



Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 2(5), 2005

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

---

### Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales

Dagoberto Arias <sup>1</sup>

#### Resumen

El trabajo resalta la utilidad de los estudios morfométricos de los árboles maderables, enfatizando en algunos parámetros que describen la arquitectura del árbol y que pueden ser utilizados en la descripción cuantitativa de plantaciones forestales. Para seis especies maderables se describen los parámetros de la copa que pueden ser obtenidos a partir de mediciones básicas. Se efectúan comparaciones entre especies y se analiza el efecto del sitio. El estudio enfatiza en la utilización de algunos de estos parámetros en las evaluaciones silviculturales en plantaciones. Se ilustran las relaciones entre la altura del árbol y el diámetro del fuste, la relación entre la altura de inicio de la copa y la altura total del árbol y la relación entre el diámetro de copa y el diámetro del fuste.

**Palabras clave:** Plantaciones forestales, *Terminalia amazonia*, *Hieronyma alchorneoides*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Gmelina arborea*, Morfología del árbol, Parámetros de copa.

#### Abstract

**Tree morphometry in tropical forest plantations.** This paper stresses the usefulness of loggable trees morphological studies emphasizing on some parameters that describe tree architecture and that can be utilized in the quantitative description of forest plantations. Crown parameters that can be obtained from basic measurements for six wood species are described. Comparisons among species are made and site effect is analyzed. Emphasis is made on the utilization of some of this parameters in the silvicultural evaluations in plantations. Relationships between tree height and bole diameter, initial crown height and total tree height, crown diameter and bole diameter, are illustrated.

**Key words:** Tropical plantations, *Terminalia amazonia*, *Hieronyma alchorneoides*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Gmelina arborea*, Tree morphology, Crown parameter.

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica, [darias@itcr.ac.cr](mailto:darias@itcr.ac.cr)

## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, las plantaciones forestales han jugado un rol muy importante en la recuperación de la cobertura forestal, especialmente de sitios que fueron deforestados décadas atrás. Hoy en día hay empresas con diferente grado de consolidación que dependen del abastecimiento de materia prima proveniente del cultivo forestal.

Mucho se ha avanzado en la silvicultura de plantaciones y cada vez más se cuenta con mayores conocimientos para la siembra y manejo de especies maderables nativas e introducidas que ya han sido probadas.

En comparación con un bosque natural, las plantaciones presentan diferencias en la estructura y composición del dosel. Inclusive para diferentes especies manejadas en monoculturas, aún se perciben diferencias en la estructura vertical. La caracterización de la estructura vertical de una plantación puede ser un elemento importante en la evaluación de plantaciones, siempre y cuando se pueda demostrar que las variaciones en la arquitectura de los árboles, aparte de la constitución genética, obedecen a condiciones de sitio y/o manejo.

La descripción de la arquitectura del árbol a través de diferentes parámetros de copa ofrece la posibilidad de caracterizar árboles y rodales, ya sea para la toma de decisiones sobre manejo silvicultural (aspectos de podas, aclareos y evaluación de la calidad de plantaciones) o para fines de investigación (crecimiento y rendimiento).

En la caracterización de plantaciones forestales, normalmente se ha recurrido a la medición de los diámetros, las alturas y otros aspectos relacionados con la calidad de los fustes (Murillo, 2000). Pocos estudios contemplan mediciones más detalladas de parámetros de copa, posiblemente por razones del tiempo requerido para la medición y principalmente por la falta de conocimiento sobre cómo emplear la información. Sin embargo, en la literatura se encuentran buenos intentos de caracterizar plantaciones según su vitalidad, criterio evaluado cuantitativamente utilizando variables que incluyen la morfometría de la copa (Rodríguez *et al*, 1999).

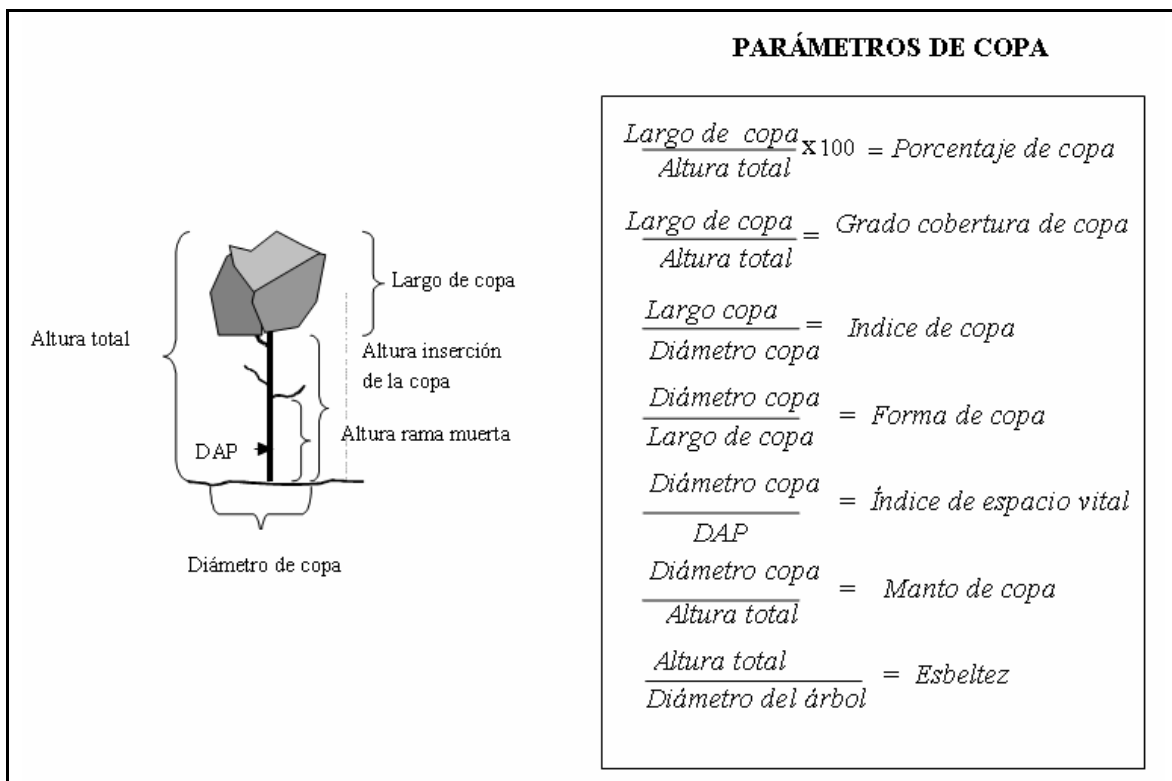
La morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una buena idea de las relaciones interdimensionales, el espacio vertical ocupado por cada árbol, el grado de competencia, la estabilidad, vitalidad y productividad de cada individuo en el rodal (Durlo y Denardi, 1998). En la literatura se identifican al menos siete parámetros morfométricos que han sido utilizados para la descripción de la arquitectura del árbol. En la Figura 1 se muestran los parámetros de copa más importantes y sus respectivos índices. Variables tales como el diámetro del árbol, el área basimétrica, la altura (total, comercial, dominante), el volumen del fuste y área de proyección de la copa, son mediciones comunes en la práctica forestal. Variables menos conocidas son el porcentaje de copa, la cobertura de copa, el índice de copa, la forma de copa, el índice de espacio vital y el manto de copa.

El diámetro de la copa refleja la dimensión del aparato fotosintético del árbol que está directamente relacionado con su capacidad de crecimiento. El porcentaje de copa (relación entre el largo de copa y la altura total del árbol) se ha utilizado como indicador de la vitalidad de los árboles y como regresor en modelos del grado de competencia entre los individuos (Durlo, 1996; Durlo, 2001).

La relación entre el diámetro de copa y el diámetro del árbol ( $d$ ) es conocido como el índice de espacio vital y expresa cuantas veces es mayor el diámetro de copa que el diámetro del árbol. Algunos autores como Stampfer (1995) han utilizado este índice en árboles creciendo aisladamente

para deducir el número máximo de individuos que podrían ocupar una hectárea. Otros valores referidos a la dimensión de la copa dependen del tamaño de los árboles, de la densidad del rodal y las prácticas de manejo como las podas y los aclareos.

En la literatura sobre plantaciones forestales tropicales, no se encuentran muchos estudios que muestren las variaciones de parámetros de copa en función de la calidad del sitio. En otras latitudes se ha encontrado que en rodales de roble (*Quercus rubor* L.), el área de proyección de la copa, la longitud de la copa y el diámetro de copa guardan una relación muy estrecha con el diámetro del árbol y el crecimiento en volumen (Ebert y Rieger, 2000).



**Figura 1.** Modelo de un árbol latifoliado y sus relaciones morfométricas, modificado a partir de Burger (1939).

## OBJETIVO

Mostrar las variaciones entre especies y sitios en las relaciones morfométricas de la copa, en plantaciones forestales de seis especies maderables ubicadas en la zona sur de Costa Rica.

## METODOLOGÍA

### Región de estudio

La región de estudio se ubica en el sur de Costa Rica, específicamente dentro de la cuenca del Río Térraba. La información dasométrica fue recolectada dentro de sitios experimentales, ubicados en un gradiente altitudinal que va desde los 20 hasta los 1100 m sobre el nivel del mar. Los lugares específicos se localizan en los poblados de Pérez Zeledón, Buenos Aires, Potrero Grande, Puerto Jiménez y San Vito de Coto Brus. El clima en este gradiente se caracteriza por una temperatura media anual que oscila entre 20 y 26°C. La precipitación media anual varía entre 2500 y 4000 mm; en las partes menos húmedas se pueden llegar a registrar hasta 3 meses secos. Según el sistema americano de clasificación de suelos, en la región de estudio los suelos más representativos son los correspondientes a los órdenes ultisoles, inceptisoles y andisoles (Arias, 2002).

La región de investigación está caracterizada por serios problemas de erosión, que fueron originados por la fuerte deforestación y el uso inadecuado del suelo. A partir de 1992 se inició un programa intensivo de reforestación por parte de las organizaciones de pequeños y medianos reforestadores, llegando a utilizar más de 50 especies de árboles en pequeñas parcelas.

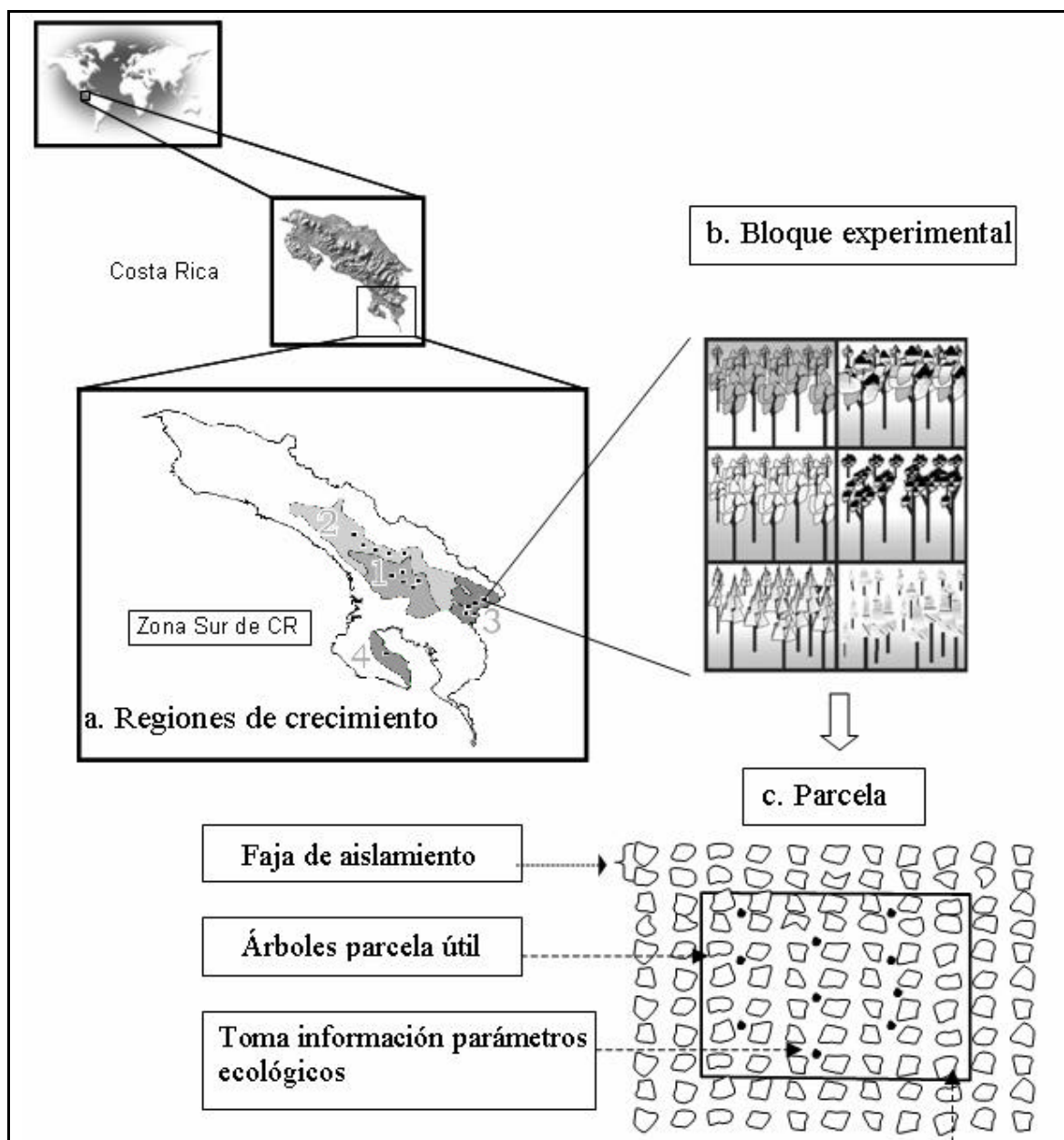
### Tamaño de la muestra y variables medidas

En junio de 1994 se establecieron plantaciones de cuatro especies maderables nativas: *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell, *Hieronyma alchorneoides* Allemao, *Vochysia ferruginea* Mart., *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. y dos especies introducidas: *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barret y Golfari y *Gmelina arborea* Roxb. Para analizar el comportamiento de las especies bajo diferentes condiciones de sitio, se identificaron 4 ecoregiones de crecimiento dentro de la cuenca del Río Térraba (Cuadro 1). Estas regiones se delimitaron cartográficamente tomando en consideración las zonas de vida y los órdenes de suelos.

**Cuadro 1.** Resumen de las principales características de la zonificación ecológica.

Características	Ecoregiones			
	1	2	3	4
Zona de Vida	bh-T	bmh-P	bmh-P	Bmh-P Trans a Basal
Precipitación (mm)	2000-3000	3000-4000	3000-4000	4000
Elevación (m.s.n.m.)	300-350	350-400	900-1100	20
Temperatura (°C)	25	25	20	26
Tipo de suelo	Ultisol	Ultisol	Andisol	Inceptisol
Localidades	Sábalo, Potrero Grande, Vueltas	San Isidro, Buenos Aires	San Vito, Coto Brus	Cañaza, Puerto Jiménez

En total se establecieron 16 plantaciones experimentales con el mismo material genético y en todos los casos se llevaron a cabo prácticas silviculturales similares. Las plantaciones se distribuyeron en cada una de las zonas de crecimiento. En la Figura 2 se presenta el detalle de la ubicación de las regiones de crecimiento, los bloques experimentales y las parcelas.



**Figura 2.** Ubicación de las regiones de crecimiento, los bloques experimentales y las parcelas.

En cada una de las ecoregiones 1, 2 y 3 se establecieron cinco bloques y en la ecoregión 4 solamente un bloque. Cada bloque estuvo conformado por seis parcelas (tratamientos), cada una con 121 árboles de la misma especie. Para un distanciamiento de siembra de 3 x 3 m se alcanzó un tamaño de parcela de 1089 m<sup>2</sup>. La parte central de la parcela consiste en una unidad de muestreo con 49 árboles. Una medición detallada de los árboles en cada una de las parcelas fue llevada a cabo en el año 2000. Para una misma especie, se tomó una muestra al azar de al menos siete árboles por sitio, a cada árbol se le midió lo siguiente:

- el diámetro a la altura del pecho (cm) con cinta diamétrica,
- la altura total (m) del árbol, con vara telescópica,
- la altura de inicio de la copa viva (m), con vara telescópica,
- el diámetro de copa (m), mediante la medición de 4 radios,
- la longitud de la copa (m), con vara telescópica.

Para un diseño de bloques completos al azar, considerando ecoregiones, sitios, especies y las interacciones, se utilizó el análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple (Duncan,  $p < 0,05$ ) para establecer las variaciones en los parámetros de copa según las regiones de crecimiento.

## RESULTADOS

### Relación altura/diámetro de los árboles

La relación entre la altura (m) y el diámetro (cm), conocido también en la literatura como esbeltez, es un valor que ha sido utilizado frecuentemente como un indicador de la estabilidad de los árboles contra los daños ocasionados por fuerzas mecánicas (viento y nieve) (Arias, 2004). Valores bajos de la relación h/d están asociados con árboles más cónicos que pueden ser más resistentes al efecto de fuertes vientos; sin embargo, desde el punto de vista de rendimiento en aserrío presentan mayor desventaja con respecto a árboles de similares dimensiones pero cilíndricos. Entre más alto sea el valor de la esbeltez, menos estable es el árbol al daño mecánico (Durló y Denardi, 1998). Otro aspecto muy importante a considerar es la relación que existe entre esbeltez y tensiones de crecimiento en la madera (Vignote *et al*, 1996). De las seis especies estudiadas se encontró que *Pinus caribaea* es la especie que presenta los valores más bajos de la relación h/d, en promedio valores de 60 (ver Cuadro 2). Se encontraron árboles individuales con valores menores a 40 que representan individuos muy cónicos. En contraste con el pino, las especies *Hieronyma alchorneoides* y *Terminalia amazonia* representan el otro extremo, o sea árboles más altos y delgados. Algunos árboles alcanzaron valores sobre 140. En promedio *Terminalia amazonia* registró un valor de 95 y para *Hieronyma alchorneoides* el valor promedio fue de 105, o sea árboles con una correspondencia cercana a una relación 1 a 1.

Para aclarar el interrogante si estos valores varían según la región de crecimiento, se realizaron las pruebas estadísticas (Cuadro 2). Con excepción de *Pinus caribaea* y *Vochysia guatemalensis*, el resto de las especies presentaron diferencias significativas entre las regiones de crecimiento.

**Cuadro 2** Efecto de las regiones de crecimiento sobre la relación h/d (esbeltez) en plantaciones forestales de seis años. Letras diferentes indican las diferencias significativas entre las regiones de crecimiento (RC) para una especie. (Pruebas de Duncan) ( $p < 0,05$ ). Promedio  $\pm$  desviación estándar.

RC	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>	<i>Vochysia ferruginea</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Pinus caribaea</i>
1	80 $\pm$ 18 b	74 $\pm$ 13 a	63 $\pm$ 10 b	75 $\pm$ 19 b	109 $\pm$ 20 a	62 $\pm$ 11 a
2	98 $\pm$ 20 a	71 $\pm$ 13 a	74 $\pm$ 14 a	93 $\pm$ 25 a	111 $\pm$ 23 a	60 $\pm$ 11 a
3	105 $\pm$ 19 a	74 $\pm$ 11 a	70 $\pm$ 15 a	82 $\pm$ 21 b	94 $\pm$ 16 b	61 $\pm$ 10 a
4	106 $\pm$ 15	77 $\pm$ 11	67 $\pm$ 13	85 $\pm$ 21	98 $\pm$ 9	64 $\pm$ 11

- La Región 4 está caracterizada solo por una plantación.

Para *Terminalia amazonia* se logró identificar una tendencia entre conicidad de los árboles y condiciones de sitio. Conforme mejoran las condiciones de suelo y clima, los árboles en el rodal alcanzan más rápido mayor estado de competencia y tienden a formar fustes más cilíndricos. Una tendencia inversa parecen mostrar las plantaciones de *Hieronyma alchorneoides*.

Se encontró que la variabilidad (medida a través de coeficiente de variación) en los valores de esbeltez para plantaciones de *Terminalia amazonia*, *Hieronyma alchorneoides* y *Gmelina arborea* son mayores al 20%, mientras que para las demás especies estudiadas, la variabilidad es menor.

Un resultado interesante se obtuvo con las especies *Pinus caribaea* y *Vochysia guatemalensis*. Ambas especies muestran una tendencia muy estable en las relaciones h/d, a pesar de las diferencias de sitio y del estado de la densidad.

Plantaciones de *Hieronyma alchorneoides* y *Terminalia amazonia*, con valores promedio de esbeltez mayores a 100, deben manejarse con cuidado en el momento de planificar los aclareos, especialmente en aquellos sitios en los que el viento puede provocar daños mecánicos. Estudios sobre el efecto de las tensiones de crecimiento no se conocen para estas especies.

### Altura de inserción de la copa

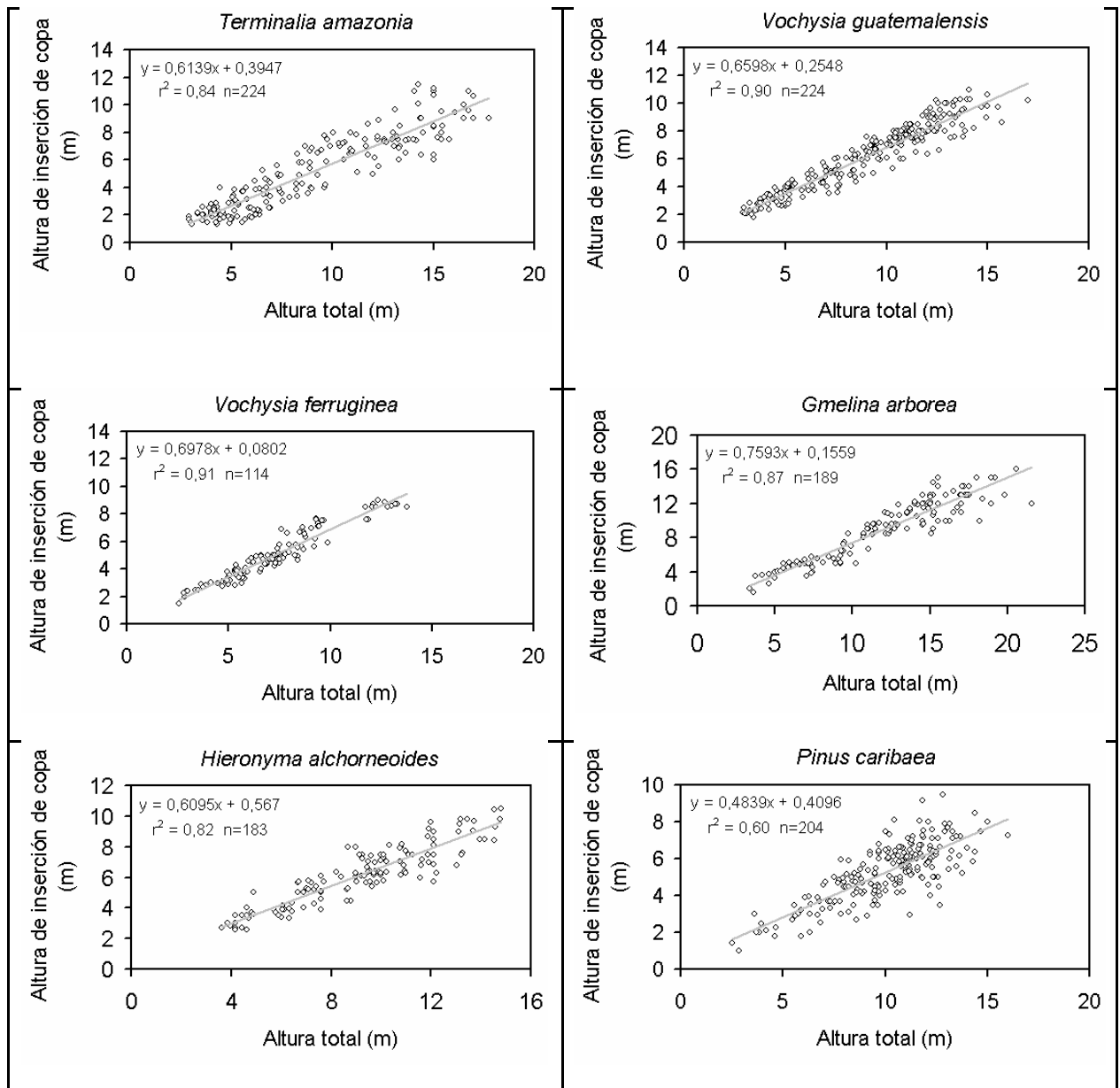
La altura de inserción de la copa es una medida básica que permite luego estimar otros parámetros de copa. Sin embargo, debe definirse claramente si se toma a partir de la primera rama viva o si corresponde al punto de inicio de la copa viva. En la literatura se menciona una buena correlación entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol (Struck, 1999). Para todas las especies estudiadas se verificó esa misma tendencia. En todos los casos dicha relación puede ser descrita por funciones lineales (Figura 3).

Para las especies del género *Vochysia* sp. el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) del modelo fue superior a 0,9. Para las especies *Hieronyma alchorneoides*, *Terminalia amazonia* y *Gmelina arborea* los coeficientes de determinación oscilan entre 0,82 y 0,87. La especie *Pinus caribaea* mostró extrema variación de los valores de altura de inserción de copa para un mismo valor de altura total. El modelo lineal para esta especie tiene un coeficiente de determinación de 0,6.

Relaciones similares fueron estudiadas entre la altura de inserción de la copa y el diámetro del árbol; sin embargo, no se encontró una relación significativa entre ambas variables.

La tendencia natural en una plantación forestal es que la altura de inserción de la copa se desplace hacia arriba conforme la plantación avanza en edad, esto por efecto de los cambios en la cantidad y

calidad de la luz que llega al árbol por la competencia. Sin embargo, los efectos de las podas también modifican el punto de inserción de la copa artificialmente. En este sentido el conocimiento de las relaciones entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol, puede utilizarse como indicador para la toma de decisiones sobre la altura de la aplicación de la poda en plantaciones de las especies estudiadas.

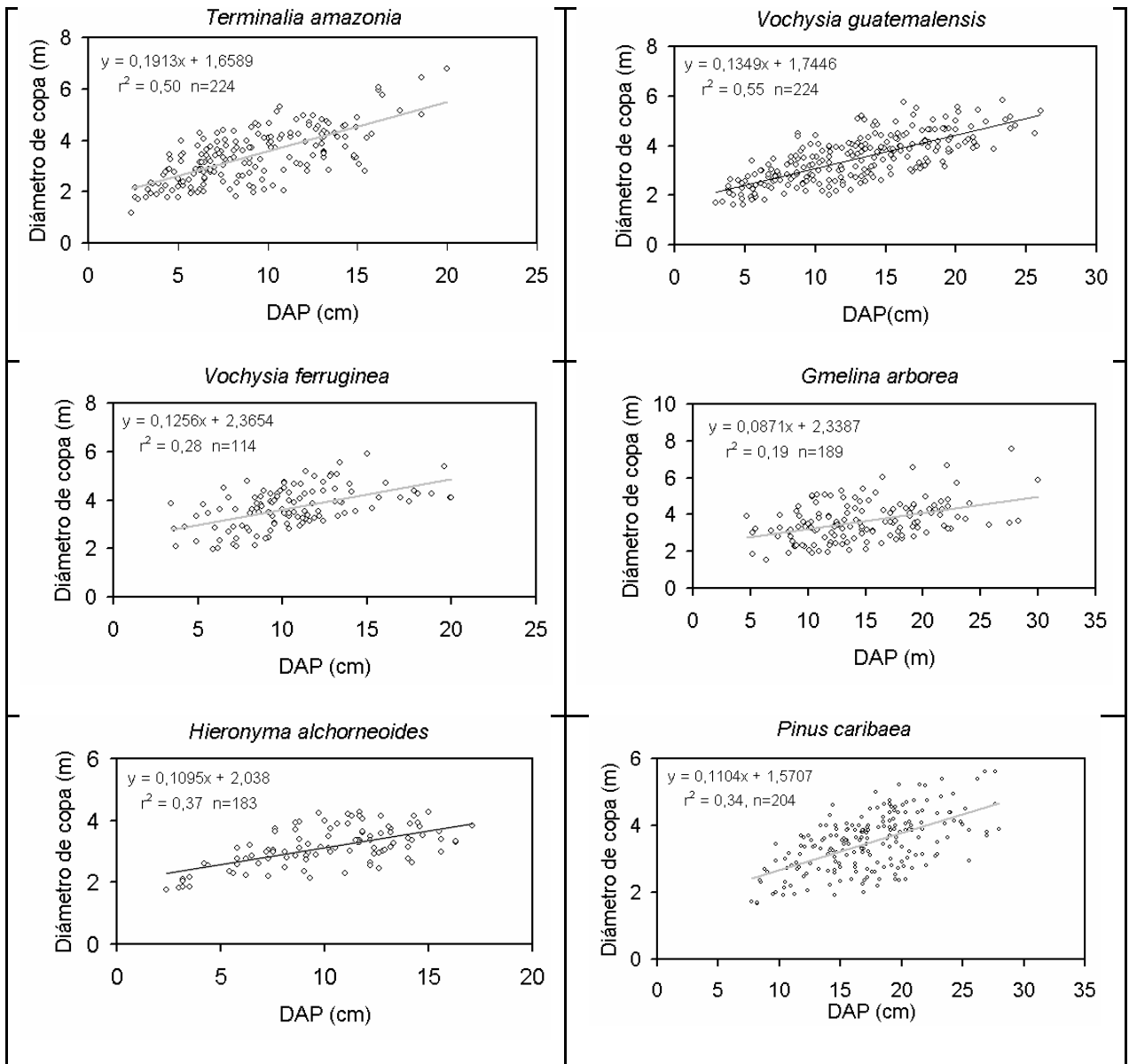


**Figura 3.** Relación entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol en plantaciones de seis especies maderables en la zona sur de Costa Rica.



### Diámetro de la copa

Es bien conocido que entre el diámetro del árbol y el correspondiente valor de diámetro de la copa, existe una relación bien definida. Dicha relación puede también describirse por funciones lineales (Figura 4). Sin embargo, la variación de los diámetros de copa para un mismo valor de diámetro del árbol puede ser muy grande, hasta el punto que resta la posibilidad de estimar el diámetro de la copa en función del diámetro del árbol. Por ejemplo para *Pinus caribaea*, en árboles de 15 cm de diámetro, se pueden esperar valores de diámetro de copa entre 2 y 5 m.



**Figura 4.** Relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del árbol en plantaciones de seis especies maderables en la zona sur de Costa Rica.

La relación entre el diámetro de la copa y la altura total del árbol muestra algunas correlaciones positivas para algunas especies. En el caso de *Gmelina arborea* y *Vochysia ferruginea* se determinó estadísticamente que no existe correlación significativa entre ambas variables. Para el resto de las especies, los coeficientes de correlación (r) fluctúan entre 0,5 y 0,6.

### Porcentaje de copa

Se entiende por porcentaje de copa la proporción de la longitud de copa con respecto a la altura total del árbol. Árboles cubiertos por una extensa copa se esperan en sitios de baja ocupación. Este criterio es a menudo utilizado como un indicador de la vitalidad de un árbol. En el presente estudio se encontraron diferencias en el porcentaje de copa entre especies y principalmente entre las regiones de crecimiento. Para el mismo espacio de crecimiento asignado a todos los árboles en la plantación (9 m<sup>2</sup>), se encontró que los árboles de *Pinus caribaea* y *Terminalia amazonia*, con valores promedio de porcentaje de copa de 47 y 44% respectivamente, son las especies con la mayor proporción de copa. Otras especies muestran baja proporción de copa, donde la longitud de la copa representa casi una tercera parte de la altura del árbol. Para la especie *Gmelina arborea*, que constituye la especie de más rápido crecimiento en este estudio, tan solo una cuarta parte de la altura del árbol está cubierta por la copa. Aquí intervienen otras características fisiológicas de los árboles. Simples observaciones de campo en plantaciones de *Pinus caribaea* y *Terminalia amazonia*, revelan que estas especies tienen una débil autopoda y las ramas iniciales persisten varios años, de ahí que presenten mayores valores de porcentaje de copa. Caso contrario sucede con las especies del género *Vochysia* que tienen excelente autopoda y en el caso de *Vochysia ferruginea*, popularmente en Costa Rica se le conoce como "botarrama". *Gmelina arborea* es una especie cuyas ramas iniciales pueden alcanzar rápidamente el estrato superior y puede presentar ramas vivas a muy baja altura; sin embargo, el porcentaje de copa viva es cercano al 25-30%.

Según el análisis de varianza (Cuadro 3), para algunas especies se encontraron diferencias entre el porcentaje de copa y las regiones de crecimiento. Especialmente los árboles de *Terminalia amazonia* presentan diferencias según las condiciones de sitio donde crezcan. En buenos sitios el porcentaje de copa es menor y en malos sitios es mayor. Otras especies como *Hieronyma alchorneoides* y *Pinus caribaea* no presentan diferencias, o sea independientemente de las condiciones de sitio, mantienen una similar proporción de copa. Una tendencia clara entre el porcentaje de copa y la calidad de sitio debe ser estudiada por especie.

**Cuadro 3** Efecto de las regiones de crecimiento sobre el porcentaje de copa (%) en plantaciones forestales de seis años. Letras diferentes indican las diferencias significativas entre las regiones de crecimiento (RC) para una especie. (Pruebas de Duncan) ( $p < 0,05$ ). Promedio  $\pm$  desviación estándar.

RC	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>	<i>Vochysia ferruginea</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Pinus caribaea</i>
1	43 $\pm$ 10 b	31 $\pm$ 10 a	29 $\pm$ 7 b	24 $\pm$ 11 b	36 $\pm$ 7 a	46 $\pm$ 6 a
2	51 $\pm$ 13 a	32 $\pm$ 8 a	29 $\pm$ 8 b	29 $\pm$ 10 a	36 $\pm$ 9 a	50 $\pm$ 11 a
3	38 $\pm$ 10 c	28 $\pm$ 7 b	34 $\pm$ 6 a	25 $\pm$ 10 b	32 $\pm$ 8 a	46 $\pm$ 9 a
4	38 $\pm$ 9	34 $\pm$ 7	35 $\pm$ 6	25 $\pm$ 10	33 $\pm$ 8	46 $\pm$ 8

- La Región 4 está caracterizada solo por una plantación.

## Índice de copa

La relación entre el largo de la copa y el diámetro de la copa se denomina índice de copa. Este cociente da una buena idea de la dimensión de la copa del árbol. Existen marcadas diferencias entre especies pero también se pueden establecer efectos en el índice de la copa según las condiciones de sitio (Cuadro 4). Para plantaciones de *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia* ubicadas en condiciones de sitio de baja fertilidad (región de crecimiento 1), los árboles presentan copas cuya forma es comparable con un plato. Los árboles de *Terminalia amazonia* creciendo en óptimas condiciones de sitio, muestran copas más delgadas. Tomando en cuenta que los valores promedio de este índice oscilan entre 0,3 y 1,6 y considerando que los valores más bajos se asocian a condiciones de sitios desfavorables para el crecimiento de las especies, la estimación de este parámetro representa un criterio útil en la evaluación de la calidad y productividad de un rodal.

Una explicación de porqué en sitios malos el índice de copa es menor con respecto a sitios buenos, puede estar relacionado con la densidad del rodal. En sitios malos los árboles crecen más lentamente y no se ha ocupado plenamente el área de crecimiento.

**Cuadro 4** Efecto de las regiones de crecimiento sobre el índice de copa en plantaciones de seis años. Letras diferentes indican las diferencias significativas entre las regiones de crecimiento (RC) para una especie. (Pruebas de Duncan) ( $p < 0,05$ ). Promedio  $\pm$  desviación estándar.

RC	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>	<i>Vochysia ferruginea</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	<i>Pinus caribaea</i>
1	0,6 $\pm$ 0,2 b	0,6 $\pm$ 0,2 b	0,3 $\pm$ 0,1 b	0,6 $\pm$ 0,4 c	0,8 $\pm$ 0,3 b	1,5 $\pm$ 0,4 a
2	1,1 $\pm$ 0,4 a	0,8 $\pm$ 0,3 a	0,7 $\pm$ 0,3 a	1,1 $\pm$ 0,5 a	0,9 $\pm$ 0,3 b	1,3 $\pm$ 0,5 b
3	1,2 $\pm$ 0,4 a	0,8 $\pm$ 0,3 a	0,7 $\pm$ 0,2 a	0,9 $\pm$ 0,6 b	1,1 $\pm$ 0,3 a	1,5 $\pm$ 0,4 a
4	1,3 $\pm$ 0,4	0,9 $\pm$ 0,4	0,7 $\pm$ 0,3	0,8 $\pm$ 0,6	1,1 $\pm$ 0,3	1,6 $\pm$ 0,4

- La Región 4 está caracterizada solo por una plantación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los índices morfométricos de la copa son atributos para cada especie. Este estudio permite demostrar de manera general, que algunos de estos índices son afectados por la calidad del sitio y pueden ser utilizados en la evaluación de la calidad y vitalidad del rodal.
- El efecto del sitio sobre la esbeltez, el índice de copa y el porcentaje de copa sugiere que estos parámetros pueden resultar útiles en la descripción de rodales y permiten interpretar condiciones de crecimiento y manejo.
- Se recomienda incorporar en las evaluaciones sobre el manejo de plantaciones en Costa Rica, la morfometría del árbol como un indicador de la necesidad de podas, aclareos o como variable de respuesta en experimentos de fertilización forestal.
- *Terminalia amazonia* mostró una tendencia entre la esbeltez de los árboles y las condiciones de sitio. Conforme mejoran las condiciones de suelo y clima, los árboles en el rodal alcanzan con más rapidez un mayor estado de competencia y tienden a formar fustes más cilíndricos. Una tendencia inversa parecen mostrar las plantaciones de *Hieronyma alchorneoides*.

- Las especies *Pinus caribaea* y *Vochysia guatemalensis* muestran una tendencia muy estable en las relaciones h/d, a pesar de las diferencias de sitio y del estado de la densidad.
- Para las especies estudiadas se confirmó una buena correlación entre la altura de inserción de la copa y la altura total del árbol. No se encontró una relación significativa entre altura de inserción de la copa y el diámetro del árbol.
- *Pinus caribaea* y *Terminalia amazonia*, con valores promedio de porcentaje de copa de 47 y 44% respectivamente, son las especies del presente estudio con la mayor proporción de copa.
- *Terminalia amazonia* mostró una tendencia entre el porcentaje de copa y las condiciones de sitio donde los árboles crecen. En buenos sitios el porcentaje de copa es menor y en malos sitios es mayor. Otras especies como *Hieronyma alchorneoides* y *Pinus caribaea* no presentan diferencias, o sea independientemente de las condiciones de sitio, mantienen una similar proporción de copa. Una tendencia clara entre el porcentaje de copa y la calidad de sitio debe ser estudiada por especie.
- Los valores promedio del índice de copa para las especies estudiadas oscilaron entre 0,3 y 1,6. Considerando que los valores más bajos se asocian a condiciones de sitio desfavorables para el crecimiento de las especies, la estimación de este parámetro representa un criterio útil en la evaluación de la calidad y productividad de un rodal.
- Estudios más específicos sobre la relación entre esbeltez y tensiones de crecimiento para las especies estudiadas no han sido llevados a cabo. Se recomienda incorporar estas relaciones en futuros trabajos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias Aguilar, D. 2002. Aufforstungen mit heimischen und eingeführten Baumarten auf degradierten Böden im Süden Costa Ricas. Ph.D. Tesis. Göttingen, DE, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Band. 180 p.
- \_\_\_\_\_. 2004. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal 1(2), 2004. Consultado 12 ago. 2005. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/revistaKuru/antiores/antior2/pdf/Articulo%204.pdf>
- Burger, H. 1939. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchenwesen 21:147-176.
- Durlo, MA. 1996. Zuwachsuntersuchungen und Einzelbaumwachstumsmodelle für *Cabralea glaberrima*, *Cedrela fissilis* und *Cordia trichotoma* in sekundären Laubmischwälder Südbrasilien. Ph.D. Tesis. Wien, AT, Institut für Waldwachstumsforschung, Univesitat für Bodenkultur. 175 p.
- Durlo, MA. 2001. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. Ciência Florestal 11(1):141-149.
- Durlo, MA; Denardi, L. 1998. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em m ata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal 8(1):55-66.



- Ebert, HP; Rieger, T. 2000. Die Baumkrone als Mastab fur den Zuwachs von Eiche. Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge 55(8):403-406.
- Murillo Gamboa, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. Agronomía Costarricense 24(2):41-47.
- Rodríguez A, MM; Briceño Mendoza, MA; Ávila Bello, CH; Pacheco Velazco, JE. 1999. Ocupación por árboles de calidad: Un concepto para evaluar plantaciones. Madera y Bosques 5(1):43-51.
- Stampfer, E. 1995. Solitärdimensionen österreichischer Baumarten. Diplomarbeit. Wien. DE, Universität für Bodenkultur. 102 p.
- Struck, G. 1999. Effekte von Pflanzverband, Kulturdüngung und Schlagräumung am Beispiel junger Traubeneichenbestände. Ph. D. Tesis. Göttingen, DE, Hainholz Forstwissenschaften, Band 8. 196 p.
- Vignote, S; Molinero, I; Gerard, I; Díez, MR. 1996. Estudio de las tensiones de crecimiento del *Eucalyptus globulus* Labill. en Galicia y su relación con las características de la estación y morfológicas del propio árbol. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. (ES) 5(1):153-176.