones jóvenes de casuarina en la India se ha reportado la regeneración natural de *Azadirachta indica* (L.) Juss. y *Santalum album* L. (9).

CICLO VITAL

Reproducción y Crecimiento Inicial

Flores y Fruto.—La florescencia en la casuarina comienza por lo usual entre los 2 y 5 años de edad. En Puerto Rico, la producción de flores y frutos es irregular y ocurre a través de todo el año (58). En las regiones con estaciones secas y lluviosas más pronunciadas, la producción de flores y frutos es más regular y ocurre una o dos veces al año (100, 102). La casuarina es usualmente monoica, con flores femeninas y masculinas separadas, pero apareciendo en el mismo individuo (57, 98), aunque en algunas áreas, como en la India, la especie es predominantemente dioica (50). Los racimos de flores masculinas (espigas o amentos), que crecen al final de las ramillas, son de forma cilíndrica estrecha, de 1 a 2 cm de largo y menos de 3 mm de grosor. Las minúsculas flores masculinas se concentran en anillos entre escamas grisáceas, cada flor consistiendo de un estambre expuesto de color marrón de menos de 3 mm de largo y de dos escamas de sépalos de color marrón y tamaño minúsculo. Los racimos de flores femeninas consisten de espigas ovoides o globulares de menos de 3 mm de diámetro y con un pedúnculo corto. Las flores femeninas individuales consisten de un pistilo de 5 mm de largo que incluye un ovario, un estilo muy corto y dos estigmas de color rojo oscuro, largos y filiformes (57). La

casuarina es polinizada por el viento.

La fruta múltiple es una esfera similar a los conos, dura y leñosa, de 13 a 20 mm de diámetro que a menudo es más larga que ancha. Cada uno de estos “conos” consiste de 70 a 90 frutas puntiagudas; cada fruta tiene 3 mm de largo y 3 mm de ancho (57). Cuando completamente maduros, los conos varían en color de gris verde a marrón rojizo (50).

Producción de Semillas y su Diseminación.—A la madurez, las dos bracteolas que forman las frutas individuales se separan, liberando en el proceso una sola semilla de color café claro de aproximadamente 6 mm de largo (50, 57). Las semillas aladas son dispersadas por el viento.

Los conos maduros se pueden recolectar directamente de las ramas al cortarlas. Las semillas alcanzan su peso y germinabilidad máximos 18 semanas después de la antesis o cuando los conos cambian de color, de verde a marrón (82). Una evaluación de conos recolectados de árboles variando en edad de 2 a 7 años indicaron que la germinación más alta y el mejor vigor resultaron de semillas recolectadas de árboles de 5 años de edad (82). Los conos colocados en bandejas, cubiertos con una tela ligera y secados bajo sol pleno, comenzarán a liberar sus semillas con prontitud, usualmente dentro de un período de 3 días (50). Un kilogramo de conos verdes (aproximadamente 250 conos) produce entre 20 y 60 g de semillas. Hay aproximadamente de 650 a 760 semillas por gramo (50, 102). La aplicación de un repelente de insectos efectivo contra la depredación por hormigas se recomienda durante el proceso de secado (50).

Desarrollo de las Plántulas.—La germinación, la cual es epigena, tiene lugar de 4 a 22 días después de la siembra y se optimiza a 30 °C bajo buenas condiciones de luz (8, 39). Las semillas de casuarina se siembran por lo usual sin tratamiento previo, aunque se reporta que el remojar las semillas por 36 horas en una solución de nitrato de potasio al 1.5 por ciento mejora la germinación (82). En el vivero, las semillas se germinan por lo general en bandejas bajo sol pleno, a una densidad óptima de 1,000 a 7,500 semillas (de 2 a 10 g) por metro cuadrado (13, 83). La tierra usada en los viveros deberá ser de una textura fina, idealmente francos arenosos o una mezcla de arena y musgo de pantano (42). La germinación varía entre el 40 y el 90 por ciento para las semillas frescas y del 5 al 25 por ciento para las semillas almacenadas en contenedores herméticos a 4 °C por un año (8, 13, 24, 50, 107).

Las semillas no retienen su viabilidad por más de 3 meses a temperatura ambiente (50, 100). Las semillas almacenadas a temperaturas bajo el punto de congelación (-7 °C) o cerca del punto de congelación (3 °C), con contenidos de humedad en las semillas variando entre 6 a 16 por ciento, retuvieron su viabilidad por más de 2 años (102). En las Filipinas, la germinación de las semillas recolectadas de varios árboles dentro de una sola plantación, fue altamente variable, variando entre el 33 y el 75 por ciento para las semillas frescas (41). Se observó también una significativa relación positiva entre el tamaño de los conos y la germinación de las semillas en este estudio.

Las plántulas se transfieren de las bandejas de germinación a contenedores cuando alcanzan una altura de 10 a 15 cm, usualmente de 6 a 10 semanas después de la germinación. Se recomiendan contenedores de 15 cm de diámetro y 20 cm de profundidad (83). Las plántulas pueden también ser transplantadas a nuevos almárgos a unas

densidades de 100 a 400 plántulas por metro cuadrado con el fin de obtener una provisión de plantas con las raíces desnudas para el plantado (24, 87). En pruebas efectuadas en Puerto Rico, las provisiones de plántulas con las raíces desnudas plantadas en hileras con 15 cm de separación y con una distancia entre las plántulas de 2.5 cm dentro de las hileras rindieron plántulas con sistemas radicales más gruesos y fibrosos que aquellas obtenidas *in situ* a partir de semillas.¹ Las plántulas deberán mantenerse bajo sombra parcial hasta poco antes del transplante al campo. Las plántulas alcanzan un tamaño adecuado para su plantación (de 20 a 50 cm de altura) en un período de 4 a 8 meses.

Se recomienda que las plántulas sean inoculadas en el vivero usando cultivos puros de variedades efectivas de *Frankia*, o usando un inóculo a partir de una suspensión de nódulos preparada usando nódulos frescos y en buena condición, recolectados en el campo. La inoculación puede ser efectuada mediante el sumergir las raíces en la suspensión o mediante la aplicación directa de la suspensión en el suelo (98). Alternativamente, los nódulos frescos y machacados, la hojarasca o la tierra proveniente de la vecindad de los árboles efectivamente inoculados, se pueden incorporar directamente a la mezcla de tierra a usar en el vivero (99).

La regeneración natural de la casuarina a partir de semillas es pobre en rodales cerrados, pero las plántulas se establecen rápidamente en sitios abiertos y perturbados (98). A pesar de que la rápida regeneración natural de la casuarina es ventajosa para el restablecimiento de la vegetación en las dunas, los sitios mineros y otras tierras abandonadas, se ha convertido en un problema en ciertas áreas, tales como el sur de la Florida, en donde ha colonizado formaciones de vegetación nativa bajo perturbación (15, 75) y ha interferido con el anidaje de las tortugas marinas en las dunas en las playas (34).

Las plantaciones pueden ser establecidas usando plántulas en contenedores, plantas con las raíces desnudas, trasplantes o estacas arraigadas. Las plántulas son muy sensitivas tanto a la sequía como al exceso de humedad (100).

Reproducción Vegetativa.—La casuarina tiene una fuerte tendencia a esparcarse horizontalmente a través de ramas que se arraigan cuando los árboles son dañados o deformados por los vientos fuertes, como ocurre comúnmente en las dunas (50). La casuarina rebrota de manera muy limitada al ser cortada y por lo usual solamente rebrota en árboles de hasta 4 años de edad (116), a pesar de que se ha reportado una buena producción de rebrotes en plantaciones de mayor edad (76, 100). El desarrollo de vástagos radicales se observa por lo común cuando los tallos han sido dañados, particularmente en plantaciones costeras (76, 100). La casuarina se propaga con facilidad mediante el arraigamiento de estacas de tallos (62), vástagos laterales, ramillas terminales o rebrotes basales (93, 98, 119). Se han producido plantitas derivadas de cultivos histológicos usando explantes del epicótilo y la raíz de las plántulas y explantes de inflorescencias femeninas inmaduras (26).

Etapas del Brinzal hasta la Madurez

Crecimiento y Rendimiento.—La casuarina es un árbol de vida corta pero crecimiento acelerado, que rara vez sobrevive más allá de los 50 años. Los árboles maduros usualmente alcanzan alturas máximas de 25 a 40 m, con

diámetros a la altura del pecho (d.a.p.) de 40 a 50 cm. En sitios favorables el crecimiento es rápido durante los primeros 5 a 8 años. En la tabla 1 se presenta información sobre el crecimiento en plantaciones establecidas en Puerto Rico. El árbol de casuarina de mayor tamaño medido en Puerto Rico tuvo 45.9 m de alto y un d.a.p. de 61 cm.¹

En plantaciones de menos de 5 años de edad en Puerto Rico, los incrementos anuales en altura y d.a.p. promedios variaron entre 1.1 y 4.5 m (promedio = 3.3 m) y 1.3 y 5.4 cm

Tabla 1.—D.a.p., altura y área basal promedios de plantaciones de casuarina, *Casuarina equisetifolia*, en Puerto Rico

Localidad	Edad	D.a.p.	Altura	Área basal	Referencia
	Años	cm	m	m ² /ha	
Aguirre	28	33.5	15-17	nd*	†
Añasco	13	15-20	18-24	nd	†
El Verde	3	6.1	11.0	nd	†
	14	13-33	11-18	nd	†
	18	25.4	nd	nd	†
	20	29.0	nd	nd	†
	23	31.5	nd	nd	†
El Verde	8	12.4	16.7	nd	†
	17	15.2	18.3	nd	†
Guánica	21	15.2	13.7	nd	†
Guánica	21	25.4	18.3	nd	†
Lajas	1	4.4	3.7	nd	(61)
	2	10.8	9.0	nd	(61)
	5.5	11.0	16.7	nd	(61)
Luquillo	10	20.3	17.4	nd	†
	18	37.3	nd	nd	†
Luquillo	10	24.1	25.9	nd	†
	17	36.6	nd	nd	†
	20	41.1	nd	nd	†
Mariaco	20	10.2	9.1	nd	†
Mona Island	12	10-25	21.5-24.6	nd	†
Río Abajo	4	7.6	9.2	nd	(68)
Río Abajo	5	6.4	5.5	nd	†
Río Abajo	6	7.6	9.1	nd	†
	8	8-13	12.2	nd	†
	11	10.2	nd	nd	†
Río Abajo	7	10.4	nd	12.2	†
	10	12.2	nd	14.0	†
Sabana	8	12.7	12.3-16.9	16.3	(67)
	11	15.5	nd	21.6	†
	16	17.0	nd	23.0	†
St. Just	5	7.6	10.6	nd	†
	10	10.4	13.7	nd	†
St. Just	10	10-18	15.2	nd	†
Toa Baja	1	2.9	4.1	7.9	‡
	2	3.1	6.8	14.2	‡

* No disponible.

† Información archivada en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Río Piedras, PR 00928-5000.

‡ Mediciones hechas por el autor.

(promedio = 2.7 cm), respectivamente. En plantaciones de 5.5 a 15 años de edad, los incrementos anuales en altura y d.a.p. promedios varían entre 1.4 a 3.0 m (promedio = 1.9) y 1.0 a 2.0 cm (promedio = 1.5 cm), respectivamente. En plantaciones de 16 a 28 años de edad, los incrementos anuales en altura y d.a.p. promedios varían entre 0.5 a 1.1 m (promedio = 0.9) y 0.5 y 2.2 cm (promedio = 1.4 cm), respectivamente (61, 68; información inédita del autor).¹ Las tasas de crecimiento reportadas de Cuba (8), la India (85, 100), Sri Lanka (104), Tailandia (114) y las Filipinas (41) típicamente caen dentro de los espectros dados arriba, pero son por lo general menores que las tasas de crecimiento promedio en Puerto Rico.

En experimentos para medir la adaptabilidad en 23 sitios en zonas de vida forestales subtropicales y tropicales muy secas, secas, húmedas y muy húmedas (*sensu* Holdridge, 45) en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, las tasas de crecimiento de árboles de casuarina variaron tremendamente pero no estuvieron claramente relacionadas a factores climáticos (13). La mayoría de estos experimentos tuvieron lugar en lotes de plantaciones a pequeña escala que se establecieron con densidades variando entre 500 y 4,444 árboles por hectárea en sitios ubicados a elevaciones de 40 a 1,750 m. Las temperaturas anuales promedio para todos los sitios variaron entre 18.2 a 27.9 °C, la precipitación anual varió entre 889 y 3140 mm y la duración de la temporada seca varió entre 4 y 8 meses. En plantaciones de 1 a 5 años de edad, los incrementos anuales en altura y d.a.p. promedios variaron entre 0.4 a 2.1 m (promedio = 1.1 m) y 0.6 y 2.0 cm (promedio = 1.2 cm), respectivamente. En plantaciones de 5 a 10 años de edad, los incrementos anuales en altura y d.a.p. promedios variaron entre 0.9 a 1.8 m (promedio = 1.3 m) y 0.7 y 2.0 cm (promedio = 1.2 cm), respectivamente.

Tres rodales de casuarina regenerados naturalmente censados en la costa norte de Puerto Rico tuvieron áreas basales totales de 22.1, 31.7 y 39.5 m²/ha.¹ Dos de los rodales, ambos de 40 años de edad, fueron rodales puros de casuarina con densidades de 4,966 y 7,003 árboles por hectárea, d.a.p. promedio de 16.5 ± 1.2 y 11.7 ± 0.6 cm y alturas promedio de 17.7 ± 1.1 y 14.9 ± 0.7 m, respectivamente. En el tercer rodal, de edad desconocida, la casuarina constituyó el 92.8 por ciento y *Bucida buceras* L. constituyó el 6.4 por ciento del área basal total; la casuarina ocurrió a una densidad de 1,783 árboles por hectárea, con un d.a.p. promedio y altura promedio de 29.8 ± 3.5 cm y 24.0 ± 3.1 m, respectivamente.

El crecimiento en volumen anual promedio de árboles de casuarina en sitios costeros en la India varió entre 2.8 a 6.4 m³/ha en plantaciones de 5 a 10 años de edad, 3.5 a 6.1 m³/ha en plantaciones de 11 a 20 años de edad y 5.6 a 6.3 m³/ha en plantaciones de 21 a 40 años de edad (92, 100). El rendimiento de biomasa anual asociada (tallos leñosos) de estas plantaciones varió entre 2.6 y 10.3 t/ha. En otros lugares, rendimientos de volumen anuales máximos de 7 a 10 m³/ha han sido reportados en plantaciones de 15 a 20 años de edad (24). Rendimientos de biomasa anuales promedio de 9.5 y 36.2 t/ha han sido reportados en una plantación de 8 años de edad en Colombia (52) y una plantación de 5.5 años de edad en Puerto Rico, respectivamente (61). Tablas de volumen (11, 13, 85) y regresiones de biomasa (13, 116) han sido publicadas.

Comportamiento Radical.—Las plántulas de casuarina desarrollan una raíz pivotante delgada y coriácea, y numerosas raíces laterales fibrosas (100). Los árboles

maduros típicamente poseen raíces pivotantes profundas y un sistema de raíces laterales extenso y superficial. El desarrollo de raíces pivotantes profundas y el desarrollo escaso de raíces laterales son típicos de árboles en sitios con un nivel de agua subterránea profundo o sujeto a fluctuaciones estacionales, y el desarrollo pobre de raíces pivotantes es característico de árboles en sitios con suelos poco profundos o un nivel alto de agua subterránea (112). En sitios inundados periódicamente, la casuarina ha sido observada arraigándose de la parte inferior del tallo y de las ramas inferiores (50). Las raíces proteoides, compuestas de haces compactos de raicillas se han observado a su vez (22, 24, observación personal del autor). Se cree que la formación de estas agrupaciones de raicillas, las cuales son particularmente eficientes en la absorción de fósforo, es inducida por microorganismos en el suelo (65), aunque estudios recientes han mostrado que su formación puede ser inducida en cultivos axénicos mediante la restricción de las concentraciones de fósforo.²

La biomasa radical comprendió del 21 al 24 por ciento del total de la biomasa arbórea en plantaciones de 1.5 años de edad en Puerto Rico (información inédita del autor). Las raíces finas (de menos de 2 mm de diámetro) promediaron 195 ± 21 g/m² en plantaciones de 9 meses de edad (81) y 383 ± 60 g/m² en plantaciones de 2 años de edad en Puerto Rico (información inédita del autor). Aproximadamente el 33 y el 50 por ciento del total de la masa seca de raíces finas en los rodales de 9 meses de edad y 2 años de edad, respectivamente, ocurrieron dentro de los primeros 10 cm del perfil del suelo.

Las raíces finas fácilmente forman asociaciones simbióticas, tanto con hongos ectomicorrizas como endomicorrizas que facilitan la absorción de nutrientes del suelo, en particular el fosfato, y bajo ciertas circunstancias podrían facilitar la absorción de agua e incrementar la disponibilidad de humedad (22, 98). Un estudio conducido en el sur de la Florida reveló que las raíces de la casuarina tanto en sitios húmedos como secos se encontraron infectadas con micorrizas endotróficas y ectotróficas, aunque las micorrizas ectotróficas fueron menos frecuentes en los sitios húmedos (98). Los nódulos radicales producidos por el actinomiceto fijador de nitrógeno del género *Frankia* permiten que los árboles de casuarina crezcan bien en suelos deficientes en nitrógeno (32, 70). *Frankia* infecta los vellos radicales, lo que resulta en la formación de nódulos leñosos perennes (1, 98). Se ha observado que el estrés causado por la restricción de agua limita tanto la formación de nódulos como las tasas de fijación de nitrógeno en *Frankia* (48). Se encontró que la doble inoculación con *Frankia* y otra endófito, *Glomus mosseae*, aumentó considerablemente la nodulación, la absorción de nitrógeno y el crecimiento en las plántulas de casuarina (33). Los estimados de la fijación anual de nitrógeno por los simbioses en rodales de casuarina varían entre 58 y 150 kg/ha (23, 24, información inédita del autor).

Reacción a la Competencia.—La casuarina es intolerante a la sombra; en plantaciones densas, las plántulas más pequeñas se ven rápidamente suprimidas por los individuos más vigorosos. Las plántulas por lo general compiten adecuadamente con las gramíneas y las hierbas, excepto bajo condiciones de sequía. En las Filipinas, la ca-

²Baker, D.D. 1992. Comunicación personal con el autor. Archivado en: Universidad de Yale, School of Forestry and Environmental Studies, New Haven, CT.

casuarina es reconocida como una de las mejores especies a plantar en sitios dominados por *Imperata cylindrica* Beauv. (41, 72, 73).

Las plantaciones establecidas primariamente para la producción de combustible y postes se plantan típicamente a unas densidades variando entre 1,600 y 10,000 árboles por hectárea y se manejan en rotaciones de 3 a 15 años, con entresacados después de 4 a 5 años (13, 50, 51, 104). Sin embargo, en los sitios estacionalmente secos en la India, la mortalidad, el crecimiento pobre y la mayor susceptibilidad a las plagas y enfermedades son comunes en las plantaciones establecidas a densidades de más de 2,500 árboles por hectárea (50, 100).

Un estudio sobre el espaciamiento efectuado en un sitio costero en Orissa, en la India, comparó el crecimiento y el rendimiento en plantaciones establecidas con un espaciamiento entre árboles de 1.83 por 1.83, 2.74 por 2.74 y 3.66 por 3.66 m (91, 92). Los resultados mostraron que los incrementos volumétricos anuales promedio máximos se obtuvieron dentro de los primeros 7 años con los dos espaciamientos más estrechos. La producción total en volumen fue significativamente mayor con estos espaciamientos por un período de hasta 19 años, y el entresacado después de 7 años no influyó el crecimiento subsecuente. Estos resultados sugieren que se pueden establecer plantaciones manejadas para fustes de diámetro tanto pequeño como grande a espaciamientos estrechos (1.83 por 1.83 m), entresacar a los 7 años y cosechar a los 15 años de edad para una producción óptima. En una plantación de 2 años de edad en Tailandia, el diámetro promedio de los tallos (d.a.p.) disminuyó de 5.5 a 3.1 cm a medida que la densidad del rodal aumentó de 3,333 a 20,000 árboles por hectárea (115).

La casuarina se cultiva a veces en plantaciones de especies mixtas y en sistemas agroforestales (55). En la India, las plantaciones en el primer año se plantan por lo común con cacahuets (maní), ajonjolí, legumbres, pepinos o melones, dependiendo de las condiciones climáticas prevalentes y de los tipos de suelo en cada sitio. En la India, las especies de árboles a veces interplantadas con la casuarina incluyen a *Anacardium occidentale* L., *Azadirachta indica*, *Cocos nucifera* L., *Dalbergia sissoo* Roxb., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., *Pongamia glabra*, *Sapindus laurifolius* Vahl y *Syzygium jambos* (L.) Alst. (100). Las plantaciones mixtas establecidas en una cantera de piedra caliza minada por el sistema de denudación en Kenia, usando la casuarina, *Conocarpus lancifolius* y *A. indica* han dado un buen rendimiento (76). En Puerto Rico se han establecido plantaciones con casuarina, *Leucaena leucocephala* y *Eucalyptus robusta* Sm. (información inédita del autor). Después de 2 años, el crecimiento de la casuarina y las especies asociadas en los rodales mixtos fue significativamente mayor que el crecimiento de los árboles en plantaciones monoculturales.

Agentes Dañinos.—En el vivero, la depredación de las semillas por las hormigas es un problema importante que se puede controlar con la aplicación al semillero de una solución de ácido carbólico o cualquier otro formicida. Las plántulas son también susceptibles al mal de vivero causada por el hongo del suelo *Rhizoctonia* spp. (41, 49) a la vez que a el forrajeo por roedores, cangrejos, grillos y saltamontes (50, 76, 100). Debido a que el follaje de la casuarina es menos apetecible que el de la mayoría de otros árboles, no es

forrajeado por lo usual por el ganado (50).

En Puerto Rico, la casuarina es huésped para numerosas especies de insectos de los órdenes Coleoptera, Homoptera, Isoptera, Lepidoptera y Orthoptera (69), aunque pocos o ninguno de estos insectos causan un daño serio en las plantaciones o en los rodales naturalizados. Entre las plagas de insectos que se sabe causan daño en las plantaciones de casuarina en Cuba se encuentran el minador de los tallos y las ramitas *Apate monachus* (F.), la hormiga defoliadora *Atta insularis* (Guér.), *Clastoptera undulata* Uhler., *Crypticeria rosae* (R. & H.), *Eocader bouclei* (Brun.), la escama algodonosa *Icerya purchasi* Mask., y el barrenador de los tallos *Neoclytus cordifer* Klug. (8). En el sur de la Florida, el anillador de las ramitas *Oncideres cingulata*, *Umbonia crassicornis*, *C. undulata* y el gorgojo de las hojas *Artipus floridanus* se reportan causando un daño limitado a la casuarina (20). Entre los insectos barrenadores de la corteza y la madera que causan daño a la casuarina se encuentran *Arbela tetraonis*, *Coelosterna scabrata* y *Phassus malabaricus* en la India (50, 100) y *Macrotoma palmata* F. en Egipto (43). Se han reportado infestaciones de termitas en plantaciones costeras en Senegal (90). De Nigeria se reporta la defoliación por las larvas del coleóptero *Lixus camerunus* Kolbe (28). En el sur de la China se ha reportado una defoliación severa por *Chondracis rosea rosea* (95). De Florida se reporta el ataque por el nemátodo de los nudos de las raíces (*Meloidogynes* sp.) (103).

La casuarina es susceptible a un número de patógenos fungales dentro de sus áreas de distribución natural e introducida. Los árboles maduros son susceptibles a la pudrición radical causada por *Armillaria mellea* Vahl ex Fr. en California y *Clitocybe tabescens* (Scop. ex Fr.) Bres. en la Florida (103). La pudrición del duramen causada por *Fomes applanatus* (Pers. ex Wallr.) Gill. y *Phellinus kawakamii* se ha reportado en Hawaii (53, 103). En la región del Caribe, se ha reportado a *Diplodia natalensis* Pole Evans causando la pudrición y la muerte de los tallos terminales, el añublo de las ramitas, la pudrición del tronco y el cancro de los tallos en Puerto Rico (59). Un virus sin identificar causando manchas y el achaparramiento del follaje y yemas múltiples ha sido reportado en México y la América Central (97). En otras regiones, los principales patógenos de la casuarina incluyen los hongos *Ganoderma lucidum* (en Taiwan), *Sclerotium rolfsii* y *Phytophthora cambivora* que causan la pudrición radical y la bacteria *Pseudomonas solanacearum*, que causa el marchitamiento (44, 56, 120).

En la India, la mortalidad a gran escala en plantaciones de casuarina ha sido atribuida al ataque por los patógenos fungales *Trichosporium vesiculosum*, un parásito de las laceraciones, y *Ganoderma lucidum* (3, 6, 50). *Phomopsis casuarinae*, un hongo que es normalmente simbiótico con la casuarina, puede convertirse en parasítico bajo ciertas condiciones y ha sido identificado como la causa de mortalidad en los árboles en el sur de la India (112).

La casuarina es muy resistente al daño por el viento (7, 101). A pesar de que los árboles jóvenes pueden soportar los vientos huracanados con poco o ningún daño (80), daños serios han ocurrido en plantaciones de mayor edad en Puerto Rico.¹ La casuarina es muy susceptible al daño por los incendios (76, 100). En algunas regiones, tales como en la India y China, la hojarasca se remueve de las plantaciones de manera rutinaria para uso como combustible y para reducir el riesgo de incendios (100, 101).

USOS

La madera de la casuarina es muy dura y pesada (con un peso específico de entre 0.80 y 1.20 g/cm³ para madera secada al aire y 0.61 g/cm³ para madera con un contenido de humedad del 46 por ciento [117]) y es excepcionalmente fuerte y tenaz (25, 60). El duramen es de un color marrón rojizo mate, ocasionalmente con vetas de color marrón oscuro y no se distingue con facilidad de la albura rosácea. La madera tiene una textura muy fina, un lustre mediano y una fibra entrelazada. La madera se seca a una tasa moderada y sufre una degradación considerable durante el proceso. El secado se ve acompañado de una contracción severa y relativamente desigual. Los troncos de la casuarina son muy difíciles de aserrar en pequeños aserraderos circulares y, debido a su densidad y dureza, la madera de la casuarina es también difícil de trabajar a máquina, aunque las superficies trabajadas a máquina son usualmente de buena calidad (60). La casuarina se clasifica como una madera adecuada para el taladrado y escoplatura y se puede lijar hasta un acabado muy liso. Para una madera de tan alta densidad, la fibra estrechamente entrelazada de la casuarina le otorga una buena resistencia a las rajaduras por tornillos (60). La madera es muy susceptible al ataque de la termita de la madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker) y su durabilidad es limitada a menos que sea tratada con preservativos (25, 60, 108). Los postes sin tratar tienen una vida útil de 2 años y los fustes de mayor tamaño retienen su durabilidad por hasta 5 años sin tratamiento.¹

La madera y los conos de la casuarina constituyen un combustible excelente (carbón en particular), producen poca ceniza y se queman de manera satisfactoria incluso cuando verdes (57). La madera secada al aire tiene un valor calórico de 4.1 a 4.9 kcal/g (89, 107). Aunque la madera de la casuarina es difícil de usar para la carpintería fina, se usa ampliamente para hacer postes para alambrado eléctrico y postes para viviendas, vigas, ruedas para carretas, mangos de herramientas, tablitas para el techado y objetos pequeños como remos (25). Es una materia prima apropiada para pulpas químicas y semi-químicas y para la producción de papel (37, 38, 63, 118).

La casuarina se planta ampliamente como barreras contra el viento y para el control de la erosión, tal como a lo largo de las costas arenosas, las dunas y a la margen de los ríos (10, 19, 27, 47, 64, 86). También se cultiva como una planta de ornamento y como un árbol de sombra, especialmente a lo largo de las costas, y a veces se poda para formar setos (57). Los árboles de casuarina han sido cultivados en la India desde aproximadamente 1860 en grandes plantaciones para la producción de postes y leña. Aproximadamente 1 millón de ha de plantaciones de casuarina han sido establecidas en China desde 1954 en cerca de 3,000 km de plantíos de rompevientos variando en grosor de 0.5 a 5 km (101). Es una especie valiosa para la rehabilitación de tierras degradadas o naturalmente estériles debido a su capacidad para la fijación de nitrógeno y a sus altas tasas de producción de hojarasca (36), lo que facilita el desarrollo sucesional temprano de la microflora, microfauna y comunidades de insectos, y aumenta la disponibilidad de nutrientes. En la India, en donde los árboles de casuarina se usan para este propósito, la acumulación combinada de la biomasa del suelo forestal y la materia orgánica del suelo bajo una plantación de 12 años de edad establecida en are-

nas costeras se calculó en 70.8 t/ha, con las adiciones de la materia orgánica y el humus constituyendo el 39 por ciento del total (50). En Puerto Rico, las existencias totales de hojarasca fija fueron de 16.2 t/ha en rodales de plantaciones de 5.5 años de edad (61). Cuando se compara con otras especies de plantación (*Leucaena leucocephala*, *Albizia procera* y *Eucalyptus robusta*), la casuarina mostró tener la mayor eficiencia en la utilización de nutrientes, produciendo la mayor cantidad de biomasa arriba del terreno total por unidad de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio utilizados (105).

La corteza de la casuarina es rica en tanino (de 6 a 8 por ciento) y se usa en algunos lugares para el curtido de redes para pescar y cuero (12, 13, 21). Se dice que la corteza y las ramillas poseen propiedades medicinales y son usadas por los indígenas de Nueva Zelanda en el tratamiento del beriberi (13). El análisis químico de las frutas rindió ácido elágico, beta-sitosterol y kaempferol-3-beta-D-galactosida (78). La casuarina posee un valor limitado como fuente de forraje, pero se usa a veces para este propósito durante períodos de sequía severa (25).

GENÉTICA

La casuarina muestra un nivel alto de variación fenotípica en relación a la forma de la copa, el ángulo de las ramas, el largo de las ramillas, el tamaño y la forma de los conos, la producción de conos (82) y la propensión a producir raíces a partir de la región inferior del tallo bajo condiciones inundadas (50). Se han reportado diferencias significativas en el crecimiento de las plántulas entre procedencias de la Filipinas (41) y variaciones en tasas de crecimiento (46, 79, 94, 121) y en el potencial para la fijación de nitrógeno en genotipos individuales (94). Se sabe que la hibridización ocurre entre *C. equisetiolia* y otras especies de casuarina, especialmente *C. glauca* Sieb. ex Spreng. (24, 106, 110) y *C. junghuhniana* Miq. (24).

El género *Casuarina* consiste de cerca de 52 especies e incluye especies variando en tamaño desde arbustos de menos de 1 m de altura hasta especies forestales de 20 a 30 m de altura (25). Entre los miembros de este género que han sido estudiados extensamente se encuentran *C. cunninghamiana* Miq., *C. glauca*, *C. junghuhniana* y *C. oligodon* L. Johnson. Entre otras especies con valor demostrado o potencial en plantaciones están *C. campestris* Miq., *C. cristata* Miq., *C. decaisneana* F. Muell., *C. dielsiana* C.A. Gardn., *C. fraseriana* Miq., *C. huegeliana* Miq., *C. littoralis* Salisb., *C. leuhmanii* (R.T. Baker), *C. obesa* Miq., *C. stricta* Ait., y *C. torulosa* Ait. (76). En Puerto Rico se han conducido ensayos preliminares con *C. cunninghamiana*, *C. glauca* y *C. cristata*.¹

El nombre genérico alude a las ramillas filamentosas colgantes que semejan el plumaje del ave casoar (*Casuarus* spp.); el epíteto específico *equisetifolia*, que significa "cola de caballo", se refiere al género herbáceo *Equisetum*, el cual posee un follaje similar (57, 76). La especie se conocía previamente como *C. litorea* L.

LITERATURA CITADA

1. Abdel Wahab, A.M. 1980. Nitrogen-fixing nonlegumes in Egypt. 1: Nodulation and N₂(C₂H₂) fixation by *Casuarina equisetifolia*. Zeitschrift für Allgemeine Mikrobiologie. 20(1): 3-12.
2. Andéké-Lengui, M.A.; Dommergues, Y. 1983. Coastal dune stabilization in Senegal. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina* ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 158-166.
3. Bagchee, K. 1952. A review of work on Indian tree diseases and decay of timber and methods of control. Indian Forester. 78(11): 540-546.
4. Bandyopadhyay, A.K. 1986. *Casuarina equisetifolia* grows well in heavy-textured coastal saline soils. Indian Farming. 36(5): 19.
5. Barlow, B.A. 1983. The casuarinas—a taxonomic and biogeographic review. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina* ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 10-18.
6. Begum, R.; Rizwana, A.R. 1979. Blister disease—threat to *Casuarina*. Geobios. 6(1): 35-36.
7. Bell, T.I.W.; Evo, T.; Sakumeni, A. 1983. Cyclones and stability in Fiji's pine forests. Fiji Pine Res. Pap. 14. Suva, Fiji: Fiji Pine Commission/Fiji Forestry Department. 12 p.
8. Betancourt-Barroso, A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Habana: Editorial Científico-Técnica. 427 p.
9. Bhaskar, V.; Dasappa. 1986. Ground flora in *Eucalyptus* plantations of different ages. En: Sharma, J.K.; Nair, C.T.S.; Kedharnath, S.; Kondas, S., eds. *Eucalypts in India: past, present and future: Proceedings of a seminar; 1984 January 30-31; Peechi, India*. Peechi, India: Kerala Forest Research Institute: 213-224.
10. Bilaidi, A.S. 1978. Silviculture in the People's Democratic Republic of Yemen. Unasylva. 30(121): 29-32.
11. Bredenkamp, B.V. 1981. A preliminary volume table for *Casuarina equisetifolia* [in South Africa]. South African Forestry Journal. 118: 90.
12. Browne, F.G. 1955. Forest trees of Sarawak and Brunei and their products. Kuching, Sarawak, Malaysia: Government Printing Office. 369 p.
13. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1991. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. Forst. & G. Forst., árbol de uso múltiple en América Central. Rep. 173, Tech. Series. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 51 p.
14. Clemens, J.; Campbell, L.C.; Nurisjah, S. 1983. Germination, growth and mineral ion concentrations of *Casuarina* species under saline conditions. Australian Journal of Botany. 31: 1-9.
15. Craig, R.M.; Smith, D.C.; Ohlsen, A.C. 1978. Changes occurring in coastal dune formation and plant succession along the Martin County coastline. Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida. 37: 14-17.
16. Craighead, Frank C., Sr. 1971. The trees of south Florida. The natural environments and their succession. Coral Gables, FL: University of Miami Press. 212 p. Vol. 1.
17. Crowder, J.P. 1974. Exotic pest plants of south Florida. South Florida Environmental Project, Ecological Rep. DI-SFEP-74-23. Atlanta, GA: U.S. Department of the Interior, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. 49 p.
18. Champion, H.G. 1936. A preliminary survey of the forest types of India and Burma. Indian Forest Records 1(1). New Delhi: Government of India Press. 286 p.
19. Chang, S.K.; Hu, C.; Song, S. [y otros]. 1976. Improvement of second rice crop in southern and central Taiwan. I: Studies on the methods of raising rice yields in ill-drained and west coast areas of Changhua Hsien. Taiwan Agriculture Quarterly. 12(3): 90-97.
20. Chellman, Charles W. 1978. Pests and problems of south Florida trees and palms. Tallahassee, FL: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Forestry. 103 p.
21. Dastur, J.F. 1964. Useful plants of India and Pakistan. Bombay: D. P. Taraporevala Sons & Co. 185 p.
22. Diem, H.G.; Gueye, I.; Gianinazzi-Pearson, V. [y otros]. 1981. Ecology of VA mycorrhizae in the Tropics: the semi-arid zone of Senegal. Acta Oecologica, Oecologia Plantarum. 2(1): 53-62.
23. Dommergues, Y. 1963. Evaluation du faux de fixation de l'azote dans un sol dunaire reboisé en Filao. Agrochimica (Pisa). 7(4): 335-340.
24. Dommergues, Y. 1990. *Casuarina equisetifolia*: an oldtimer with a new future. NFT Highlights 90-02. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 2 p.
25. Doran, J.; Hall, N. 1983. Notes on fifteen Australian casuarina species. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina* ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 19-52.
26. Duhoux, E.; Leroux, C.; Phelep, M.; Sougoufara, B. 1990. Improving Casuarinaceae using *in vitro* methods. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. *Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt*. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 174-187.
27. El-Lakany, M.H. 1983. Breeding and improving of casuarina: a promising multipurpose tree for arid regions of Egypt. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina* ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 58-65.
28. Eluwa, M.C. 1979. Biology of *Lixus camerunus* Kolbe (Coleoptera Curculionidae): a major pest of the edible vernonias (Compositae) in Nigeria. Revue de Zoologie Africaine. 93(1): 223-240.
29. Esbenshade, H.W.; Grainger, A. 1980. The Bamburi reclamation project. International Tree Crops Journal. 1(2/3): 199-202.
30. Ewel, John J.; Whitmore, Jacob L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Res. Pap. SO-ITF-18. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, PR 00928-5000. En cooperación con el: Institute of Tropical Forestry, University of Puerto Rico, Río Piedras, PR 00936-4984. 72 p.
31. Francis, John K.; Liogier, Henri A. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. Gen. Tech. Rep. SO-82. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 12 p.

32. Gauthier, D.; Diem, H.G.; Dommergues, Y. 1981. *In vitro* nitrogen fixation by two actinomycete strains isolated from *Casuarina* nodules. Applied and Environmental Microbiology. 41(1): 306-308.
33. Gauthier, D.; Diem, H.G.; Dommergues, Y. 1983. Preliminary results of research on *Frankia* and endomycorrhizae associated with *Casuarina equisetifolia*. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 211-217.
34. Geary, T.F. 1983. Casuarinas in Florida, USA and some Caribbean islands. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 107-109.
35. Geary, Thomas F.; Briscoe, C. Buford. 1972. Tree species for plantations in the granitic uplands of Puerto Rico. Res. Pap. SO-ITF-14. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.
36. Geigel, F.B. 1977. Materia orgánica y nutrientes devueltos al suelo mediante la hojarasca de diversas especies forestales. Baracoa. 7(3/4): 15-38.
37. Guha, S.R.D.; Karira, B.G. 1981. Chemical, semichemical and chemi-mechanical pulps from *Casuarina equisetifolia*. Indian Forester. 107(3): 174-177.
38. Guha, S.R.D.; Sharma, Y.K.; Pant, R.; Shoundiyal, S.N. 1970. Chemical, semi-chemical and mechanical pulps from *Casuarina equisetifolia*. Indian Forester. 96(11): 830-840.
39. Gupta, B.N.; Pattanath, P.G.; Kumar, Adarsh [y otros]. 1975. Rules for germination test of tree seeds for certification. Indian Forester. 101: 320-327.
40. Hallé, F. 1978. Arbres et forêts des Iles Marquises. Cahiers du Pacifique. 21: 315-357.
41. Halos, Saturnina C. 1983. Casuarinas in Philippine forest development. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 89-98.
42. Halos, Saturnina C. 1983. Production practices for *Casuarina equisetifolia*. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 133-134.
43. Hassan, Fatma A. 1990. Important insect pests of casuarina in Egypt. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 102-109.
44. Hepting, George H. 1971. Diseases of forest and shade trees of the United States. Agric. Handb. 386. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 658 p.
45. Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
46. Jambulingam, R. 1990. Recent developments in research on *Casuarina* in Tamil Nadu. I: Variation in populations. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 45-54.
47. Jumale, M.M. 1980. Sand-dune control in the Marka area of Somalia. Somali Range Bulletin. 10: 18-20.
48. Kant, S.; Narayana, H.S. 1978. Effect of water stress on growth, nodulation and nitrogen fixation in *Casuarina equisetifolia*. Annals of Arid Zone. 17(2): 216-221.
49. Ko, W.H.; Hunter, J.E.; Kunimoto, R.K. 1973. *Rhizoctonia* disease of Queensland maple seedlings. Plant Disease Reporter. 57(11): 907-909.
50. Kondas, S. 1983. *Casuarina equisetifolia*—a multipurpose tree cash crop in India: En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 66-76.
51. Kondas, S.; Jambulingam, R.; Dasthagir, M.G.; Vinaya Rai, R.S. 1985. Studies on *Casuarina equisetifolia* (L.) Forst. Indian Journal of Forestry. 8(4): 262-264.
52. Ladrach, W.E. 1987. Growth of the Guachicono arboretum eight year results of the 1977 planting—three year results of the 1977, 1980 and 1981 planting. Res. Rep. 112. Cali, Colombia: Cartón de Colombia. 16 p.
53. Larsen, M.J.; Lombard, F.F.; Hodges, C.S., Jr. 1985. Hawaiian forest fungi. 5: a new species of *Phellinus* (Hymenochaetaceae) causing decay of *Casuarina* and *Acacia*. Mycologia. 77(3): 345-352.
54. Le Roux, P.J. 1974. Establishing vegetation in saline soil to stabilise aeolian sand at Walvis Bay, South West Africa. Forestry in South Africa. 15: 43-46.
55. Li, C.F. 1984. Experiment on establishing a plantation of *Cinnamomum camphora* mixed with other species. Forest Science and Technology (Linze Keji Tongxun). 1: 6-9.
56. Liang, Z.C.; Chen, X.H. 1984. Selection of clones of casuarina for resistance to bacterial wilt. Journal of South China Agricultural College. 5(1): 53-59.
57. Little, Elbert L., Jr. [s.f.]. Common fuelwood crops: a handbook for their identification. Morgantown, WV: Communi-Tech Associates. 354 p.
58. Little, Elbert L., Jr.; Wadsworth, Frank H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agric. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p.
59. Liu, L.-J.; Martorell, L.F. 1973. *Diplodia* stem canker and die-back of *Casuarina equisetifolia* in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 42(3): 255-261.
60. Longwood, Franklin R. 1961. Puerto Rican woods. Agric. Handb. 205. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
61. Lugo, Ariel E.; Wang, Deane; Bormann, F. Herbert. 1990. A comparative analysis of biomass production in five tropical tree species. Forest Ecology and Management. 31: 153-166.
62. Lundquist, Ralph; Torrey, John G. 1984. The propagation of casuarina species from rooted stem cuttings. Botanical Gazette. 145(3): 378-384.
63. Maheswari, S.; Nayak, R.G.; Meshramkar, P.M.; Jaspal, N.S. 1979. Comparative studies on the pulping and papermaking properties of *Casuarina equisetifolia* and *Eucalyptus* hybrid. Indian Pulp and Paper. 34(3): 9-13.

64. Maheut, J.; Dommergues, Y. 1959. Fixation par le reboisement des dunes de la presqu'île du Cap-Vert et l'évolution biologique des sols. Bois et Forêts des Tropiques. 63: 3-16.
65. Malajczuk, N.; Bowen, G. 1974. Proteoid roots are microbial induced. Nature (London). 251: 316-317.
66. Malik, M.N.; Sheikh, M.I. 1983. Planting of trees in saline and waterlogged areas. Part 1: Test planting at Azakhel. Pakistan Journal of Forestry. 33(1): 1-17.
67. Marrero, José. 1948. Forest planting in the Caribbean. National Forest past experience as a guide for the future. Caribbean Forester. 9(2): 85-148.
68. Marrero, José. 1950. Results of forest planting in the insular forests of Puerto Rico. Caribbean Forester. 11(3): 107-147.
69. Martorell, Luis F. 1975. Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. Río Piedras, PR: University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station, Department of Entomology. 303 p.
70. McCluskey, D.N.; Fisher, R.F. 1983. The effect of inoculum source on nodulation in *Casuarina glauca*. Commonwealth Forestry Review. 62(2): 117-124.
71. Mekhtiev, T.A.; Mamedov, F.M. 1974. The overwintering of some subtropical plants on the Apsheron peninsula [in the Caspian Sea] in harsh winters. Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada. 91: 21-23.
72. Mendoza, V.B. 1978. Adaptability of six tree species to cogonal areas: additional information on the possible role of phenols and sugars. Sylvatrop. 3(1): 1-7.
73. Mendoza, V.B.; Cruz, R.E. de la. 1978. Adaptability of six tree species to cogonal areas. 3: Field experiment and additional information. Sylvatrop. 3(2): 93-106.
74. Midgley, S.J.; Turnbull, J.W.; Hartney, V.J. 1986. Fuelwood species for salt affected sites. Reclamation and Revegetation Research. 5(1/3): 285-303.
75. Morton, J.F. 1976. Pestiferous spread of many ornamental and fruit species in south Florida. Proceedings, Florida State Horticultural Society. 89: 348-353.
76. National Research Council. 1984. Casuarinas: nitrogen fixing trees for adverse sites. Washington, DC: National Academy Press. 118 p.
77. Nayar, R.; Ramanujam, B. 1986. Mortality in *Casuarina* plantations in Karnataka. Myforest. 22(4): 211-216.
78. Neelakantan, S. 1986. Constituents of the fruits of *Casuarina equisetifolia*. Fitoterapia. 57(2): 120-121.
79. Pan, Zhigang; Lu, Pengxin. 1990. Preliminary reports on *Casuarina* species and provenance tests in Donghai forest farm. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 40-44.
80. Parrotta, J.A. 1990. Hurricane damage and recovery of seedlings of multi-purpose tree species at a coastal site in Puerto Rico. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. 8: 64-66.
81. Parrotta, J.A. 1991. Effect of an organic biostimulant on early growth of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus tereticornis*, *Leucaena leucocephala*, and *Sesbania sesban* in Puerto Rico. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. 9: 50-52.
82. Rai, R.S. Vinaya. 1990. Seed management in *Casuarina equisetifolia*. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 78-84.
83. Rai, R.S. Vinaya; Natarajan, N. 1988. Studies on nursery technology and planting density in *Casuarina equisetifolia*. Indian Journal of Forestry. 11(1): 60-62.
84. Rai, S.N.; Shettigar, D. 1979. Afforestation of grassy blanks in high rainfall zone of Karnataka. Res. Pap. KFD-1. Bangalore, India: Karnataka Forest Department. 13 p.
85. Ray, M.P. 1971. Plantations of *Casuarina equisetifolia* in the Midnapore District, West Bengal. Indian Forester. 97(8): 443-457.
86. Reddy, C.V.K. 1979. Shelter belts against storms and cyclones on the coast. Indian Forester. 105(10): 720-726.
87. Rivero, M.; Vargas, Y.M. 1990. Influencia de la densidad de siembra en la producción de posturas de *Casuarina equisetifolia* a raíz desnuda en vivero. Revista Forestal Baracoa. 20(1): 35-45.
88. Rockwood, D.L.; Fisher, R.F.; Conde, L.F.; Huffman, J.B. 1990. *Casuarina* L. ex Adans. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., coordinadores técnicos. Silvics of North America. 2. Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 240-243. Vol. 2.
89. Rodríguez Pérez, M. 1973. Determining the calorific value of *Eucalyptus saligna*, *Casuarina equisetifolia*, *Jambos vulgaris* [*Eugenia jambos*] and *Buchenavia capitata*. Baracoa. 3(1/2): 45-49.
90. Roy-Noel, J.; Wane, C. 1977. L'attaque des arbres par les termites dans la presqu'île du Cap-Vert (Senegal). 1: Cas du roboisement sur dunes vives de Malika. Bulletin de l'Institute Fondamental d'Afrique Noire. 39(1): 124-141.
91. Singh, S.P. 1978. Rotation as influenced by stand stocking: a study of *Casuarina equisetifolia*. Indian Forester. 104(7): 491-500.
92. Singh, S.P.; Sharma, R.S.; Jain, R.C. 1983. Effects of spacing and thinning in *Casuarina* stands. Indian Forester. 109(1): 12-16.
93. Somasundaram, T.R.; Jagadees, S.S. 1977. Propagation of *Casuarina equisetifolia* Forst. by planting shoots. Indian Forester. 103(11): 735-738.
94. Sougoufara, B.; Duboux, E.; Corbasson, M.; Dommergues, Y. 1986. Improvement of nitrogen fixation by *Casuarina equisetifolia* through clonal selection. Presented paper: 18th IUFRO World Congress: 1986 September 7-21; Ljubljana, Yugoslavia: International Union of Forest Research Organizations. 5p.
95. Su, X.; Yu, X.D. 1979. A preliminary study of cotton locust—an insect pest of beef wood on Dong-Hai Island, Kwantung [Guangdong] Province. Scientia Silvae Sinicae. 15(3): 171-177.
96. Thaiutsa, Bunvong. 1990. Estimating productivity of *Casuarina equisetifolia* grown on tin-mine lands. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. Advances in casuarina research and development. Actas de un taller; 1990 January 15-20; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 94-101.
97. Titze, J.F.; van der Pennen, Elizabeth. 1983. Provisory list of diseases of *Casuarina* species. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. Casuarina ecology, management and utilization: Actas de un taller; 1981 August 17-21; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 220-222.

98. Torrey, J.G. 1983. *Casuarina*: actinorhizal dinitrogenfixing tree of the Tropics. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 193-204.
99. Torrey, J.G. 1983. Root development and root nodulation in *Casuarina*. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 180-192.
100. Troup, R.S. 1921. *The silviculture of Indian trees*. Oxford, UK: Clarendon Press. 1195 p. 3 vol.
101. Turnbull, J.W. 1983. The use of *Casuarina equisetifolia* for protection forests in China. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 55-57.
102. Turnbull, J.W.; Martensz, P.N. 1983. Seed production, collection and germination in Casuarinaceae. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 126-132.
103. U.S. Department of Agriculture. 1960. Index of plant diseases in the United States. Agric. Handb. 165. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 531 p.
104. Vivekanandan, K. 1983. The status of casuarina in Sri Lanka. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 99-101.
105. Wang, Deane; Bormann, F. Herbert; Lugo, Ariel E.; Bowden, Richard D. 1991. Comparison of nutrient-use efficiency and biomass production in five tropical tree taxa. *Forest Ecology and Management*. 46: 1-21.
106. Wang, T.T.; Yang, J.C.; Chen, Z.Z. 1984. Identification of hybridity of casuarinas grown in Taiwan. *Silvae Genetica*. 33(4/5): 128-133.
107. Webb, Derek B.; Wood, Peter J.; Smith, Julie P.; Henman, G. Sian. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. 2^a ed. Trop. For. Pap. 15. Oxford, UK: University of Oxford, Commonwealth Forestry Institute, Unit of Tropical Silviculture. 256 p.
108. Wolcott, G.N. 1946. A list of woods arranged according to their resistance to the attack of the West Indian drywood termite, *Cryptotermes brevis* (Walker). *Caribbean Forester*. 7(4): 329-334.
109. Wong, P.P. 1978. The herbaceous formation and its geomorphic role, east coast, Peninsula Malaysia. *Malayan Nature Journal*. 32(2): 129-141.
110. Woodall, Steven L.; Geary, Thomas F. 1985. Identity of Florida casuarinas. Res. Note SE-332. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 10 p.
111. Xu, Y.Q.; Long, W.B. 1983. The adaptive character and species choice of main planting trees of farmland shelterbelt in the Pearl River delta. *Scientia Sinicae*. 19(3): 225-234.
112. Yadav, J.S.P. 1983. Soil limitations for successful establishment and growth of casuarina plantation. En: Midgley, S.J.; Turnbull, R.D.; Johnston, R.D., eds. *Casuarina ecology, management and utilization: Proceedings of a workshop; 1981 August 17-21*; Canberra, Australia. Melbourne: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization: 138-157.
113. Yadav, J.S.P.; Banerjee, S.P.; Bandola, K.C. 1977. Soil characteristics of coastal alluvium supporting *Casuarina equisetifolia* in Maharashtra and Gujarat. *Fertilizer Technology (India)*. 14(3): 208-213.
114. Yantasath, K.; Supatanakul, W.; Ungvichian, I. [y otros]. 1985. I: Species trials of NFT. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 48-49.
115. Yantasath, K.; Supatanakul, W.; Ungvichian, I. [y otros]. 1985. II: Spacing trials of NFT. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 49-50.
116. Yantasath, K.; Supatanakul, W.; Ungvichian, I. [y otros]. 1985. III: Determination of biomass production of NFT using allometric regression equation. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 51-53.
117. Yantasath, K.; Supatanakul, W.; Ungvichian, I. [y otros]. 1985. IV: Tissue analysis and heating parameters of NFT. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 53-54.
118. Yantasath, K.; Supatanakul, W.; Ungvichian, I. [y otros]. 1985. V: Pulping and papermaking characteristics of fast growing trees. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 54-56.
119. Ye, M.F. 1984. Effects of plant growth regulators on rooting of cuttings of several tree species. *Plant Physiology Communications*. 4: 28-29.
120. Ying, S.L.; Chien, C.Y.; Davidson, R.W. 1976. Root rot of *Acacia confusa*. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 9(1): 17-21.
121. Zhong, Chonglu. 1990. Casuarina species and provenance trial on Hainan Island, China. En: El-Lakany, M.H.; Turnbull, J.W.; Brewbaker, J.L., eds. *Advances in casuarina research and development: Proceedings of a workshop; 1990 January 15-20*; Cairo, Egypt. Cairo: Desert Development Center, American University in Cairo: 32-39.