

# NUTRICION Y FERTILIZACION DEL PINO CARIBEÑO (*Pinus caribaea*)

Alfredo Alvarado, Jaime Raigosa y Jessica Oviedo\*

## Introducción

El pino caribeño (*Pinus caribaea*) es un árbol alto que crece rápidamente y produce madera de diversos usos incluyendo productos de papel. Se cultiva extensamente en los trópicos húmedos. Se emplea también en planes de reforestación debido a su plasticidad ecológica, adaptabilidad a condiciones adversas, fácil manejo y crecimiento rápido. Como conífera, habita en suelos poco fértiles, aunque las plantaciones establecidas en sitios muy degradados y marginales no producen los rendimientos que corresponden al potencial de la especie.

## Calidad de sitio de siembra

En general, se considera que la productividad del *P. caribaea* disminuye conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar (Vásquez, 1987; Vásquez y Ugalde, 1995). Ciertas propiedades físicas del suelo adversas, como el mal drenaje, nivel freático cercano a la superficie, densidad aparente alta, o poca profundidad

efectiva (< 80 cm) pueden limitar el crecimiento de esta especie (Isolán, 1972; Ortega, 1986; Vásquez, 1987; y Zamora, 1986). Se ha demostrado que texturas gruesas, baja retención de humedad y escasa precipitación desencadenan la muerte súbita en plantaciones de pino en Monagas, Venezuela (Márquez et al., 1994).

## Requerimiento de nutrientes

Las cantidades de nutrientes inmovilizados en diferentes compartimentos de la biomasa y del mantillo en plantaciones de *P. caribaea* en Brasil y Nigeria se presentan en la **Tabla 1**. La extracción de nutrientes de *P. caribaea*, evaluada en plantaciones de Fiji se presenta en la **Figura 1**. El orden de extracción fue el siguiente: 235, 31, 133, 103, 67, 1.6, 14.4 y 0.30 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn y B, respectivamente. En general, la máxima acumulación de Mg y P se produce al año 11, mientras que el N, K y Ca continúan acumulándose hasta el año 16 (Waterloo, 1994). Por otro lado, datos de Surinam para la misma especie indican que la

**Tabla 1. Nutrientes acumulados en los diferentes componentes de la biomasa y del mantillo de plantaciones de *P. caribaea* en regiones tropicales (adaptado de Salas, 1987).**

Edad plantación	Componente	Peso seco t/ha	N P K Ca Mg ----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----				
			6 años, Brasil	Hojas	7.2	87	10
	Ramas	5.1	11	2	2	3	2
	Tronco	46.8	84	19	30	19	16
	Corteza	6.9	15	2	1	6	1
6 años, Nigeria	Hojas	9.8	92	4	71	33	17
	Ramas	8.2	26	2	12	17	6
	Tronco	35.9	83	4	36	40	14
	Corteza	7.8	20	1	6	8	3
	Raíces	15.6	39	2	31	22	9
	Mantillo	3.7	18		9	7	4
	Total	81.2	279	12	137	126	62
10 años, Nigeria	Hojas	20.2	126	6	152	71	36
	Ramas	16.7	52	2	30	32	8
	Tronco	76.4	138	8	61	61	23
	Corteza	20.9	59	2	15	23	6
	Raíces	34.1	82	7	68	65	27
	Ramas muertas	2.7	7		2	4	
	Mantillo	19.7	89	2	47	39	14
	Total	190.9	598	27	375	296	116

\* Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: alfredo@carriari.ucr.ac.cr

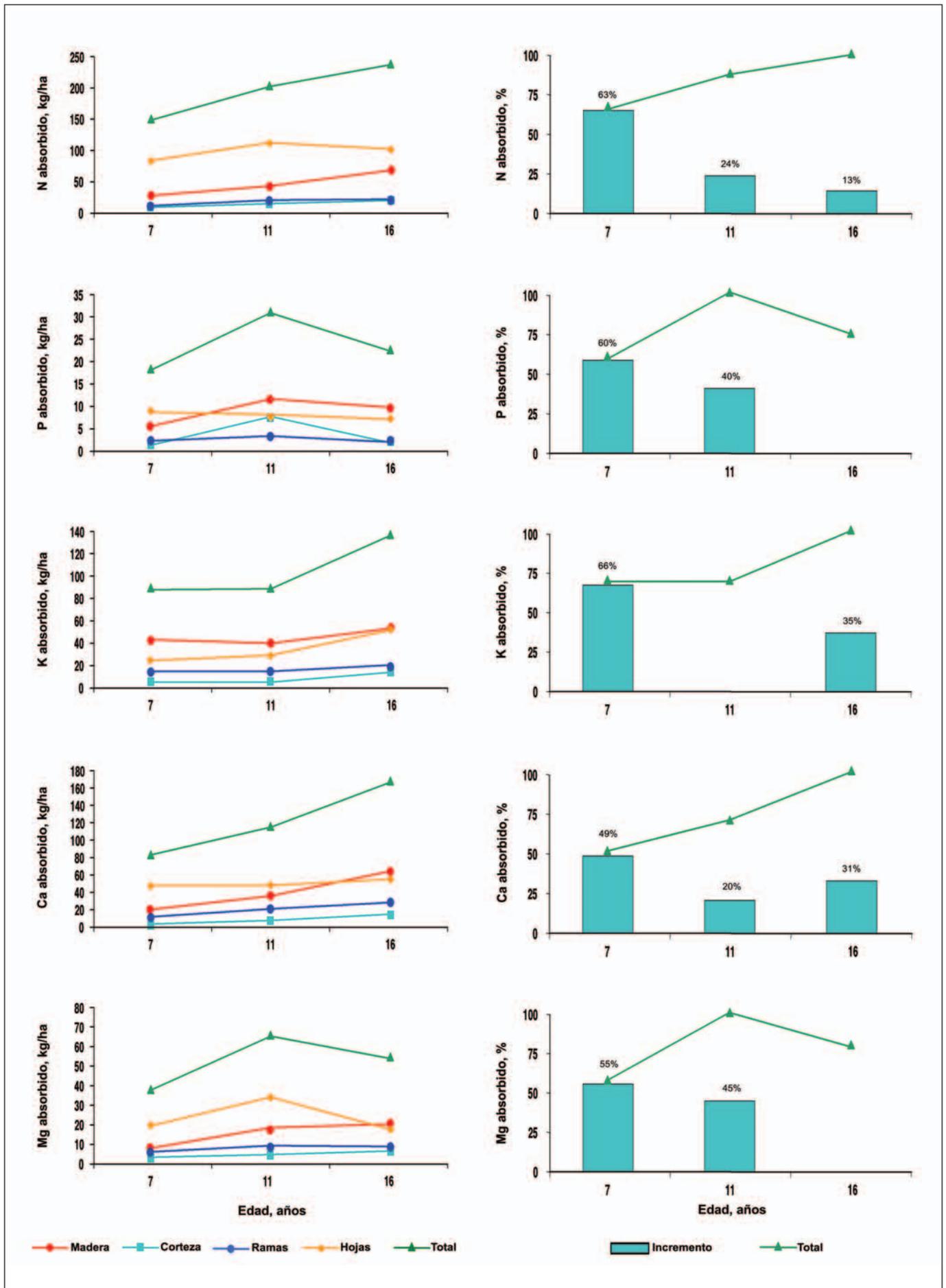


Figura 1. Absorción de nutrientes en plantaciones de *P. caribaea* de 7, 11 y 16 años de edad en Fiji (adaptado de Waterloo, 1994).

cosecha de 200 t ha<sup>-1</sup> de madera para pulpa de papel pueden remover 576, 36, 506, 1218 y 99 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Graff, 1982).

### Reciclaje de nutrientes

Información desarrollada en Mollisoles y Oxisoles del Pacífico Polinesio indica que los requerimientos nutricionales de *P. caribaea* son mayores antes del cierre del dosel de la plantación (Waterloo, 1994). Los requerimientos se reducen marcadamente entre los 6 y 11 años, posiblemente por la liberación de nutrientes (especialmente K) del sotobosque en descomposición que muere al cerrarse el dosel, así como del reciclaje de nutrientes proveniente de la adición de hojarasca (5-9 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) que puede aportar cantidades significativas de Ca, Mg y B. Más del 70% de los residuos de *P. caribaea* se descomponen sobre el suelo en 18-20 meses, liberándose el 60% del K en los primeros 3 meses y menos del 50% del N, Ca, P y Mg hasta los 18 meses.

### Contenido foliar de nutrientes

Los rangos que categorizan el contenido foliar de nutrientes de *P. caribaea* se presentan en la **Tabla 2**.

### Fertilización en vivero

La fertilización de las plántulas en el vivero es importante, sin embargo, existen pocos datos en la literatura que ilustren la práctica. En suelos ácidos, franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, la adición de 1 g por plántula de la fórmula 8-10-10 después de germinada la semilla favoreció el desarrollo de los arbolitos (Herrero et al. 1985). La aplicación foliar de una solución al 1% de fertilizante soluble completo (macro y micro nutrientes) a intervalos de un mes, por 4 veces consecutivas, a plántulas de *P. caribaea* en dos tipos de suelo (rojos y

**Tabla 2. Valores tentativos de interpretación de los niveles foliares de nutrientes en plantaciones de *P. caribaea* (adaptado de Boardmann et al., 1997).**

Elemento	Deficiente	Marginal	Adecuado
N (%)	<0.80	0.9	1.29
P (%)	<0.06		0.17
K (%)	<0.3		
S (%)		0.03	0.089
Ca (%)	<0.11		
Mg (%)	<0.80		
Cu (ppm)	<2.0		7.3
Zn (ppm)			21-55
B (ppm)	4-5	<10	33

derivados de pizarras), aumentó el peso de las plántulas y duplicó el contenido de Mg foliar.

### Fertilización en la etapa de crecimiento rápido

Investigación en suelos de baja fertilidad en Turrialba, Costa Rica, demostró que la adición de 30 g por árbol del fertilizante compuesto de fórmula 14-14-14, cada 15 días después del trasplante en plantaciones de *P. caribaea* var. hondurensis, incrementó el crecimiento promedio acumulado en altura a los 6 meses. La altura de las plantas fertilizadas fue de 52 cm en comparación con 42 cm en las plantas sin fertilizar (Loaiza, 1967). De manera similar, se ha observado en parcelas en suelos ácidos, infértiles y bien drenados, con eliminación de malezas con herbicidas, que la aplicación de 80 g por árbol de la fórmula 12-24-12, dos meses después del trasplante, triplicaron el volumen e incrementaron la altura de las plantas 20 meses después de la aplicación, en comparación con parcelas que no recibieron fertilizante (Kane, 1992). Sin embargo, también se observó que la aplicación en franjas de 90 g de N por árbol en forma de urea causó mortalidad en las plantas.

El efecto de la adición de P a esta especie en suelos ácidos, también fue estudiado por Kane (1992). En este caso, 2 meses después de la siembra, se aplicó y se incorporó con rastra 50 kg de superfosfato triple ha<sup>-1</sup>,

**Tabla 3. Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre el crecimiento de *P. caribaea* var. *caribaea*, por 4 años consecutivos, en suelos ácidos de Pinar del Río, Cuba (Herrero et al., 1985).**

Tratamiento	Urea	Superfosfato triple	KCl	Altura	Diámetro	Volumen	Incremento en volumen
	----- g por planta -----			m	cm	----- m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> -----	
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0	0	0	6.4	13.4	55.2	
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	109	109	83	9.8	16.6	115.3	60.2
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	218	218	166	9.6	17.7	128.3	73.1

en una franja de 1 m de ancho. Veinte meses después se encontró que la adición de superfosfato incrementó el volumen de madera a 1.78 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo solo alcanzó un volumen de 0.92 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Cuando se probó la aplicación de roca fosfórica en la misma dosis se logró un volumen de madera de 1.33 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. La aplicación de P redujo la concentración foliar de K, lo que sugiere la necesidad de aplicar K conjuntamente con el P.

En plantaciones de *P. caribaea* var. hondurensis en la Yeguada, Panamá en latosoles muy degradado y con serios problemas de erosión, se demostró que una dosis de fertilizante 15-15-15 (57 g por árbol) más una mezcla de elementos menores (28 g por árbol) y B (14 g por árbol) aumentaron la sobrevivencia en 44% y el crecimiento en 244% de los árboles hasta el cuarto año (Dayson 1995).

La recomendación de fertilización para la etapa de crecimiento rápido de *P. caribaea* creciendo en suelos ácidos, franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, es aplicar 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, de P y de K durante los primeros 4 años de crecimiento de la plantación (Herrero et al., 1985). Estas recomendaciones se basan en los resultados de investigación reportados en la **Tabla 3**.

#### Fertilización de mantenimiento en plantaciones

Experimentos a largo plazo conducidos en suelos ácidos (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 4.2), franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, reportados por Herrero et al. (2004), demuestran que el *P. caribaea* responde favorablemente a la aplicación de P, sin embargo, los mejores rendimientos se obtienen con la adición de fórmulas con N, P y K. En este experimento se

**Tabla 4. Efecto de la aplicación de fertilizante en forma continua y alterna sobre el crecimiento de *P. caribaea* var. *caribaea* a los 6, 8, 15 y 33 años después de su adición en suelos ácidos de Pinar del Río, Cuba (Herrero et al., 2004).**

Fertilizante fórmula g por árbol	8-10-10* kg ha <sup>-1</sup>	Edad de la plantación (años)			
		6	8	15	33
Altura árboles (m)					
0	0	4.8	5.6 b <sup>+</sup>	11.0 b	14.4 a
300	333	4.8	5.6 b	10.7 b	13.2 b
600 C	667 C	5.5	6.8 ab	12.4 a	15.8 ab
600 A	667 A	5.4	6.6 ab	12.8 a	15.9 ab
800 C	889 C	5.5	7.1 ab	12.9 a	15.9 ab
800 A	889 A	5.3	6.8 ab	13.0 a	16.7 a
1000 C	1111 C	5.7	6.7 ab	13.1 a	17.8 a
1000 A	1111 A	5.1	6.6 ab	12.9 a	16.3 ab
Diámetro árboles (cm)					
0	0	7.2 b	8.7 b	14.1 b	21.8
300	333	7.9 ab	8.6 b	14.1 b	20.3
600 C	667 C	8.6 ab	10.1 ab	15.9 ab	21.9
600 A	667 A	8.4 ab	10.0 ab	16.4 ab	22.2
800 C	889 C	8.9 ab	10.3 ab	16.9 a	22.3
800 A	889 A	8.3 ab	9.6 ab	17.3 a	23.8
1000 C	1111 C	9.2 a	10.8 a	17.4 a	23.7
1000 A	1111 A	8.5 ab	10.3 ab	16.9 a	23.5
Volumen de madera (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )					
0	0			79.8 b	253.4 ab
300	333			82.0 b	178.4 b
600 C	667 C			125.3 ab	276.7 ab
600 A	667 A			144.6 a	293.8 ab
800 C	889 C			137.5 a	258.7 ab
800 A	889 A			143.0 a	311.0 a
1000 C	1111 C			157.3 a	335.3 a
1000 A	1111 A			145.9 a	305.2 a

\* La letra C indica todos los años y la letra A en años alternos.

+ Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05).

adicionaron desde el trasplante niveles crecientes de la fórmula fertilizante 8-10-10, en forma continua (años seguidos) y forma alterna (uno si otro no) por 5 años. Se estimaron las variables dasométricas en la plantación a las edades de 6, 8, 15 y 33 años. Los datos de este experimento se presentan en la **Tabla 4** y demuestran que hubo una respuesta significativa a la fertilización. La máxima de respuesta se logra a los 15 años de edad y luego el efecto se atenúa hacia los 33 años por falta de raleo. En términos económicos, las dosis más altas permitieron obtener mayores volúmenes de madera mientras que la dosis mínima no es rentable. La aplicación de fertilizantes no logró diferencias significativas sobre la altura de los árboles a los 6 años, sin embargo, 2 años después se observó un incremento significativo en la altura de los árboles con la aplicación de 800 g de NPK por árbol, lo que indica que la absorción de nutrientes en los primeros años de crecimiento es lenta. A cualquier edad, la mejor respuesta en diámetro ocurre con la adición de 1000 g de NPK, ya sea en forma continua o alterna. La constancia de los incrementos medios anuales del volumen de madera como respuesta a la aplicación 800 g de NPK en aplicación alterna y la de 1000 g de NPK en las dos formas de aplicación, sugiere que la competencia limitó el aumento de los rendimientos. El incremento en volumen de madera implica una disminución del turno de tala.

## Bibliografía

- Boardmann, R., Cromer, R.N., Lambert, M.J. y Webb, M.J. 1997. Forest plantations. In: D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Plant analysis, an interpretation manual. CSIRO Publishing. Australia. pp. 505-561.
- Dayson, W.G. 1995. Fertilización de plantaciones forestales en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. In: Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/ INRENARE. pp. 51-64.
- Graff, de N.R. 1982. Sustained timber production in the tropical rainforest of Surinam. In: Wienk, J.F. y de Wit, H.A. Management of low fertility acid soils of the American humid tropics. Proceedings of a Workshop held at Paramaribo, Suriname, 23-26 November 1981. IICA. San José, Costa Rica. pp.175-189.
- Isolán, F.B. 1972. Estudio de qualidade de sitio para *Pinus caribaea* MOROLET var. hondurensis Barret e Golfari no cantao de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83 p.
- Herrero, J.A., Renda, A., González, A., Gra, H., de Nacimiento, J., González, A., Peña, A., Castillo, E., Jiménez, M., Herrero, G., Álvarez, M. García, A. y Pérez, M. 1985. Manejo del *Pinus caribaea* var. caribaea en las zonas de "Alturas de Pizarras", provincia de Pinar del Río. Centro de Investigación Forestal, Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba. Boletín de Reseñas Forestales 3. 60 p.
- Herrero, G., González, M., Fuentes, I., Herrera, P, García, A. y Coto, O. 2004. Fertilización a plantaciones de *Pinus caribaea* var. caribaea en su hábitat natural y diversidad vegetal asociada. In Memorias del Primer Congreso sobre Suelos Forestales realizado del 25 al 27 de octubre del 2004. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 18 p.
- Kane, M. 1992. El control químico de malezas y la fertilización aumentan el crecimiento de *Pinus caribaea* var. hondurensis durante los primeros 20 meses de plantación en el pie de monte. Investigación Forestal. Smurfit. Cantón de Venezuela. Informe N° 8: 1-12.
- Márquez, O. Hernández, R., Francol, W. y Visaez, F. 1994. V Factores edáficos y estado nutricional de plantaciones de *Pinus caribaea* en relación a la muerte regresiva, en Uverito, Edo. Monagas. Venesuela 2(1): 15-18.
- Loaiza, V. H. 1967. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var hondurensis (Sénéclauze) Barrett at Golfari y Eucalyptus saligna Smith en plantación. Tesis. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- Ortega, B. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. hondurensis en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 110 p.
- Salas, de las G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical. Servicio Editorial IICA. San José, Costa Rica. 447 p.
- Vásquez, C. 1987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 113 p.
- Vásquez, W. y Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata* y *Pinus caribaea*, en Guanacaste, Costa Rica. CATIE/ IDA/ FAO/ HOLANDA. Proyecto Madelaña-3. Serie Técnica, Informe Técnico No. 256. Turrialba, Costa Rica. 33 p.
- Waterloo, M.J. 1994. Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in southwest Witi Lavu, Fiji. Tesis Vrije Universiteit Amsterdam. FEBODRUK B. V., Enschede, The Netherlands. 420 p.
- Zamora, J. 1986 *Pinus caribaea* var Barr et Golf. Revisión de Literatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 38 p. 🏠