



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Sobrevivencia y crecimiento de maderables en plantaciones lineales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá

Eduardo Somarriba
Gerald Kapp
John Beer
Arnim Bonnemann
Arlene López Sampson

Sobrevivencia y crecimiento de maderables en plantaciones lineales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá

Eduardo Somarriba
Gerald Kapp
John Beer
Arnim Bonnemann
Arlene López Sampson

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2019

ISBN 978-9977-57-711-1

620.12

S714

Somarriba, Eduardo

Sobrevivencia y crecimiento de maderables en plantaciones lineales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá / Eduardo Somarriba.

– 1ª ed. – Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2019.

109 p. : il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 414)

ISBN 978-9977-57-711-1

1. Árboles maderables 2. Costa Rica 3. Panamá I. Kapp, Gerald
II. Beer, John III. Bonnemann, Arnim IV. López Sampson, Arlene
V. CATIE VI. Título VII. Serie.

Créditos

Revisores: Luis Orozco Aguilar, Consultor Agroforestal Independiente, The University of Melbourne, Australia

Norvin Sepúlveda Ruiz, CATIE

Guillermo Detlefsen, CATIE

Fotos: Aroldo Dubón-FHIA, Honduras.

Edición y diseño: Tecnología de Información y Comunicación

Contenido

Lista de cuadros	4
Lista de figuras	4
1 Resumen	6
2 Abstract	7
3 Introducción	8
4 Metodología	10
4.1 Tipos de ensayos, selección y descripción general de sitios y especies evaluadas	10
4.2 Descripción de los ensayos y variables evaluadas	13
4.2.1 Pre-ensayos de árboles maderables en plantaciones lineales.....	13
4.2.2 Ensayos completos.....	13
4.2.3 Periodo de medición y variables medidas	13
4.3 Establecimiento y manejo de los árboles maderables establecidos en los pre-ensayos y ensayos de plantaciones lineales	15
4.4 Descripción de suelos de los sitios experimentales	15
5 Resultados	18
5.1 Supervivencia inicial a los seis meses de edad y resiembras.....	18
5.1.2 Ensayos completos	19
5.2 Mortalidad a los 48 meses de edad y primeros raleos	21
5.2.1 Pre-ensayos.....	20
5.2.2 Ensayos completos.....	21
5.3 Crecimiento de las especies.....	25
5.3.1 Pre-ensayos.....	25
5.3.2 Ensayos completos.....	25
6 Discusión	42
6.1 Supervivencia a los seis meses de edad y mortalidad acumulada por sitio.....	46
6.2 Crecimiento por especie y sitio.....	47
7 Conclusiones	50
8 Agradecimientos	51
9 Literatura citada	52
10 Anexos	54

Lista de cuadros

Cuadro 1.	Descripción de los sitios y de los ensayos de evaluación de especies maderables plantadas en líneas en fincas de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.....	11
Cuadro 2.	Actividades de manejo de los ensayos de plantaciones lineales maderables en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. X denota las actividades realizadas por sitios.	13
Cuadro 3.	Mortalidad acumulada (%) a los 48 meses de edad e intensidad de raleos (%) aplicados a los cinco años por especie y sitios en dos tipos de ensayos en plantaciones lineales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.	24
Cuadro 4.	Incremento medio anual en altura (IMA-altura, m año ⁻¹) y dap (IMA-dap, cm año ⁻¹) y área basal (AB, m ² km ⁻¹) de 12 especies maderables en dos tipos de ensayos en plantaciones lineales plantaciones lineales en diferentes sitios de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.	43

Lista de figuras

Figura 1.	Ejemplo de diseño de parcelas de árboles maderables (P, R) establecidos en pre-ensayos de plantaciones lineales en fincas de productores en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.	14
Figura 2.	Ejemplo de diseño de parcelas (1-3) y árboles (A, L, T) establecidos en plantaciones lineales en fincas de productores en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.	14
Figura 3.	Porcentaje de sobrevivencia inicial (seis meses de edad) de siete especies maderables establecidas en los pre-ensayos lineales en seis sitios de Talamanca, CR y dos sitios de Changuinola, Panamá. BOMQUI: <i>Bombacopsis quinata</i> , CARGUI: <i>Carapa guianensis</i> , PTEMAC: <i>Pterocarpus macrocarpus</i> , SWIMAC: <i>Swietenia macrophylla</i> , TABROS: <i>Tabebuia rosea</i> , VOCFER: <i>Vochysia ferruginea</i> , VOCHON: <i>Vochysia hondurensis</i>	24
Figura 4.	Porcentaje de sobrevivencia inicial (seis meses de edad) de cinco especies maderables establecidas en los ensayos lineales en seis sitios de Talamanca, Costa Rica y dos sitios de Changuinola, Panamá. ACAMAN: <i>Acacia mangium</i> , CORALL: <i>Cordia alliodora</i> , EUCDEG: <i>Eucalyptus deglupta</i> , TECGRA: <i>Tectona grandis</i> , TERIVO: <i>Terminalia ivorensis</i>	20
Figura 5.	Boxplot de crecimiento en dap (cm) para siete especies maderables a los ocho años de edad creciendo en pre-ensayos de nueve sitios de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Especies y sitios sin valores fueron removidos del análisis. La línea en el medio de la caja representa la mediana, y las líneas de los extremos inferior y superior de la caja son el 25% y el 75% cuartil, respectivamente. Números en el eje horizontal corresponden a los sitios. 24=Olivia, 25: Paraíso, 26: San Miguel, 27: San Miguel, 28: Puerto Viejo, 29: Carbón, 30: Bordón, 65: Guabito # 1, 66: Guabito # 2. Carbón. BOMQUI: <i>Bombacopsis quinata</i> , CARGUI: <i>Carapa guianensis</i> , PTEMAC: <i>Pterocarpus macrocarpus</i> , SWIMAC: <i>Swietenia macrophylla</i> , TABROS: <i>Tabebuia rosea</i> , VOCFER: <i>Vochysia ferruginea</i> , VOCHON: <i>Vochysia hondurensis</i>	25
Figura 6.	Boxplot de crecimiento en dap (cm) para cinco especies maderables a los ocho años de edad de ensayos completos creciendo en seis sitios de Talamanca, CR y Changuinola, Panamá. Sitios sin valores fueron removidos del análisis. La línea en el medio de la caja representa la mediana, y las líneas de los extremos inferior y superior de la caja son el 25% y el 75% cuartil, respectivamente. Números en el eje horizontal corresponden a los sitios. 14= San Rafael, 16= Olivia, 17: Catarina, 18: Paraíso, 19: San Miguel, 21: Puerto Viejo, 22: Carbón. ACAMAN: <i>Acacia mangium</i> , CORALL: <i>Cordia alliodora</i> , EUCDEG: <i>Eucalyptus deglupta</i> , TECGRA: <i>Tectona grandis</i> , TERIVO: <i>Terminalia ivorensis</i>	27

Figura 7.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Bombacopsis quinata</i> (BOMQUI) e establecida en los pre-ensayos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, San Miguel, Puerto Viejo y Carbón).	31
Figura 8.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Tabebuia rosea</i> (TABROS) establecida en los pre-ensayos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, San, Miguel, Puerto Viejo y Carbón) y dos sitios en Changuinola, Panamá (Guabito 1 y Guabito 2).	32
Figura 9.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Carapa guianensis</i> (CARGUI) establecida en los pre-ensayos en un sitio de Talamanca, Costa Rica (Bordón) y dos sitios en Changuinola, Panamá (Guabito 1, Guabito 2).	33
Figura 10.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Swietenia macrophylla</i> (SWIMAC) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraíso, Bordón) y un sitio en Changuinola, Panamá (Guabito 1).	34
Figura 11.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Vochysia ferruginea</i> (VOCFER) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraíso, Bordón).	35
Figura 12.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Vochysia hondurensis</i> (VOCHON) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraíso, Bordón).	36
Figura 13.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Pterocarpus macrocarpus</i> (PTEMAC) establecida en los pre-ensayos en un sitio de Talamanca, Costa Rica (San Miguel).	37
Figura 14.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Eucalyptus deglupta</i> (EUCDEG) e establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica.	38
Figura 15.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Cordia alliodora</i> (CORALL) establecida en ensayos completos en ocho sitios de Talamanca, Costa Rica.	39
Figura 16.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Acacia mangium</i> (ACAMAN) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (San Rafael, Puerto Viejo, Bordón, Hone Creek (Carbón) y tres sitios en Changuinola, Panamá, Guabito 1, Guabito 2 y El Silencio).	40
Figura 17.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Tectona grandis</i> (TECGRA) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (San Rafael, Puerto Viejo, Bordón, Hone Creek (Carbón) y tres sitios en Changuinola, Panamá, Guabito 1, Guabito 2 y El Silencio) siete sitios de Talamanca, Costa Rica.	41
Figura 18.	Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de <i>Terminalia Ivorensis</i> (TERIVO) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, Catarina, Paraíso, San Miguel) y tres sitios en Changuinola, Panamá (Guabito 1, Guabito 2, El Silencio).	42
Figura 19.	Factores que determinaron desempeño de árboles en plantaciones en líneas en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.	48

Resumen

Los árboles maderables son un elemento conspicuo del paisaje alrededor del mundo. Los maderables pueden ser establecidos en diversos y complejos arreglos de plantación. El Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ estableció entre 1988 - 1989 un conjunto de ensayos agroforestales para evaluar el crecimiento y desarrollo de varias especies maderables en plantaciones lineales en fincas de pequeños productores del trópico húmedo bajo de Costa Rica y Panamá. Doce especies fueron estudiadas en líneas monoespecíficas con dos a cuatro especies por sitio en once sitios. Las especies evaluadas fueron *Acacia mangium*, *Bombacopsis quinata*, *Carapa guianensis*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Tabebuia rosea*, *Terminalia ivorensis*, *Tectona grandis*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Swietenia macrophylla*, *Vochysia ferruginea* y *Vochysia hondurensis*. Las doce especies maderables presentaron tasas de crecimiento variables y en la mayoría de los casos satisfactorios, aunque estos fueron dependientes de las condiciones de sitio. *C. guianensis* y *C. alliodora* fueron las especies con menor crecimiento y *T. grandis* y *E. deglupta* las de mejor crecimiento. Independientemente del sitio, *T. ivorensis* y *S. macrophylla* fueron severamente afectadas por plagas/enfermedades (muerte regresiva en *T. ivorensis* y ataque del barrenador apical del tallo de las meliáceas en *S. macrophylla*). Se recomienda la promoción de *T. grandis*, *E. duglupta*, *T. rosea*, *B. quinata* y *V. hondurensis* en plantaciones lineales de maderables en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. En el caso de *C. alliodora*, su establecimiento debe ser restringido a sitios bien drenados y fértiles. Finalmente, *T. ivorensis*, *A. mangium*, *V. ferruginea* y *S. macrophylla* no son recomendados debido a las afectaciones por plagas y enfermedades. Debido al pobre crecimiento de *C. guianensis* no se recomienda su establecimiento en plantaciones lineales.

2

Abstract

Timber trees are a conspicuous part of landscapes all over the world. They can be found in a complex array of plantation schemes. An agroforestry project carried out by CATIE-GTZ, established, between 1989 and 1990, trials to evaluate the growth and development of timber trees growing in linear plantations on small farms, in the tropical humid lowlands of Costa Rica and Panama. Twelve species were evaluated in monospecific linear plots, with two to four species per site in eleven sites. The selected species studied were: *Acacia mangium*, *Bombacopsis quinata*, *Carapa guianensis*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Tabebuia rosea*, *Terminalia ivorensis*, *Tectona grandis*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Swietenia macrophylla*, *Vochysia ferruginea* and *Vochysia hondurensis*. Satisfactory but variable growth rates of these 12 timber species were recorded in most trails depending on sites conditions. *C. guianensis* and *C. alliodora* were the species with the lowest growth rate, while *E. deglupta* and *T. grandis* were the species with better performance. *T. ivorensis* and *S. macrophylla* presented high mortality rates due to pest & disease attack on all sites (die back of *T. ivorensis* and mahogany shoot borer attack on *S. macrophylla*). Species recommended for linear timber tree plantations in Talamanca, Costa Rica and Changuinola, Panamá are: *T. grandis*, *E. duglupta*, *T. rosea*, *B. quinata* and *V. hondurensis*. *Cordia alliodora* should only be established in well-drained, fertile sites. *T. ivorensis*, *A. mangium*, *V. ferruginea* and *S. macrophylla* are not recommended for comparable sites because of their susceptibility to pest and disease outbreak. *C. guianensis* is not recommended for linear plantations in this region because of its poor growth rate.

Palabras clave: plantaciones lineales, crecimiento, mortalidad natural, condiciones de sitio, árboles maderables, *Acacia mangium*, *Bombacopsis quinata*, *Carapa guianensis*, *Cordia alliodora*, *Eucalyptus deglupta*, *Tabebuia rosea*, *Tectona grandis*, *Terminalia ivorensis*, *Swietenia macrophylla*, *Vochysia ferruginea*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Vochysia hondurensis*.

3

Introducción

El establecimiento y manejo de árboles maderables en diversos arreglos de plantación es una práctica común en fincas alrededor del mundo. Los árboles maderables pueden ser establecidos en huertos caseros (Abebe *et al.* 2013, Méndez *et al.* 2001), asociados con cultivos perennes/anuales (Eibl *et al.* 2000, García *et al.* 2001, Peeters *et al.* 2003), cortinas rompevientos (Luis Peri y Bloomberg 2002), bloques (Roshetko *et al.* 2013), cercas vivas (Sánchez *et al.* 2005) y dispersos en pastizales (Nichols *et al.* 2001, Souza de Abreu *et al.* 2000). El establecimiento de especies maderables de valor comercial en áreas agrícolas genera beneficios o ingresos a los hogares por la venta o uso de la madera, permite a los productores participar en esquemas de reforestación, restauración de paisajes degradados y contribuye al secuestro de carbono y reducción de emisión de gases de efecto invernadero (Calle *et al.* 2012, Garen *et al.* 2009, Roshetko *et al.* 2013). El uso y aprovechamiento de maderables en fincas, además de ser una opción de diversificación, brindan estabilidad financiera para las familias cuando los cultivos comerciales principales enfrentan crisis de precios o ataques de plagas o enfermedades (Peeters *et al.* 2003, Roshetko *et al.* 2013, Somarriba 1990).

El crecimiento y desarrollo de especies maderables en diferentes arreglos de plantación han sido evaluados en varias localidades tropicales y templadas. En Filipinas, experimentos en fincas que evaluaron el asocio de maíz con las especies maderables *Gmelina arborea* R. Br. y *Eucalyptus deglupta* Blume, en dos arreglos de plantación (maíz mezclado entre árboles a 2 x 2,5 m; y maíz en callejones a 1 x 10 m), registraron mejor crecimiento en dap de ambas especies cuando fue manejado en callejones. *G. arborea* en callejones podría producir entre 6 - 8 m³ ha⁻¹ de madera comercial a los cuatro años de edad (Bertomeu 2011). El asocio de especies maderables con cultivos perennes de importancia comercial (ej. café, cacao y yerba mate -*Ilex paraguariensis*-) muestran resultados promisorios. Por ejemplo, en cafetales con sombra diversificada del sur de México, la producción de madera en sistemas tradicionales fue 10 veces mayor que la madera producida en cafetales con sombra monoespecífica (Peeters *et al.* 2003). En Misiones, Argentina, el asocio de yerba mate con especies maderables nativas (*Balfourodendron riedelianum* y *Tabebuia heptaphylla*) y/o leguminosas (*Enterolobium contortisiliquum*) ha ganado popularidad. Resultados iniciales demuestran que los maderables



alcanzaron tasas de crecimiento favorables: a los cinco años de establecidos, los árboles lograron altura entre los 2,7 a 5,0 m y diámetro del tronco entre 3 a 7 cm (Eibl *et al.* 2000).

Existen varias experiencias regionales en América Latina que confirman la idoneidad del establecimiento y aprovechamiento de maderables en pequeñas fincas. Por ejemplo, en 1987 la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), estableció ensayos con líneas de árboles maderables en La Masica, Atlántida, Honduras, con el objetivo de monitorear el crecimiento, afectaciones por plagas y enfermedades y documentar el manejo silvicultural adecuado para las especies. Unas 16 especies maderables, entre nativas y exóticas (por ejemplo, *Cordia megalantha*, *Cedrela odorata*, *Terminalia ivorensis*, *Cordia alliodora* y *Tectona grandis*), de alto valor comercial, fueron establecidas. Luego de 15 años de evaluación se demostró que estas especies se adaptaron bien a las condiciones de plantación en líneas y pueden ser establecidas alrededor de cultivos anuales y perennes en fincas de pequeños y medianos productores. El estudio concluye que las plantaciones lineales con maderables son una opción para diversificar la producción y aumentar los ingresos a largo plazo sin incurrir en altos costos de establecimiento (Sánchez y Dubón 2003). Así mismo, la experiencia de proyectos de reforestación en áreas degradadas de Costa Rica y Nicaragua, sugieren que los incentivos para la reforestación y el acompañamiento técnico oportuno a productores son cruciales para motivar la anuencia y participación de pequeños y medianos productores en proyectos de reforestación (Piotto *et al.* 2004).

Las plantaciones de árboles en líneas (o plantaciones lineales), pueden usarse para demarcar los límites externos de una propiedad, como divisiones internas entre dos predios en una finca (ejemplo, separación entre pastizales para la producción ganadera y las actividades agrícolas) o como rompevientos. Entre las ventajas de las plantaciones de árboles en líneas están: i) producen madera o frutas comercializables en área no utilizadas o marginales; ii) las tasas de crecimiento de los árboles manejados en plantaciones lineales son mejores que las de plantaciones en bloques y se reduce el tiempo de espera de cosecha; y iii) permite a productores con poca tierra participar en programas de reforestación. Entre las desventajas se incluyen: i) pérdida de madera (de hasta 1,5 m de troza basal) cuando los árboles son usados de soporte para fijar alambre con grapas o clavos; ii) competencia entre árbol y cultivo si el lindero se establece en áreas agrícolas; y iii) reducción del valor comercial de los productos maderables por la forma más cónica o ramificada que desarrollan los árboles al tener mayor libertad para crecer (Beer 2012).

El Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ estableció entre 1988-1989 un conjunto de ensayos agroforestales para evaluar el crecimiento y desarrollo de varias especies maderables en plantaciones lineales en fincas de pequeños productores del trópico húmedo bajo de Costa Rica (Talamanca) y Panamá (Bocas del Toro). Estos ensayos, que fueron evaluados por aproximadamente 10 años, respondían a las siguientes interrogantes: ¿Cómo crecen las especies maderables establecidas en líneas en Talamanca y Bocas del Toro? ¿Cuál es la tasa de sobrevivencia de las especies en los ensayos? ¿Cuáles son las plagas y enfermedades que afectan el desarrollo de los maderables? ¿Cuál es la calidad de fuste, crecimiento en diámetro del tronco, altura total y comercial, y rendimiento volumétrico de plantaciones lineales maderables? En este informe técnico se presentan el manejo, sobrevivencia, crecimiento en altura y rendimiento volumétrico de las plantaciones lineales en Talamanca y Bocas del Toro a la edad de 10 años. Evaluaciones preliminares de estos ensayos fueron reportados por Luján *et al.* (1996; 1997). Los datos de campo de pre-ensayos y ensayos completos están disponibles en Dataverse (<https://dataverse.harvard.edu>).

4

Metodología

4.1. Tipos de ensayos, selección y descripción general de sitios y especies evaluadas

Fueron establecidos dos tipos de ensayos. El primero, denominado pre-ensayo, se distribuyó en siete sitios de Talamanca y dos de Changuinola. El segundo, denominado ensayo completo, se estableció en ocho sitios de Talamanca y tres de Changuinola. Los dos ensayos fueron establecidos entre diciembre de 1987 y junio de 1989 (Cuadro 1). Los pre-ensayos tuvieron un carácter exploratorio del comportamiento de varias especies en diferentes sitios y usualmente incluyeron dos o más especies y una a más repeticiones por sitio. Los ensayos completos siempre incluyeron tres especies con tres repeticiones por sitio, en un diseño experimental de bloques completos al azar. El estudio se llevó a cabo en fincas de productores en varias localidades de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. En los pre-ensayos, fueron evaluadas siete especies en Talamanca (*Tabebuia rosea*, *Bombacopsis quinata*, *Swietenia macrophylla*, *Vochysia ferruginea*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Carapa guianensis* y *Vochysia hondurensis*) y tres en Panamá (*T. rosea*, *C. guianensis* y *S. macrophylla*). En los ensayos completos, fueron estudiadas cuatro especies en Talamanca (*Cordia alliodora*, *Acacia mangium*, *Tectona grandis* y *Eucalyptus deglupta*) y tres en Changuinola (*A. mangium*, *Terminalia ivorensis* y *T. grandis*) (Cuadro 1). Las especies fueron seleccionadas obedeciendo los siguientes criterios: valor comercial para producción de madera de calidad, uso en programas de reforestación en la región, conocimiento de la silvicultura/ecología de las especies y disponibilidad de semillas. Además, la selección tanto de especies nativas como exóticas fue deliberada para comparar su comportamiento en estos sitios.

Los sitios de estudio en Talamanca se ubicaron en un rango de altitud desde cerca del nivel del mar hasta 175 m, mientras que los sitios en Changuinola se localizaron entre los 5 y 10 msnm. La precipitación media anual entre 1987-1993 fue de 2435 mm en Talamanca y 2519 mm en Changuinola. Talamanca y Changuinola se clasifican dentro de la zona de vida de bosque tropical húmedo (Holdridge 1978). La mayoría de los sitios en ambos países son planos; solo uno registró una pendiente entre el 3 y 30%.



Cuadro 1. Descripción de los sitios y de los ensayos de evaluación de especies maderables plantadas en líneas en fincas de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

Sitio	Comunidad	Especies	# árboles	Origen material genético	Características del sitio*	Fecha de plantación
1- San Rafael (9°7' 1" 50 N, 82°90' 68.9 O)	San Rafael de Bordon, Cahuita, Talamanca	<i>Cordia alliodora</i>	73	San Carlos, Costa Rica	Cresta de montaña.	29-09-1988
		<i>Acacia mangium</i>	68	Iron Range, Australia	Pendiente: 3-30%	
		<i>Tectona grandis</i>	67	Quepos, Costa Rica	Altitud: 175 m	
2- Olivia (9°36' 55.7 N, 82°48' 31 O)	Olivia, Sixaola, Talamanca	<i>Cordia alliodora</i>	67	Guácimo, Costa Rica	Terraza media río Sixaola	19-12-1987
		<i>Terminalia ivorensis</i>	60	Turrialba Costa Rica		
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	65	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Bombacopsis quinata*</i>	27	Choluteca, Honduras	Altitud: 30-35 m	27-09-1989
<i>Tabebuia rosea*</i>	27	Santa Ana, San José, Costa Rica				
3- Catarina (9°34' 22.5 N, 82°44' 1 O)	Catarina, Sixaola, Talamanca	<i>Cordia alliodora</i>	65	Guácimo, Costa Rica	Terraza media río	12-12-1987
		<i>Terminalia ivorensis</i>	62	Turrialba, Costa Rica	Sixaola	
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	89	Turrialba, Costa Rica	Altitud: 10-15 m	
4- Paraíso (9°33' 41.7 N, 82°43' 13 O)	Paraíso, Sixaola, Talamanca	<i>Cordia alliodora</i>	65	Guácimo, Costa Rica	Terraza media río	09-12-1987
		<i>Terminalia ivorensis</i>	66	Turrialba, Costa Rica	Sixaola	
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	80	Turrialba, Costa Rica	Pendiente: 3 a 6 %	24-08-1989
		<i>Vochysia ferruginea*</i>	88	Moravia, Siquirres, Costa Rica	Altitud: 10-15 m	
		<i>Vochysia hondurensis*</i>	22	Río Corinto, Guápiles, Costa Rica		
		<i>Swietenia macrophylla*</i>	62	Gatún, Colón, Panamá		
5- San Miguel, (9°32' 55 N, 82°38' 41 O)	San Miguel, Sixaola, Talamanca	<i>Cordia alliodora</i>	62	Guácimo, Costa Rica	Llanura aluvial	10-12-1987
		<i>Terminalia ivorensis</i>	65	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Eucalyptus deglupta</i>	64	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Pterocarpus macrocarpus*</i>	41	Thailandia	Pendiente: 1%	21-06-1988
		<i>Bombacopsis quinata*</i>	42	Choluteca, Honduras	Altitud: 10 m	06-10-1988
		<i>Tabebuia rosea*</i>	41	Santa Ana, San José, Costa Rica		
6- Puerto Viejo (9°37' 22 N, 82°40' 50 O)	Puerto Viejo, Cahuita, Talamanca	<i>Acacia mangium</i>	70	Iron Range, Australia	Llanura aluvial	26-09-1988
		<i>Cordia alliodora</i>	69	San Carlos, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	80	Quepos, Costa Rica	Pendiente: 1%	26-09-1988
		<i>Bombacopsis quinata*</i>	22	Choluteca, Honduras	Altitud: 3 m	
		<i>Tabebuia rosea*</i>	21	Santa Ana, San José, Costa Rica		

Sitio	Comunidad	Especies	# árboles	Origen material genético	Características del sitio*	Fecha de plantación
7- Carbón (9°40'29 N, 82°48'17 O)	Carbón, Cahuita, Talamanca	<i>Acacia mangium</i>	34	Iron Range, Australia	Llanura aluvial Pendiente: 2% Altitud: 10 m	30-09-1988
		<i>Cordia alliodora</i>	65	San Carlos, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	69	Quepos, Costa Rica		
		<i>Bombacopsis quinata*</i>	20	Choluteca, Honduras		
		<i>Tabebuia rosea*</i>	41	Santa Ana, San José, Costa Rica		
8- Bordón (9°44'2 N, 82°50'22 O)	Bordón, Cahuita, Talamanca	<i>Acacia mangium</i>	76	Iron Range, Australia	Llanura aluvial Pendiente: 2% Altitud: 10 m	28-09-1988
		<i>Cordia alliodora</i>	70	San Carlos, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	76	Quepos, Costa Rica		
		<i>Carapa guianensis*</i>	43	Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica		22-03-1989
		<i>Vochysia ferruginea*</i>	19	Moravia, Siquirres, Costa Rica		
		<i>Vochysia hondurensis*</i>	18	Río Corinto, Guápiles, Costa Rica		
<i>Swietenia macrophylla*</i>	20	Colón, Panamá	14-08-1989			
9- Guabito # 1 (9°29'6 N, 82°37'48 O)	Guabito, Changuinola	<i>Acacia mangium</i>	72	Iron Range, Australia	Llanura aluvial Pendiente: 1% Altitud: 10 m	04-03-1989
		<i>Terminalia ivorensis</i>	72	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	72	Quepos, Costa Rica		
		<i>Carapa guianensis*</i>	17	San Antonio, Belén, Costa Rica		15-10-1988
		<i>Tabebuia rosea*</i>	25	Guabito, Panamá		
		<i>Swietenia macrophylla*</i>	17	Colón, Panamá		
			30-11-1988			
10- Guabito # 2 (9°28'58 N, 82°36'40 O)	Guabito, Changuinola	<i>Acacia mangium</i>	76	Iron Range, Australia	Llanura aluvial Pendiente: 2% Altitud: 5-10 m	15-02-1989
		<i>Terminalia ivorensis</i>	72	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	73	Quepos, Costa Rica		
		<i>Carapa guianensis*</i>	34	San Antonio, Belén, Costa Rica		15-10-1988
		<i>Tabebuia rosea*</i>	30	Guabito, Panamá		
			30-11-1988			
11- El Silencio (9°22'13.7 N, 82°31'23 O)	El Silencio, Changuinola	<i>Acacia mangium</i>	77	Iron Range, Australia	Terraza a orilla del río Sixaola Pendiente: 2% Altitud: 5-10 m	14-06-1989
		<i>Terminalia ivorensis</i>	72	Turrialba, Costa Rica		
		<i>Tectona grandis</i>	71	Quepos, Costa Rica		

*Especies maderables evaluadas en los pre-ensayos de plantaciones lineales. En algunos sitios, los pre-ensayos incluyeron más de una repetición (parcela) por sitio (sitios 4, 5 y 7).

4.2 Descripción de los ensayos y variables evaluadas

4.2.1. Pre-ensayos de árboles maderables en plantaciones lineales

El número máximo de especies a evaluar por sitio fue de dos, con la excepción del Sitio 8- Bordón, donde se evaluaron cuatro especies. Las combinaciones de especies variaron según el sitio, pero en la mitad de los sitios la combinación *B. quinata* y *T. rosea* fue la predominante. Los árboles maderables fueron establecidos a espaciamiento de 2,5 m en la línea, en segmentos monoespecíficos, en líneas rectas o quebradas, de orientación variable según la topografía del terreno (Figura 1). En cada sitio se plantó una parcela por especie, con excepción de los sitios 4, 5 y 7 donde se plantaron varias parcelas por sitio. En cada parcela se plantaron, en promedio, 22 árboles ($\pm 4,2$), con 18 árboles útiles (± 6 árboles) y el resto de borde entre parcelas o en los extremos de la línea de plantación.

4.2.2. Ensayos completos

En cada sitio, el ensayo incluyó tres especies, cada una repetida tres veces, en un diseño bloques completos al azar (un total de nueve parcelas por sitio). Cada parcela incluyó 23 árboles ($\pm 3,1$), con 18 árboles útiles (± 6 árboles). Los árboles se espaciaron 2,5 m en la línea de plantación. Cada ensayo midió aproximadamente 517 m. Las líneas de árboles fueron establecidas en una sola línea recta o quebrada según la topografía del terreno (Figura 2). El uso de líneas continuas para el establecimiento de los individuos en cada bloque causó que cada uno se extendiera más de 150 m por sitio, resultando en una heterogeneidad en los suelos mayor a la normalmente aceptada en los diseños de bloques completos al azar usados en plantaciones en bloques (Kapp *et al.* 1997).

4.2.3. Periodo de medición y variables medidas

Para ambos tipos de ensayos, los árboles se midieron por un periodo de 10 años (entre 1988 y 1998-1999) y la frecuencia de medición varió según la edad. La primera medición se realizó un mes después de plantado (para determinar la mortalidad durante el establecimiento y así programar las resiembras correspondientes) y, posteriormente cada seis meses durante los primeros dos años de edad y luego una vez por año. En cada medición se registraron las siguientes variables: i) sobrevivencia y salud (aquí solo se reportan las sobrevivencias registradas al mes de plantación –una medida de la sobrevivencia al momento del establecimiento- y a los cuatro años –medida de la mortalidad acumulada antes de los principales raleos-); ii) altura total (punto más alto de la copa) (ht, dm); iii) altura hasta la primera rama (hc, dm); iv) diámetro del tronco a la altura del pecho (dap, mm); v) diámetro de la copa (dc, dm); vi) forma del fuste; vii) ramificación; y viii) bifurcación. La altura total fue determinada con una cinta métrica en plantas de <1 m de altura, con vara telescópica (hasta los 12 m) o hipsómetro (> 12 m). El dap fue medido con un caliper o forcípula hasta los tres o cuatro años de edad y luego con cinta diamétrica. En este informe se presentan los datos correspondientes a crecimiento (altura y diámetro), sobrevivencia (a los seis meses de edad para determinar las necesidades de resiembra) y mortalidad (a los 48 meses de edad) por sitio y especie.

La información se resume en porcentaje para el caso de sobrevivencia inicial y mortalidad natural por especie, sitio y tipo de ensayo. La tendencia de datos de crecimiento en dap y altura son presentados en cuadros resúmenes (IMA y área basal/km) por sitio, especie y tipo de ensayo. Gráficos de *boxplot* muestran el patrón de distribución de diámetros a los ocho años por sitio y especie. Pruebas de ANOVA

para muestras repetidas usando la función aov en R fueron computadas para analizar diferencias en crecimiento en dap por sitio y especie para los ensayos completos. ANOVA simples fueron estimados para los pre-ensayos. En este informe no se presenta evidencia de cuales condiciones de sitios específicas pudieran influir en el comportamiento en crecimiento en dap y altura de las especies estudiadas.

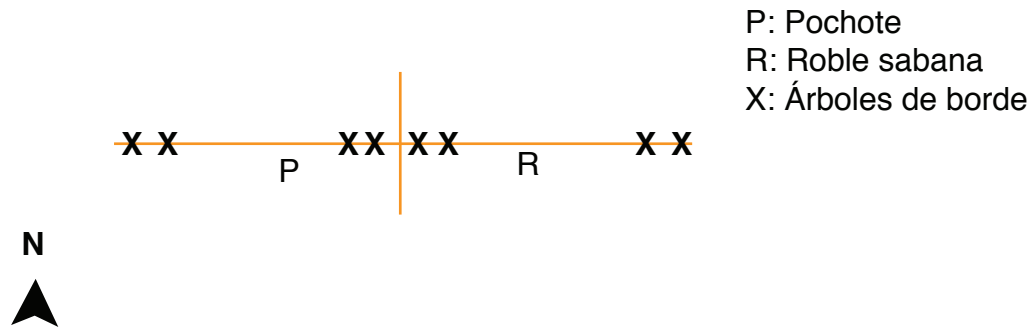


Figura 1. Ejemplo de diseño de parcelas de árboles maderables (P, R) establecidos en pre-ensayos de plantaciones lineales en fincas de productores en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

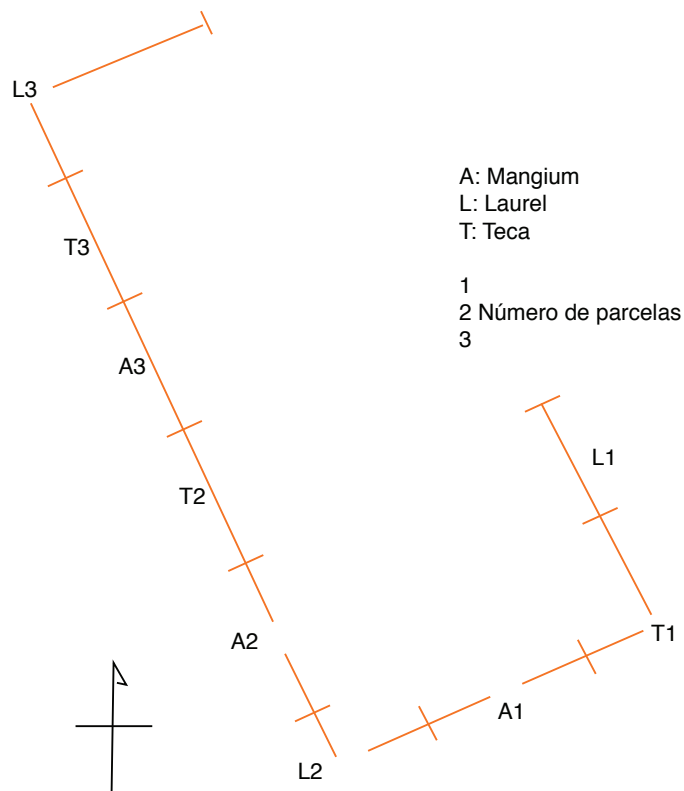


Figura 2. Ejemplo de diseño de parcelas (1-3) y árboles (A, L, T) establecidos en plantaciones lineales en fincas de productores en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

4.3 Establecimiento y manejo de los árboles maderables establecidos en los pre-ensayos y ensayos de plantaciones lineales

Las actividades de establecimiento de los pre-ensayos y ensayos fueron: control de malezas (chapeas), corta de árboles de sombra, cercado del lindero en caso de necesidad (generalmente para evitar daño provocado por ganado) y aplicación de herbicidas. El manejo agronómico general de los ensayos consistió en: resiembra, control de malezas, podas y raleos. No se aplicó ningún tipo de fertilizante en ninguno de los sitios de estudio. El tipo de actividad y frecuencia varió entre sitios, dependiendo de las características y crecimiento de los árboles y de plantas competidoras (Cuadro 2). Todos los árboles fueron podados una o dos veces por año durante los primeros tres años hasta aproximadamente 50% de la altura total. Se realizaron entre uno o dos raleos entre el año 2,5 y 6. La intensidad de raleo varió entre 10 y 50% según las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los árboles (menor intensidad de raleo en parcelas con alta mortalidad natural). En el Anexo 1 se presenta el detalle de las actividades específicas de establecimiento y manejo por sitio.

Cuadro 2. Actividades de manejo de los ensayos de plantaciones lineales maderables en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. La X denota las actividades realizadas por sitios.

Actividades	Sitios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Análisis de suelos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cercado	X	X	X			X		X	X	X	X
Corta de charral/árboles remanentes			X	X	X		X	X			
Desyerbas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rodajas				X	X	X	X	X			
Aplicación de herbicidas	X	X	X		X			X			X
Aplicación de formicidas para control de Atta sp.			X	X							X X
Resiembra			X	X							X X
Podas sanitarias/formación		X	X	X	X		X	X	X	X	
Raleos	X	X	X	X		X	X		X	X	

4.4 Descripción de suelos de los sitios experimentales

A continuación se presenta un breve resumen de las principales características de los suelos de cada sitio. La descripción completa del perfil del suelo en cada sitio se presenta en el Anexo 2 y los análisis químicos en el Anexo 3 (Nieuwhuyse 1994, SEPSA 1991).

Sitio 1- San Rafael. Los suelos se clasifican como *Aeric Tropaquept*. El drenaje natural es pobre o lento y sin signos de erosión ni pedregosidad. La textura es arcillo limosa en los primeros horizontes, tornándose arcillosa a mayor profundidad. Los suelos son fuertemente ácidos con un pH promedio de 4,6 en agua. La profundidad efectiva se encuentra entre los 30 a 60 cm. Son suelos con fertilidad media. La acidez y posible compactación fueron los factores limitantes del suelo en este sitio.

Sitio 2- Olivia. En general estos suelos se clasifican como *Fluvaquentic Eutropept*. Son suelos jóvenes (inceptisoles), aluviales, continuamente húmedos y calientes. El drenaje natural es bueno, con una profundidad efectiva de 120 cm o más. No presentan problemas por pedregosidad, salinidad, ni existen signos de erosión. La textura dominante en los primeros 30 cm de profundidad es franco limoso. Son suelos ligeramente ácidos con un pH (primeros 30 cm) de 6,2. En general son suelos de moderada y alta fertilidad y de aptitud agrícola.

Sitio 3- Catarina. Los suelos se clasifican como *Fluventic Eutropept*. Son suelos recientes (inceptisoles) de origen aluvial (sedimentos del río), constantemente húmedos y calientes. El drenaje natural es bueno y la profundidad efectiva de alrededor de 1 m. La textura es franco limosa, no hay pedregosidad ni signos de erosión. El pH es ligeramente ácido (6,2 en los primeros 30 cm). Capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre 26,6 y 33,9 meq/100 g suelo en los primeros 80 cm. Son suelos fértiles y de aptitud agrícola. La mayor limitante del sitio fue el riesgo de inundaciones.

Sitio 4- Paraíso. Los suelos se clasifican como *Fluvaquentic Eutropept* de textura franco-limosa hasta los 28 cm de profundidad y franco-arcillo-limosa de los 29 cm hasta los 170 cm de profundidad. De estructura en bloques subangulares y angulares muy finos, con profundidad efectiva mayor a 90 cm, de alta fertilidad, con un pH en agua promedio de 6,8. El nivel freático a 75 cm y un drenaje natural moderado y la profundidad efectiva es mayor a 120 cm. Los valores de CIC en los primeros 80 cm entre 25,6 y 33,5 meq/100 g suelo.

Sitio 5- San Miguel. Los suelos se clasifican como *Aeric Tropaquept* formados a partir de sedimentos finos del río Sixaola. Son suelos homogéneos con pequeñas variaciones en drenaje. El nivel freático se encuentra a 20 cm de profundidad y el drenaje natural es pobre. De textura franco limoso (0-10 cm), franco-arcillo-limosa entre los 10-70 cm, arcillo limoso (70-100 cm) y franco (100-120 cm). El pH es de 5,1 promedio en agua y de 4,2 promedio en KCL.

Sitio 6- Puerto Viejo. Los suelos son poco homogéneos y se pueden separar en dos grupos: 1) entisoles, los suelos más cercanos a la costa y 2) inceptisoles, los más alejados de la costa. La repetición 1 y parte de la repetición 2 se ubican en los suelos del grupo 1 y parte de la repetición 2 y 3 en el grupo 2. El grupo de suelos 1 se caracteriza por ser poco profundos (profundidad efectiva de 40 cm). Pertenecen al orden de los entisoles (suelos de muy reciente formación) y se clasifican como *Lithic Tropopsamment*. No presentan signos de erosión ni pedregosidad. Su textura es franco-arenosa y su pH promedio en agua es de 7,0 y en KCL de 6,5 (suelos neutros o muy ligeramente ácidos). El drenaje natural en estos suelos es algo excesivo y su fertilidad es alta. Los suelos del grupo 2 se clasifican como *Fluventic Eutropept*. Son suelos de llanura aluvial, de textura franco- arenosa y bastante profundos (profundidad efectiva 120 cm). No presentan signos de erosión ni pedregosidad. Su pH promedio en agua es de 6,6 y en KCL de 6,0. Son suelos ligeramente ácidos. Su drenaje natural es bueno y su fertilidad es alta. La CIC de estos suelos (hasta los 120 cm) varió entre 14,5 y 17,7 meq/100 g suelo. El sitio no tuvo problemas de drenaje con la excepción de pequeños sectores donde debido a la forma del terreno (depresión) hay problemas de anegamiento.

Sitio 7- Carbón. Los suelos de este sitio son poco homogéneos, presentan variaciones en drenaje y textura. En general se clasifican como *Fluvaquentic Eutropept*. Son suelos relativamente jóvenes (inceptisoles), aluviales, de relieve plano, continuamente húmedos y calientes. Presentan un drenaje natural de moderado a lento, sin signos de erosión o pedregosidad y el nivel freático en los lugares mejor drenados es de aproximadamente 170 cm. La textura del suelo en los primeros 30 cm es franca. Entre los 30 y 90 cm de profundidad, la textura es franco-arenosa y a mayores profundidades es más arcillosa. La profundidad efectiva del suelo es de unos 120 cm. Son de mediana a fuertemente ácidos,

con un pH promedio en agua de 5,8 y en KCL de 5,0. En general la fertilidad del suelo es alta. Los valores de CIC en los primeros 90 cm entre 37,4 y 43,4. Las limitantes del sitio fueron el mal drenaje y la textura pobre en algunos sitios.

Sitio 8- Bordón. Los suelos se clasifican como *Aeric Tropaquept*. Son suelos continuamente calientes y húmedos. El drenaje natural es pobre o lento y no presentan signos de erosión ni pedregosidad. La textura es arcillo-limosa en los primeros horizontes (en los primeros 22 cm), tornándose arcillosa a mayor profundidad. Son fuertemente ácidos, presentan un pH promedio de 4,7 en agua y de 4,3 en KCL. La profundidad efectiva se encuentra entre los 30 a 60 cm. En general estos suelos son de una fertilidad media. Los factores limitantes del suelo fueron alta acidez, poca profundidad efectiva y posible compactación.

Sitio 9- Guabito # 1. Los suelos se clasifican como *Aquic Eutropept*. Son suelos jóvenes, aluviales, permanentemente húmedos y calientes y con alta saturación de bases, originados a partir de sedimentos del río Changuinola. El drenaje natural en general es imperfecto y presenta una profundidad efectiva entre 60 y 90 cm. Las repeticiones dos y tres presentaron peor drenaje que la uno. La textura en los primeros 20 cm es de franco-limosa a franco-arcillo-limosa. A mayor profundidad (hasta unos 90 cm) se torna más arcillosa y luego arenosa. Estos suelos no presentan toxicidades (Cu), pedregosidad, ni salinidad. Son suelos ligeramente ácidos (pH en agua de 6,5) y su fertilidad es alta. Valores de CIC entre 35,1 y 45,1 meq/100 g suelo. Son suelos de aptitud agrícola con ciertas restricciones por mal drenaje, profundidad efectiva pobre y un leve riesgo de inundación.

Sitio 10- Guabito # 2. Los suelos de este sitio se clasifican como *Aeric Tropaquept*. Son suelos jóvenes y constantemente húmedos. La profundidad efectiva es de 60-90 cm. La textura en los primeros 20 cm es franco-arcillo-limosa; a 50 cm se torna franco-limoso y a más de 175 cm hay arcilla. Los suelos son ligeramente ácidos (pH promedio en agua de 6,2). No presentan pedregosidad, erosión, salinidad, ni toxicidades (Cu) y su fertilidad es alta. Son suelos de aptitud agrícola. Las limitantes fueron el drenaje y la compactación por el pisoteo del ganado. Aunque los suelos son bastante homogéneos, hubo variaciones en el drenaje lo que afectó ciertas repeticiones del ensayo.

Sitio 11- El Silencio. Los suelos son de origen aluvial y recientes (*Fluvaquentic Eutropept*); bastante homogéneos, aunque existen pequeñas variaciones de textura (por ejemplo, en la repetición tres es mucho más arenosa que en las otras dos, por colindar con un cauce de río). Estos suelos no presentan toxicidad (Cu), ni salinidad y su profundidad efectiva es de 80 cm. El drenaje natural es moderado; hay compactación del horizonte A por efecto del pisoteo del ganado. Son suelos ligeramente ácidos (pH en agua de 6,8) y la fertilidad es alta y su principal limitante es el riesgo de inundaciones; parte de los árboles de la repetición tres desapareció debido a las crecidas del río Changuinola.

5

Resultados

5.1 Sobrevivencia inicial a los seis meses de edad y resiembras

5.1.1 Pre-ensayos

La sobrevivencia inicial de las especies durante el establecimiento fue excelente, siendo en la mayoría de los sitios mayor al 95%. En el **Sitio 2- Olivia** no hubo necesidad de resiembra pues el porcentaje de sobrevivencia estuvo arriba del 90%. En el **Sitio 4- Paraíso**, la sobrevivencia osciló entre el 70% y 95%. *V. ferruginea* fue la especie con el mayor porcentaje de mortalidad, lo cual requirió resembrar el 28% de su población original. En el caso de *V. hondurensis* y *S. macrophylla* se resembró el 9%. El **Sitio 5- San Miguel**, también presentó altos porcentajes de sobrevivencia (95%-100%). En este sitio *P. macrocarpus* no sufrió mortalidad, mientras que *T. rosea* y *B. quinata* requirieron solo un 5% de resiembra de su población original. En los sitios **6 (Puerto Viejo)** y **7 (Carbón)**, *T. rosea* y *B. quinata* presentaron altas tasas de sobrevivencia por lo que no se realizaron resiembras. En el **Sitio 8- Bordón**, *C. guianensis* necesitó 17% de resiembra; no se reportaron eventos de resiembra en este sitio para *S. macrophylla*, *V. ferruginea* o *V. hondurensis*. En los dos sitios de Panamá (**Guabito 1 y Guabito 2**), las especies presentaron una baja tasa de mortalidad (*C. guianensis*, *S. macrophylla*, *T. rosea*). En estos sitios la resiembra estuvo entre el 10-12% (Figura 3).



Foto: Aroldo Dubón-FHIA, Honduras.

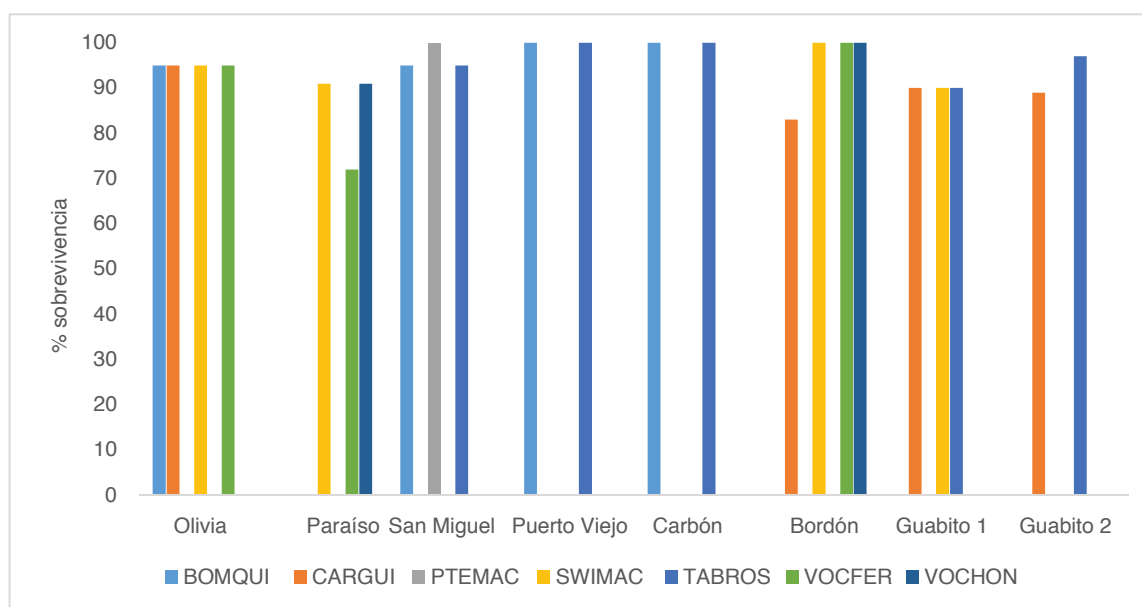


Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia inicial (seis meses de edad) de siete especies maderables establecidas en los pre-ensayos lineales en seis sitios de Talamanca, Costa Rica y dos sitios de Changuinola, Panamá. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, CARGUI: *Carapa guianensis*, PTEMAC: *Pterocarpus macrocarpus*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, TABROS: *Tabebuia rosea*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

5.1.2 Ensayos completos

La sobrevivencia de los maderables en los ensayos completos difirió según especies, sitios y bloques. Fue influenciada por una serie de factores, entre ellos, el estrés de la planta por manipulación y trasladado, ataque de defoliadores, malezas y condiciones de micrositio. Por ejemplo, ciertos bloques y especies en los sitios 4 y 5 requirieron resembrar hasta el 70% de la población original. Mientras que en otros sitios (ej. Sitio 11- El Silencio), las necesidades de resiembra fueron mínimas. A continuación, se presentan los datos de mortalidad y resiembras por sitio.

En el **Sitio 1- San Rafael**, la sobrevivencia estuvo entre el 70% y 100%. *C. alliodora* fue la especie que requirió mayor resiembra (30%), seguida de *A. mangium* (12%). *T. grandis* no sufrió mortalidad. En el **Sitio 2- Olivia**, la sobrevivencia fue alta para todas las especies. Solamente se requirió resembrar el 25% de la población original de *E. deglupta* y el 17% en el caso de *T. ivorensis*. En este sitio, *C. alliodora* presentó la tasa más alta de sobrevivencia (98%). El **Sitio 3- Catarina** sufrió episodios de inundación lo cual afectó la sobrevivencia de los maderables. En este lindero se realizaron resiembras en tres ocasiones. *T. ivorensis* registró la mayor mortalidad (30%), seguido de *E. deglupta* (15%) y menor en *C. alliodora* (11%).

El **Sitio 4- Paraíso** sufrió inundaciones, lo cual influyó en la mortalidad de las especies plantadas. Se requirió resembrar 33% de los individuos de *E. deglupta* en la repetición 1 y 2, respectivamente y hasta el 78% en la repetición 3. *T. ivorensis* requirió un 33% de resiembra y *C. alliodora* solo el 6%. El **Sitio 5- San Miguel**, también sufrió episodios de inundación, afectando la sobrevivencia de las

especies. *C. alliodora* requirió resembrar 72% de la población en la repetición uno y 26% en las otras dos repeticiones. *Terminalia ivorensis* requirió resembrar 11% de los árboles originales. En cambio, *E. deglupta* presentó una sobrevivencia del 98%. La alta tasa de mortalidad en el caso del *C. alliodora* se debió al alto nivel freático (especialmente en la repetición uno, donde nunca se logró establecer la especie), competencia con gramíneas y ataque del chinche (*Dictyla monotropidia*). La mortalidad registrada en *T. ivorensis* se debió al ataque de hormigas cortadoras (*Atta spp.*).

En el **Sitio 6- Puerto Viejo**, la sobrevivencia fue superior al 90%. *T. grandis* requirió 7,4% de resiembra, seguido de *C. alliodora* con un 4% y por último *A. mangium* (2%). En el Sitio 7- Carbón se resembró el 17% de la población original de cada especie. En el **Sitio 8- Bordón** se resembró 30% de *C. alliodora* y 16% de *A. mangium*. No hubo necesidad de resembrar *T. grandis*. En el **Sitio 9- Guabito # 1**, la especie que demandó mayor resiembra fue *T. ivorensis* (18%) seguido de *A. mangium* con un 7%. En cambio, *T. grandis* tuvo un prendimiento excelente y no hubo necesidad de resembrar. La mortalidad registrada en *T. ivorensis* y *A. mangium* fue el resultado del ataque de hormigas cortadoras, pisoteo del ganado y corta de plántulas durante las desyerbas.

Finalmente, en el **Sitio 10- Guabito # 2**, fue necesario resembrar 23% de los individuos de *A. mangium*, hasta un 18% en el caso de *T. ivorensis* y un 15% en *T. grandis*. Las principales causas de mortalidad en este sitio fueron la alta competencia por gramíneas y el pisoteo y daños mecánicos por el ganado. En el caso de *T. grandis*, la mortalidad se debió a malas técnicas de plantado (estacas al revés o a una profundidad inadecuada). En el **Sitio 11- El Silencio**, las tres especies presentaron una excelente adaptación inicial, solo hubo necesidad de resembrar el 3% o menos del total de individuos de cada especie (Figura 4).

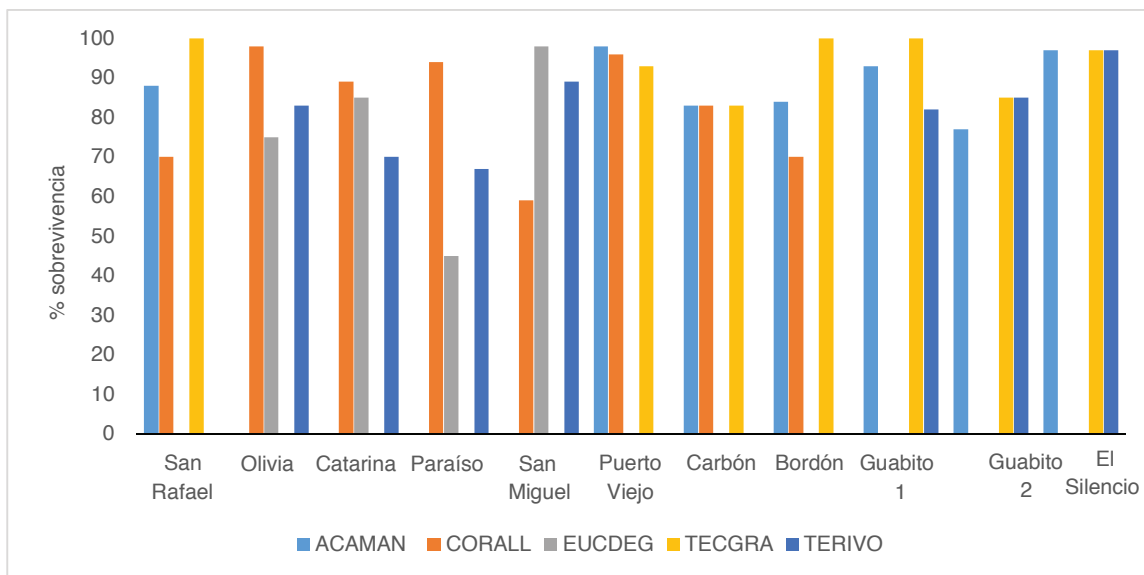


Figura 4. Porcentaje de sobrevivencia inicial (seis meses de edad) de cinco especies maderables establecidas en los ensayos lineales en ocho sitios de Talamanca, Costa Rica y tres sitios de Changuinola, Panamá. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TECGRA: *Tectona grandis*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

5.2 Mortalidad a los 48 meses de edad y primeros raleos

5.2.1 Pre-ensayos

Sitio 2- Olivia. *T. rosea* y *B. quinata* presentaron porcentajes de sobrevivencia del 90%-100%, buen vigor y forma del fuste. Se reportaron ataque de hormigas cortadoras (*Atta* spp.) en *B. quinata*, pero no afectó negativamente la sobrevivencia de la especie. La intensidad de raleos en *T. rosea* fue del 45% y del 44% para *B. quinata* (Cuadro 3).

Sitio 4- Paraíso. En este sitio la mortalidad acumulada fue del 100% para *V. ferruginea* y *S. macrophylla* en dos repeticiones y del 10% para *V. hondurensis*. No se conocen las causas exactas de las altas tasas de mortalidad de *V. ferruginea*, pero al parecer, episodios de inundaciones y ataque de insectos influyeron negativamente en la vitalidad y sobrevivencia. En el caso de *Swietenia macrophylla* eventos de inundación resultaron en la pérdida total de los árboles en dos de los segmentos establecidos. El segmento de *S. macrophylla* que sufrió solo una mortalidad de 10% se vio afectado por ataque del barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*), lo que influyó en el pobre desarrollo en altura y mala forma de los individuos. *V. hondurensis* fue la especie con mejor adaptación en este sitio con árboles en buen estado, vigorosos, de buena forma y altas tasas de sobrevivencia. En este sitio solo *V. hondurensis* fue raleada con una intensidad del 32%.

Sitio 5- San Miguel. La mortalidad de *B. quinata* en este sitio fue del 26%, mientras que para *P. macrocarpus* y *T. rosea* la mortalidad fue baja (0-5%). En algunos árboles de *P. macrocarpus* se observó que la base del fuste presentó pudrición de la corteza; sin embargo, está pudrición no afectó la madera, posiblemente porque esta especie posee compuestos (*antifeedant*) que afectan adversamente a insectos. La intensidad de raleo aplicada a *T. rosea* fue del 38% y se favoreció árboles con forma “cañón central”. En *B. quinata* la intensidad de raleo fue del 32% y 4% para *P. macrocarpus*. En general los árboles de las tres especies presentaron buena forma, vigorosidad y sobrevivencia.

Sitio 6- Puerto Viejo. La mortalidad acumulada para *B. quinata* fue de 64% y de un 25% para *T. rosea*. Aunque se registró un alto porcentaje de mortalidad en *B. quinata*, el crecimiento fue sobresaliente. Los individuos de *T. rosea* también mostraron excelente desarrollo, sobrevivencia y forma aceptable. Se aplicó un raleo tanto a *B. quinata* (13%) como a *T. rosea* (27%).

Sitio 7. Carbón. En este sitio la mortalidad natural registrada en *B. quinata* fue alta (60%), pero al igual que en los sitios donde presentó comportamiento similar, los árboles remanentes presentaron excelente crecimiento y buena forma. En este sitio no se raleó *B. quinata*, pero sí *T. rosea* con una intensidad de raleo del 44%.

Sitio 8- Bordón. Se registró una elevada tasa de mortalidad acumulada para la mayoría de las especies plantadas. *S. macrophylla* fue eliminada del estudio debido a la mala forma de los árboles y la alta tasa de mortalidad (55%). La segunda especie con alta mortalidad fue *C. guianensis* (50%) y su desempeño fue bastante pobre. *V. ferruginea* también tuvo alta mortandad (47%), pero los árboles remanentes presentaron buen tamaño y forma. En el caso de *V. hondurensis*, esta fue la especie con mejor desempeño en este sitio en términos de sobrevivencia, forma y crecimiento, aunque algunos árboles presentaron pudriciones en la madera cuando fueron volteados. Se aplicó raleo solo a *V. hondurensis* (50%) y *V. ferruginea* (5% de la población original).

Sitio 9- Guabito # 1. *C. guianensis* y *S. macrophylla* presentaron altas tasas de mortalidad acumulada (48% y 34%, respectivamente). Se decidió eliminar de las mediciones los segmentos de *C. guianensis* y *S. macrophylla* debido a la baja tasa de sobrevivencia, pobre crecimiento y mala forma registrada. En el caso de *T. rosea* la sobrevivencia fue excelente. Se realizó raleo únicamente a *T. rosea*, con una intensidad del 45%.

Sitio 10- Guabito # 2. En este sitio, *C. guianensis* presentó excelentes porcentajes de sobrevivencia en comparación al comportamiento registrado en los sitios 9 y 8. El mismo patrón se observó en *T. rosea*. En este sitio no se raleó *C. guianensis*, solo *T. rosea* a una intensidad del 36%.

5.2.2 Ensayos completos

Sitio 1- San Rafael. La mortalidad acumulada varió entre el 3 y 72% de acuerdo a la especie. Así, *C. alliodora* fue la especie con menor sobrevivencia (28%); dada la alta mortalidad registrada, no se realizaron raleos (Cuadro 3). En el caso de *A. mangium* y *E. deglupta*, la intensidad de raleo a los cinco años fue baja (entre el 3 y 7%, respectivamente).

Sitio 2- Olivia. La mortalidad acumulada de *C. alliodora*, *E. deglupta* y *T. ivorensis* varió entre 27% al 46%. *T. ivorensis* registró la mayor tasa de mortalidad; el patrón de mortalidad de esta especie continuó en los siguientes años. A los seis años la mayoría de los árboles de *T. ivorensis* murieron por problemas fitosanitarios (*Rosellinia* sp.). La repetición uno de *E. deglupta* fue eliminada de las mediciones dada la alta mortalidad registrada; las principales razones fueron inundaciones y condiciones del micrositio. La intensidad de los raleos en este sitio (5 años) fue de 19% para *C. alliodora* y 30% para *E. deglupta*.

Sitio 3- Catarina. *C. alliodora* presentó una mortalidad acumulada del 22% debido a problemas de competencia con gramíneas, inundaciones, ataque de plagas y la quema de algunos individuos. En consecuencia, la parcela dos de esta especie se excluyó de todos los cálculos. A los cinco años se había raleado el 44% de *E. deglupta*, 36% de *T. ivorensis*, 17% de *C. alliodora*.

Sitio 4- Paraíso. *C. alliodora* y *T. ivorensis* registraron similar mortalidad acumulada. La mortalidad de *E. deglupta* fue bastante baja. Las principales causas de mortalidad fueron ataque por hormigas cortadoras, competencia por gramíneas e inundaciones. A los cinco años de edad, *T. ivorensis* se vio severamente afectada por muerte regresiva. Los raleos de *C. alliodora* y *T. ivorensis* fueron relativamente bajos: 28 y 32%, respectivamente. Las parcelas de *E. deglupta* se ralearon hasta en un 44%.

Sitio 5. San Miguel. La mayor mortalidad acumulada se registró en *C. alliodora* (34%), seguido de *T. ivorensis* (17%) y *E. deglupta* (4%). Las causas de mortalidad de *C. alliodora* fueron problemas de drenaje y competencia por malezas. En el caso del *T. ivorensis*, al igual que en los otros sitios, la especie sufrió muerte regresiva cuando los individuos alcanzaron los seis años. La intensidad de raleo para las tres especies varió entre 40-50% (Cuadro 3).

Sitio 6- Puerto Viejo. En este sitio *C. alliodora* fue la especie con menor sobrevivencia (54,8%) y *T. grandis* la de mayor sobrevivencia (97%). *A. mangium* registró una mortalidad del 25%. A los cuatro años de edad se efectuaron raleos de baja densidad a todas las especies. El raleo en *A. mangium* fue del 14,3%, en *T. grandis* el raleo fue del 8,8% y para *C. alliodora* del 2,3%.

Sitio 7- Carbón. En este sitio la mortalidad acumulada de *C. alliodora* fue alta (80%), seguida por *A. mangium* (35%) y fue menor en *T. grandis* (19%). Debido a la alta mortalidad del *C. alliodora* y mediana mortalidad de *A. mangium*, no fue necesario efectuar raleos. El raleo en *T. grandis* fue selectivo y no superó el 18% de la población original (Cuadro 3).

Sitio 8. Bordón. En este sitio *C. alliodora* registró una alta mortalidad (63%), seguida por *A. mangium* (35%) y en menor grado por *T. grandis* (13%). No se efectuó raleo a los cinco años de edad en este sitio. Se eliminó cerca del 10% de la población original cortando únicamente árboles con problemas fitosanitarios serios o crecimiento muy deficiente. La alta mortalidad en *C. alliodora* no permitió efectuar raleos.

Sitio 9- Guabito #1. En este sitio la mortalidad acumulada de los maderables fue baja. A pesar de que el sitio presentó mal drenaje, no afectó la sobrevivencia de *A. mangium* ni *T. ivorensis* cuya mortalidad no superó el 10%. *T. ivorensis* no fue afectada por muerte regresiva, a diferencia de otros sitios, donde los efectos han sido devastadores causando alta mortalidad (Lucas y Camacho 1994). *A. mangium* se raleó a un 45% de la población existente, *T. grandis* al 46% y *T. ivorensis* al 49%.

Sitio 10- Guabito # 2. En este sitio *A. mangium* registró la mayor mortalidad acumulada (33%); en cambio, las de *T. grandis* y *T. ivorensis* no superaron el 10%. Las principales causas de mortalidad fueron el pisoteo y daños mecánicos causados por el ganado, mal drenaje y la corta accidental de plántulas durante las chapeas. Se raleó el 24% de la población original de *A. mangium*; en *T. grandis* el 31% y en *T. ivorensis* el 39%.

Sitio 11- El Silencio. *A. mangium* registró la mortalidad acumulada más alta (34%), mientras que en *T. grandis* y *T. ivorensis* fue del 15 y 10%, respectivamente. Sin embargo, los árboles remanentes de *T. ivorensis* presentaron serios ataques por muerte regresiva ocasionando una alta mortalidad a partir de los cinco años de su establecimiento. La repetición 3 de *T. ivorensis* fue eliminada de las mediciones. La mortalidad en *A. mangium* se debió a afectaciones por termitas (*Coptotermes* sp.), hongos de raíz (*Rosellinia* sp.) y canchales del fuste (*Nectria* sp.). Tales problemas motivaron el cese de las mediciones de *A. mangium* a partir del cuarto año. Solo se efectuó raleo a *T. grandis* (34%) y *T. ivorensis* (48%).

Cuadro 3. Mortalidad acumulada (%) a los 48 meses de edad e intensidad de raleos (%) aplicados a los cinco años por especie y sitios en dos tipos de ensayos en plantaciones lineales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

Variables/especies	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9	Sitio 10	Sitio 11
ACAMAN											
Mortalidad	14					25	35	63	7	33	34**
Raleo	7					14,3	0	10	45	24	0
CORALL											
Mortalidad	72	27	22	23	34	55	80	35			
Raleo	0	19	17	28	38	2.3	0	0			
EUCDEG											
Mortalidad		41	2	9	4						
Raleo		30	44	44	50						
TECGRA											
Mortalidad	3					8.8	19	13	10	10	8
Raleo	3					8.8	18	10	46	31	34
TERIVO											
Mortalidad		46*	13	24	17				3	10	8
Raleo		0	36	32	32				49	39	48
BOMQUI											
Mortalidad		0			26	64	60				
Raleo		44			32	13	0				
CARGUI											
Mortalidad								50	0††	15	
Raleo								0	0	0	
TABROS											
Mortalidad		0			0	25	5-10		0	2	
Raleo		45			38	27	44		45	50	
SWIMAC											
Mortalidad				100-10†				50#	0††		
Raleo				0				0	0		
VOCFER											
Mortalidad				100‡				53			
Raleo				0				5			
VOCHON											
Mortalidad				14				0			
Raleo				32				50			
PTEMAC											
Mortalidad					5						
Raleo					42						

* Bloque de *T. ivorensis* eliminado de mediciones a los seis años por las altas tasas de mortalidad. **Bloque de *A. mangium* eliminado de mediciones al cuarto año debido a inundaciones, ataque de plagas y enfermedades. Celdas en anaranjadas pertenecen a datos obtenidos en los pre-ensayos. Celdas vacías significan que la especie no ocurre en ese sitio. #*Swietenia macrophylla* eliminado de los análisis por altas tasas de mortalidad y mala forma. †Repeticiones 2 y 3 de *S. macrophylla* eliminado de análisis por altas tasas de mortalidad a los 2 y 4,5 años, respectivamente. ‡*V. ferruginea* eliminado del análisis por las altas tasas de mortalidad. †† Segmentos de *C. guianensis* y *S. macrophylla* eliminados de mediciones a los seis años. ACAMAN: *Acacia mangium*, BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, CARGUI: *Carapa guianensis*, CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, PTEMAC: *Pterocarpus macrocarpus*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, TABROS: *Tabebuia rosea*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*, TECGRA: *Tectona grandis*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

5.2.3 Crecimiento de las especies

5.2.3.1 Pre-ensayos

En los pre-ensayos, *B. quinata* (Figura 7), fue la especie con mejor crecimiento en dap. El incremento medio anual (IMA) en altura estuvo entre 1,4 y 1,6 m año⁻¹ (Cuadro 4) y en dap varió entre 2,8 y 3,4 cm año⁻¹ (Cuadro 4). En el sitio 6- Puerto Viejo, *B. quinata* tuvo los mejores crecimientos en altura y diámetro. En este sitio, *T. rosea*, de igual forma, obtuvo resultados sobresalientes en IMA-dap, pero no en IMA-altura. *Tabebuia rosea*, obtuvo el mejor crecimiento en dap y altura en el sitio 2- Olivia (Figura 8). En los dos sitios de Panamá *T. rosea* obtuvo crecimiento satisfactorio (IMA-dap: 3-3,1 cm año⁻¹, IMA-altura: 1,7-1,9 m año⁻¹).

C. guianensis, *S. macrophylla* y *V. ferruginea* fueron las especies con menor crecimiento y vitalidad (Figura 9, Figura 10 y Figura 11, respectivamente). Por ejemplo, *C. guianensis* y *S. macrophylla* en el sitio 9- Guabito # 1, fueron eliminadas de las mediciones al quinto año del establecimiento por el pobre desempeño observado. En el caso de *V. ferruginea*, en uno de los sitios de establecimiento (Paraíso, Talamanca, Figura 11), las mediciones cesaron al tercer año de evaluación por las altas tasa de mortalidad. *Vochysia hondurensis* en los únicos dos sitios establecidos (Figura 12), presentó crecimientos sobresalientes. El IMA en altura estuvo entre 2 y 2,8 m año⁻¹ y el IMA en diámetro varió entre 3,5 y 5,7 cm año⁻¹ (Cuadro 4). El desempeño de *V. hondurensis* fue superior a todas las especies evaluadas. *Pterocarpus macrocarpus* fue establecida únicamente en el sitio 5- San Miguel (Figura 13), y las tasas de crecimiento estuvieron en el rango de las otras especies evaluadas. El análisis ANOVA a los ocho años indicó que el sitio de establecimiento ($P = 0,000611$), especies ($P = 6,36 \times 10^{-6}$) y su interacción sitio x especie ($3,48 \times 10^{-5}$) influyen en los datos de crecimiento en dap (Figura 5).

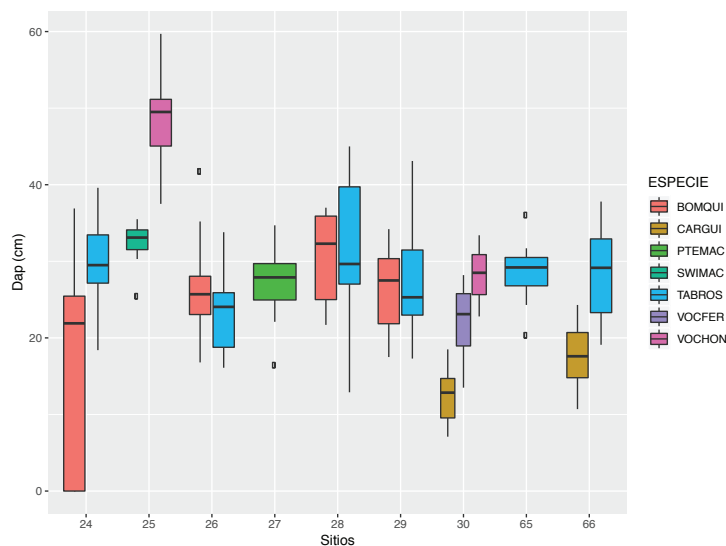


Figura 5. Crecimiento en dap (cm) para siete especies maderables a los ocho años de edad establecidas en pre-ensayos de nueve sitios de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Especies y sitios sin valores fueron removidos del análisis. La línea en el medio de la caja representa la mediana, y las líneas de los extremos inferior y superior de la caja son el 25% y el 75% cuartil, respectivamente. Números en el eje horizontal corresponden a los sitios. 24: Olivia, 25: Paraíso, 26: San Miguel, 27: San Miguel, 28: Puerto Viejo, 29: Carbón, 30: Bordón, 65: Guabito # 1, 66: Guabito # 2. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, CARGUI: *Carapa guianensis*, PTEMAC: *Pterocarpus macrocarpus*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, TABROS: *Tabebuia rosea*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

5.2.3.2 Ensayos completos

Eucalyptus deglupta fue una de las especies que registró mejores tasas de crecimiento en los cuatros sitios donde fue establecido (Figura 14). El incremento medio anual (IMA) en altura estuvo entre 3,0 y 3,6 m año⁻¹ (Cuadro 4) y el IMA en diámetro varió entre 3,1 y 3,9 cm año⁻¹ (Cuadro 4). En el sitio 3- Catarina, *E. deglupta* tuvo las mejores tasas de crecimiento. En cambio, en este sitio las tasas de crecimiento de *C. alliodora* fueron bajas, en el rango de 1,6 m año⁻¹ y 2,2 m año⁻¹ para altura y entre 1,9 cm año⁻¹ y 3,6 cm año⁻¹ para dap (Figura 15). *C. alliodora* obtuvo mejores resultados en crecimiento en el sitio 4-Paraíso. *A. mangium* alcanzó valores similares en IMA en altura en todos los sitios (Cuadro 4, Figura 16). El patrón de crecimiento en dap mostró diferencias entre zonas y sitios. Los mejores crecimientos se registraron en las plantaciones lineales en Changuinola, Panamá (rango 3 cm año⁻¹ – 3,5 cm año⁻¹), aproximadamente dos veces los valores registrados en los sitios de Talamanca, Costa Rica. El crecimiento de *T. grandis* fue similar en plantaciones lineales establecidos en ambas zonas (Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá) (Cuadro 4, Figura 17). El IMA-altura varió entre 1,9 m año⁻¹ y 2,2 m año⁻¹ en sitios de Costa Rica y ente 2,2 m año⁻¹ y 2,4 m año⁻¹ en los sitios de Panamá. El IMA-dap varió entre 3,0 cm año⁻¹ y 3,7 cm año⁻¹ en sitios de Costa Rica y entre 3,5 cm año⁻¹ y 3,7 cm año⁻¹ en sitios de Costa Rica.

Los datos de crecimiento para *T. ivorensis* no fueron consistentes entre sitios ni entre repeticiones (Figura 18). Por ejemplo, en el sitio 2- Olivia, durante los primeros cinco años se registró continuamente datos de crecimiento de la especie. Sin embargo, a partir del año seis los árboles fueron afectados por muerte regresiva causando la desaparición de la mayoría de los individuos. En los sitios 3, 4 y 5, la afectación por muerte regresiva a *T. ivorensis* no fue tan severa como en el sitio 2, donde después de los cinco años de edad solo una de las repeticiones por sitio (3, 4 y 5) fue reportada como perdida. En tanto, en los sitios de Changuinola, Panamá, solo en El Silencio, en una de las repeticiones, se reportó la afectación por muerte regresiva. En aquellos individuos no afectados por muerte regresiva, las tasas de crecimiento en IMA-altura estuvo entre 2,7 m año⁻¹ y 3 m año⁻¹ en Costa Rica y Panamá, respectivamente. Así mismo, el IMA-dap varió entre 3,1 cm año⁻¹ y 4,0 cm año⁻¹ (Cuadro 4). En el Anexo 4 se presentan los gráficos de comportamiento en dap y altura de las doce especies por sitio.

Los valores de área basal estimados para *E. deglupta* fueron los más altos en comparación con las otras especies establecidas en los mismos sitios. *C. alliodora* y *A. mangium* registraron los menores valores en área basal, sugiriendo la poca adaptación de estas especies a plantaciones lineales. Resultados de ANOVA a los ocho años de edad (datos correspondientes a seis sitios) revelaron que el sitio de establecimiento ($P = 0,000237$, F value= 3,970) y su interacción (Sitio X Especies, $P = 0,001601$, F valor = 2,77) tuvieron efecto sobre el crecimiento en dap (Figura 6).

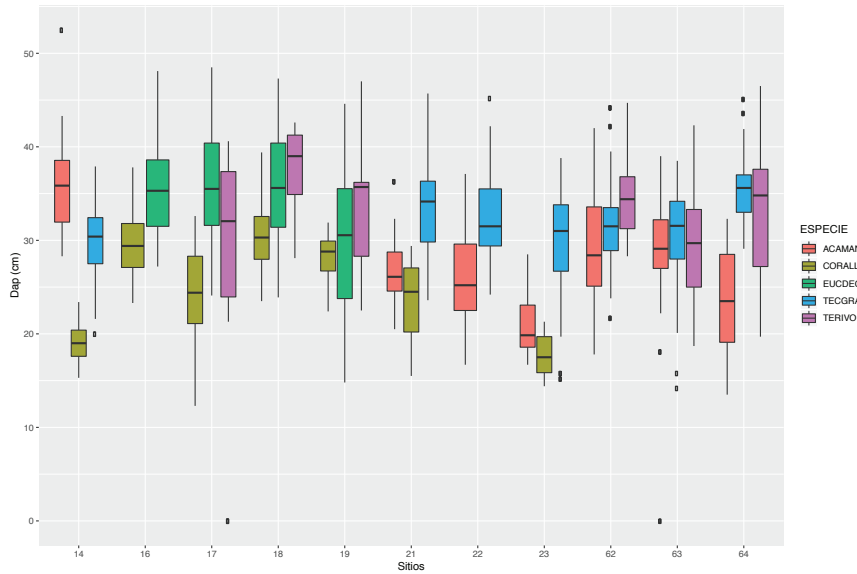


Figura 6. Crecimiento en dap (cm) para cinco especies maderables a los ocho años de edad de ensayos completos establecidos en seis sitios de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Sitios sin valores fueron removidos del análisis. La línea en el medio de la caja representa la mediana, y las líneas de los extremos inferior y superior de la caja son el 25% y el 75% cuartil, respectivamente. Números en el eje horizontal corresponden a los sitios. 14= San Rafael, 16= Olivia, 17: Catarina, 18: Paraíso, 19: San Miguel, 21: Puerto Viejo, 22: Carbón. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TECGRA: *Tectona grandis*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.



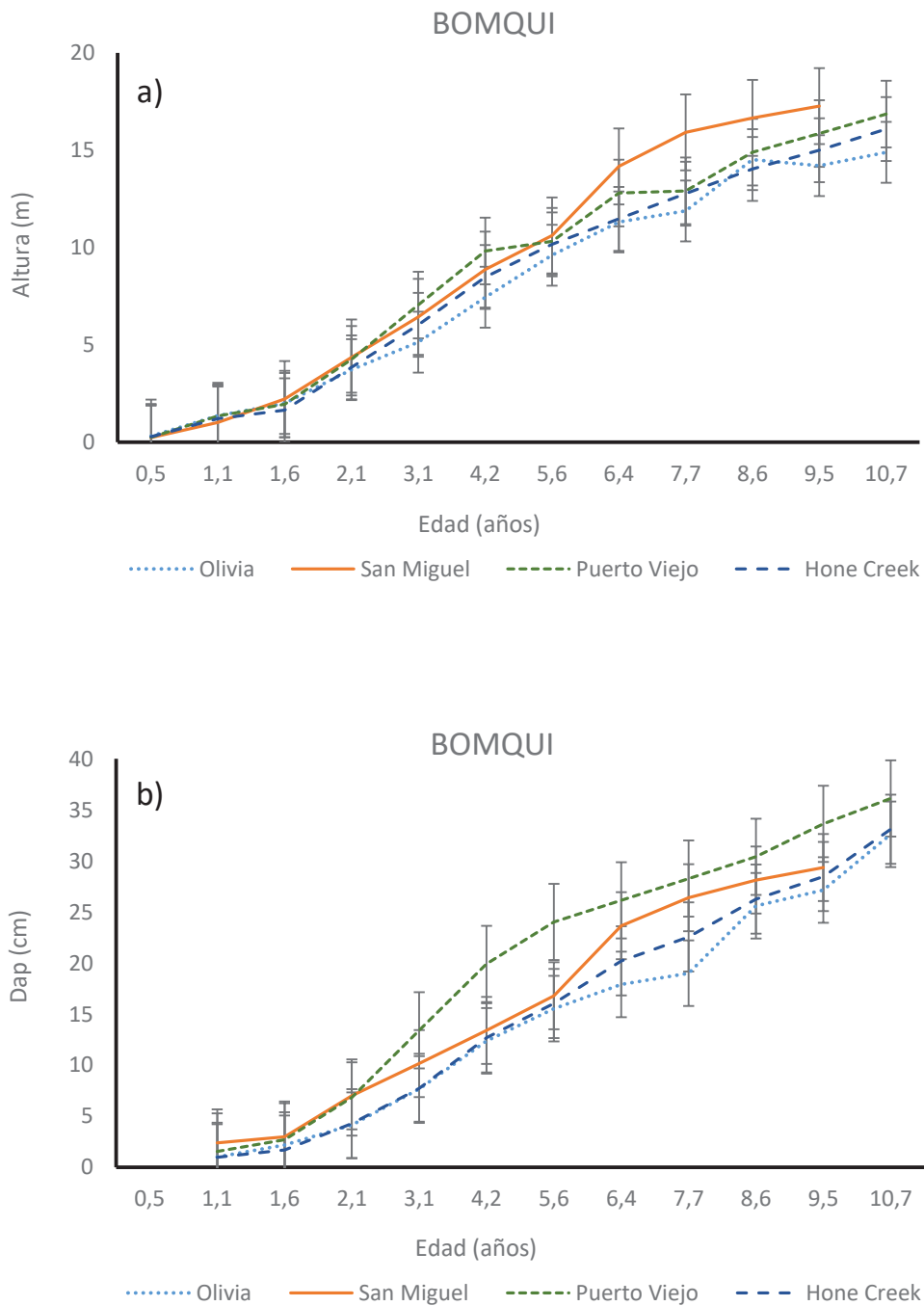


Figura 7. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Bombacopsis quinata* (BOMQUI) establecida en los pre-ensayos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, San Miguel, Puerto Viejo y Carbón).

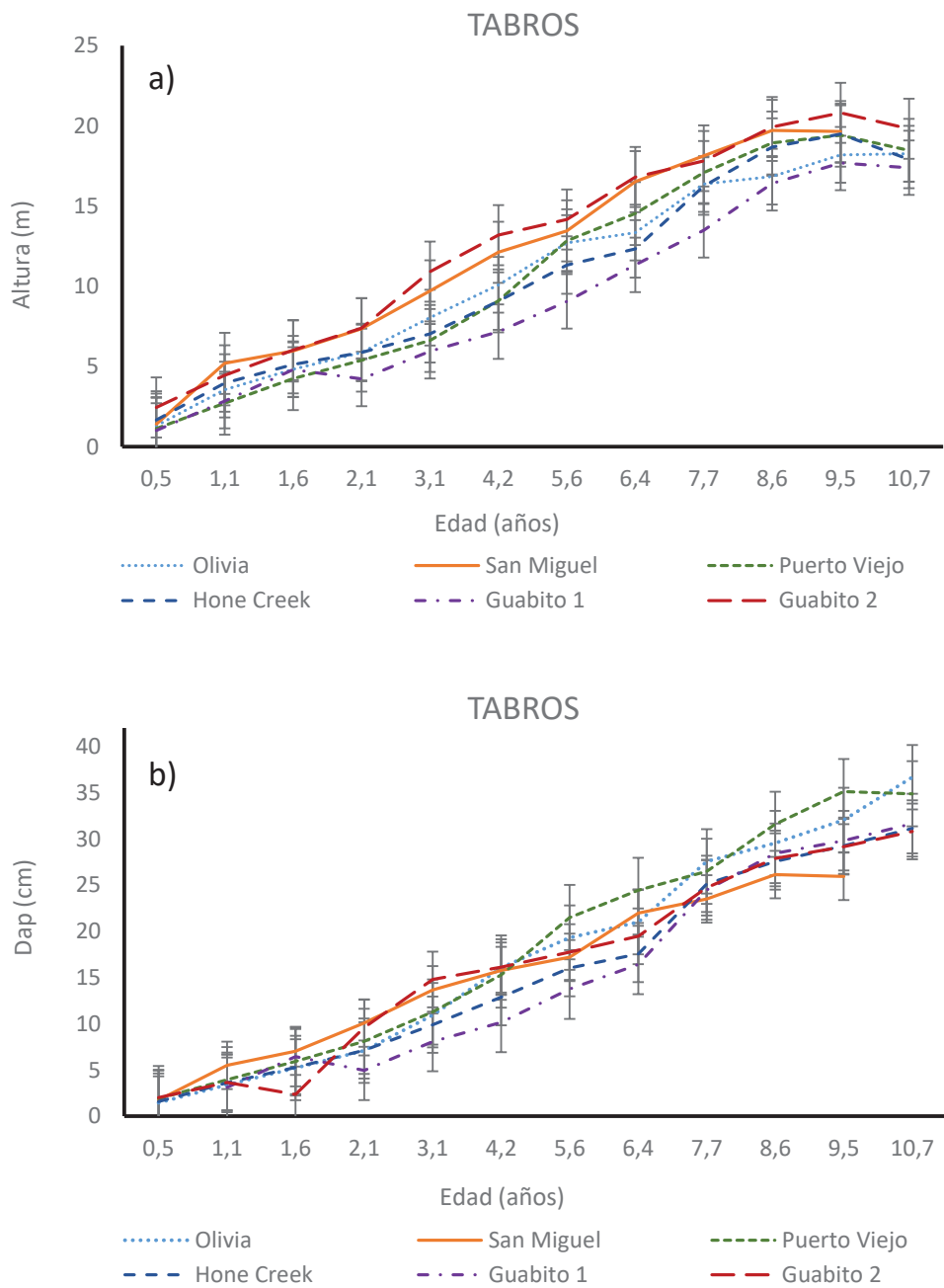


Figura 8. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Tabebuia rosea* (TABROS) establecida en los pre-ensayos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, San, Miguel, Puerto Viejo y Carbón) y dos sitios en Changuinola, Panamá (Guabito I y Guabito 2).

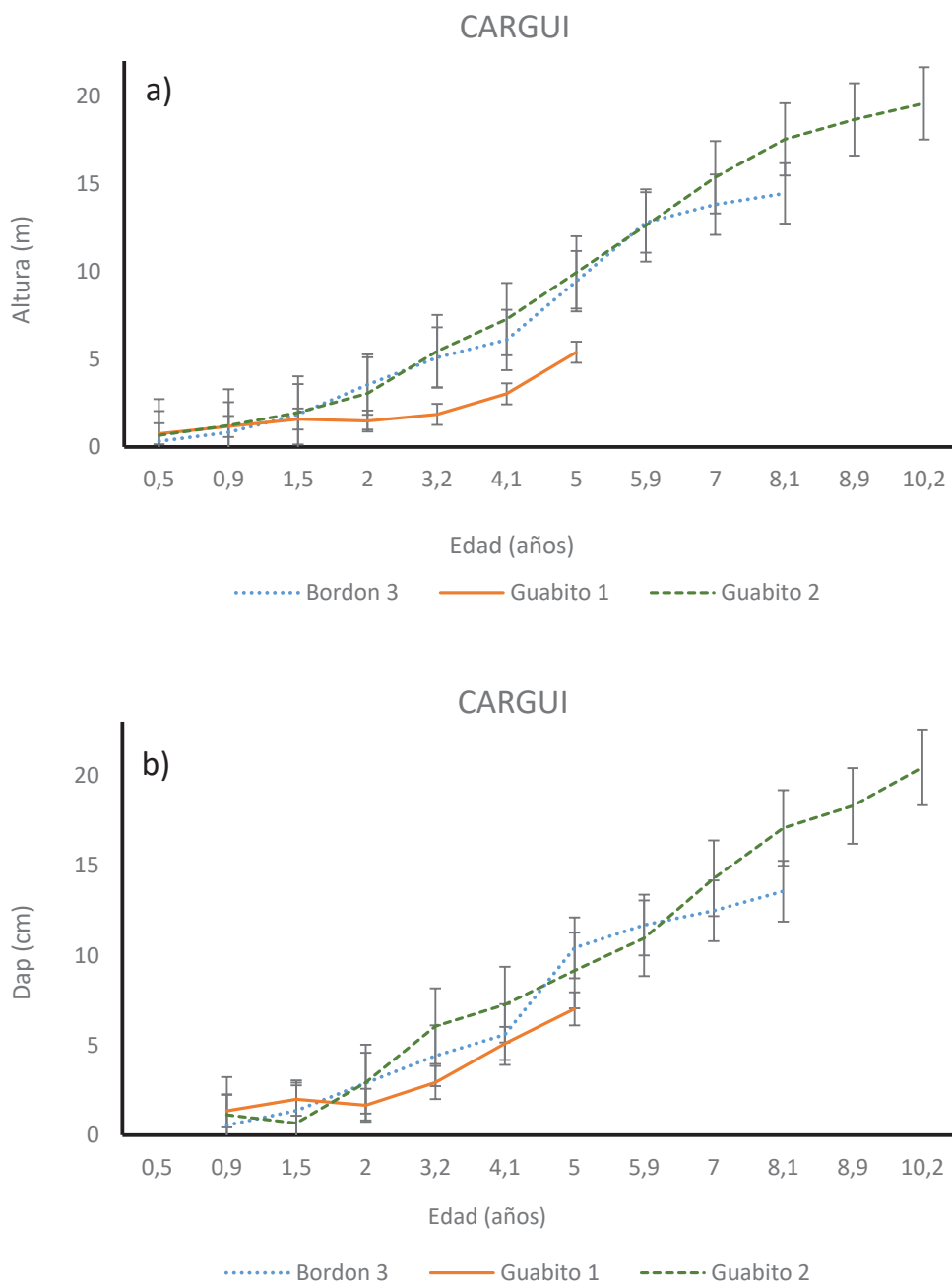


Figura 9. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Carapa guianensis* (CARGUI) establecida en los pre-ensayos en un sitio de Talamanca, Costa Rica (Bordón) y dos sitios en Changuinola, Panamá (Guabito I, Guabito 2).

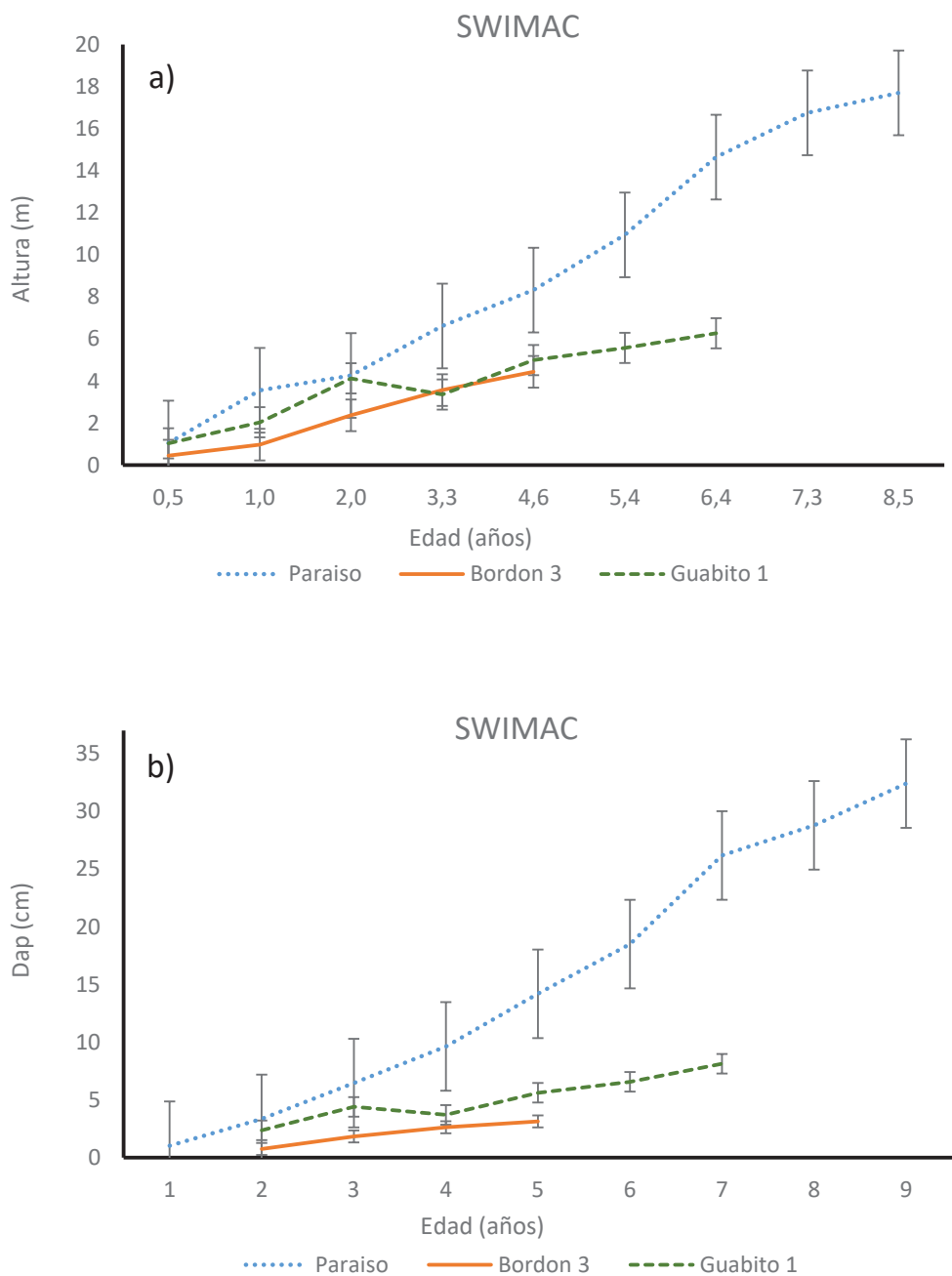


Figura 10. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Swietenia macrophylla* (SWIMAC) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraiso, Bordon 3) y un sitio en Changuinola, Panamá (Guabito 1).

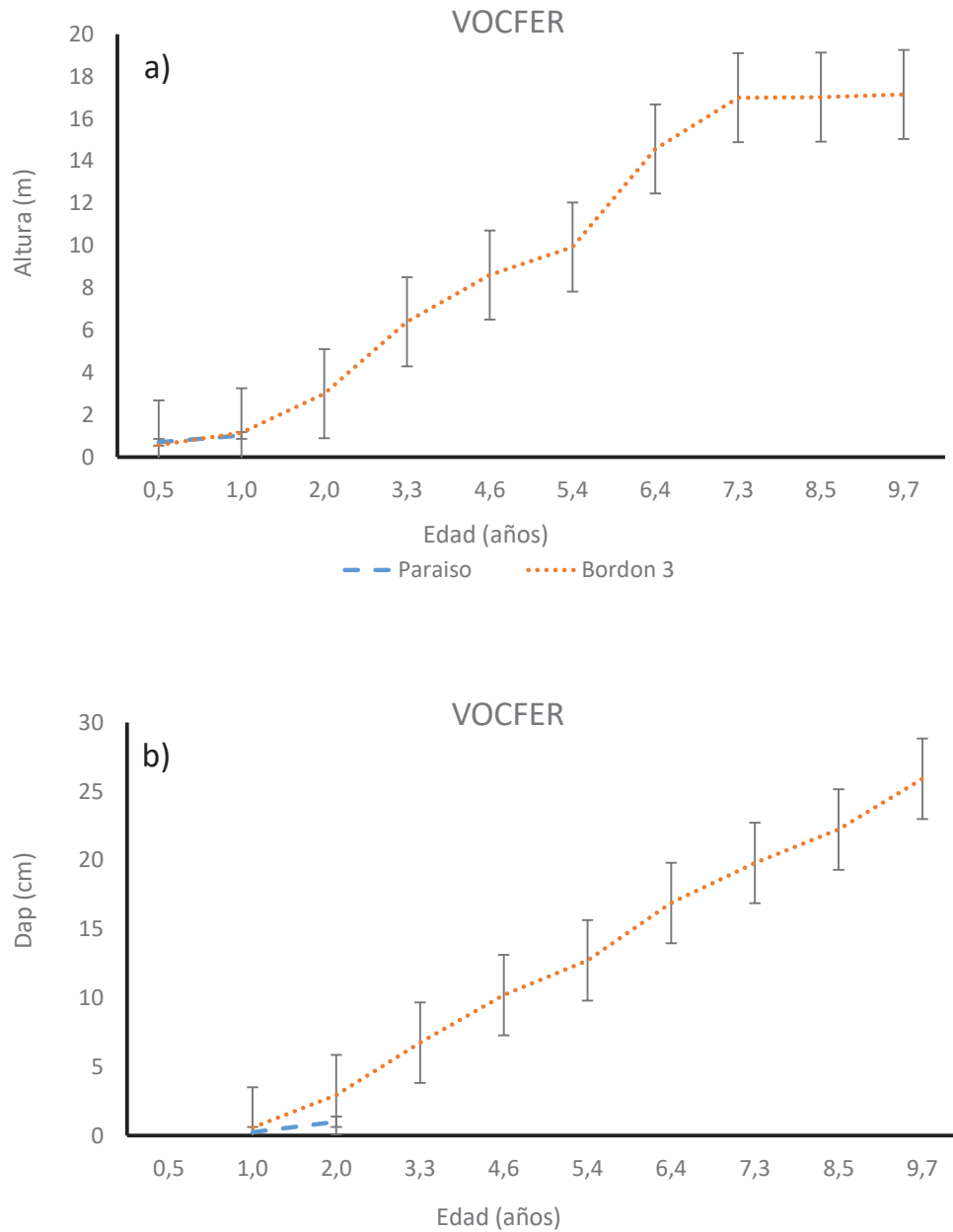


Figura 11. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Vochysia ferruginea* (VOCFER) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraíso, Bordon).

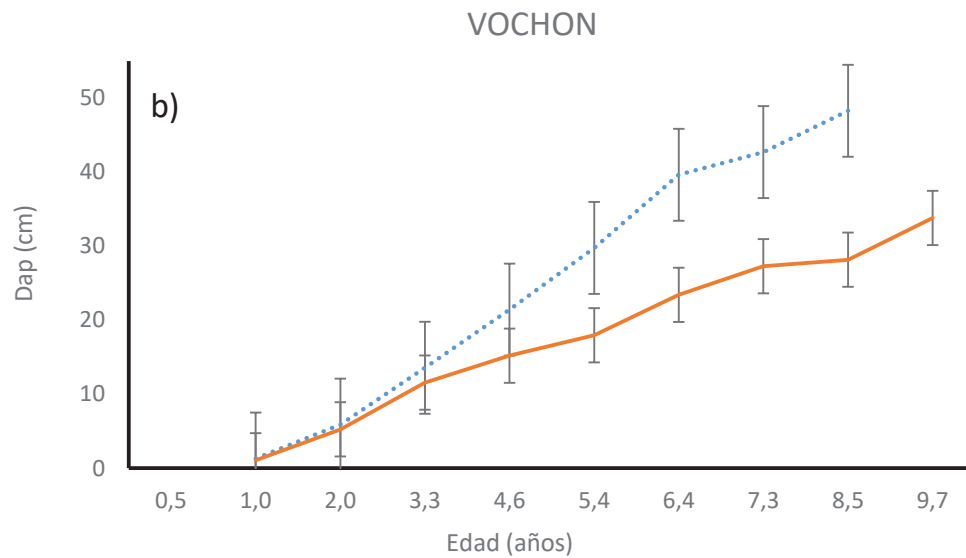
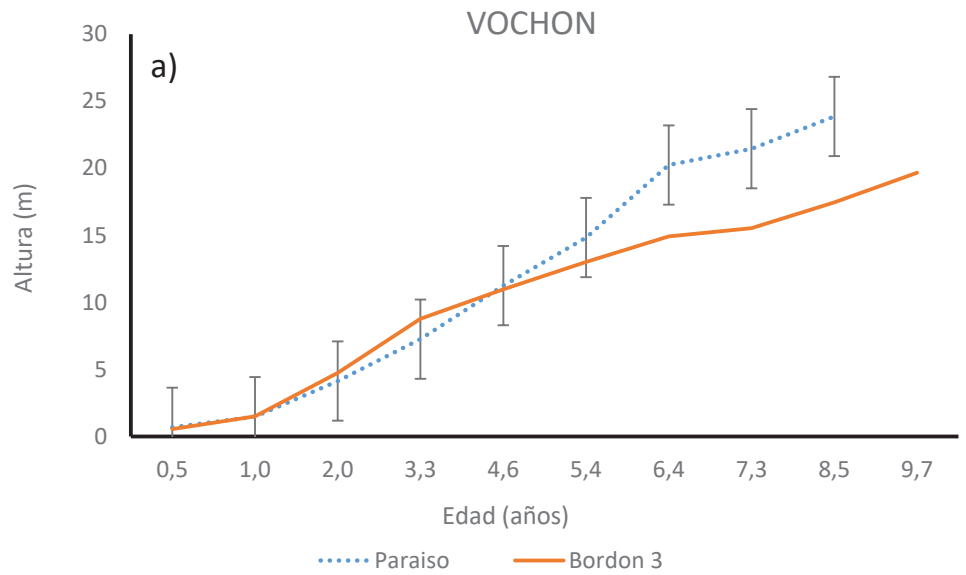


Figura 12. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Vochysia hondurensis* (VOCHON) establecida en los pre-ensayos en dos sitios de Talamanca, Costa Rica (Paraíso, Bordón).

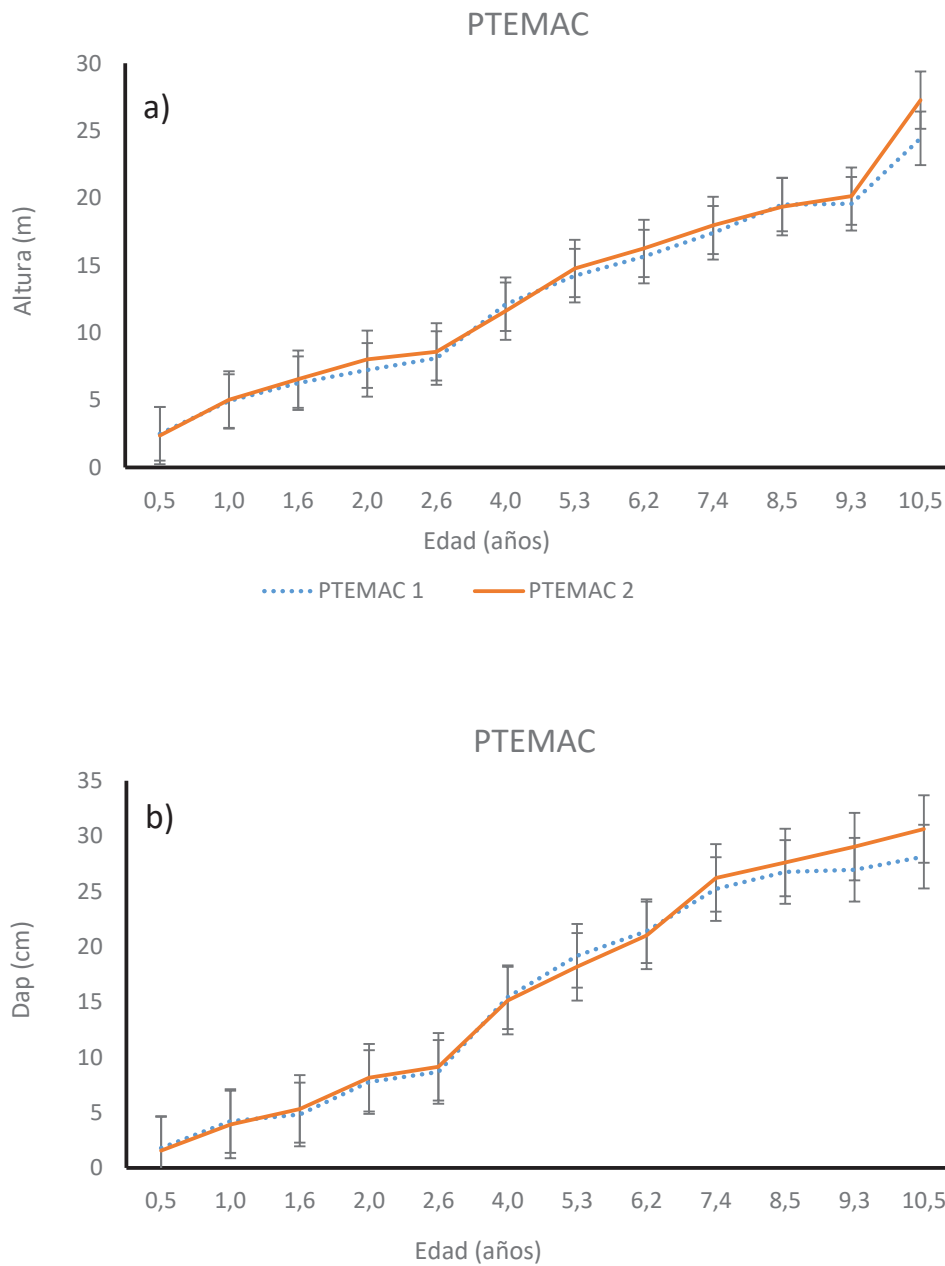


Figura 13. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Pterocarpus macrocarpus* (PTEMAC) establecida en los pre-ensayos en un sitio de Talamanca, Costa Rica (San Miguel).

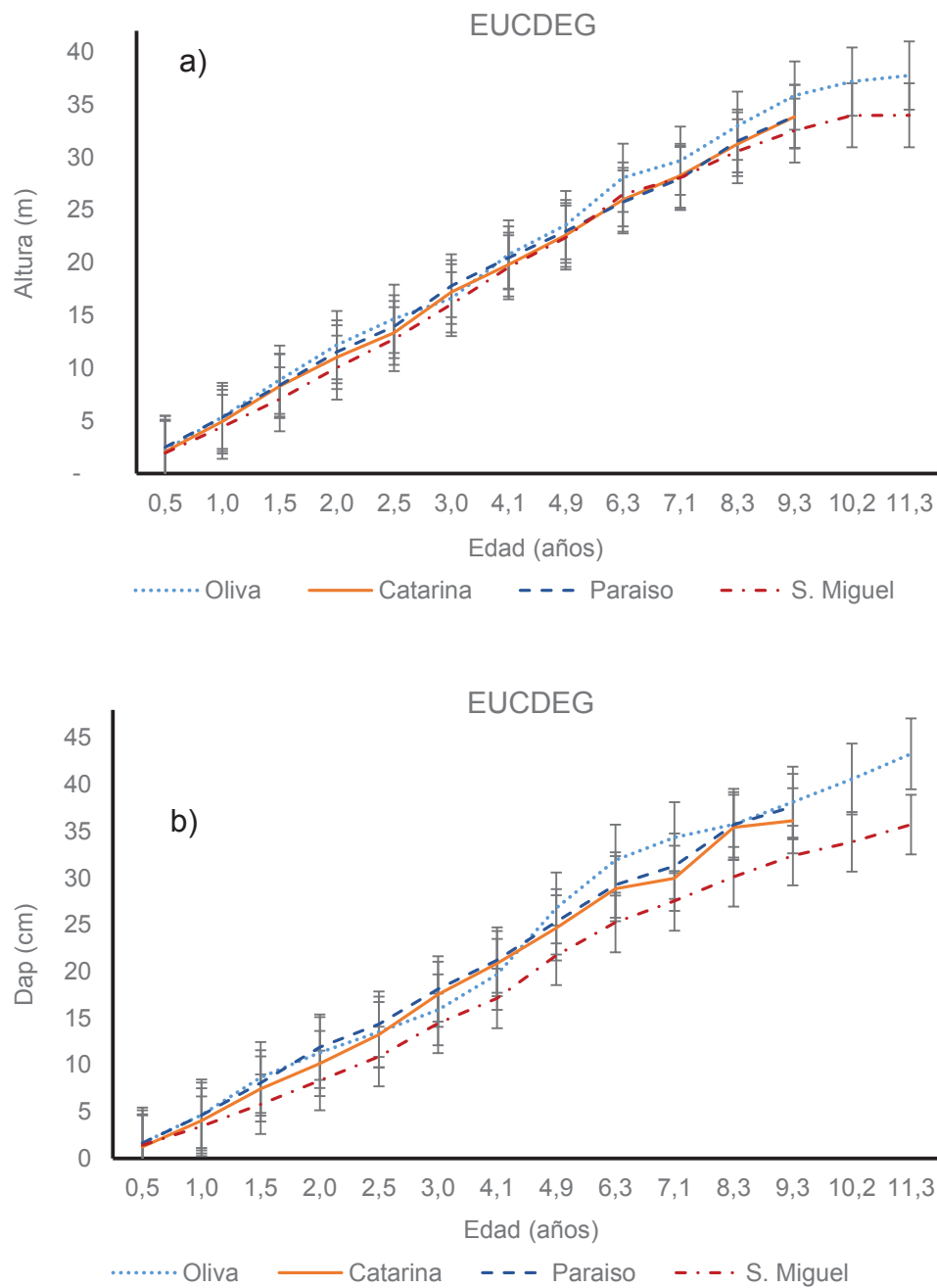


Figura 14. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Eucalyptus deglupta* (EUCDEG) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica.

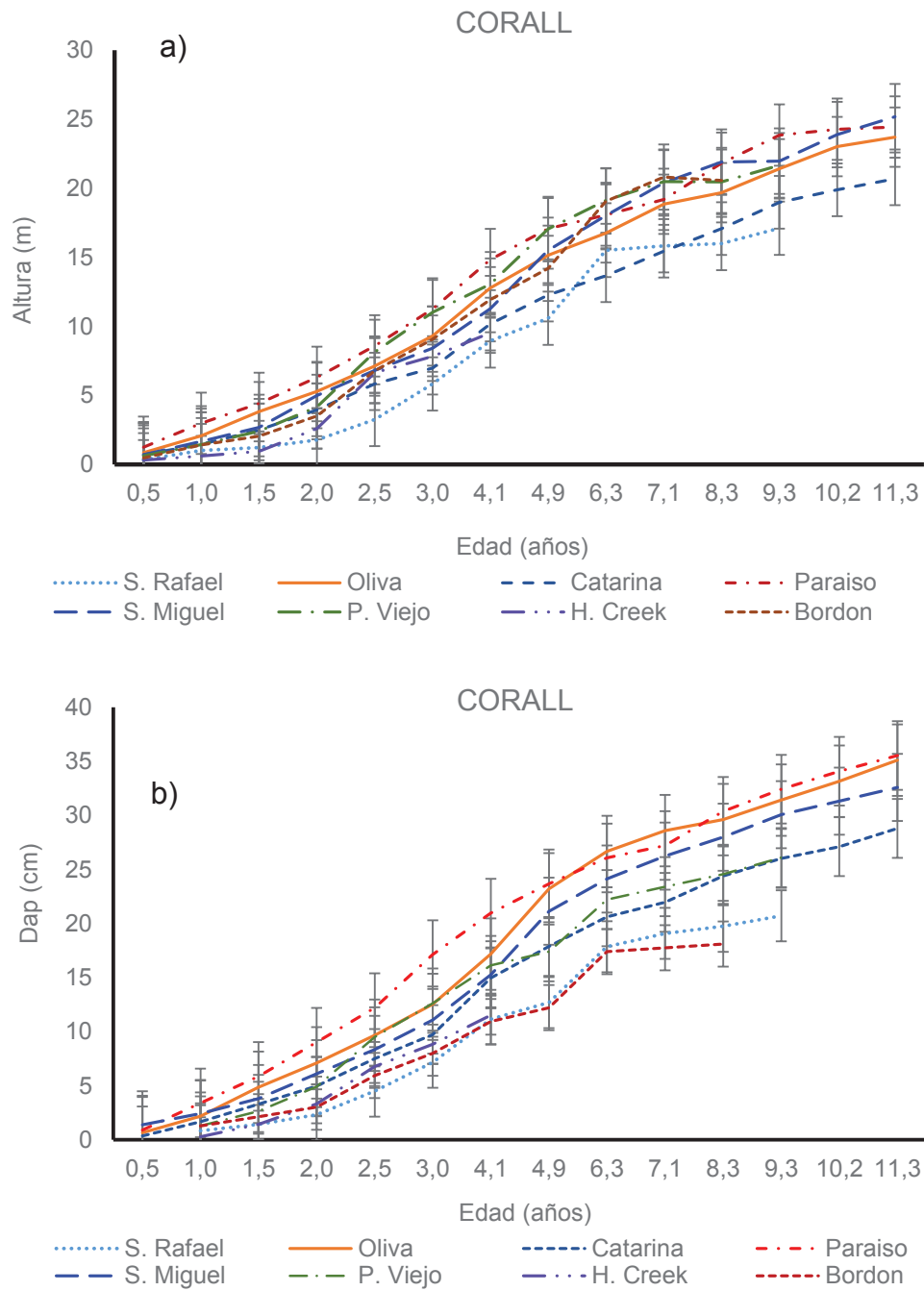


Figura 15. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Cordia alliodora* (CORALL) establecida en ensayos completos en ocho sitios de Talamanca, Costa Rica.

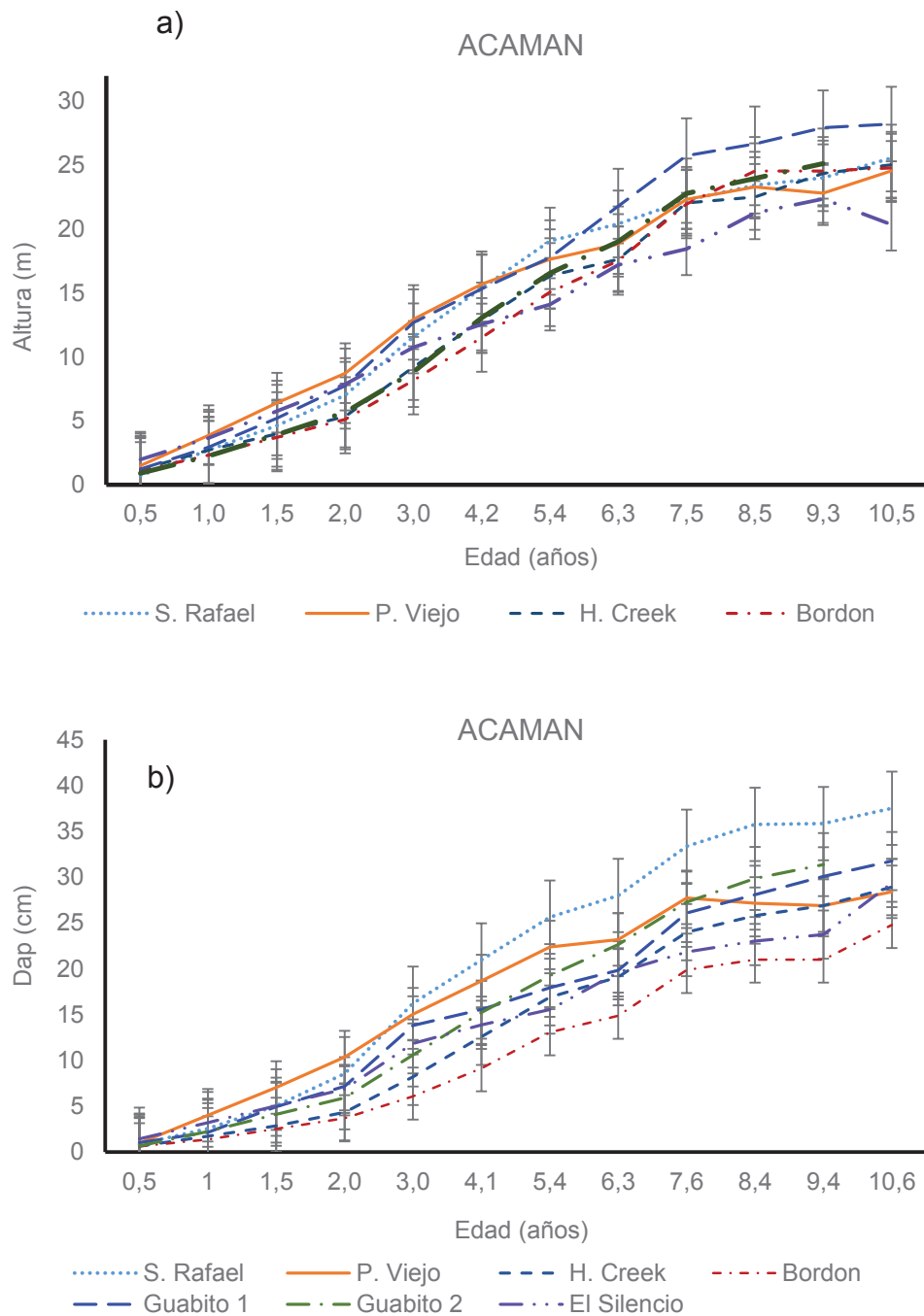


Figura 16. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Acacia mangium* (ACAMAN) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (San Rafael, Puerto Viejo, Bordón, Carbón y tres sitios en Changuinola, Panamá (Guabito I, Guabito 2 y El Silencio).

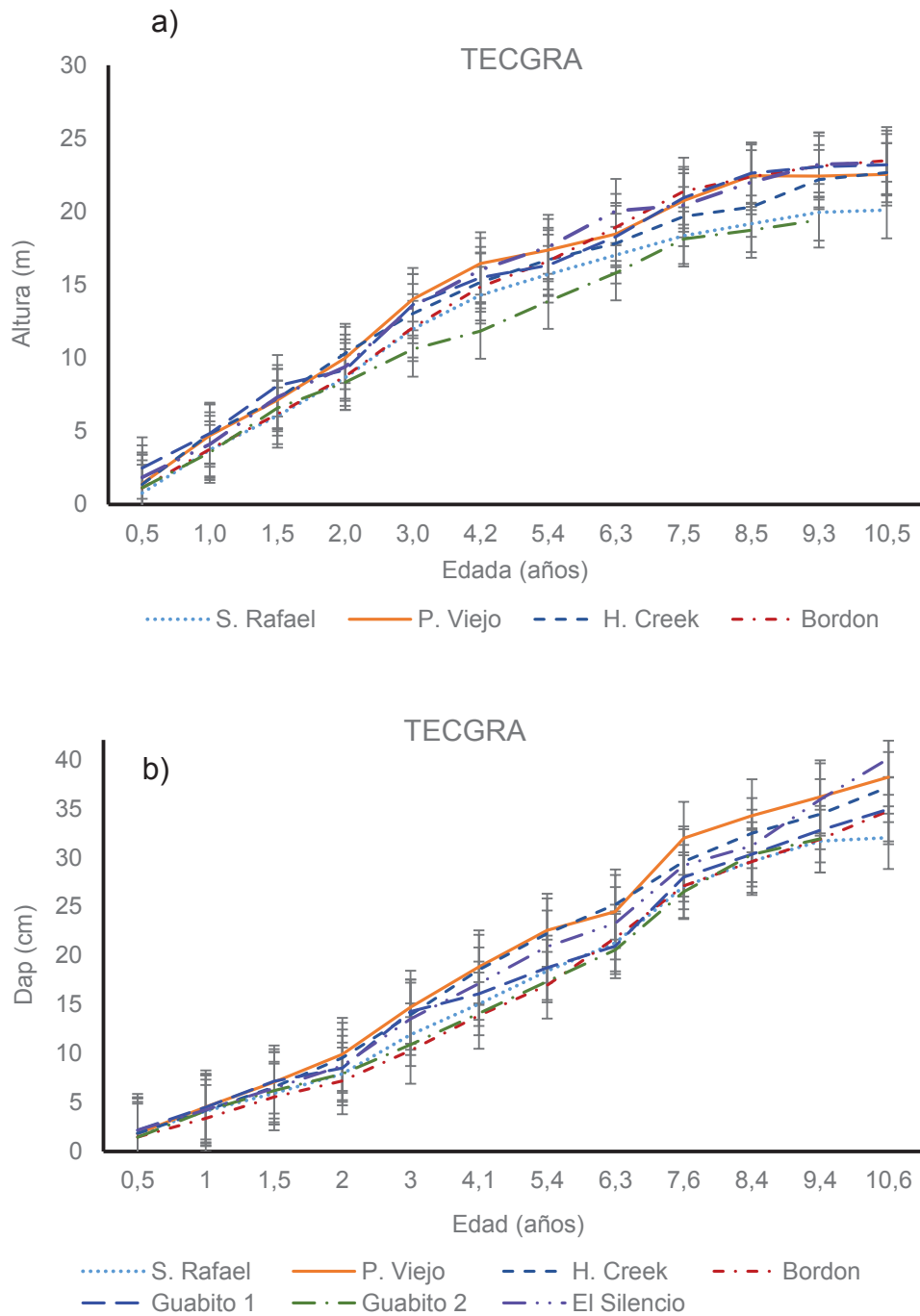


Figura 17. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Tectona grandis* (TECGRA) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (San Rafael, Puerto Viejo, Bordón, Carbón y tres sitios en Changuinola, Panamá (Guabito I, Guabito 2 y El Silencio).

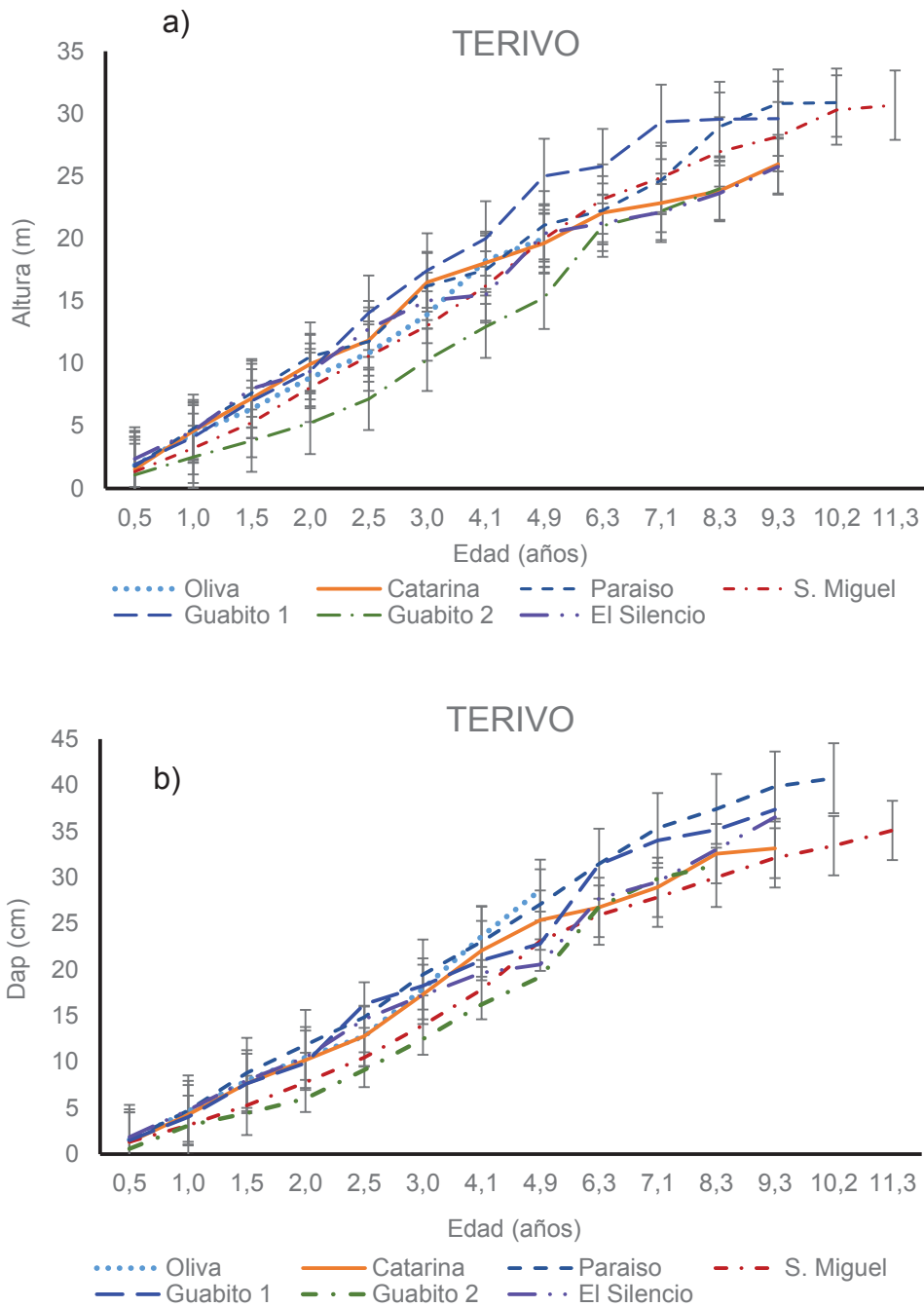


Figura 18. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de *Terminalia Ivorensis* (TERIVO) establecida en ensayos completos en cuatro sitios de Talamanca, Costa Rica (Olivia, Catarina, Paraiso, San Miguel) y tres sitios en Changuinola, Panamá (Guabito I, Guabito 2, El Silencio).

Cuadro 4. Incremento medio anual en altura (IMA-altura, m año⁻¹) y dap (IMA-dap, cm año⁻¹) y área basal (AB, m² km⁻¹) de 12 especies maderables en dos tipos de ensayos en plantaciones lineales en diferentes sitios de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá

Especies/ sitios	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9	Sitio 10	Sitio 11
ACAMAN											
IMA altura	2,4 (10,6)					2,4 (10,3)	2,4 (10,5)	2,3 (10,6)	2,8 (10)	2,8 (9)	2,1 (9,8)
IMA dap	3,5 (10,6)					2,7 (10,3)	2,8 (10,5)	2,3 (10,6)	3,2 (10)	3,5 (9)	3,0 (9,8)
AB	22,1 (10,6)					12,7 (10,3)	13,1 (10,5)	9,6 (10,6)	15,8 (10)	15,4 (9)	13,5 (9,8)
CORALL											
IMA altura	1,6 (10,6)	2,1 (11,3)	1,8 (11,4)	2,14 (11,4)	2,2 (11,4)		1,8 (5,4)*	2,2 (9,4)			
IMA dap	2,0 (10,6)	3,1 (11,3)	2,5 (11,4)	3,6 (11,4)	2,9 (11,4)		2,1 (5,4)	1,9 (9,4)			
AB	6,7 (10,6)	19,4 (11,3)	13,0 (11,4)	19,8 (11,4)	16,7 (11,4)		2,1 (5,4)	5,2 (9,4)			
EUCDEG											
IMA altura		3,3 (11,3)	3,6 (9,3)	3,6 (9,3)	3 (11,4)						
IMA dap		3,8 (11,3)	3,9 (9,3)	3,8 (9,3)	3,1 (11,4)						
AB (m ² km ⁻¹)		29,4 (11,3)	20,5 (9,3)	22,3 (9,3)	20 (11,4)						
TECGRA											
IMA altura	1,9 (10,6)					2,2 (10,3)	2,2 (10,5)	2,2 (10,6)	2,3 (10)	2,2 (9)	2,4 (9,8)
IMA dap	3 (10,6)					3,7 (10,6)	3,5 (10,5)	3,3 (10,6)	3,5 (10)	3,5 (9)	4,1 (9,8)
AB	16,1 (10,6)					22,9 (10,6)	21,7 (10,5)	18,9 (10,6)	19,1 (10)	16,0 (9)	25,2 (9,8)
TERIVO											
IMA altura		4,1 (4,9)*	2,8 (9,3)	3,03 (10,2)	2,7 (11,4)				3 (10)	2,7 (9)	2,6 (9,8)
IMA dap		5,8 (4,9)	3,6 (9,3)	4,08 (10,2)	3,1 (11,4)				3,7 (10)	3,5 (9)	3,7 (9,8)
AB		12,9 (4,9)	17,26 (9,3)	26,09 (10,2)	19,4 (11,4)				21,9 (10)	15,4 (9)	20,9 (9,8)
BOMQUI											
IMA altura		1,4 (10,7)			1,6 (10,7)	1,6 (10,6)	1,5 (10,6)				
IMA dap		3 (10,7)			2,8 (10,7)	3,4 (10,6)	3,1 (10,6)				
AB		16,7 (10,7)			13,5 (10,7)	20,5 (10,6)	17,2 (10,6)				
CARGUI											
IMA altura								1,5 (9,7)	1,1 (5,1)*	1,9 (10,2)	

Especies/ sitios	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9	Sitio 10	Sitio 11
IMA dap								1,4 (9,7)	1,4 (5,1)	2,0 (10,2)	
AB								2,9 (9,7)	0,8 (5,1)	6,6 (10,2)	
PTEMAC											
IMA altura					2 (10,5)						
IMA dap					3 (10,5)						
AB					13,8 (10,5)						
TABROS											
IMA altura		1,7 (10,7)			1,8 (10,7)	1,1 (10,6)	1,7 (10,6)		1,7 (10,3)	1,9 (10,2)	
IMA dap		3,4 (10,7)			2,4 (10,7)	3,3 (10,6)	2,9 (10,6)		3,1 (10,3)	3,0 (10,2)	
AB		21,1 (10,7)			10,6 (10,7)	19,1 (10,6)	15,2 (10,6)		15,7 (10,3)	14,9 (10,2)	
SWIMAC											
IMA altura				2,1 (8,5)				1 (4,6)*	1,2 (5,1)*		
IMA dap				3,8 (8,5)				0,7 (4,6)	1,6 (5,1)		
AB				16,5 (8,5)				0,2 (4,6)	1,0 (5,1)		
VOCFER											
IMA altura				1,0 (2)*				1,8 (9,7)			
IMA dap				1,0 (2)				2,7 (9,7)			
AB				0,0 (2)				10,5 (9,7)			
VOCHON											
IMA altura				2,8 (8,5)				2,0 (9,7)			
IMA dap				5,7 (8,5)				3,5 (9,7)			
AB				36,6 (8,5)				17,9 (9,7)			

*Especies eliminadas de las evaluaciones por el alto porcentaje de mortalidad. Celdas sombreadas corresponden a las evaluaciones en pre-ensayos. Celdas sin información indican que la especie no ocurrió en ese sitio. Número en paréntesis corresponden a la edad de medición. ACAMAN: *Acacia mangium*, BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, CARGUI: *Carapa guianensis*, CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, PTEMAC: *Pterocarpus macrocarpus*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*, TECGRA: *Tectona grandis*, TABROS: *Tabebuia rosea*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

6

Discusión

6.1. Supervivencia a los seis meses de edad y mortalidad acumulada por sitio

La supervivencia de las doce especies maderables varió según el sitio de establecimiento y la capacidad de adaptación de la especie. En los sitios donde se registraron las peores tasas de supervivencia, las especies murieron a causa de inundación, alto nivel freático, ataques de plagas, técnicas inapropiadas de plantación y chapeas o muerte natural. La supervivencia de las especies maderables en los pre-ensayos fue excelente (mayoría de los sitios presentaron un prendimiento del 95%+). En el caso de los ensayos completos, los sitios 6 y 11 presentaron las mejores tasas de supervivencia (>90%); en cambio, en los sitios 4 y 5 fue necesario resembrar hasta el 78% de la población original de algunas de las especies. En plantaciones lineales maderables establecidas en una localidad de Misiones, Argentina, los árboles de *Enterolobium contortisiliquum* fueron atacados por *Epicauta adspersa* ('bicho moro'), un escarabajo que consume follaje. El ataque produjo alta mortalidad y menor crecimiento de la especie en este sitio (Eibl *et al.* 2000). En plantaciones en bloques de pequeños y medianos productores de Heredia, Costa Rica, las tasas de supervivencia (porcentaje refleja árboles remanentes después de realizadas las actividades de replante, raleo y mortalidad natural) de las especies maderables establecidas estuvieron entre el 59 y 87%, según la especie plantada. En ese estudio, *Calophyllum brasiliense* y *Vochysia guatemalensis* fueron las especies con mejores tasas de supervivencia, mientras que *Gmelina arborea* fue la especie con la peor tasa de supervivencia (Piotto *et al.* 2004).

En el caso de los pre-ensayos, los sitios 2, 5 y 10 presentaron las mejores tasas de supervivencia acumulada, independiente de la especie plantada (85-100%), mientras que los sitios 4, 6, 7 y 8 fueron los que registraron mayor mortalidad acumulada (28-78%). En el sitio 4, la totalidad de individuos en dos de las repeticiones de *S. macrophylla* y la totalidad de árboles de *V. ferruginea* se reportaron muertos. En los sitios 6 y 7, el 60% de la población de *B. quinata* pereció. Este patrón no se observó en *T. rosea* establecida en estos mismos sitios. En el sitio 8, tres de las cuatro especies establecidas (*C. guianensis*, *S. macrophylla*, *V. ferruginea*) sufrieron pérdidas de alrededor del 50% de su población original. En los ensayos completos la mortalidad acumulada a los cinco años estuvo en el rango de 3 y 72%, siendo *C. alliodora* (establecida en el Sitio



1- San Rafael) la especie con la tasa de mortalidad más alta registrada. En este estudio, el factor limitante para el establecimiento de plantaciones forestales fue el exceso de agua en los sitios de establecimiento (por ejemplo, inundaciones o alto nivel freático), por lo tanto, es un factor clave al momento de decidir qué plantar y dónde.

6.2. Crecimiento por especie y sitio

La variabilidad en crecimiento (diámetro o altura) de las especies maderables establecidas en este estudio dependió de los sitios y de las características de las especies evaluadas. Una combinación de factores, entre ellos, manejo silvicultural, manejo del sitio, condiciones de sitio y severidad de ataques de plagas y enfermedades afectaron la estructura poblacional de la plantación lineal y los valores de crecimiento de las especies (Figura 19). Por ejemplo, la estructura poblacional de *T. ivorensis* se vio diezmada debido al ataque de enfermedades, causando la muerte de casi todos los individuos establecidos en la mayoría de los sitios. En el caso de *C. alliodora*, las condiciones de sitios (anegamiento) afectó negativamente la sobrevivencia de la especie.

De acuerdo al análisis de comparación de medias múltiples para dap a los ocho años de edad (datos no presentados), *E. deglupta* fue estadísticamente diferente en crecimiento en dap de *S. macrophylla*, *V. ferruginea*, *T. ivorensis* y *C. alliodora* ($p < 0,05$). *T. grandis* fue estadísticamente diferente en diámetro a *C. alliodora*, *S. macrophylla* y *V. ferruginea* ($p < 0,05$). *V. hondurensis* fue estadísticamente diferente en crecimiento en diámetro de *V. ferruginea* y *S. macrophylla* ($p < 0,05$). *E. deglupta* presentó una alta plasticidad, es decir, su comportamiento en crecimiento y sobrevivencia fue excelente en todos los sitios estudiados, con excepción de sitios con nivel freático alto. Esta es una de las especies con menor riesgo a la hora de decidir que plantar en un programa de reforestación. *T. grandis* exhibió un comportamiento similar en dap a *E. deglupta*, pero con mayor variación en altura entre sitios. Sin embargo, *C. alliodora*, fue la especie con mayor variación en crecimiento entre sitios en comparación con *E. deglupta*, por lo tanto, es una de las especies con mayor nivel de riesgo a la hora de seleccionar especies de interés.



Figura 19. Factores que determinaron el desempeño de árboles en plantaciones en líneas en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

C. alliodora obtuvo mejor rendimiento en Paraíso (IMA-altura: 3,6 m año⁻¹), el cual se caracteriza por tener suelos profundos, alta fertilidad y un drenaje moderado. Esta especie, a su vez, obtuvo los peores rendimientos en Bordón (sitio 8), sitio caracterizados por tener drenaje natural lento o pobre. Otros estudios realizados en las planicies del Caribe de Talamanca que evaluaron el comportamiento de *C. alliodora* en sistemas agrosilviculturales, confirman que esta especie es sensible a condiciones de micrositio, especialmente a drenaje pobre (Kapp y Beer 1995). *C. guianensis*, independientemente del sitio, obtuvo los peores rendimientos en dap (IMA-dap: 1,4 a 2 cm año⁻¹) del presente estudio, lo que indica el poco potencial de la especie para ser usada en esquemas de reforestación en arreglos lineales.

E. deglupta, la especie con las mejores tasas de crecimiento, presentó un rango de adaptación mayor que las otras especies maderables. Respondió positivamente en todos los sitios establecidos (Olivia, Catarina, Paraíso y San Miguel, todos localizados en las terrazas aluviales del río Sixaola en Talamanca), los cuales tuvieron suelos fértiles y con bajos riesgos de inundación o capas freáticas altas. *T. rosea* también presentó un rango de adaptación amplio, presentó crecimiento satisfactorio en los seis sitios donde se estableció (Olivia, San Miguel, Puerto Viejo y Carbón de Talamanca, Guabito 1 y Guabito 2 de Panamá). De los seis sitios, en San Miguel fue donde obtuvo los rendimientos más bajos en dap. Estos suelos se caracterizan por ser homogéneos, con drenaje natural pobre y nivel freático a 20 cm de profundidad. *B. quinata* presentó la misma tendencia de rendimientos que *T. rosea* y *E. deglupta*, respondió positivamente en los cuatro sitios establecidos (Olivia, San Miguel, Puerto Viejo y Carbón). Se sabe que *B. quinata* en las áreas de distribución natural se adapta a diferentes condiciones de suelo que incluye suelos con textura arcillosa pesada, arena de playa y loma volcánica en sitios que reciben entre 800 a 3000 mm de lluvia anual y con un periodo seco bien definido (Hodge *et al.* 2002).

A. mangium se adaptó bien a suelos ácidos, de textura arcillo-limosa o franco-arcillo-limosa, con drenaje lento, de profundidad media, pero de buena fertilidad. El crecimiento en dap fue similar en los tres sitios de Panamá y San Rafael (sitio 1) localizado en Talamanca. Los peores rendimientos se registraron en los sitios Puerto Viejo, Carbón y Bordón (los tres localizados en Talamanca). Estos sitios presentaron problemas de anegamiento en ciertos sectores, lo que afectó el crecimiento. *V. hondurensis* fue una de las mejores especies en los pre-ensayos en términos de crecimiento, aunque solo fue establecido en dos sitios (Paraíso y Bordón). Los IMA-dap estuvieron entre 3,5 cm año⁻¹ (Bordón) y 5,7 cm año⁻¹ (Paraíso) y en altura entre 2,0 m año⁻¹ (Bordón) y 2,8 m año⁻¹ (Paraíso). *P. macrocarpus*, establecida solo en San Miguel, presentó un buen desempeño en sobrevivencia y crecimiento.

El crecimiento en dap de *T. grandis* fue bastante consistente entre los sitios establecidos. Sin embargo, en El Silencio, alcanzó los mejores crecimientos. Este sitio se caracterizó por tener suelos de fertilidad alta, profundidad efectiva de 80 cm, ligeramente ácidos, con drenaje moderado, aunque el sitio fue propenso a inundaciones ocasionando muerte de individuos. Somarriba *et al.* (1999) confirman que los mejores sitios para cultivar *T. grandis* son los terrenos planos o cóncavos, bien drenados, aluviales, con capa freática profunda y fértiles.

T. ivorensis presentó un crecimiento promedio satisfactorio en Panamá. Sin embargo, los individuos establecidos en Talamanca, a partir de los seis años sufrieron muerte regresiva ocasionando la pérdida casi total de individuos en estos sitios. En Ghana y Costa de Marfil, sitios de ocurrencia natural de la especie, se reportan afectaciones por muerte regresiva a escala masiva, especialmente en plantaciones mayores a los ocho años de edad. Sin embargo, tasas de mortalidad altas son

notables cuando la plantación alcanza los 20 años de edad. Se estima que entre el 50-60% del total de plantaciones establecidas (~ 3600 ha a 1985) en Ghana fueron afectadas por muerte regresiva (Agyeman y Safo 1997). En Costa de Marfil, la severidad por muerte regresiva es agravada en sitios que han sido afectados por sequía y suelos poco profundos (Ofosu-Asiedu y Cannon 1976). Agyeman y Safo (1997), reportaron que la muerte regresiva en *T. ivorensis* está asociada con deficiencia nutricional del sitio. Tales autores encontraron que el N total, C orgánico, la CIC efectiva y el Ca y Mg intercambiable estuvieron negativamente correlacionados con la muerte regresiva. Por ejemplo, árboles afectados por muerte regresiva registraron concentraciones de N foliar casi 50% menor que los árboles saludables. Las concentraciones de magnesio en las hojas de individuos enfermos fueron también menores que en individuos sanos.

Las plantaciones lineales de *S. macrophylla* se vieron afectados por *Hypsipyla grandella* lo que ocasionó, en uno de los sitios, la pérdida total de individuos en ciertas repeticiones, y en los árboles sobrevivientes ramificación profusa. Ha sido ampliamente documentado que los ataques del barrenador son más severos cuando *S. macrophylla* crece en áreas abiertas (Pérez-Salicrup y Esquivel 2008). Grogan *et al.* (2005), confirmó que el ataque del barrenador de las meliáceas fue bajo cuando la especie creció en medio de vegetación secundaria. *V. ferruginea* fue otra de las especies con altos porcentajes de mortalidad. Paraíso (sitio 4), fue el sitio con el peor desempeño en términos de sobrevivencia para esta especie, en comparación con el sitio 8 (Bordón), donde se perdió el 53% de los árboles, aunque los árboles remanentes presentaron un buen desempeño en crecimiento y forma. Estos resultados son contradictorios a lo reportado en la literatura. Por ejemplo, Montagnini *et al.* (1995), reportaron sobrevivencias de entre 88 y 91% para *V. ferruginea*, creciendo en plantaciones puras y mixtas, respectivamente (sitios localizados a 50 m de altitud en promedio, con temperatura promedio anual 24°C, precipitación promedio anual de 4000 mm, suelos *sFluventic Dystropepts* derivados de sedimentos volcánicos, aluviales, profundos, bien drenados, libre de piedras, ácidos -pH en agua <5,0-, con bajo a mediano contenido de materia orgánica (2,5% a 4,5%)). Estos autores no reportaron afectaciones severas por plagas o enfermedades en *V. ferruginea*, excepto en plántulas jóvenes que fueron atacadas por hormigas cortadoras.

7

Conclusiones

Las doce especies maderables establecidas en plantaciones lineales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá, presentaron tasas de crecimiento variables y en la mayoría de los casos satisfactorios, aunque estos dependieron de las condiciones de sitio. En términos generales, *E. deglupta* fue la especie con mejor crecimiento en los sitios de Talamanca, Costa Rica. Sin embargo, en ciertos sitios la especie presentó alta mortalidad debido a mal drenaje e inundaciones. *T. rosea* y *B. quinata* presentaron un amplio rango de adaptación, respondiendo satisfactoriamente en términos de sobrevivencia y crecimiento a las condiciones de los sitios donde fueron establecidas. *C. alliodora* fue la especie con menor crecimiento y su sobrevivencia fue afectada por inundaciones y/o alto nivel freático del suelo en la mayoría de los sitios. *C. guianensis* al igual que *C. alliodora*, fue de las especies con menor crecimiento, aunque su sobrevivencia estuvo entre las más altas. *V. hondurensis* y *P. macrocarpus* presentaron un desempeño excelente en los sitios plantados. *A. mangium*, presentó mejor crecimiento en dap en Changuinola, Panamá que en Talamanca, Costa Rica. Independientemente del sitio, *T. ivorensis* y *S. macrophylla* fueron severamente afectadas por plagas/enfermedades (muerte regresiva en *T. ivorensis* y ataque del barrenador apical del tallo en *S. macrophylla*). A partir del quinto año, ensayos completos fueron diezmados por problemas fitosanitarios. *V. ferruginea* también sufrió altas tasas de mortalidad, pero las causas no fueron establecidas con certeza. *T. grandis* creció de forma similar en plantaciones lineales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

Con base en los resultados de este estudio, se recomienda la promoción de *T. grandis*, *E. duglupta*, *T. rosea*, *B. quinata* y *V. hondurensis* en plantaciones lineales en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. En el caso de *C. alliodora*, su establecimiento debe ser restringido a sitios bien drenados y fértiles. Finalmente, *T. ivorensis*, *A. mangium*, *V. ferruginea* y *S. macrophylla* no son recomendados en estos sitios debido a las afectaciones por plagas y enfermedades.

Debido al pobre crecimiento de *C. guianensis* no se recomienda su establecimiento en plantaciones lineales. En el caso de *P. macrocarpus* se requiere un mayor número de evaluaciones (repeticiones) en diferentes condiciones de sitios para conocer el potencial de adaptación de la especie. En este estudio, al parecer la especie responde bien a sistemas lineales.



8

Agradecimientos

Los ensayos fueron establecidos y evaluados con financiamiento del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. La preparación de este informe técnico y su publicación fueron financiados por el consorcio CGIAR en Forests, Trees and Agroforestry (FTA) y el CATIE. Luis Orozco Aguilar, Norvin Selpúveda y Guillermo Detlefsen revisaron el documento y ayudaron a mejorar el contenido y presentación del informe.



- Abebe, T, Sterck, FJ; Wiersum, KF; Bongers, F. 2013. Diversity, composition and density of trees and shrubs in agroforestry homegardens in Southern Ethiopia. *Agroforestry Systems* 87(6):1283-1293. doi: 10.1007/s10457-013-9637-6
- Agyeman, VK; Safo, EY. 1997. Mineral nutrition and die-back in *Terminalia ivorensis* A. Chev. in Ghana. *Journal of Tropical Ecology* 13(3):317-335.
- Beer, J. 2012. Producción de árboles maderables en linderos. In Dettlesen, G; Somarriba, E (eds.). Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 199-210. (Serie técnica. Manual técnico no. 109).
- Bertomeu, M. 2011. Growth and yield of maize and timber trees in smallholder agroforestry systems in Claveria, northern Mindanao, Philippines. *Agroforestry Systems* 84(1):73-87. doi: 10.1007/s10457-011-9444-x
- Calle, Z; Murgueitio, E; Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva* 63:31-40.
- Eibl, B; Fernández, RA; Kozarik, JC; Lupi, A; Montagnini, F; Nozzi, D. 2000. Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American holly or yeba mate) and native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. *Agroforestry Systems* 48:1-8.
- García, E; Jaime, M; Mejía, B; Guillén, L; Harvey, CA. 2001. Árboles dispersos dentro de cultivos anuales en el municipio de Ilobasco, El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 8(31):39-44.
- Garen, EJ; Saltonstall, K; Slusser, JL; Mathias, S; Ashton, MS; Hall, JS. 2009. An evaluation of farmers' experiences planting native trees in rural Panama: implications for reforestation with native species in agricultural landscapes. *Agroforestry Systems* 76(1):219-236. doi: 10.1007/s10457-009-9203-4.
- Grogan, J; Landis, RM; Ashton, MS; Galvão, J. 2005. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 204(2-3):399-412. doi: 10.1016/j.foreco.2004.09.013.

- Hodge, GR; Dvorak, WS; Urueña, H; Rosales, L. 2002. Growth, provenance effects and genetic variation of *Bombacopsis quinata* in field tests in Venezuela and Colombia. *Forest Ecology and Management* 158(1–3):273-289. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00720-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00720-9).
- Holdridge, LR. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica, IICA.
- Kapp, GB; Beer, J. 1995. A comparison of agrisilvicultural systems with plantation forestry in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Part I. Tree Survival and growth. *Agroforestry Systems* 32:207-223.
- Kapp, GB; Beer, J; Luján, R. 1997. Species and site selection for timber production on farm boundaries in the humid Atlantic lowlands of Costa Rica and Panamá. *Agroforestry Systems*, 35:139-154.
- Luis Peri, P; Bloomberg, M. 2002. Windbreaks in southern Patagonia, Argentina: A review of research on growth models, windspeed reduction, and effects on crops. *Agroforestry Systems* 56:129-144.
- Luján, R; Beer, J; Kapp, G. 1996. Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el valle de Sixaola, Talamanca, Costa Rica . Turrialba, Costa Rica, CATIE. 73 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no 241).
- Luján, R; Beer, J; Kapp, G. 1997. Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el distrito de Changuinola, Panamá . Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 242).
- Méndez, VE; Lok, R; Somarriba, E. 2001. Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: micro-zonation, plant use and socioeconomic importance. *Agroforestry Systems* 51(2):85-96. doi: 10.1023/a:1010622430223
- Montagnini, F; González, E; Porras, C; Rheingans, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4):306-314.
- Nichols, JD; Rosemeyer, ME; Carpenter, FL; Kettler, J. 2001. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management* 152:195-209.
- Nieuwhuyse, A. 1994. Los suelos de los sitios experimentales del proyecto agroforestal CATIE-GTZ. Guápiles, Costa Rica, CATIE. 134 p. (Informe de Consultoría).
- Ofori-Asiedu, A; Cannon, P. 1976. *Terminalia ivorensis* decline in Ghana. *PANS* 22(2): 239-242. doi: 10.1080/09670877609412371
- Peeters, LYK; Soto-Pinto, L; Perales, H; Montoya, G; Ishiki, M. 2003. Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95(2-3):481-493. doi: 10.1016/s0167-8809(02)00204-9
- Pérez-Salicip, DR; Esquivel, R. 2008. Tree infection by *Hypsipyla grandella* in *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata* (Meliaceae) in Mexico's southern Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 255(2):324-327. doi: 10.1016/j.foreco.2007.09.054
- Piotto, D; Montagnini, F; Kanninen, M; Ugalde, L; Viquez, E. 2004. Forest plantations in Costa Rica and Nicaragua. *Journal of Sustainable Forestry* 18(4):59-77. doi: 10.1300/J091v18n04_04

- Roshetko, JM; Rohadi, D; Perdana, A; Sabastian, G; Nuryartono, N; Pramono, AA; Widyani, N; Manalu, P; Fauzi, MA, Sumardamto, P; Kusumowardhani, N. 2013. Teak agroforestry systems for livelihood enhancement, industrial timber production, and environmental rehabilitation. *Forests, Trees and Livelihoods* 22(4):241-256. doi: 10.1080/14728028.2013.855150
- Sánchez, D; Harvey, CA; Grijalva, A; Medina, A; Vílchez, S; Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Biología Tropical* 53(3-4):387-414.
- Sánchez, JA; Dubón, A. 2003. Estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad de árboles en línea. CAC02-02. *In* Programa de Cacao y Agroforestería. Cortés, Honduras, FHIA. p. 35-38. (informe técnico 2002).
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, Costa Rica). 1991. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Somarriba, E. 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry Systems* 10(3):253-263. doi: 10.1007/BF00122915
- Somarriba, E; Beer, J; Morataya, R; Calvo, G. 1999. Linderos de *Tectona grandis* L.F. en el trópico húmedo de Costa Rica y Panamá. *Revista Forestal Centroamericana* 28: 15-21.
- Souza de Abreu, MH; Ibrahim, M; Harvey, CA; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):53-56.

Anexo I. Descripción general del manejo agronómico de los linderos maderables por sitio

En el **Sitio 1- San Rafael** se cercó el área de linderos con maderables para evitar daños por pastoreo. Se realizó una aplicación de herbicida previo al establecimiento de las plantas para el control de malezas y dos chapeas adicionales en el primer año de establecido el lindero. Al segundo y tercer año de establecida la plantación fue realizada una única chapea. Las chapeas y el herbicida se aplicaron en una franja de 6 m de ancho, 3 m a cada lado del lindero. A partir del cuarto año (1993) no se realizó más control de malezas, ya que los árboles habían suprimido el crecimiento de las mismas. Podas de formación fueron realizadas para todas las especies. Podas de mantenimiento (eliminar ramas bajas hasta una altura de 7 m) fue realizada en *Tectona grandis* cuando la mayoría de los árboles superaban los 12 m de altura. Los raleos se realizaron según el porcentaje de sobrevivencia de las especies.

En el **Sitio 2- Olivia** fue necesario tumbar los árboles que sombreaban el ensayo previo al establecimiento de los árboles maderables. Se realizó una chapea y una aplicación de herbicida previamente al establecimiento de los linderos. Se cercó con alambre el lado sur de la parcela para evitar daños por ganado. Durante los primeros tres años se realizaron de tres a cuatro chapeas por año. Además, se aplicaron herbicidas en el año uno y dos después del establecimiento del lindero para controlar crecimiento de gramíneas. Las chapeas y el herbicida se aplicó en una franja de 6 m de ancho (3 m a cada lado del lindero). Se realizaron resiembra y raleos fitosanitarios en el sitio según la sobrevivencia y el estado de vitalidad y crecimiento de las especies.

En el **Sitio 3- Catarina** se realizaron chapeas y una aplicación de herbicida previo a la plantación de árboles y en el año uno, cuatro chapeas y una aplicación de herbicida para el control de malezas. A partir del año 2 se realizaron dos chapeas por año; las chapeas y el herbicida se aplicó en una franja de 6 m de ancho, 3 m a cada lado del lindero. Se hizo una resiembra y raleos fitosanitarios en el sitio.

En el **Sitio 4- Paraíso**, previo al plantado de los árboles se eliminó el charral, se cortaron algunos árboles grandes y se limpió una franja de 6 m de ancho a lo largo del lindero. En este sitio, también se aplicó un formicida para eliminar hormigas cortadoras antes de la plantación. En el año uno y dos se realizaron tres y una chapea, respectivamente. En el año tres se efectuaron dos chapeas. Las chapeas se realizaron en una franja de 6 m de ancho, 3 m a cada lado del lindero. En el año cuatro no hubo control de malezas. En el año cinco se realizaron dos chapeas. En el área de charral tumbada se establecieron bloques de plátano, *Eucalyptus deglupta* y *Cordia alliodora*.

En el **Sitio 5- San Miguel**, previo al establecimiento del lindero, se realizó una chapea de 6 m de ancho para eliminar el charral y se aplicó herbicidas para control de malezas. Durante el primer año de establecido el lindero se realizaron cinco chapeas y dos rodajas para garantizar el prendimiento de los árboles. En el segundo año se hicieron dos chapeas y una aplicación de herbicidas. Al tercer año, solo se realizó una chapea. El cuarto año no hubo necesidad de chapeas y posteriormente el control de malezas se llevó a cabo solamente para facilitar la medición e inspección de los árboles. Los raleos realizados en este sitio dependieron de la sobrevivencia de las especies.

En el **Sitio 6- Puerto Viejo**, previo al establecimiento se ejecutó una chapea del tacotal existente de un ancho aproximado de 6 m y se eliminaron los árboles de cacao. El área del ensayo fue cercada para evitar daños a las plántulas recién establecidas. En el primer año de establecida la plantación, se efectuaron tres chapeas y una rodaja. En el año uno y dos se hicieron dos chapeas. En el tercer año se realizó una única chapea. Además de las podas generales iniciales, se podaron los árboles de *T. grandis* al año 3. La poda consistió en la eliminación de todas las ramas bajas y bifurcaciones hasta una altura de unos 8 m. Se realizó un raleo selectivo a los seis años de edad.

En el **Sitio 7- Carbón**, las actividades de pre-establecimiento ejecutadas fueron: chapea de una franja de 6 m de ancho (3 m a cada lado de la línea de árboles a plantar), eliminación de los árboles de cacao y derribo de algunos árboles de sombra grandes que se encontraban dentro del área del ensayo. En el año de establecimiento se realizaron dos chapeas y dos rodajas. En el segundo año fueron ejecutadas tres chapeas, en el tercer año una, en el año cuatro tres y al quinto año una. Se realizaron podas de formación a todas las especies. Podas de mantenimiento se hicieron solo a *T. grandis*, cuando los árboles presentaron una altura total promedio de alrededor de 15 m. Los árboles se podaron hasta una altura de aproximadamente 7 m. En este sitio se realizó un raleo al año 4.

En el Sitio 8- Bordón únicamente se realizó cercado del área a plantar como actividad previa al establecimiento del lindero. En el año uno de establecimiento se aplicó herbicida a los cuatro meses de plantado y dos chapeas. Al segundo, tercer y cuarto año, solamente se practicó una chapea anual. Al quinto año no se realizó más control de malezas porque árboles suprimieron su crecimiento. Se realizaron podas de formación a todas las especies. Podas de mantenimiento solo a *T. grandis* cuando la mayoría de los árboles superaban los 12 m de altura; consistió en eliminar todas las ramas bajas hasta una altura de aproximadamente 7 m. En este sitio no se ha efectuado un raleo. Solo se han realizado cortas de árboles con pobre crecimiento o enfermos (raleos fitosanitarios). Menos del 10% de la población original de árboles ha sido raleada.

En el **Sitio 9- Guabito #1** las especies fueron establecidas en un área agrícola después de haber cosechado maíz. No se realizaron mayores actividades previas al establecimiento de los árboles. En **Sitio 10- Guabito # 2** se cercó el área con alambre de púas para protección contra el ganado durante los primeros dos años. A los 21 meses el dueño de la finca decidió quitarla, por lo que a partir de esta fecha el ganado pastoreo en el área de linderos. En el **Sitio 11- El Silencio** la preparación del terreno se limitó a la aplicación de herbicidas y cercado del área para prevenir la entrada de ganado.

Anexo 2. Información general, descripción de perfiles de suelos y capacidad de uso de suelos y análisis granulométrico por sitio en Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá

Sitio I- San Rafael

Cuadro 5. Información general del perfil del Sitio I- San Rafael. Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 14
Clasificación	Aeric Tropaquept
Fecha de lectura	16 de mayo de 1993
Ubicación	San Rafael 89.8 56.3
Altitud	±175 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Cresta
Forma del terreno	Ondulada
Pendiente	3%
Uso de la tierra	Lindero con maderables
Información general del suelo	
Material matriz:	Roca sedimentaria del terciario
Drenaje natural:	Pobre
Nivel freático:	50 cm?
Pedregosidad superficial:	No hay
Erosión:	No hay evidencias

Descripción del perfil de suelo

A 0-15 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); arcilloso a arcillo-limoso; estructura en bloques subangulares finos, moderado; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros finos y medianos; muchas raíces <3 mm; límite gradual, plano.

Bwg 15-47 cm. Pardo amarillento en húmedo (10YR5/6), con manchas de color, medianas, destacadas, gris pardusco claro (10YR6/2) en un 30% y pardo fuerte (7.5YR5/8) en un 5%; arcillo-limoso; estructura en bloques angulares y subangulares finos, moderada; adherente y plástico en mojado, friable en húmedo; de frecuentes a muchos poros muy finos y finos; comunes raíces <3 mm; límite gradual, plano.

BCg 47-80 cm. Gris claro en húmedo (10YR7/1) en un 60% y anaranjado (7.5YR6/8) en un 40% (en húmedo). Arcilloso; estructura en bloques angulares medianos, débil, hasta sin estructura: aglomerado; adherente y plástico en mojado; pocos poros muy finos. Pocas raíces <3 mm.

Observación en barreno: **CBg** 80-120 cm. Colores parecidos al horizonte BCg; arcilloso, se puede reconocer la estratificación del material de partida del suelo.

Cuadro 6. Capacidad de uso de la tierra del Sitio I- San Rafael según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

Parámetro	Categoría	Clase
Erosión		
pendiente (e1)	3-8%	II
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelo		
profundidad efectiva (s1)	30-60 cm	V
textura (s2)		
suelo	Fina	III
subsuelo	Fina	III
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Media	II
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Lento	V
riesgo de inundación (d2)	Nulo	I
Clima		
zona de vida (e1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 7. Resultados del análisis granulométrico de suelo del perfil representativo del Sitio I- San Rafael, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
A	0-15	9	38	53	AL/A
Bug	15-47	6	44	50	AL
BCg	47-80	3	38	59	A/AL
CBg	80-120+	3	33	64	A

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 2.

Sitio 2. Olivia

Cuadro 8. Información general del perfil I - Resultados calicata I del Sitio 2- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 16
Clasificación	Fluvaquentic Eutropept
Fecha de lectura	16 de marzo de 1993
Ubicación	Olivia 96,2 94,3
Altitud	30-35 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	terrazza alta del río Sixaola
Forma del terreno circundante	casi plano
Pendiente	<2%
Uso de la tierra	Agrosilvicultura-linderos
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río Sixaola
Drenaje natural	Bueno
Nivel freático	140+ cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo

A 0-5 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); franco limoso; estructura en bloques angulares muy finos moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros muy finos y finos, pocos poros medianos; muchas raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bw1 5-20 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques angulares y subangulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros medianos. Común raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bwg 20-35 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); con muchas manchas de color en un 10%, medianas definidas, gris (10YR5/2) y anaranjado (10YR5/6); franco limoso; estructura en bloques angulares y subangulares muy finos, moderada y granular fina; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo. Muchos poros muy finos, pocos poros medianos. Común raíces <1 cm; límite gradual irregular.

Bw2 35-45 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado,

muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros medianos. Común raíces <1 cm; límite neto plano.

BC 45-58 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco; estructura en bloques subangulares finos, débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros medianos; pocas raíces <5 mm; límite gradual plano.

2Bw1 58-73 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros medianos; pocas raíces <5 mm; límite neto plano.

2Bw2 73-80 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares finos, moderada hasta granular moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; pocas raíces <5 mm; límite neto plano.

Bw3 80-140+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada hasta granular fina moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros medianos; pocas raíces <5 mm.

En todo el perfil se observaron algunos poros grandes hasta 5 cm de diámetro.

Cuadro 9. Información general del perfil 2- calicata 2 del Sitio I- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 16
Clasificación	<i>Typic Eutropept</i> (tentativo)
Fecha de lectura	16 de marzo de 1993
Ubicación	Olivia 96.2 94.3
Altitud	30-35 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Terraza alta del río Sixaola
Forma del terreno circundante	casi plano
Pendiente	<2%
Uso de la tierra	Linderos
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río
Drenaje natural	Bueno
Nivel freático	+ 140 cm
Pedregosidad	no hay
Erosión	no hay
Influencia humana	compactación del horizonte A

Descripción del perfil de suelo

A. 0-4 cm. Negro parduzco en húmedo (10YR2/3); con manchas de colores en un 5%, pequeñas, indistintas, anaranjado y gris: franco-arcillo-limoso; estructura de bloques angulares muy finos moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; muchas raíces <1 cm; límite gradual neto plano.

Bw1 4-17 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares y subangulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; común raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bw2 17-25 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco a franco arenoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada a débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y frecuentes poros medianos; pocas raíces <1 cm; límite gradual plano.

Bw3 25-44 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <1 cm; límite gradual plano.

Bw4 44-80 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares finos, débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <5 mm; límite brusco plano.

2CB 80-130+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); arena francoso; estructura en bloques subangulares finos, muy débil; sin estructura, grano suelto no adherente y no plástico en mojado, muy friable a suelto en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; muy pocas raíces <2 mm; límite neto plano.

Cuadro 10. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 2- Olivia según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	>120 cm	I
textura (s2)		
suelo	Mediana	I
subsuelo	Mediana	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Bueno	I
riesgo de inundación (d2)	Leve	II

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 11. Resultados de análisis granulométricos de materia orgánica del suelo de dos perfiles representativos del Sitio 2- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	K-(%)
Calicata 1						
A	0-5	3	76	21	FL	10,7
Bw1	5-20	7	69	24	FL	5,1
Bwg	20-15	21	66	13	FL	1,4
Bw2	35-45	15	71	14	PL	1,5
BC	45-58	46	44	10	F	1,1
2Bw1	58-73	7	77	16	FL	1,7
2Bw2	73-80	6	76	18	FL	2,4
2Bw3	80-140+	2	76	22	FL	1,7
Calicata 2						
Ag	0-4	13	60	27	FAL/FL	na
Bw1	4-17	20	41	39	FAL/FA	na
Bw2	17-25	46	46	8	F/Fa	na
Bw3	25-44	36	51	13	F/FL	na
Bw4	44-80	4	72	24	FL	na
2CB	80-130+	78	14	8	aF	na

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. na = no analizado.

Continuación Anexo 2.

Sitio 3- Catarina

Cuadro 12. Información general del perfil del Sitio 3- Catarina. Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 17
Clasificación	Fluvaquentic Eutropept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Catarina 91,3 02,9
Altitud (msnm)	10-15
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Terraza alta del río Sixaola
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente (%)	<2
Uso de la tierra	Linderos con maderables
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río Sixaola
Drenaje natural	Bueno
Nivel freático:	100+ cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo

A 0-10 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; muchas raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bw1 10-20 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos, frecuentes poros medianos; comunes raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bw2 20-80 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada y granular fina; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; comunes raíces <1 cm; límite gradual irregular.

Bw3 80-100 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos, moderada a débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; pocas raíces < a 1 cm.

Cuadro 13. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 3- Catarina según método del MAG-MINEREN. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	>120 cm	I
textura (s2)		
suelo	Mediana	I
subsuelo	Mediana	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Bueno	I
riesgo de inundación (d2)	Leve	II
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 14. Resultados del análisis granulométrico de materia orgánica de muestras del suelo de dos perfiles representativos del Sitio3- Catarina, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)
A	0-10	8	67	21	FL	4,4
Bw1	10-20	25	63	12	FL	1,9
Bw2	20-80	3	74	23	FL	2,3
Bw3	80-100+	25	61	14	FL	1,3

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 2.

Sitio 4- El Paraíso

Cuadro 15. Información general del perfil del Sitio 4- El Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 18
Clasificación	Fluvaquentic Eutropept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Paraíso 90.4 04.3
Altitud	10-15 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Terraza alta del río Sixaola
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente	<2%
Uso de la tierra	Linderos con maderables
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río Sixaola
Drenaje natural	Moderado
Nivel freático	75 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil

A 0-8 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares muy finos y finos moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; muchas raíces <2 cm; límite neto ondulado.

Bw1 8-18 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; muchas raíces <2 cm; límite neto, ondulado.

Bwg1 18-28 cm. Pardo en húmedo (10YR4/3), con manchas de color en un 15%, medianas, definidas, naranjado y gris; franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares muy finos y finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; pocas concreciones de Fe, blandas; muchos poros muy finos, finos y medianos; comunes raíces <2 cm; límite neto, plano.

Bw2 28-80 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares y regulares muy finos, moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <2 cm.

Observación en barrenada:

Bwg2 80-170+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4), con manchas de color en un 15%, naranjado y gris; franco arcillo limoso.

Cuadro 16. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 4- El Paraíso según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	>90 cm	II
textura (s2)		
suelo	Mediana	I
subsuelo	Mod. fina	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Mod. lento	II
riesgo de inundación (d2)	Leve	II
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 17. Resultados de análisis granulométricos de materia orgánica del suelo de dos perfiles representativos del Sitio 4- El Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)
A	0-8	6	70	24	FL	6,4
Bw1	8-18	16	65	19	FL	2,4
Bwg1	18-28	36	54	10	FL	1,5
Bw2	28-80	1	66	33	FAL	2,8
Bwg2	80-170+	1	77	22	FL	2,1

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 2.

Sitio 5- San Miguel

Cuadro 18. Información general del perfil del Sitio 5- San Miguel. Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 19
Clasificación	Aeric Tropaquept
Fecha de lectura	16 de marzo de 1993
Ubicación	San Miguel 88,5 2,4
Altitud	+10 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Maderables
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos finos del río Sixaola
Drenaje natural	Pobre
Nivel freático	20 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo

A 0-10 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares muy finos y finos moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; muchas raíces <1 cm; límite neto plano.

Bwg 10-25 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); con manchas de color en un 10%, medianas, indistintas, grises, franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares muy finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes hasta pocos poros medianos; raíces comunes <1 cm; límite gradual plano.

BCg 25-70 cm. Manchas de color pardo amarillento oscuro (10YR4/4), pardo grisáceo (10YR5/2) y pardo amarillento (10YR5/8), medianas definidas e indistintas, franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable a firme en húmedo; pocas concreciones de Fe y Mn, blandas; no se pudo observar bien la porosidad, pocas raíces <1 cm.

Observación en barrenada: 70-100 cm. Moteado arcillo limoso. 100-120 cm: Moteado franco.

Nota: La calicata 2 similar al perfil anterior descrito (calicata 1). Sin embargo, el nivel freático se encontró a 35 cm de profundidad y el horizonte Bwg alcanza una profundidad de 40 cm.

Cuadro 19. Resultados del análisis granulométrico del suelo de dos perfiles representativos del Sitio 5- San Miguel, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Perfil C1					
A	0-10	11	65	24	FL
Bwg	10-25	8	66	26	FAL/FL
BCg	25-70+	12	60	28	FAL/FL
No se analizó el perfil C2					

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica. No se reportaron datos de materia orgánica en este sitio.

Continuación Anexo 2.

Sitio 6- Puerto Viejo

Cuadro 20. Información general del perfil- Calicata I del Sitio 6- Puerto Viejo, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 21-C1
Clasificación	Lithic Tropopsamment
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Puerto Viejo, Cocles
Altitud	±3 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Barra costera
Forma del terreno circundante	Ligeramente ondulado
Pendiente	3%
Uso de la tierra	Charral
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos marinos (arena) sobre coral
Drenaje natural	Algo excesivo
Nivel freático	170 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil

A 0-5 cm. Negro parduzco en húmedo (10YR2/3); franco arenoso; estructura granular fina, moderada; no adherente y no plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos; muchas raíces <1 cm; límite neto, plano.

CA 5-38 cm. Pardo oscuro en húmedo (7.5YR3/4); arena-francoso; estructura en bloques subangulares finos y medianos, (muy) débil; no adherente y no plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos; muchas raíces <5 mm; límite brusco, irregular.

2C 38+ cm. Coral.

Cuadro 21. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 6- Puerto Viejo según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	38 cm	V
Textura (s2)		
suelo	Gruesa	V
subsuelo	Gruesa	V
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Mod. excesivo	II
riesgo de inundación (d2)	Nulo	I
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 22. Información general del perfil- calicata 2 del Sitio 6- Puerto Viejo. Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 21-C2 Puerto Viejo
Clasificación	Typic Eutropept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Puerto Viejo, Cocles
Altitud	±4 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Zona costera
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Charral
Información general acerca del suelo	
Material matriz	Sedimentos arenoso marino
Drenaje natural	Bueno
Nivel freático	180+ cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo- calicata 2

A 0-5 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); franco arenoso; estructura en bloques subangulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, pocos poros medianos; muchas raíces <1 cm; límite gradual, plano.

Bw 5-85 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); franco arenoso; estructura en bloques subangulares finos, débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos; pocas raíces <5 mm; límite gradual, plano.

CB 85-120 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); franco arenoso; estructura en bloques subangulares finos, (muy) débil; no adherente y no plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos; pocas raíces <5 mm; límite gradual, plano.

C 1 20-180+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); arena fina; sin estructura: grano suelto; no adherente y no plástico en mojado, suelto en húmedo; no se pudo observar bien los poros; raíces ausentes.

Cuadro 23. Resultados del análisis granulométrico y de materia orgánica de muestras de suelo de dos perfiles representativos del sitio 6- Puerto Viejo, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%*)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)
Perfil C1						
A	0-5	79	8	13	Fa/aF	na
CA	5-38	85	7	8	aF	na
Perfil C2						
A	0-5	68	15	17	Fa	5,8
Bw	5-85	65	18	17	Fa	1,0
CB	85-120	76	9	15	Fa	0,7

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. na = no analizado.

Continuación Anexo 2.

Sitio 7- Carbón

Cuadro 24. Información general del perfil del Sitio 7- Carbón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 22
Clasificación	Fluvaquentic Eutropept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Hone Creek (Carbón)
Altitud	5-10 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica:	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente	2%
Uso de la tierra	Charral
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos aluviales
Drenaje natural	Moderado
Nivel freático	170 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo

A 0-12 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); franco; estructura en bloques subangulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; muchas raíces <5 mm; límite gradual, plano.

Bwg 12-30 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4), con manchas de color en un 20%, medianas, definidas, naranjado y gris; franco; estructura en bloques angulares y subangulares finos, moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; comunes raíces <5 mm; límite gradual, plano.

Bw 30-90+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco arenoso; estructura en bloques subangulares finos, moderada a débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <5 mm.

Observación en barrenada: 90-120 cm: pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); franco arcillo arenoso. 120-180+ cm: manchado en húmedo; franco arcillo limoso a arcillo limoso.

Cuadro 25. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 7- Carbón según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	120 cm	I
textura (s2)		
Suelo	Mediana	I
Subsuelo	Mediana	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Mod. lento	II
riesgo de inundación (d2)	Nulo	I
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 26. Resultados del análisis granulométrico y de materia orgánica de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 7- Carbón, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)
K	0-12	44	31	25	F	5.5
Bwg	12-30	36	40	24	F	2.2
Bw	30-90	66	24	10	Fa	1.1

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 2.

Sitio 8- Bordón

Cuadro 27. Información general del perfil- calicata I del Sitio 8- Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 23-Calicata C1
Clasificación	Vertic/Aeric Tropaquept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Bordón
Altitud	±10 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Cacao abandonado
Información general acerca del suelo	
Material matriz	Sedimentos aluviales finos
Drenaje natural	Imperfecto/pobre
Nivel freático	45 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo calicata 1

A 0-3 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); franco; estructura en bloques subangulares y angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos, finos y frecuentes poros medianos; muchas raíces <1 mm; límite neto plano.

Bwg 3-34 cm. Pardo amarillento en húmedo (10YR5/4), con manchas de color en un 20%, medianas, definidas, 10YR5/8 y 10YR5/2; arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos y medianos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; comunes raíces <1 cm; límite brusco, plano.

2Ab 34-70 cm. Pardo grisáceo en húmedo (10YR5/2), con manchas de color 10YR5/8 en un 20% y 10YR5/4 en un 20%, medianas, definidas; arcillo limoso a arcilloso; estructura en bloques angulares medianos a grandes, moderada a fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, firme en húmedo; frecuentes poros muy finos y finos, pocos poros medianos; pocas raíces <1 cm; límite gradual, plano.

2Bwg 70-90+ cm. Gris (2GY4/1) en húmedo; arcillo limoso; sin estructura: aglomerado; adherente y plástico en mojado; raíces ausentes.

Se observaron grietas hasta de 1 cm de ancho en los primeros 50 cm del perfil, lo que indica "Vertic properties".

Cuadro 28. Información general del perfil- calicata 2 del Sitio 8- Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 23- calicata C2
Clasificación	Vertic/Aeric Tropaquept
Fecha de lectura	17 de marzo de 1993
Ubicación	Bordón
Altitud	±10 msnm
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Cacao abandonado
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos aluviales finos
Drenaje natural	Pobre
Nivel freático	75 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil de suelo calicata 2

A 0-4 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); arcillo limoso; estructura en bloques subangulares y angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable a firme en húmedo; frecuentes poros finos y medianos; muchas raíces <1 cm; límite neto, plano.

Bw 4-11 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares y subangulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable a firme en húmedo; frecuentes poros finos y medianos; muchas raíces <1 cm; límite neto, plano.

2Ab 11-22 cm. Negro parduzco en húmedo (10YR2/3); arcillo-limoso a arcilloso; estructura en bloques angulares medianos, fuerte; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, firme en húmedo; frecuentes poros muy finos y finos; comunes raíces <1 cm; límite gradual, plano.

2Bwg 22-50 cm. Pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en húmedo, con manchas de color en un 50%, medianas, definidas, pardo y naranjado; arcillo limoso; estructura en bloques angulares medianos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, firme en húmedo; muchos poros muy finos y finos; pocas raíces <5 mm; límite gradual, plano.

2BCg 50-130 cm. Manchas de color pardo, medianas y pequeñas, definidas, gris, naranjado y rojo en húmedo; arcillo-limoso a franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y plástico en mojado, friable en húmedo; pocas concreciones de Fe y Mn, blandas; muchos poros muy finos y finos; pocas raíces <5 mm.

Observación en barrenada:

3Cr 130-145+ cm: gris oliváceo oscuro (2.5GY4/1) en húmedo; franco limoso; sin estructura: aglomerado; adherente y plástico en mojado, pocas concreciones de Fe y Mn, blandas.

Se observaron grietas hasta de 2 cm de ancho en los primeros 60 cm del perfil, lo que indica “Vertic properties”.

Cuadro 29. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 8- Bordón según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	60-90 cm	I
textura (s2)		
Suelo	Fina	III
Subsuelo	Fina	II
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Lento	III/V
riesgo de inundación (d2)	Nulo	I
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 30. Resultados del análisis granulométrico de muestras de suelo del perfil representativo Sitio-8 Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad(cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
A	0-4	6	51	43	AL
B _{tf}	4-11	6	56	38	FAL
2A _b	11-22	1	40	59	A/AL
2B _{wg}	22-50	1	41	58	AL
2B _{Cg}	50-130	4	57	39	FAL
3C _r	130-145+	3	73	24	FL

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica. No se reportaron datos del contenido de materia orgánica en este sitio.

Continuación Anexo 2.

Sitio 9- Guabito # I

Cuadro 31. Información general del perfil del Sitio 9- Guabito # I, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Número del perfil	TAL 62
Clasificación	Aquic Eutropept
Fecha de lectura	16 de abril de 1993
Ubicación	Guabito ³ 23 ⁴ 49,0
Altitud	±10 msnm
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Lindero de teca
Información general acerca del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río Sixaola
Drenaje natural	Imperfecto
Nivel freático	145 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay

Descripción del perfil

A 0-9 cm. Pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); franco limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros finos y medianos; comunes raíces <2 cm; límite gradual, plano.

Bwgl 9-22 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); sin manchas de color en un 5%, pequeñas, indistintas, naranjado; franco limoso a franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; comunes raíces <2 cm; límite gradual, plano.

Bwg2 22-58 cm. Pardo en húmedo (10YR5/3); con manchas de color en un 20%, medianas, definidas e indistintas, naranjado y pardo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable a firme en húmedo; muchos poros muy finos, pocos poros finos y medianos; pocas raíces <1 cm; límite neto, plano.

Bwg3 58-70 cm. Pardo grisáceo en húmedo (10YR5/2); con manchas de color en un 35%, medianas, definidas, naranjado y rojo; franco; estructura en bloques subangulares y angulares finos, moderada a débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; pocas raíces <1 cm; límite neto, plano.

2Bwg 70-90 cm. Pardo grisáceo en húmedo (10YR5/2), con manchas de color en un 35%, medianas, definidas, naranjado y rojo; franco arcillo limoso; estructura en bloques angulares finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muy pocas concreciones de manganeso, pequeñas, blandas; frecuentes a pocos poros muy finos, finos y medianos; pocas raíces <1 cm.

En todos los horizontes se observaron algunos poros grandes con diámetros de hasta 5 cm.

Observación en barrenada:

- 90-95 cm: moteado; franco-arcillo-arenoso
- 95-115 cm: moteado; franco-arcillo-limoso a arcillolimoso
- 115-125 cm: moteado; franco-arenoso. 125 - 180+ cm: Gris; arenoso

Cuadro 32. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 9- Guabito # I según método MAG-MIRENEM. Talamanca, Limón, Costa Rica.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	60-90 cm	III
textura (s2)		
suelo	Mediana	I
subsuelo	mod. fina	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Mod. lento/lento	II/III
riesgo de inundación (d2)	Leve	II
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 33. Resultados del análisis granulométricos y de materia orgánica de nuestras de suelo del perfil representativo del Sitio 9- Guabito # I, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	MO (%)
A	0-9	1	78	21	FL	9,0
Bwgl	9-22	2	73	25	FL	3,8
Bvg2	22-58	3	68	29	FAL	2,7
Bwg3	58-70	33	44	23	F	1,5
2Bwg	70-90	na	na	na	na	na

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica, mientras que la materia orgánica en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. na: no analizado.

Continuación Anexo 2.

Sitio 10- Guabito # 2

Cuadro 34. Información general del perfil del Sitio 10- Guabito # 2, Changuinola, Panamá.

Número del perfil	TAL 63 calicata C2
Clasificación	Aeric Tropaquept
Fecha de lectura	18 mayo de 1993
Ubicación	Guabito 23 49.0
Altitud	5-10 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Forma del terreno circundante	Plano
Pendiente	1%
Uso de la tierra	Potrero
Información general del suelo	
Material matriz	Sedimentos del río Sixaola
Drenaje natural	Pobre
Nivel freático	160 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay
Influencia humana	Compactación por el pisoteo del ganado

Descripción del perfil

Ag 0-8 cm. Pardo en húmedo (10YR4/3); con manchas de color en un 20%, pequeñas, definidas e indistintas, naranjado y gris; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares y angulares finos, moderada a débil; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; pocos poros muy finos, finos y medianos; comunes raíces <5 mm; límite gradual, plano.

BCg 36-54 cm. Pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); con manchas de color en un 40%, medianas y pequeñas, definidas, naranja, rojo y pardo; franco limoso; estructura en bloques angulares y subangulares medianos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; pocas concreciones de Fe, blandas; muchos poros muy finos, frecuentes poros finos y medianos; pocas raíces <1 mm; límite gradual, plano.

BCg2 54-80 cm. Pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; con manchas de color en un 20%, medianas, definidas, naranjado y rojo; arcillo-limoso; estructura prismática gruesa, los prismas tienen una estructura interna en bloques angulares medianos, débil; adherente y plástico en mojado, friable en húmedo; pocas concreciones de Fe y Mn, blandas; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; pocas raíces <1 mm.

Observación en barrenada:

- 80-175 cm: igual al horizonte BCg2
- 175-185+ cm: arcilla reducida (5G4/1).
- El perfil C1 es muy parecido al perfil descrito, sin embargo, parece estar ubicado en material dragado derivado del canal de drenaje que se encuentra paralelo a los bloques 2 y 3.

Cuadro 35. Capacidad de uso de la tierra del Sitio 10- Guabito # 2 según método MAG-MIRENEM. Changuinola, Panamá.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	Nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	60-90 cm	III
textura (s2)		
Suelo	Mod. fina	II
subsuelo	Fina	II
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Lento	III/V
riesgo de inundación (d2)	Leve	II
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 36. Resultados del análisis granulométrico y de materia orgánica de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 10- Guabito # 2, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Ag	0-8	1	62	37	FAL
Bug	8-36	1	73	26	FL/FAL
BCgl	36-54	0	78	22	FL
BCg2	54-80+	0	60	40	FAL/AL

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica. Muestras tomadas aproximadamente en el sitio donde se ubicaba perfil C2. No se reportaron datos de contenido de materia orgánica en este sitio.

Continuación Anexo 2.

Sitio 11- El Silencio

Cuadro 37. Información general del perfil del Sitio 11- El Silencio, Changuinola, Panamá.

Número del perfil	TAL 64
Clasificación	Fluvaquentic Eutropept
Fecha de lectura	16 de abril de 1993
Ubicación	El Silencio 37,3 32,5
Altitud	5-10 msnm
Forma del terreno	
Posición fisiográfica	Orilla del río Changuinola
Forma del terreno circundante	Casi plano
Pendiente	<2 %
Uso de la tierra	Potrero con maderables
Material matriz	Sedimentos del río Changuinola
Drenaje natural	Bueno/moderado
Nivel freático	>200 cm
Pedregosidad	No hay
Erosión	No hay
Influencia humana	Compactación horizonte A por el pisoteo del ganado

Descripción del perfil

Ag 0-4 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4); con manchas de color en un 25%, pequeñas, definidas, naranjado y gris; franco; estructura en bloques subangulares y angulares finos y medianos; moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; muchas raíces <5 mm; límite neto, plano.

CBg 4-32 cm. Pardo amarillento en húmedo (10YR5/4); con manchas de color en un 10%, medianas, definidas, en forma de un anillo naranjado alrededor de manchas grises; franco arenoso; estructura en bloques subangulares medianos, débil; ligeramente a no adherente y ligeramente a no plástico en mojado, muy friable en húmedo; frecuentes poros muy finos, finos y medianos; comunes raíces <2 mm; límite brusco, plano.

2ABg 32-42 cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/4), con manchas de color en un 10%, pequeñas, definidas e indistintas, rojo, naranjado y gris; franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares muy finos y finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <2 mm; límite gradual, plano.

2Bw 42-77. cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); franco limoso; estructura en bloques subangulares muy finos y finos, moderada; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, muy friable en húmedo; muchos poros muy finos y finos, frecuentes poros medianos; pocas raíces <2 mm; límite neto, plano.

3C 77-100+ cm. Pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); arena media; sin estructura: grano suelto; no adherente y no plástico en mojado, suelto en húmedo; raíces ausentes.

Cuadro 38. Capacidad de uso de la tierra del Sitio I I- El Silencio según método MAG-MIRENEM, Changuinola, Panamá.

PARÁMETRO	CATEGORÍA	CLASE
Erosión		
pendiente (e1)	0-3%	I
erosión sufrida (e2)	nula	I
Suelos		
profundidad efectiva (s1)	80 cm	III
textura (s2)		
suelo	Mod. gruesa	II
subsuelo	Mediana	I
pedregosidad (s3)	Sin piedras	I
fertilidad (s4)	Alta	I
toxicidad de Cu (s5)	Nulo	I
salinidad (s6)	Nulo	I
Drenaje		
drenaje (d1)	Mod. lento	I
riesgo de inundación (d2)	Moderado	III
Clima		
zona de vida (c1)	bh-T	I
período seco (c2)	Ausente	I
neblina (c3)	Ausente	I
viento (c4)	Ausente	I

Fuente: SEPSA (1991)

Cuadro 39. Resultados del análisis granulométrico y de densidad aparente de materia orgánica de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio I I- El Silencio, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Dens. apar (g/ml)
A	0-4	1	64	35	FAL	1,22
Bwgl	4-32	70	22	8	Fa	1,20
Bvg2	32-42	22	59	19	FL	1,10
2CBg	42-77	21	64	15	FL	1,16

El muestreo se realizó en 1993; la granulometría fue analizada en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica. No se reportaron datos de contenido de materia orgánica en este sitio.

Anexo 3. Resultados de los análisis químicos de suelos en sitios seleccionados de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá

Sitio I- San Rafael

Cuadro 40. Resultados del análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y N (%) de muestras de suelo por bloque (ensayo) del Sitio I- San Rafael, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Bloque	pH H ₂ O	pH KCL	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	N
1	4,1	4,0	4,3	7,1	2,6	0,36	5	2	64	6	3,0	0,23
2	4,6	4,2	1,3	10,8	2,8	0,38	9	3	58	4	3,9	0,20
3	5,3	4,7	0,2	33,6	5,7	0,49	2	3	46	2	4,6	0,33

Muestras tomadas al inicio del proyecto (abril 1989) y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Todas las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm.

Continuación Anexo 3.

Sitio 2- Olivia

Cuadro 4I. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens. apar, g/ml) de muestras de suelo de dos años y representativas del Sitio 2- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte/ Año	Prof (cm)	pH H ₂ O	pH, KCL	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens. apar.
1989													
1	0-5	6,4	5,9	0,2	30,3	6,0	2,08	57	11	11	7	3,2	0,83
2	5-25	6,0	5,0	0,1	27,7	4,8	1,19	13	32	7	9	1,1	0,91
3	25-57	6,1	5,0	0,1	31,1	5,0	0,47	9	2	13	9	0,6	1,06
4	57-77	6,0	4,8	0,1	32,2	5,2	0,24	10	1	14	6	0,2	1,13
5	77-100	6,1	4,9	0,1	29,4	4,8	0,17	12	1	18	8	0,6	1,11
1993													
A	0-5	6,3	5,5	0,1	23,6	4,8	1,45	19	1	1	3	na	na
Bw1	5-20	6,5	5,1	0,1	21,9	4,4	1,17	13	1	13	6	na	na
Bwg	20-35	6,5	4,8	0,1	20,0	4,0	1,72	11	1	1	7	na	na
Bw2	35-45	6,6	5,0	0,1	22,9	4,4	0,64	11	1	4	10	na	na
BC	45-58	6,8	4,4	0,1	22,0	4,4	0,27	12	1	4	6	na	na
2Bw1	58-73	6,9	4,9	0,1	20,3	4,4	0,16	14	1	1	12	na	na
2Bw2	73-80	6,9-	5,0	0,1	26,5	5,6	0,12	19	14	3	14	na	na
2BW3	80-140+	6,9	4,6	0,1	26,0	6,3	0,11	25	2	1	15	na	na

Muestras tomadas al inicio del proyecto (marzo 1989) y en marzo, 1993 y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio.

Cuadro 42. Resultados del análisis de capacidad de intercambio catiónico, cationes de cambio (meq/100 ml suelo) y saturación de bases (Sat. bases, %) de muestras de suelo de dos perfiles representativos del Sitio-2 Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat. bases (%)
Perfil C1							
Bwg	20-35	20,0	4,0	2,67	0,29	29,0	93
Bw2	35-45	23,9	4,5	1,05	0,31	32,2	93
BC	15-58	23,3	4,5	0,47	0,35	29,3	94
2Bw1	58-73	22,8	4,7	0,29	0,40	29,9	94
2Bw2	73-80	27,9	5,8	0,23	0,43	37,2	92
2Bw3	80-140+	26,9	6,5	0,23	0,50	38,6	89

Muestras tomadas en 1993 y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio 3- Catarina

Cuadro 43. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), P ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Zn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Mn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Cu ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), materia orgánica (MO, %), densidad aparente (Dens. apar, g/ml) y N (%) de muestras de suelo por horizonte y dos años de medición del perfil representativo del Sitio 3- Catarina, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Prof (cm)	pH H ₂ O	pH KCL	Acid. extr	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	M.O.	Dens. apar.	N
1989														
1	0-10	6,4	5,6	0,1	27,7	4,3	1,31	25	1	7	5	3,4	0,95	na
2	10-28	6,1	5,2	0,1	32,6	5,0	0,71	8	1	2	5	2,2	0,74	na
3	28-68	5,9	5,1	0,1	24,9	4,2	0,22	6	1	1	6	1,1	0,81	na
4	68-100	5,8	5,8	0,1	28,0	4,6	0,14	7	1	6	7	0,3	1,05	na
1993*														
1		6,2	5,3	0,2	25,7	4,2	0,88	12	1	27	5	2,1	na	0,16
2		6,0	5,1	0,1	26,6	4,4	0,79	9	2	23	6	1,7	na	0,15
3		6,2	5,3	0,1	28,4	4,7	0,57	14	1	17	5	1,5	na	0,14

Muestras tomadas al inicio del proyecto (marzo 1989) y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio. *Todas las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm.

Cuadro 44. Resultados del análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na, meq/100 ml suelo) y saturación de bases (Sat. base, %) de muestras de suelo de dos perfiles representativos del Sitio 3- Catarina, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat. base
Bw1	10-20	20,0	4,0	1,21	0,39	26,6	96
Bw2	20-80	25,0	4,7	0,36	0,42	33,9	90
Bw3	80-100+	23,2	5,0	0,36	0,47	29,8	99

Muestras tomadas en 1993 y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio 4- Paraíso

Cuadro 45. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), P ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Zn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Mn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Cu ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens. apar, g/ml) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 4- Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte/ año	Profundidad (cm)	pH H ₂ O	pH KCL	Acid. Extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens. apar.
1989													
1	0-19	7,2	nd	0,2	20,9	4,2	0,60	9	0	3	7	2,4	1,0
2	19-28	6,8	nd	0,2	18,0	3,1	0,35	5	1	8	3	0,7	1,0
3	28-55	6,1	nd	0,1	20,1	3,6	0,13	15	1	1	8	2,1	1,1
4	55-75	6,9	nd	0,1	16,3	3,2	0,10	27	1	2	9	1,8	0,9
5	75-100	6,4	nd	0,2	22,2	4,1	0,12	10	1	10	8	1,5	1,0
1993*													
1		7,1	5,6	0,2	35,7	6,2	0,96	12	2	17	8	1,2	nd
2		7,0	5,6	0,2	35,6	6,2	1,13	13	2	19	8	2,1	nd
3		7,2	5,7	0,1	36,0	6,3	1,20	20	2	6	9	2,3	nd

Muestras tomadas al inicio del proyecto y mitad (marzo 1989 y 1993, respectivamente) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio* Todas las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0 a 20 cm.

Cuadro 46. Resultados del análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na, meq/100 ml suelo) y saturación de bases (Sat. bases, %) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 4- Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat. bases
Bw1	8-18	22,4	4,7	3,03	0,34	33,2	92
Bwg1	18-28	16,9	3,3	1,10	0,33	25,6	85
Bw2	28-80	24,3	6,3	0,36	0,47	35,5	89

Muestras tomadas en 1993 y analizadas en el laboratorio de suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio 5- San Miguel

Cuadro 47. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens. apar, g/ml) de muestras de suelo de dos perfiles representativos Sitio 5- San Miguel, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH H ₂ O	pH KCL	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens. apar.
Perfil C1													
1	0-10	5,2	4,3	0,3	21,6	5,6	0,20	4	2	7	7	1,3	0,77
2	10-30	5,2	4,2	0,4	22,6	5,9	0,14	1	1	12	7	0,7	0,97
3	30-75	5,3	4,2	0,3	24,8	6,4	0,8	4	1	6	6	0,1	1,03
Perfil C2													
1	0-15	5,1	4,4	1,3	20,0	5,2	0,54	4	2	35	4	2,2	0,87
2	15-35	4,8	3,9	1,1	18,7	5,8	0,11	na	1	38	6	0,4	0,90
3	35-80	4,8	3,9	0,3	19,5	6,1	0,11	1	1	23	5	0,0	0,96

Muestras tomadas al inicio del proyecto (marzo 1989) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio. na= no analizado.

Continuación Anexo 3.

Sitio 6- Puerto Viejo

Cuadro 48. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens. apar, g/ml) de muestras de suelo de dos perfiles representativos del Sitio 6- Puerto Viejo, Limón, Talamanca.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH H ₂ O	pH KCL	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens. apar.
Perfil C1													
1	0-5	6,5	6,0	0,1	17,3	4,2	0,50	8	1	32	2	2,1	1,23
2	5-30	6,2	5,6	0,1	15,9	4,0	0,13	4	1	21	3	1,2	1,34
3	30-62	5,9	5,1	0,1	12,5	3,3	0,10	10	1	3	1	0,0	1,63
4	62-100	6,2	5,3	0,2	12,4	4,0	0,09	8	1	2	0	0,0	1,50
Perfil C2													
1	0-25	7,1	6,5	0,1	16,0	4,2	0,23	7	1	11	1	0,8?	1,52
2	25-50	6,7	6,0	0,1	14,9	3,9	0,16	11	0	1	0	0,0?	1,64
3	50-100	6,9	6,2	0,1	12,8	3,1	0,08	13	1	1	0	2,0?	1,31

Muestras tomadas al inicio del proyecto (abril 1989) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio. Parece que el perfil C2 analizado en el presente estudio es diferente al perfil muestreado en 1989. Valores de materia orgánica de este perfil parecen erróneos, por tanto los análisis no fueron repetidos.

Cuadro 49. Resultados de análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na, meq/100 g suelo) y saturación de bases de muestras (Sat. bases, %) del suelo de un perfil representativo del Sitio 6- Puerto Viejo, Limón, Costa Rica.

Horizonte/perfil	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat. bases
Perfil C2							
Bw	5-85	7,1	2,2	0,07	0,31	14,4	67
CB	85-120	11,3	2,7	0,55	0,29	17,8	83

Muestras tomadas en 1993 y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio 7- Carbón

Cuadro 50. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens. apar, g/ml) de suelo del perfil representativo del Sitio 7- Carbón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Acid. extr	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO ²	Dens. apar.
1	0-50	6,1	5,5	0,1	23,1	5,3	0,30	5	2	2	2	4,3	0,78
2	50-75	5,8	4,8	0,1	38,7	5,8	0,19	6	1	2	4	1,0	1,13
3	75-100	5,5	4,5	0,1	34,8	5,7	0,15	8	1	6	3	0,6	1,09

Muestras tomadas al inicio del proyecto (abril 1989) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Los horizontes y profundidades muestreados pueden ser diferentes a los distinguidos en el presente estudio. 2 Datos de la repetición de análisis en 1993, ya que los datos originales parecían poco confiables.

Cuadro 51. Resultados de análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio (Ca, Mg, K, a, meq/100 g suelo) y saturación de bases (Sat. bases, %) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 7- Carbon, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat. bases
Bwg	12-30	33,1	5,3	0,36	0,35	43,4	90
Bu	30-90	25,8	6,3	0,24	0,33	37,4	87

Muestras tonadas en 1993 y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio-8- Bordón

Cuadro 52. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid, extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens, apar, g/ml) de muestras de suelo del perfil representativo del sitio 8 Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCL)	Acid, extra,	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO ¹	Dens, apar,
1	0-34	4,9	4,3	0,4	33,7	5,6	0,4	3	2	56	10	1,5	0,96
2	34-69	5,1	4,5	0,2	34,9	5,4	0,32	4	2	40	10	2,5	0,94

Nuestras tonadas al inicio del proyecto (abril 1989) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica. El perfil muestreado es diferente a los descritos en el presente estudio, ¹Promedio de los datos de la repetición de análisis en 1993 y los análisis en 1989.

Continuación Anexo 3.

Sitio 9- Guabito # I

Cuadro 53. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid, extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens, apar, g/ml) de muestras de suelo de suelo del perfil representativo del sitio 9- Guabito # I, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCL)	Acid, extr,	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens, apar
1	0-8	6,7	5,2	0,1	43,2	6,9	0,43	16	1	33	9	42	0,92
2	8-19	6,8	4,9	0,2	20,7	5,2	0,26	19	1	26	8	0,8	-
3	19-37	6,9	5,0	0,3	21,1	5,6	0,40	19	1	10	18	27	0,91
4	37-95	6,6	4,7	0,3	23,2	6,1	0,09	11	3	2	13	0,7	1,01

Muestras tomadas al inicio y mitad del proyecto (junio 1989 y 1993) y analizadas en el laboratorio de Suelos del CATIE. El perfil estudiado es diferente al perfil descrito en 1993 y probablemente clasifica como *Fluva-quentic Eutropept*.

Cuadro 54. Resultados de análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na, meq/100 ml suelo) y saturación de bases (Sat, bases, %) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio 9- Guabito # 1, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	Ca	Mg	K	Na	CIC	Sat, bases
Bvg1	9-22	26,1	9,2	0,20	0,44	41,5	87
Bwg2	22-58	24,0	10,3	0,23	0,50	39,2	90
Bwg3	58-70	23,0	10,3	0,31	0,46	35,1	97

El muestreo se realizó en 1993; las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos del MAG, Guadalupe, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio 10- Guabito # 2

Cuadro 55. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid, extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K (µg/ml/ suelo), P (µg/ml/ suelo), Zn (µg/ml/ suelo), Mn (µg/ml/ suelo), Cu (µg/ml/ suelo), materia orgánica (MO, %) y densidad aparente (Dens, apar, g/ml) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio Guabito # 2, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH	pH	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	MO	Dens. Apar.
Perfil C1													
1	0-20	5,7	4,8	0,1	24,1	5,0	0,88	12	1	49	10	1,5	0,97
2	20-38	6,0	5,0	0,1	25,2	5,4	0,32	6	1	13	8	4,0	0,95
3	38-70	6,0	5,0	0,1	22,7	4,9	0,11	16	1	12	13	1,0	0,94
Perfil C2													
1	0-15	6,7	5,4	0,4	21,3	4,2	0,86	25	2	21	9	8,2	0,75
2	15-35	6,6	5,1	0,2	20,6	5,0	0,18	6	3	19	14	3,4	0,8

Muestras tomadas al inicio del proyecto (marzo 1989) y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Continuación Anexo 3.

Sitio I I- El Silencio

Cuadro 56. Resultados de análisis de pH (en agua y KCL), acidez extraíble (Acid. extr., meq/100 ml suelo), Ca (meq/100 ml suelo), Mg (meq/100 ml suelo), K ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), P ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Zn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Mn ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), Cu ($\mu\text{g/ml}$ / suelo), materia orgánica (MO, %) y N (%) de muestras de suelo del perfil representativo del Sitio I I- El Silencio, Changuinola, Panamá.

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Acid. extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu
Ag	0-4										
CBg	4-32	6,8	4,8	0,10	15,8	15,8	0,31	4,7	0,3	6,3	2,7
2ABq	32-42	6,7	4,9	0,10	20,8	20,8	0,15	4,7	1,6	2,3	8,5
2Bw	42-77	6,8	4,9	0,10	15,5	15,5	0,10	5,6	1,6	3,2	9,8
3C	77-100+	6,8	4,6	0,10	15,3	15,3	0,21	12,3	0,3	1,8	1,5

Muestras tomadas en 1993 y analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Anexo 4. Comportamiento en diámetro a la altura del pecho (dap, cm) y altura (m) de doce especies maderables por sitio y tipo de ensayo en Talamanca, Limón, Costa Rica y Changuinola, Panamá.

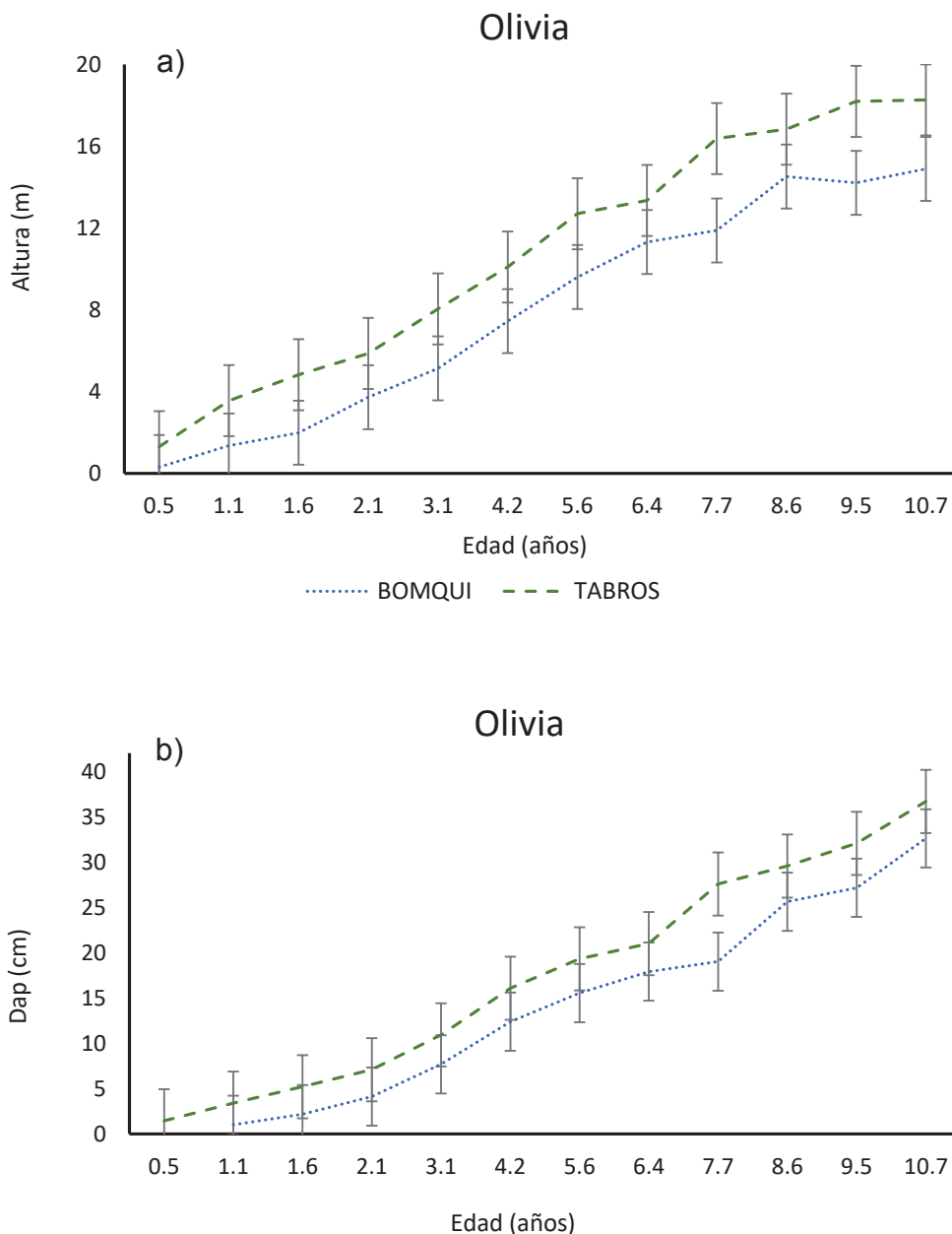


Figura 20. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de dos especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 2- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

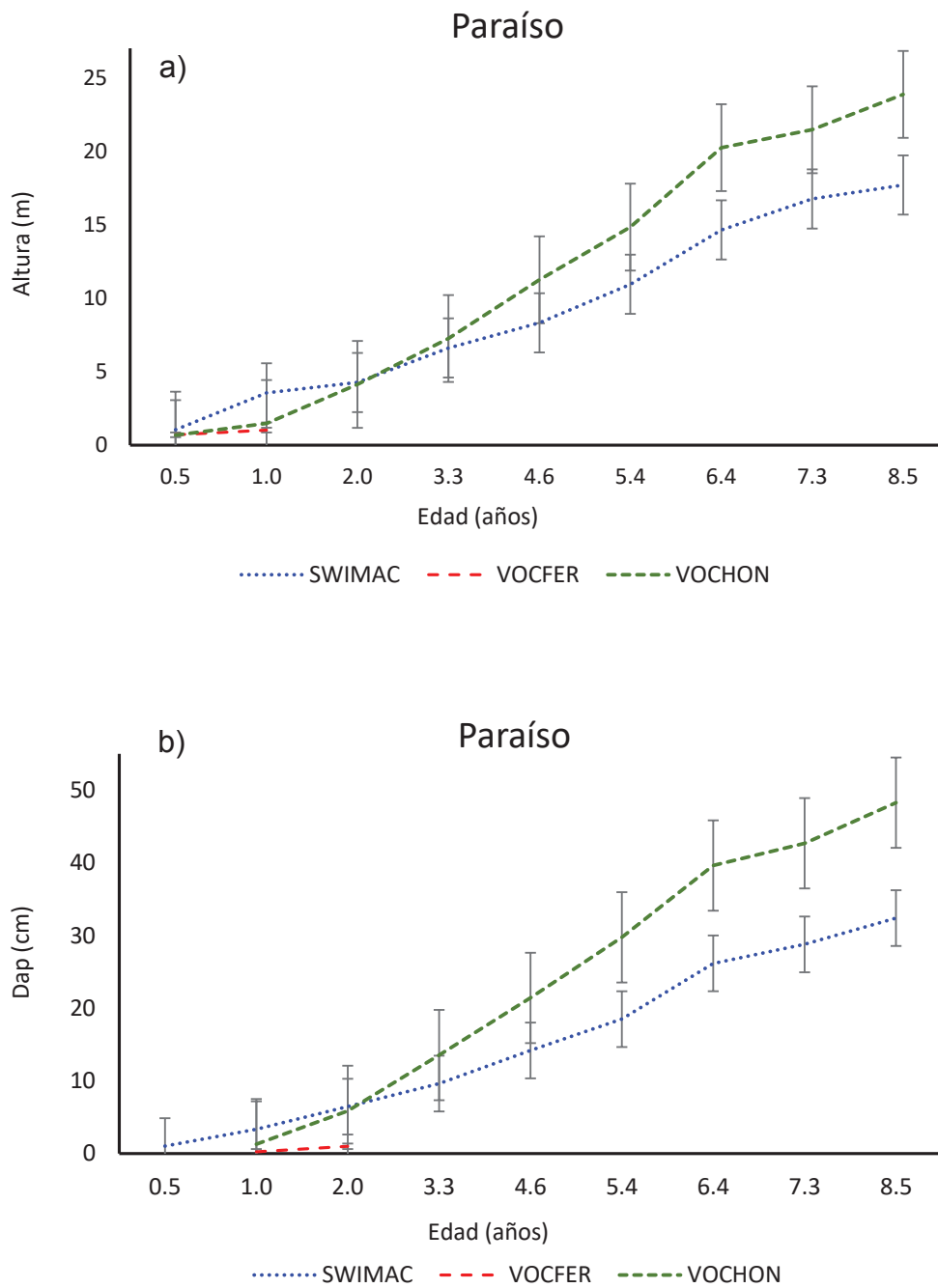


Figura 21. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de tres especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 4- Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica. SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

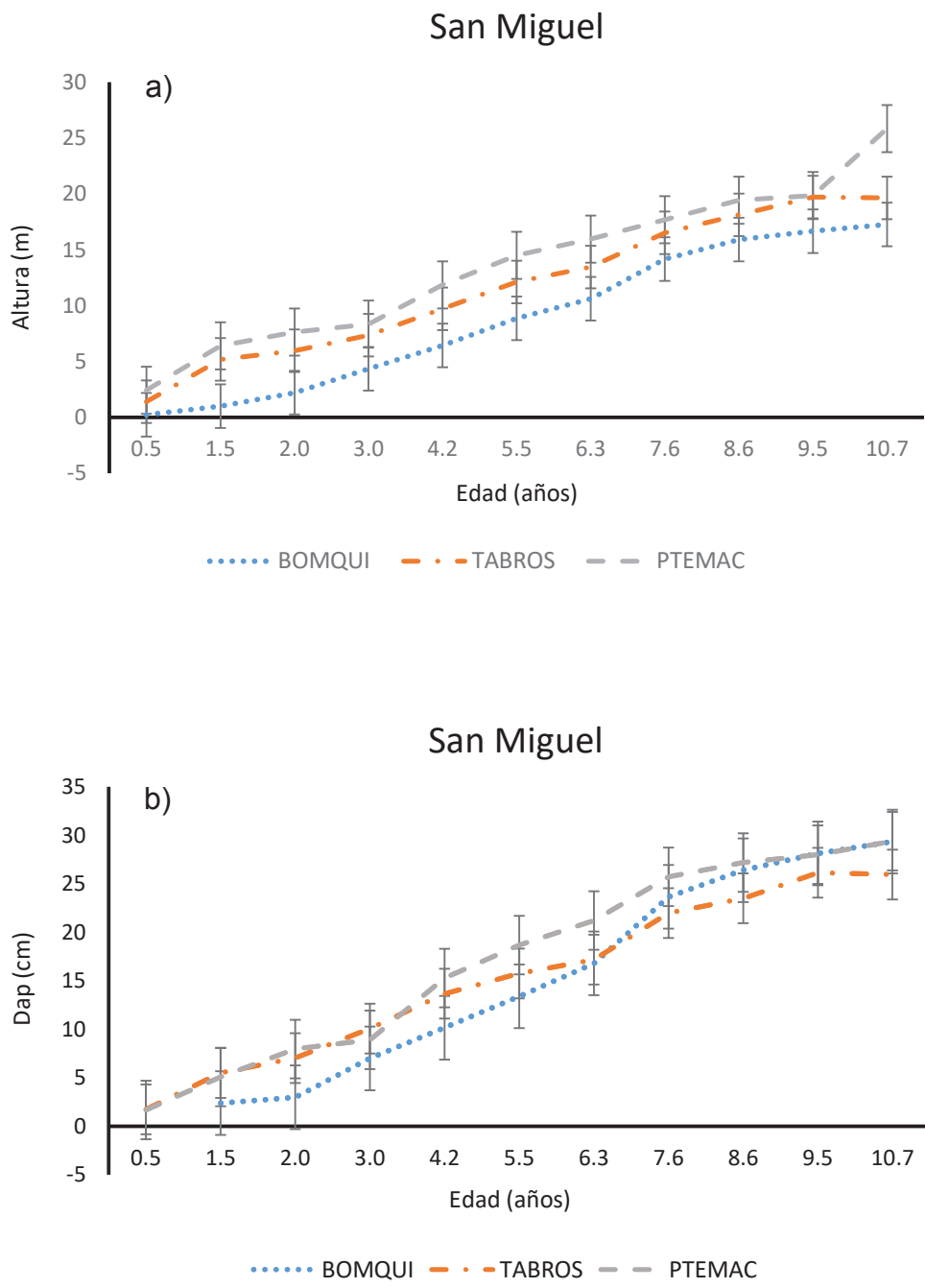


Figura 22. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de tres especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 5- San Miguel, Talamanca, Limón, Costa Rica. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, PTEMAC: *Pterocarpus macrocarpus*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

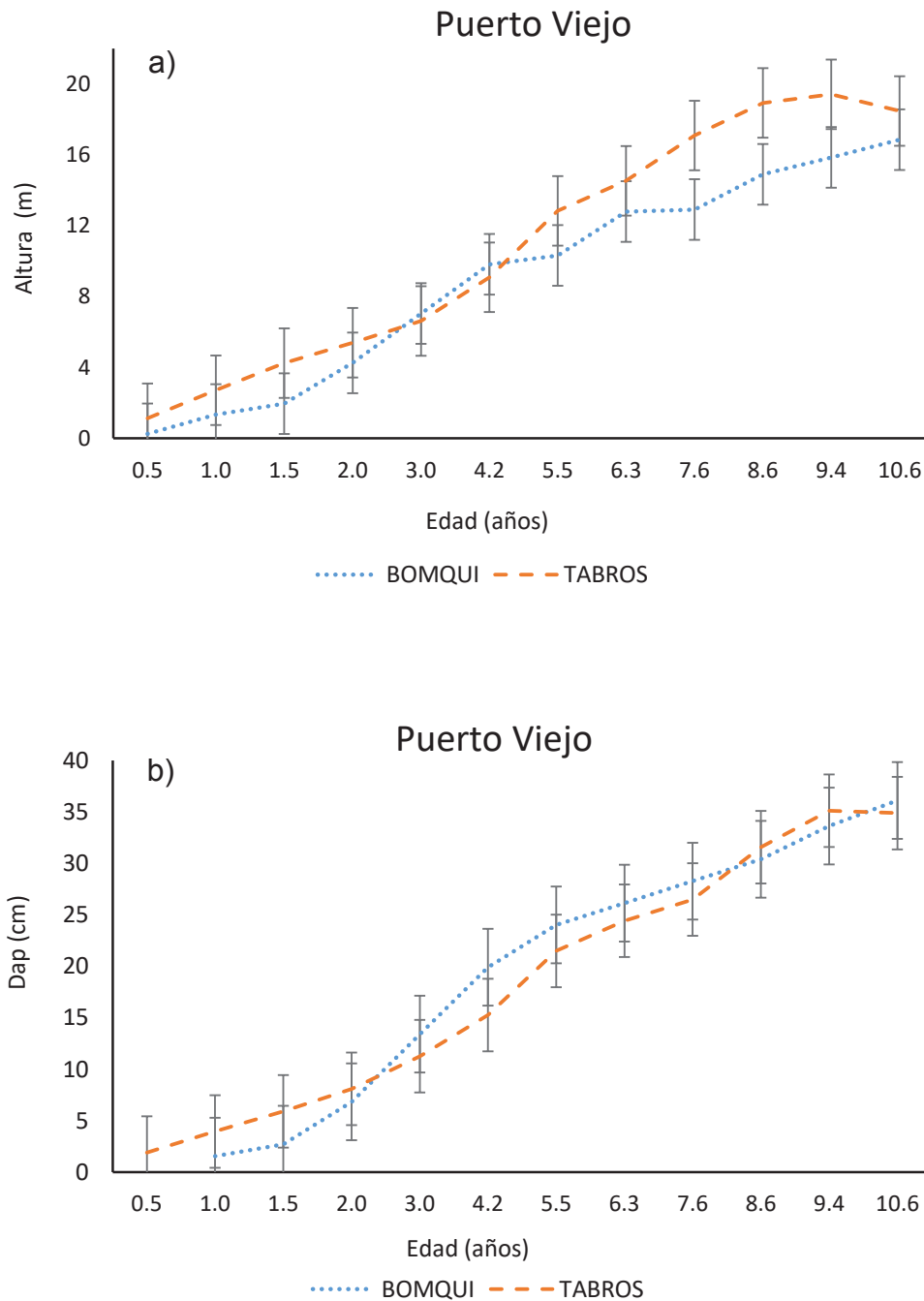


Figura 23. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de dos especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 6- Puerto Viejo, Talamanca, Limón, Costa Rica. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

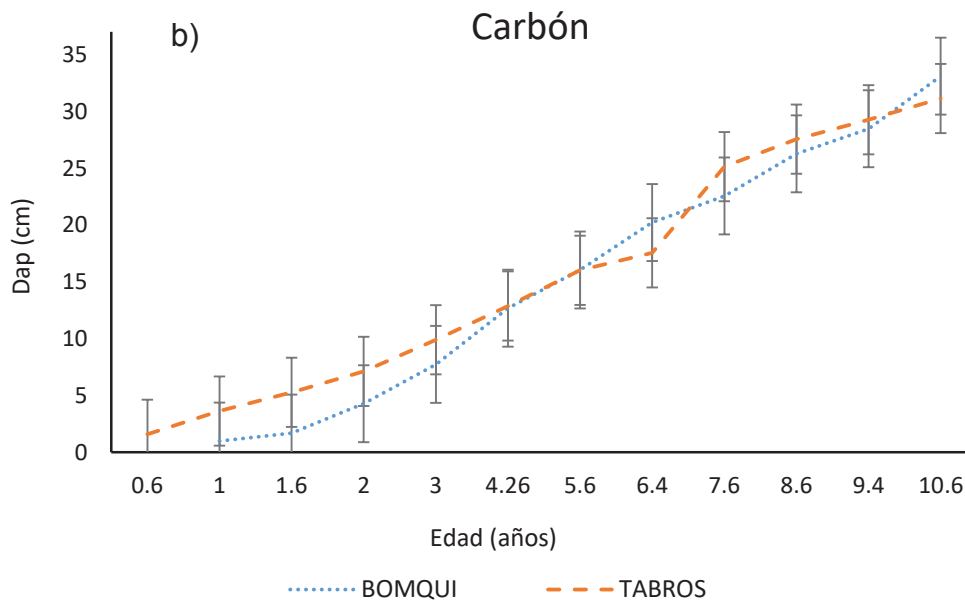
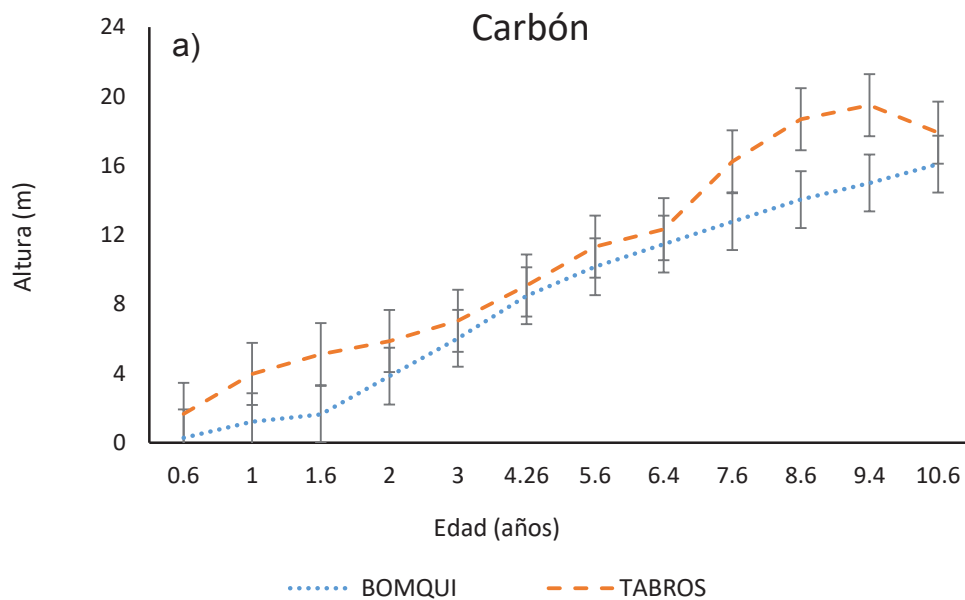


Figura 24. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de dos especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 7- Carbón, Talamanca, Limón, Costa Rica. BOMQUI: *Bombacopsis quinata*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

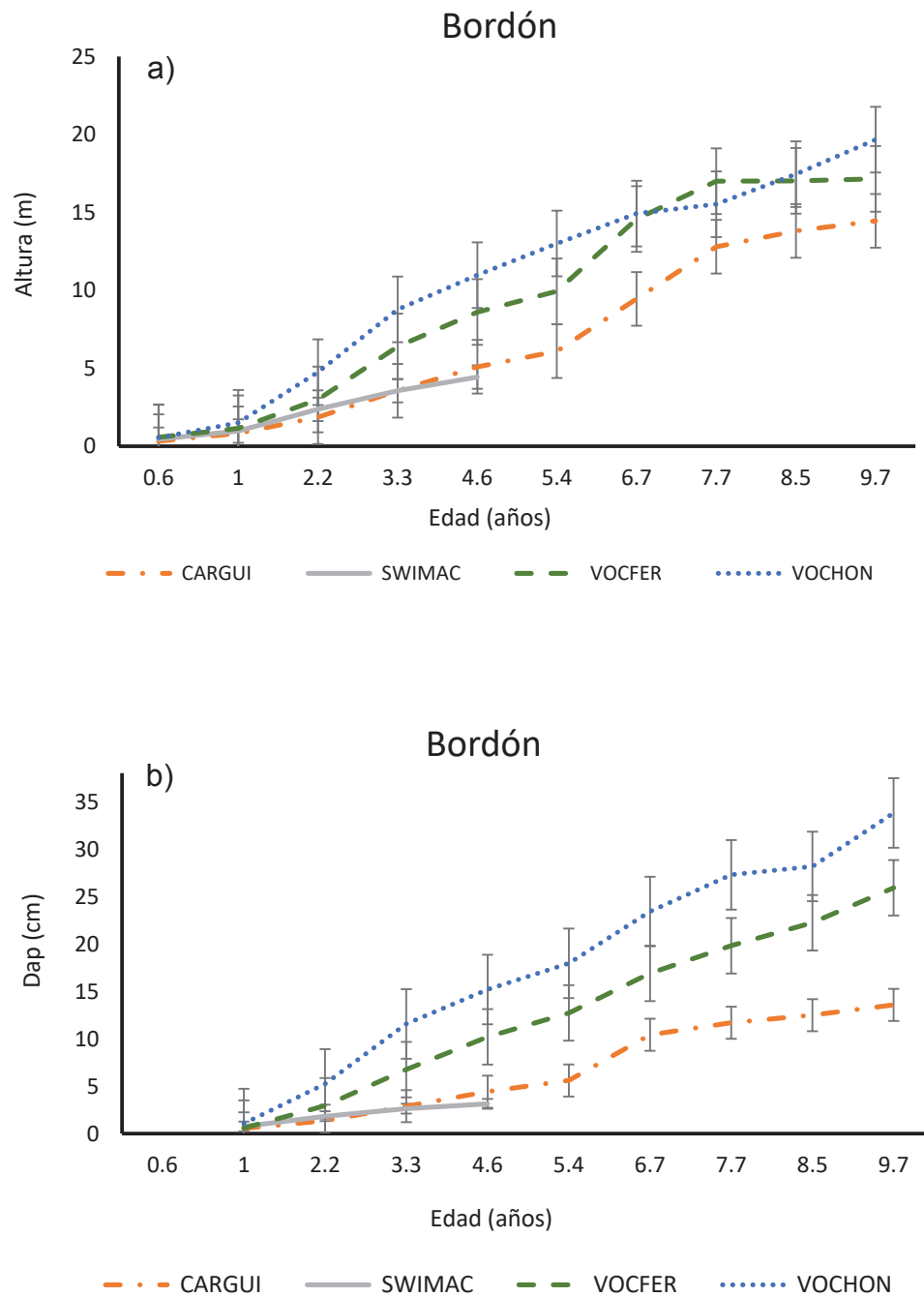


Figura 25. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de cuatro especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 8- Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica. CARGUI: *Carapa guianensis*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, VOCFER: *Vochysia ferruginea*, VOCHON: *Vochysia hondurensis*.

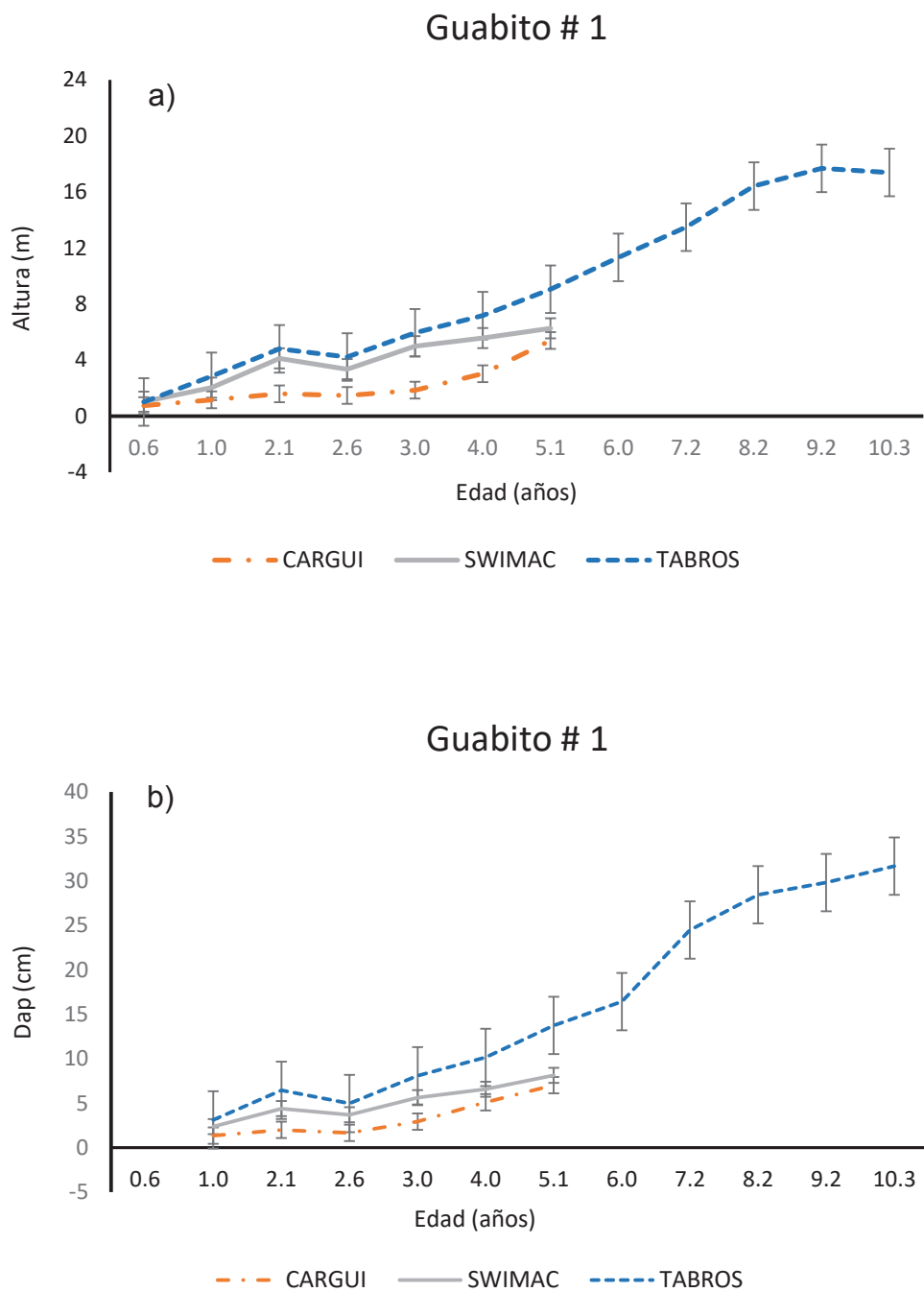


Figura 26. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de tres especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 9- Guabito #I, Changuinola, Panamá. CARGUI: *Carapa guianensis*, SWIMAC: *Swietenia macrophylla*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

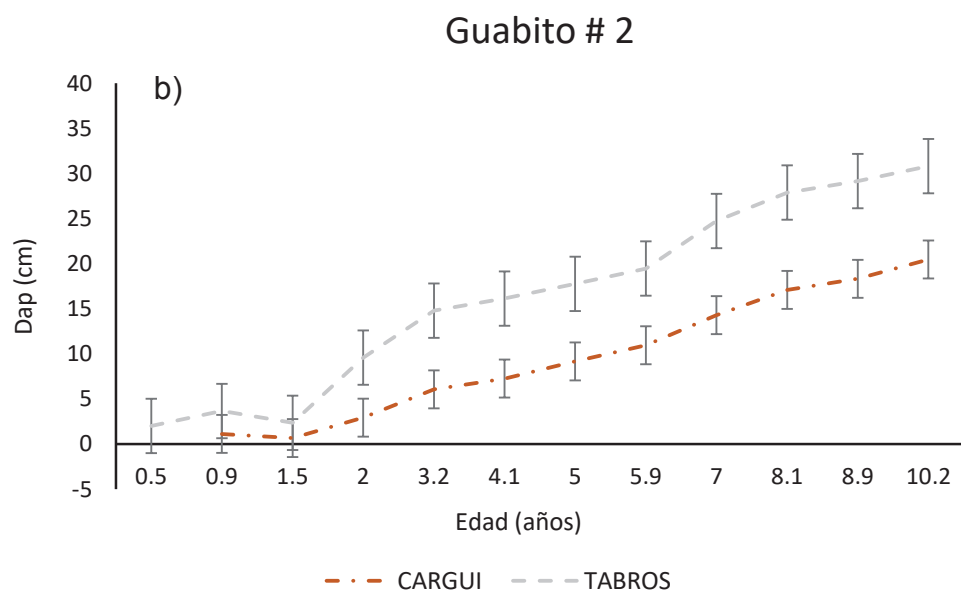
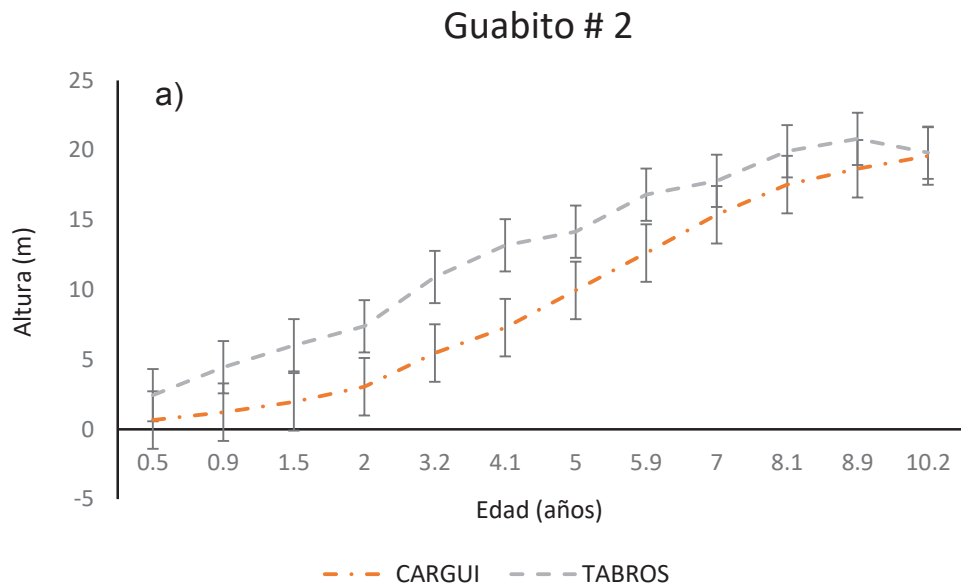


Figura 27. Crecimiento en altura (a, m) y diámetro (b, cm) de dos especies maderables establecidas en los pre-ensayos en el Sitio 10- Guabito #2, Changuinola, Panamá. CARGUI: *Carapa guianensis*, TABROS: *Tabebuia rosea*.

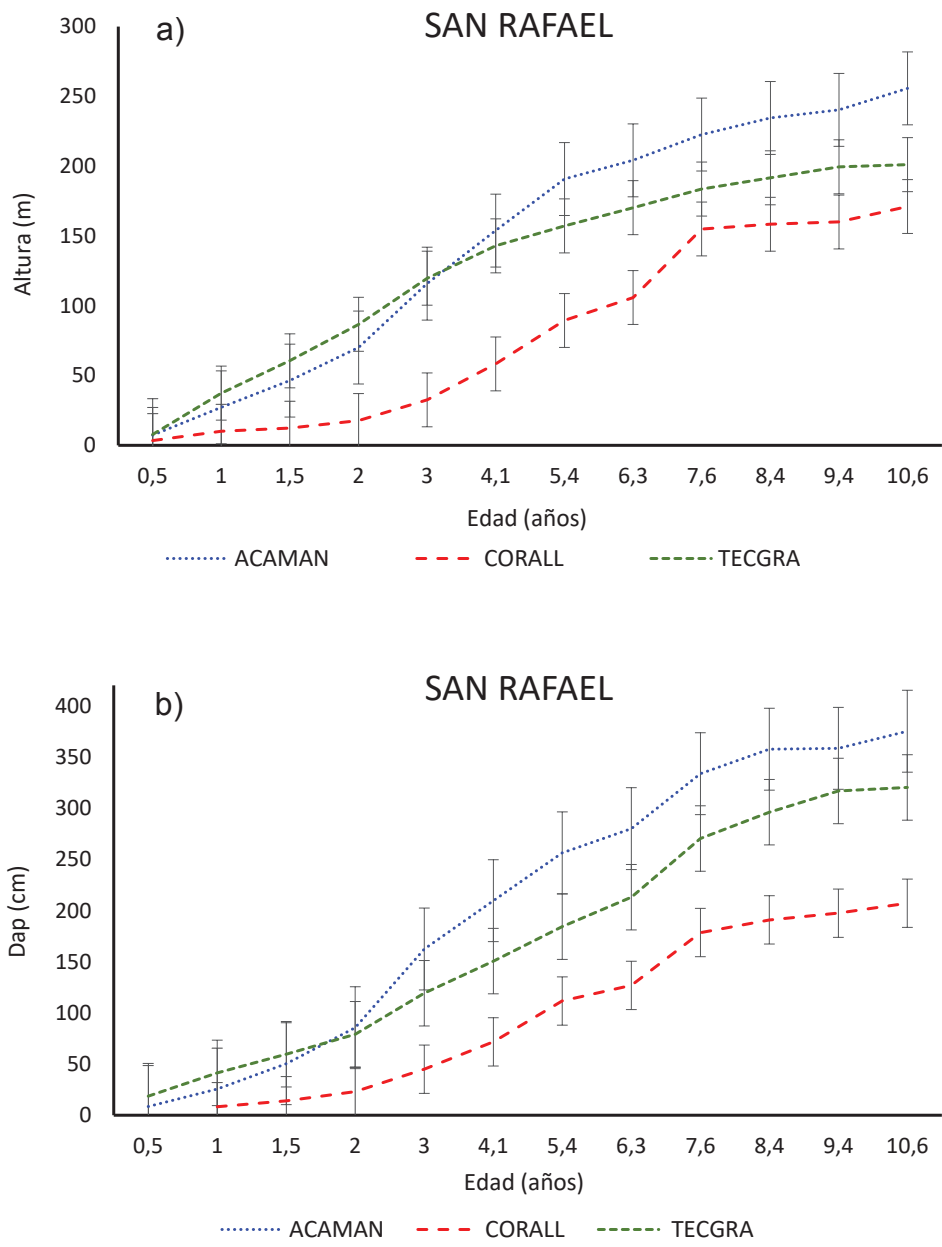


Figura 28. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio I- San Rafael, Talamanca, Limón, Costa Rica. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, TECGRA: *Tectona grandis*.

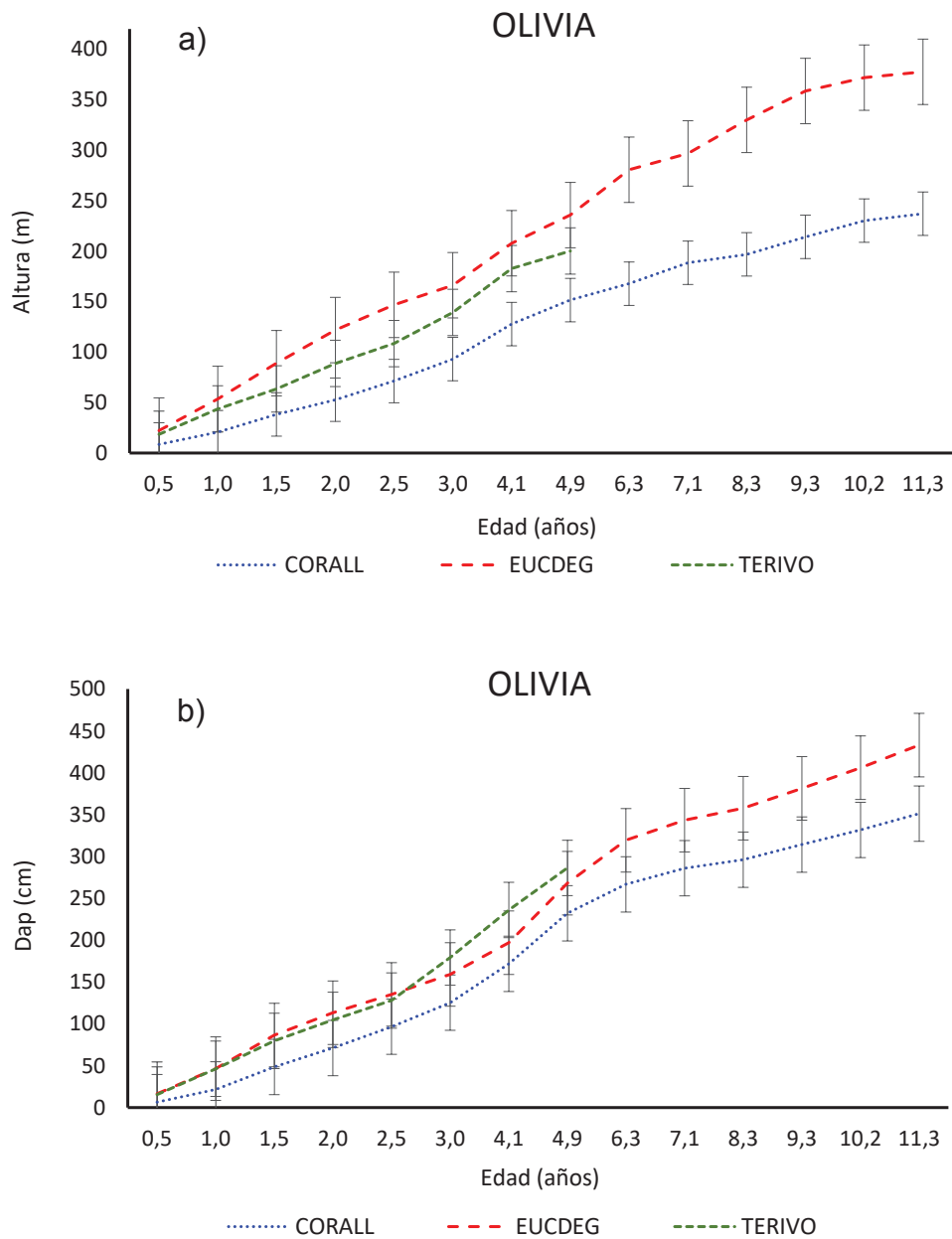


Figura 29. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecidas en ensayos completos en el Sitio 2- Olivia, Talamanca, Limón, Costa Rica. CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

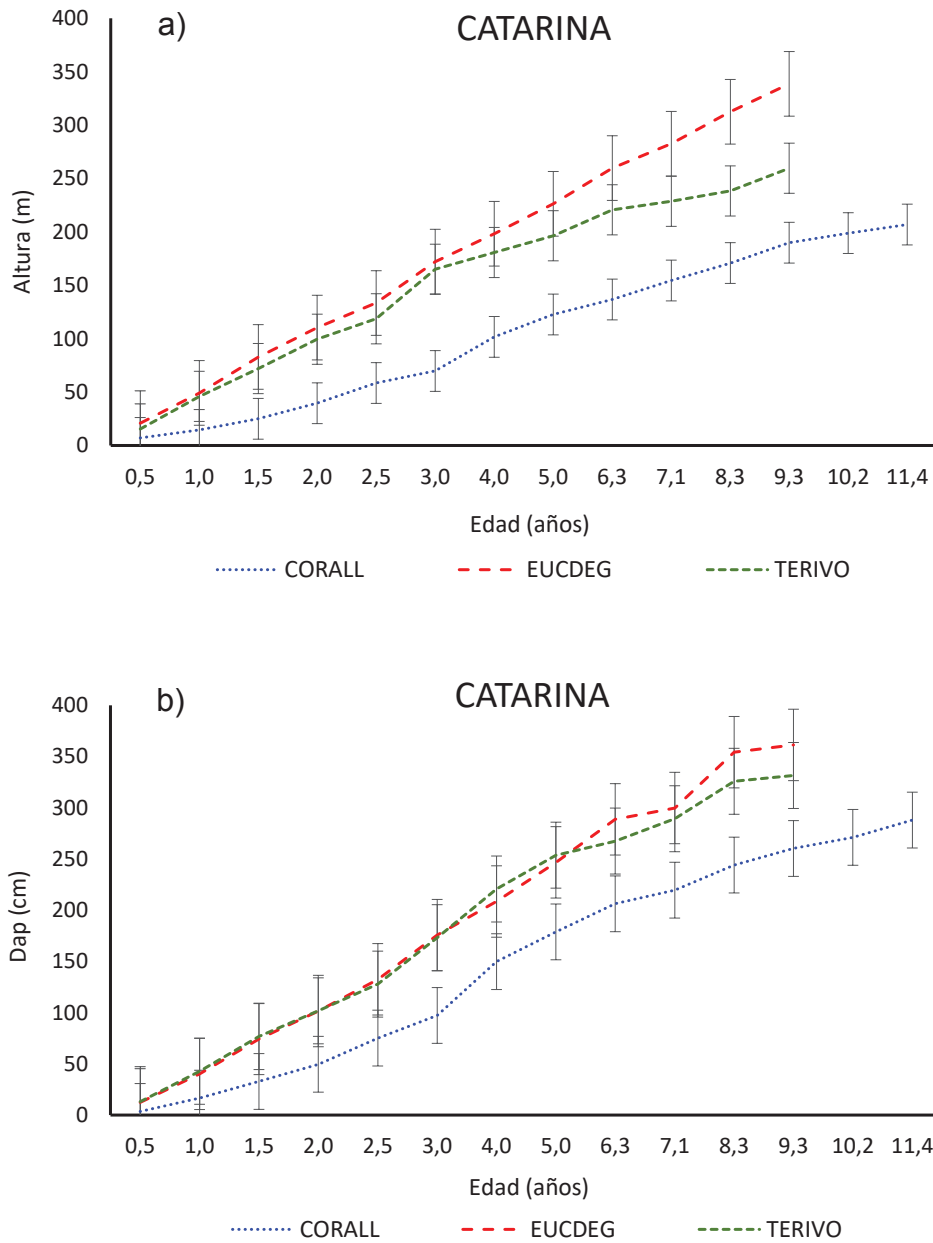


Figura 30. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 3- Catarina, Talamanca, Limón, Costa Rica. CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

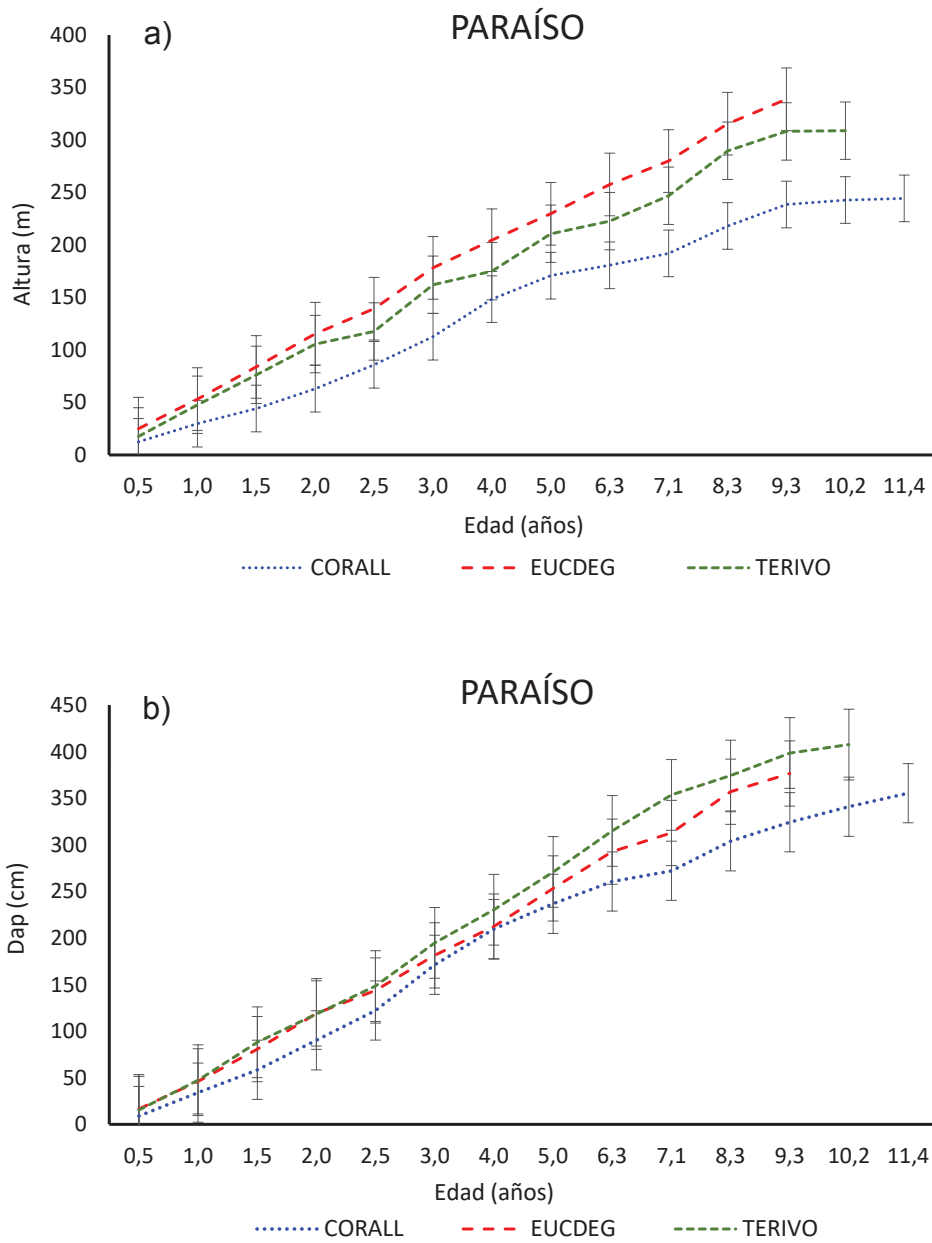


Figura 31. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 4- Paraíso, Talamanca, Limón, Costa Rica. CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

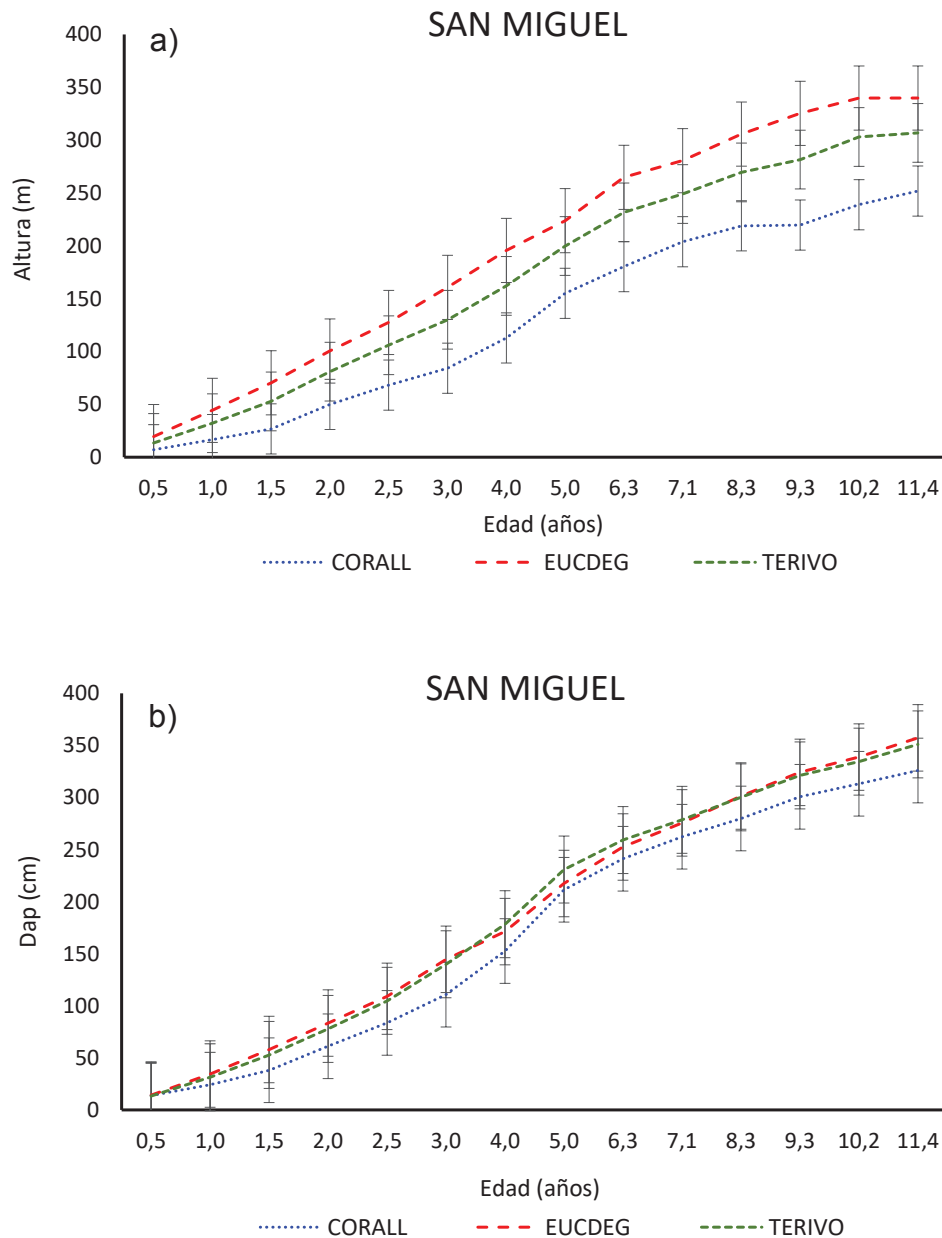


Figura 32. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 5- San Miguel, Talamanca, Limón, Costa Rica. CORALL: *Cordia alliodora*, EUCDEG: *Eucalyptus deglupta*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

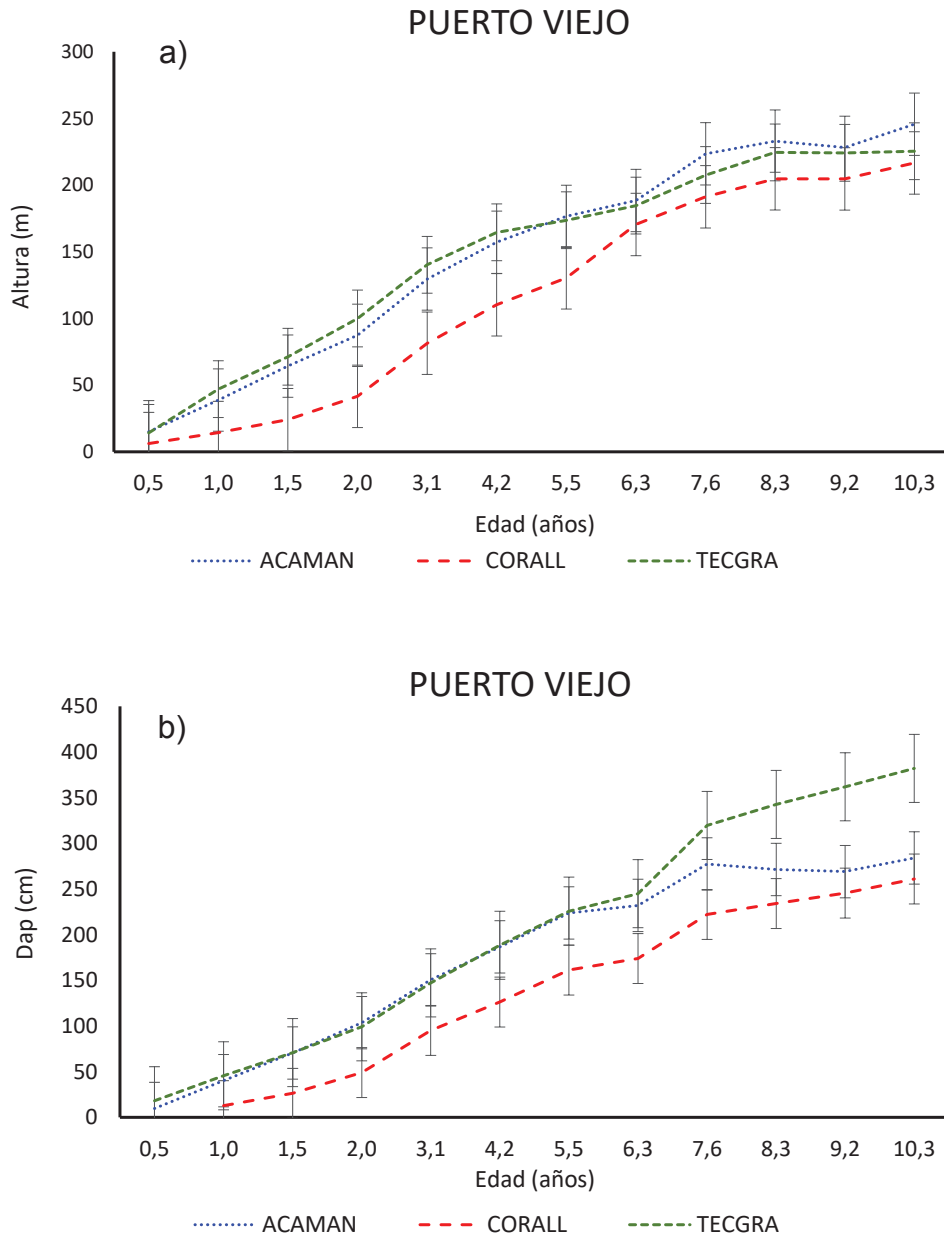


Figura 33. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 6- Puerto Viejo, Talamanca, Limón, Costa Rica. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, TECGRA: *Tectona grandis*.

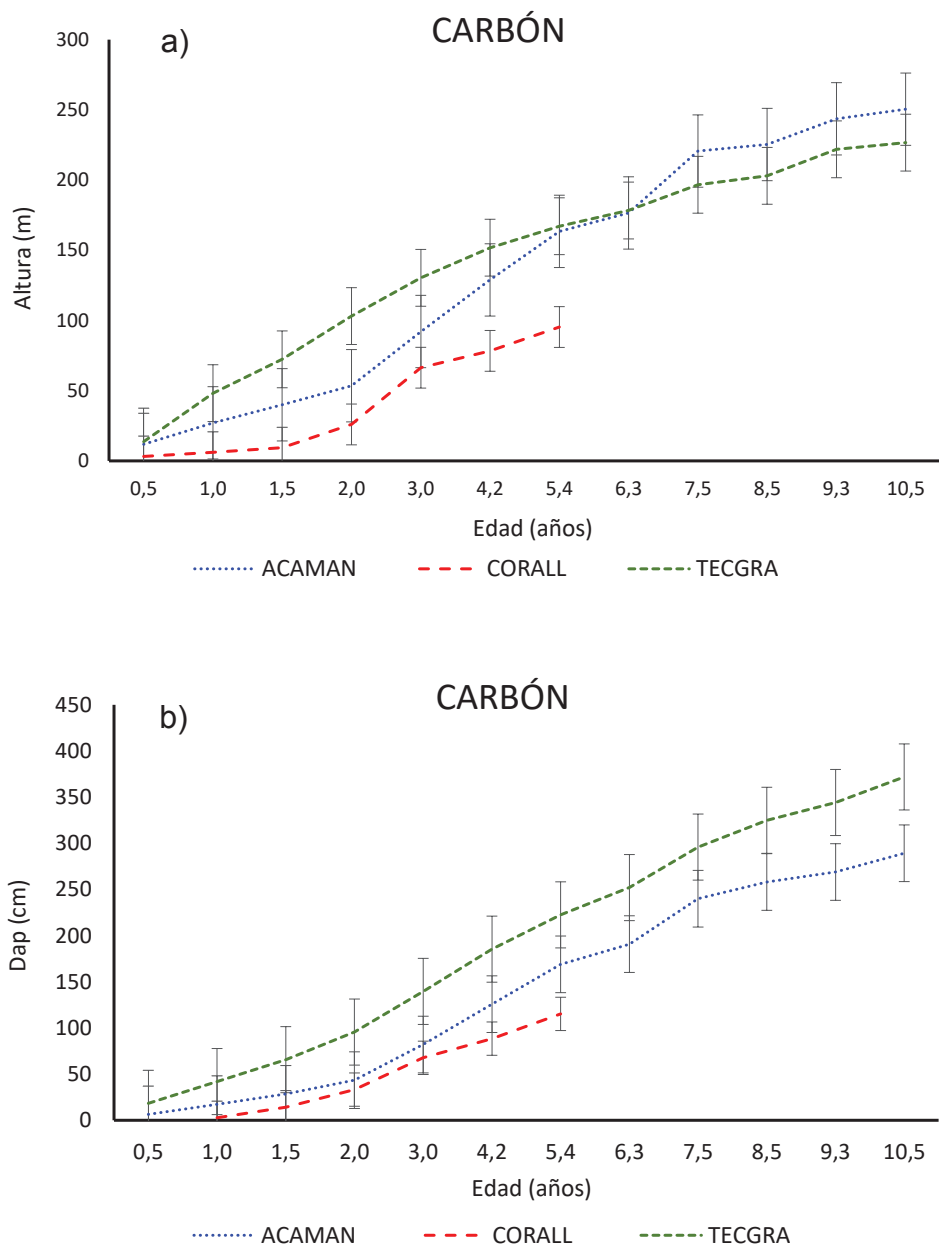


Figura 34. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 7- Carbón, Talamanca, Limón, Costa Rica. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, TECGRA: *Tectona grandis*.

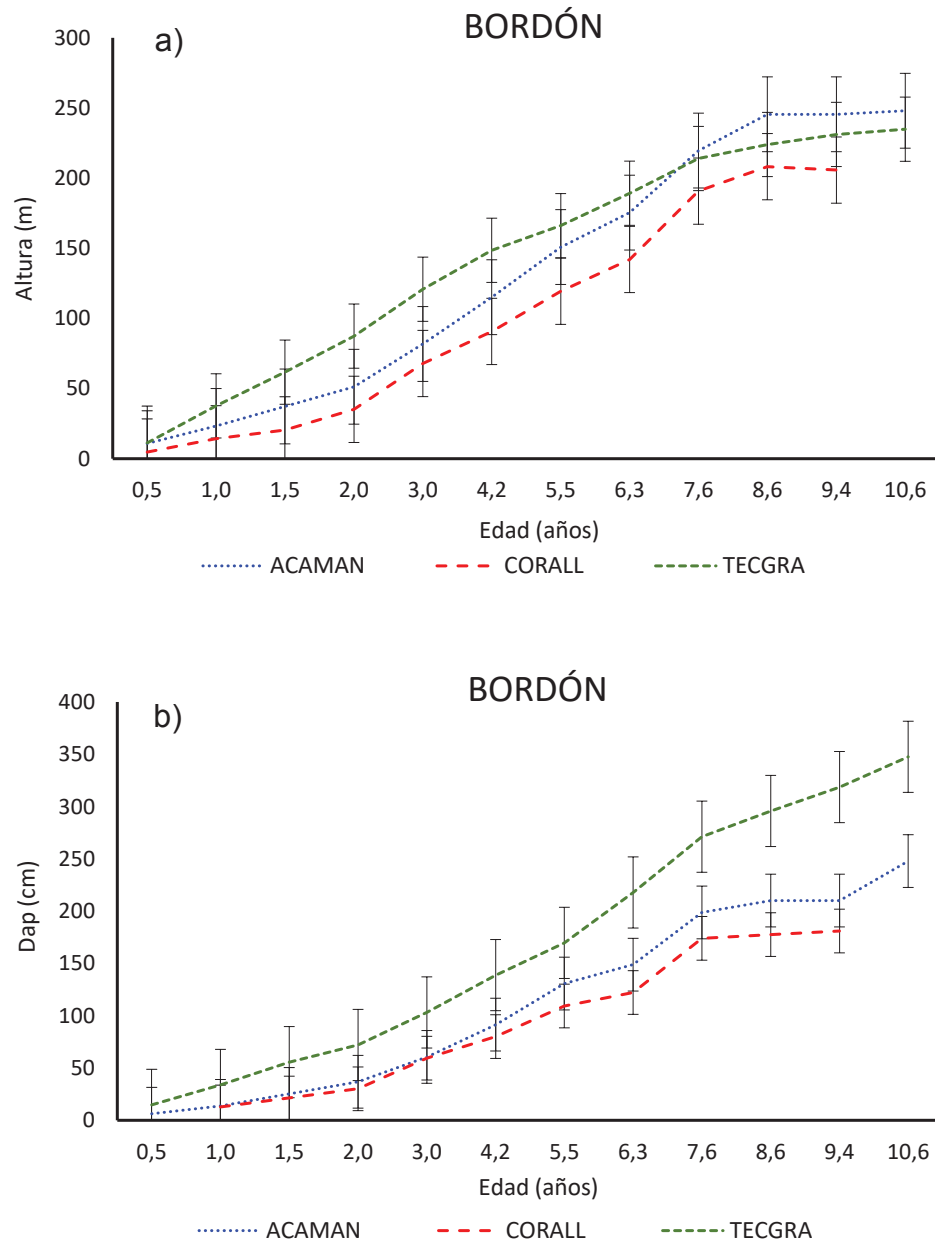


Figura 35. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 8- Bordón, Talamanca, Limón, Costa Rica. ACAMAN: *Acacia mangium*, CORALL: *Cordia alliodora*, TECGRA: *Tectona grandis*.

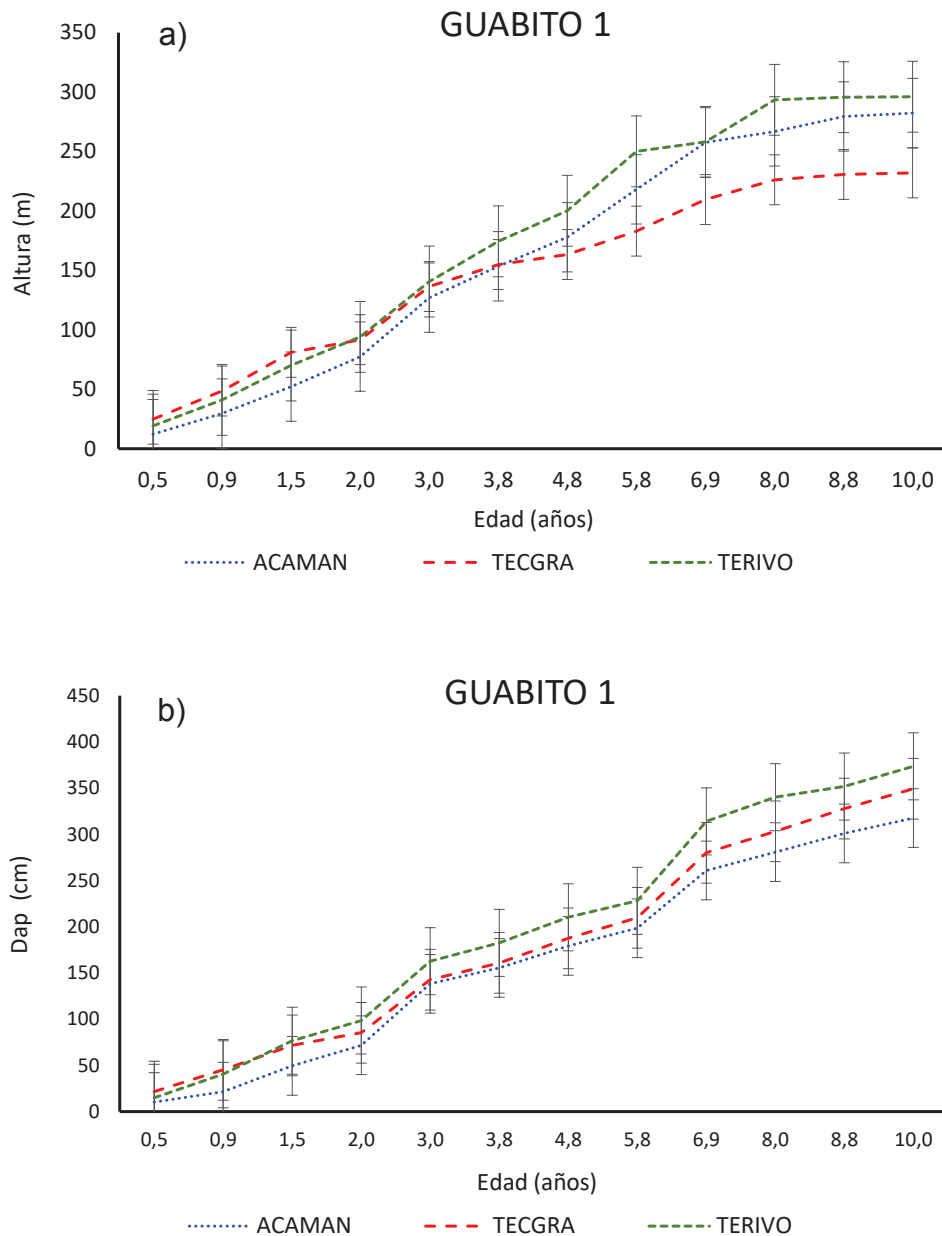


Figura 36. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 9- Guabito # I, Changuinola, Panamá. ACAMAN: *Acacia mangium*, TECGRA: *Tectona grandis*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

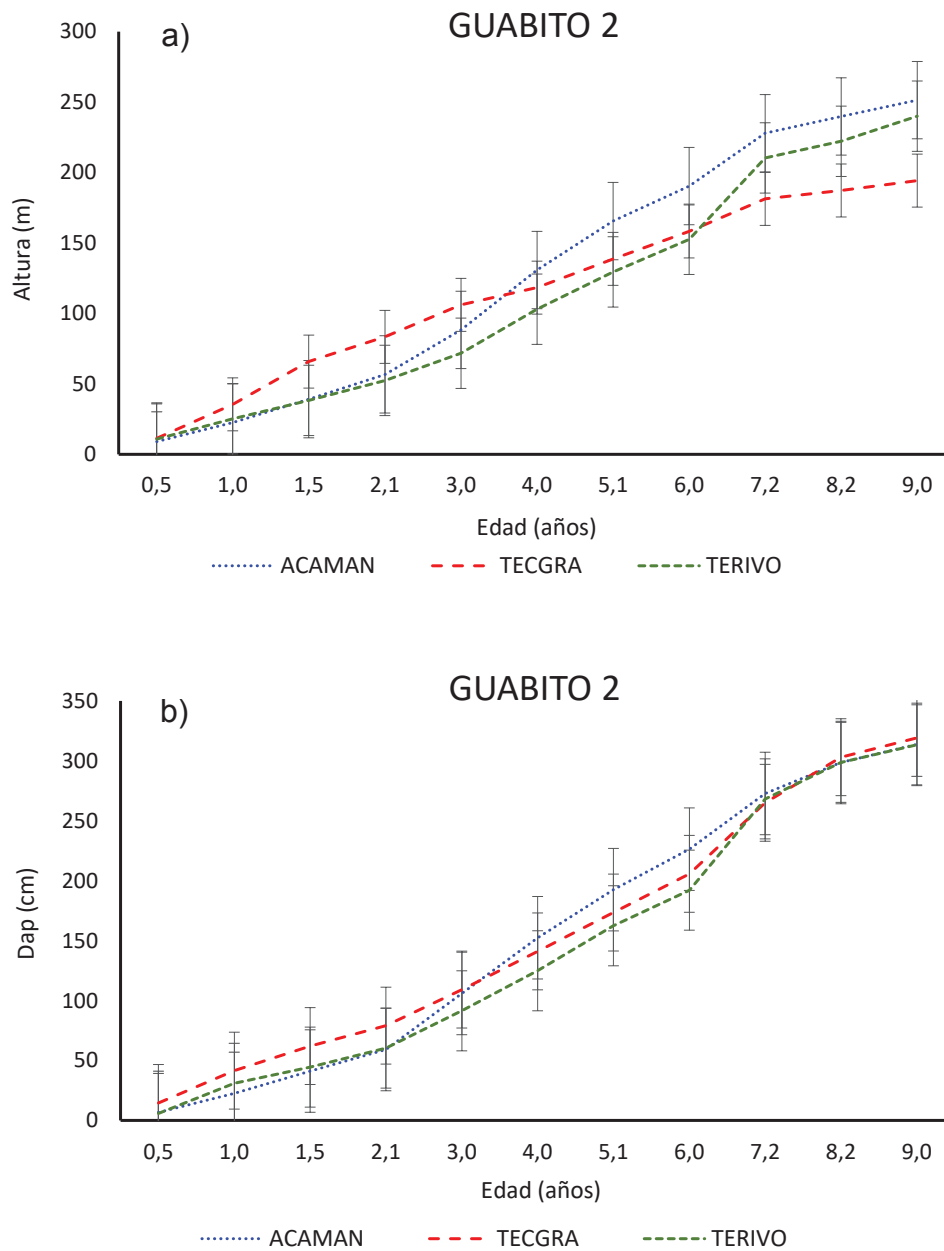


Figura 37. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio 10- Guabito # 2, Changuinola, Panamá.
 ACAMAN: *Acacia mangium*, TECGRA: *Tectona grandis*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

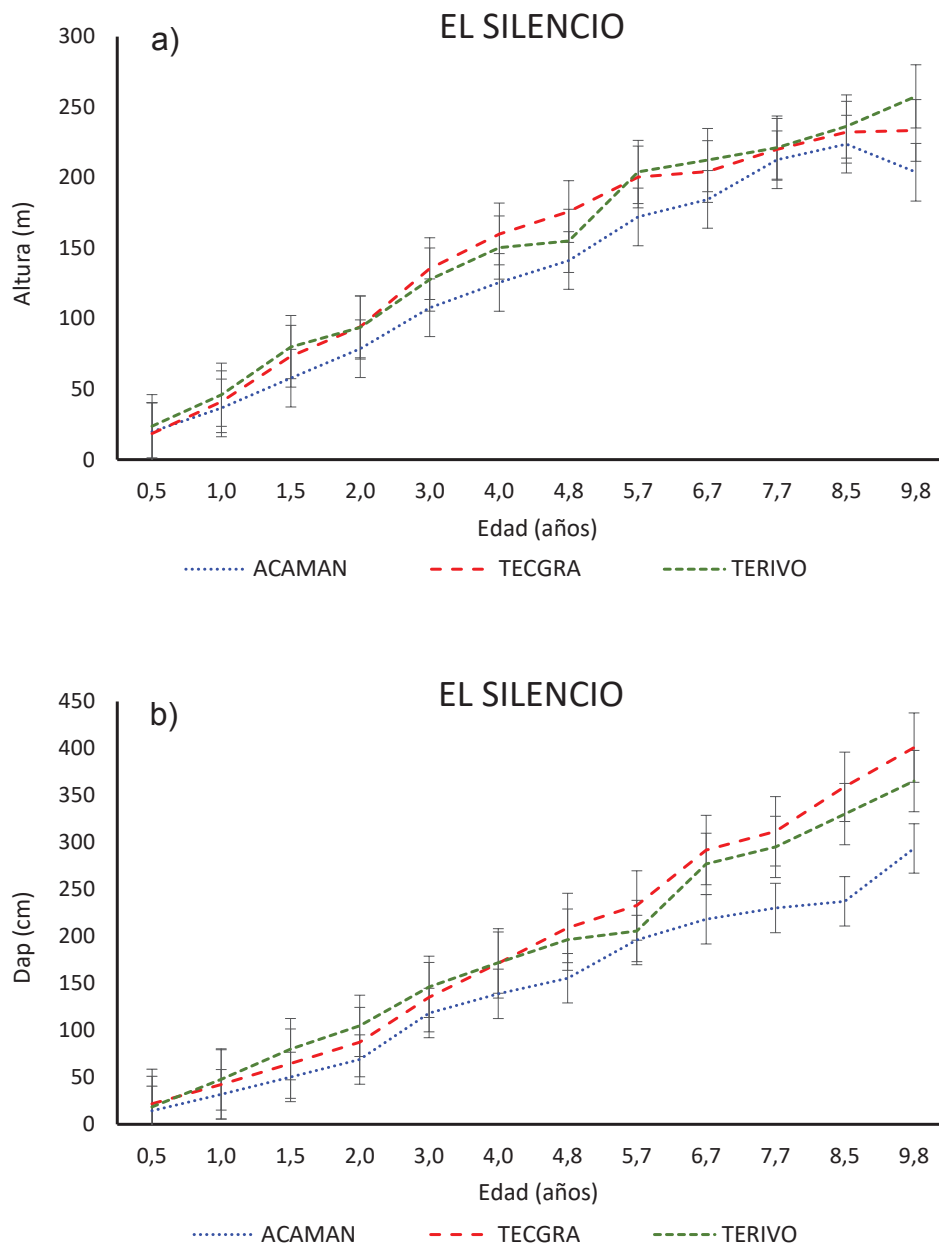


Figura 38. Crecimiento en altura (a, m) y dap (b, cm) de tres especies maderables establecida en ensayos completos en el Sitio II - El Silencio, Changuinola, Panamá. ACAMAN: *Acacia mangium*, TECGRA: *Tectona grandis*, TERIVO: *Terminalia ivorensis*.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Sede Central, CATIE
Cartago, Turrialba. 30501
Costa Rica
Teléfono: + (506) 2558-2000

www.catie.ac.cr

ISBN: 978-9977-57-711-1



9 789977 577111