

## FILOTAXIA Y ANGULO DE DIVERGENCIA DEL CHONTADURO (*Bactris gasipaes* K.)<sup>1</sup>

Silvio Bastidas P<sup>2</sup>

Rafael Reyes C<sup>3</sup>

Eduardo Peña R<sup>4</sup>.

### RESUMEN

En Tumaco (Colombia), se llevó a cabo un estudio para determinar el patrón filotáctico y el ángulo de divergencia foliar de la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes* K.). En el se determinó que la especie presenta un patrón filotáctico de 1/3 en fase juvenil y 2/5 en fase adulta, lo que correspondió a un ángulo de divergencia foliar que oscila entre 120° ( $\pm 31^\circ$ ) para palmas jóvenes y 144° ( $\pm 33^\circ$ ) para palmas adultas. La dirección de la espiral genética de formación foliar y el ángulo divergente hacen que las hélices se inclinen a derecha o izquierda, generando palmas derechas o izquierdas.

### INTRODUCCION

La palma de chontaduro (*Bactris gasipaes*) es un recurso de gran potencial para la explotación agroindustrial, fruto y palmito. Colombia posee extensas zonas donde este cultivo podría ser una alternativa de producción; sin embargo, a pesar de estudios realizados en el país y el exterior, aún se desconocen aspectos básicos de su morfología; tal es el caso de su organización foliar, filotaxia y ángulo de divergencia, parámetros visuales útiles para tomar muestras foliares

<sup>1</sup> Contribución del proyecto "Generación de tecnología para el cultivo de la palma de chontaduro en la zona del pacífico". CORPOICA - COLCIENCIAS - BID - Universidad de Nariño - Palmitos del Paraiso.

<sup>2,4</sup> Investigadores Corpoica. Centro de Investigación El Mira, Tumaco - Colombia. Telefáx (092)7272527 Tumaco. E-mail cindor5@telesal.com.co.

<sup>3</sup> Profesor Universidad de Nariño. Investigador Convenio CORPOICA - Universidad de Nariño. Telefáx (092)7272527 Tumaco; E-mail cindor5@telesal.com.co.

para análisis de laboratorio y medidas biométricas para evaluación de materiales, debido a sus implicaciones de orden morfológico y fisiológico dentro de la planta (Wareing y Philip, 1984 ; Taiz y Zeiger, 1991).

Dependiendo de la separación angular de las hojas, en una palma se puede presentar competencia interna con respecto a captación de la luz, lo que puede traer como consecuencia un comportamiento diferencial en cuanto a actividad fotosintética y por ende sobre la producción biológica (Bernardes, 1987; Hirsch, 1978). En chontaduro aún no existen reportes sobre este patrón, pero algunos investigadores lo insinúan al decir que las hojas presentan un ordenamiento en forma de espiral (Mora, 1984).

El objetivo del trabajo es contribuir al conocimiento morfo-botánico de esta especie, mediante la determinación del patrón filotáctico y su ángulo de divergencia foliar.

### METODOLOGIA

**Localización.** La investigación en fase juvenil se realizó en la plantación El Paraiso, dedicada a la explotación comercial de palmito y la fase adulta en fincas particulares destinados a la obtención de fruto, localizadas en la región del río Mira (Tumaco), a 16 m.s.n.m., con una precipitación promedio anual de 2800 mm, temperatura media de 25.9 °C, humedad relativa de 88% y brillo solar de 1000 horas sol/año.

**Materiales.** Se consideró como fase juvenil la etapa comprendida desde el trasplante a sitio definitivo hasta el primer corte del palmito (16 meses en promedio); mientras que la fase adulta a partir de la primera floración visible en el tallo de la palma, es decir, cuando comienza su fase productiva.

El material estudiado fue bastante heterogéneo en cuanto a su fenotipo (diferentes ecotipos, macolladoras, no macolladoras, con espinas, sin espinas). En fase juvenil se analizaron 25 palmas al azar ubicadas en lotes comerciales de 16 meses de edad, sembrados a una distancia de 2.50 m. entre hileras y 1.0 m. entre plantas; mientras que para la etapa productiva se escogieron al azar 25 palmas adultas dispersas en los sitios de estudio.

**Relación filotáctica.** Para determinar la relación filotáctica (RF) se utilizó la fórmula  $RF=V/I$ , propuesta por Theron (1968), donde: V= Número de giros que se debe dar alrededor del tallo, para llegar de una hoja A hasta una A' situada inmediatamente debajo de la primera (Figura 1). I= Número de hojas o cicatrices foliares que hay entre A y A' (Figura 1).

El procedimiento en la práctica se resume así: a) Se identifican y numeran todas las hojas en orden a su aparición. b) Se identifican series de hojas que forman conjuntos perfectamente diferenciables llamados hélices. c) En cada hélice se eligen dos hojas consecutivas, siendo la primera la más joven; luego, siguiendo el orden de la espiral genética, se empieza a girar desde la primera (punto de partida, 0°) hasta llegar a la segunda (360°). El número de giros completos que se hacen para llegar de la primera a la segunda corresponde a V. d) En cada hélice se observa la serie de números que la integran, la diferencia entre dos números consecutivos dentro de cada hélice, es I. El número de hélices también es I.

**Angulo de divergencia.** Para la determinación del ángulo de divergencia (D) se emplearon dos procedimientos:

a) Un observador se para frente a la palma y con la ayuda de una brújula y una plomada determina el ángulo existente entre la prolongación visual del raquis de la hoja y el norte magnético. Luego se hace lo mismo con la hoja cronológicamente siguiente y por diferencia se obtiene el ángulo entre dos hojas consecutivas (Hirsch, 1978). Durante el estudio se midieron dos ángulos por palma, entre las hojas 4 - 5 y 5 - 6 en palmas jóvenes y entre las hojas 6 - 7 y 7 - 8 en palmas adultas.

b) Multiplicando por 360° la relación V/I propuesta por Theron (1968).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En etapa juvenil el chontaduro desarrolló hojas pinnadas presentando un patrón filotático equivalente a 1/3 (Tabla 1), que se interpreta de la siguiente forma: todas las hojas de la corona foliar se agrupan en tres conjuntos o hélices; si las hojas se enumeran en orden a su aparición se observa que cada tres coinciden en la misma hélice, o sea que el orden cronológico de formación de las hojas varía de tres en tres. Así, partiendo de la hoja 1, luego de un giro completo al tallo, en la misma hélice se encuentra la hoja 4 situada inmediatamente debajo de la primera, en la misma hélice se encuentran las hojas 7 y 10. En la segunda hélice se encuentran las hojas 2, 5, 8, y en la tercera las hojas 3, 6 y 9, (Figura 2A).

Calculado el ángulo divergente ( $D=1/3 \times 360^\circ$ ) se obtuvo que la separación angular de dos hojas consecutivas en una palma joven oscila alrededor de 120° (Figura 2A).

En la fase adulta cada macollo de la planta que inicia etapa productiva, transforma su patrón filotático presentando una relación de 2/5 (Tabla 1), indicando que tan pronto como las hojas van emergiendo, se distribuyen en cinco hélices (Figura 2B). Si todas las hojas se enumeran en orden a su aparición cronológica se observa que cada cinco coinciden en la misma hélice. Para que esto ocurra, el ápice de la planta tiene que girar dos veces sobre su propio eje, así: partiendo de la hoja uno, la siguiente dentro de la misma hélice y después de dos giros es la seis y la siguiente la 11; si se elige la hoja dos, la siguiente en esa hélice es la siete y la siguiente la doce; lo mismo ocurre en las hélices 3, 4 y 5. De modo que existen cinco hojas de diferencia entre dos hojas consecutivas de un mismo arreglo foliar.

El ángulo divergente calculado para la relación 2/5 indica que la separación angular entre dos hojas cronológicamente consecutivas oscila alrededor de 144°. (Figura 2B). En medición directa (Tabla 1) se observan variaciones desde +26° hasta -33° con respecto al valor calculado.

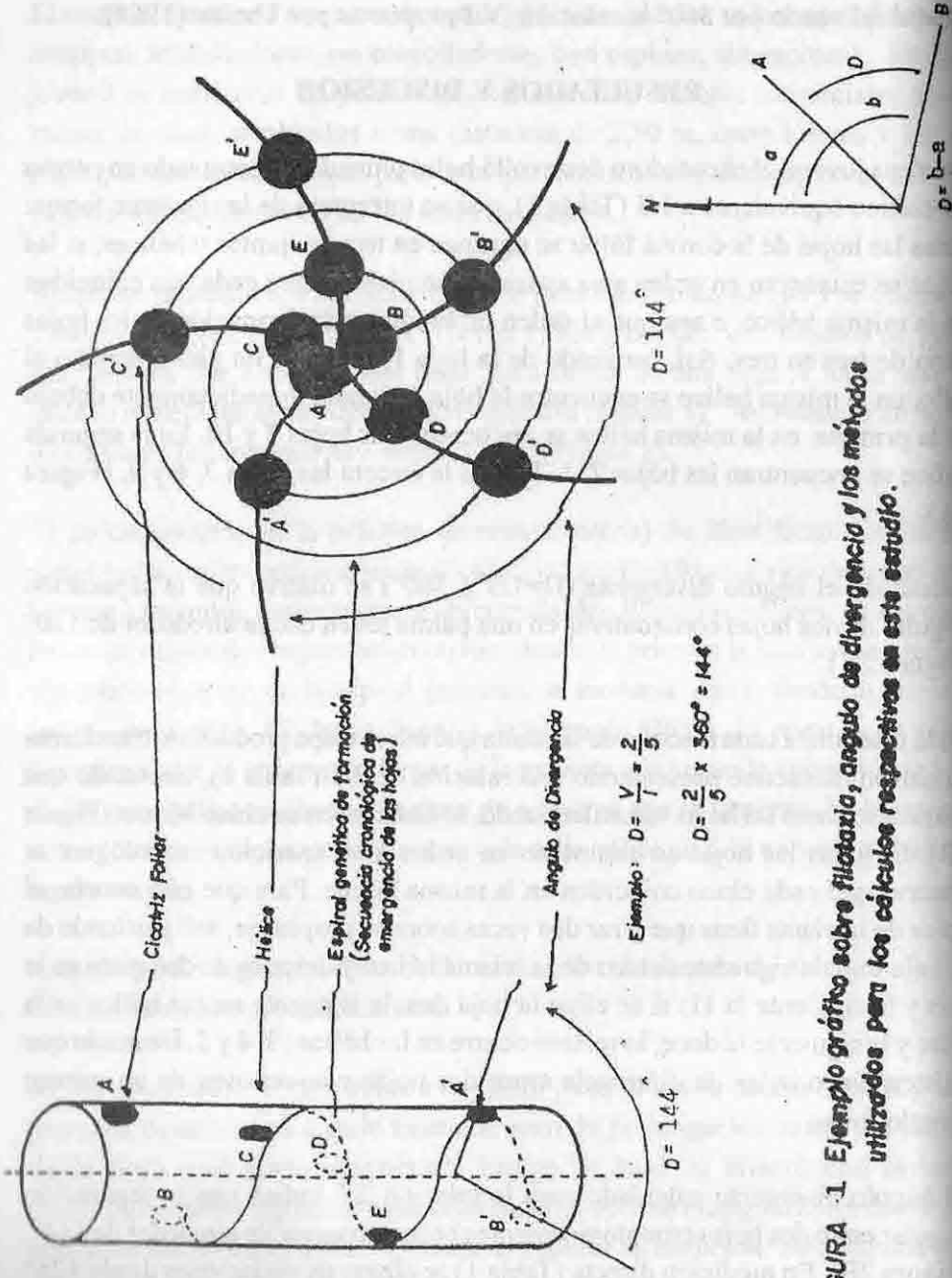


FIGURA 1. Ejemplo gráfico sobre filotaxia, ángulo de divergencia y los métodos utilizados para los cálculos respectivos en este estudio.

TABLA 1

Angulo de divergencia foliar, número y disposición de las hojas en palmas de chontaduro (*Bectris gesipaes* K.) en etapa juvenil y adulta.  
 Centro de Investigación El Mira, Turmaco - Naritío

TIPO DE PALMA	PALMA JOVEN			PALMA ADULTA		
	PROMEDIO	FRECUENCIA	RANGO	PROMEDIO	FRECUENCIA	RANGO
Número de hojas funcionales	7		6-9	16		11-20
Número de hélices o espirales por palma	3	100%		5	100%	
Número de giros entre dos hojas consecutivas de una hélice	1	100%		2	100%	
Número de hojas entre dos hojas consecutivas de una hélice	3	100%		5	100%	
Relación filotáctica	1/3	100%		1/5	100%	
Número de palmas con hélices inclinadas a la derecha	18	72%		20	80%	
Número de palmas con hélices inclinadas a la izquierda	7	28%		5	20%	
Angulo de divergencia medido entre las hojas 4 y 5*	120		95-151			111-170
Angulo de divergencia medido entre las hojas 5 y 6*	130		101-149			113-163
Angulo de divergencia calculado**	120	100%		144	100	
Diferencia entre ángulo medido hojas 4-5 y el calculado	0		-25 +31			
Diferencia entre ángulo medido hojas 5-6 y el calculado	10		-19 +29			
Angulo de divergencia medido entre las hojas 6 y 7*				141		
Angulo de divergencia medido entre las hojas 7 y 6*				141		
Angulo de divergencia calculado**				144		
Diferencia entre ángulo medido hojas 6-7 y el calculado				3		-33 +26
Diferencia entre ángulo medido hojas 7-8 y el calculado				3		-25 +19

\* Obtenido por medición directa mediante una brújula

\*\*  $(1/3 \times 360^\circ = 120^\circ)$  y  $(2/5 \times 360^\circ = 144^\circ)$  respectivamente

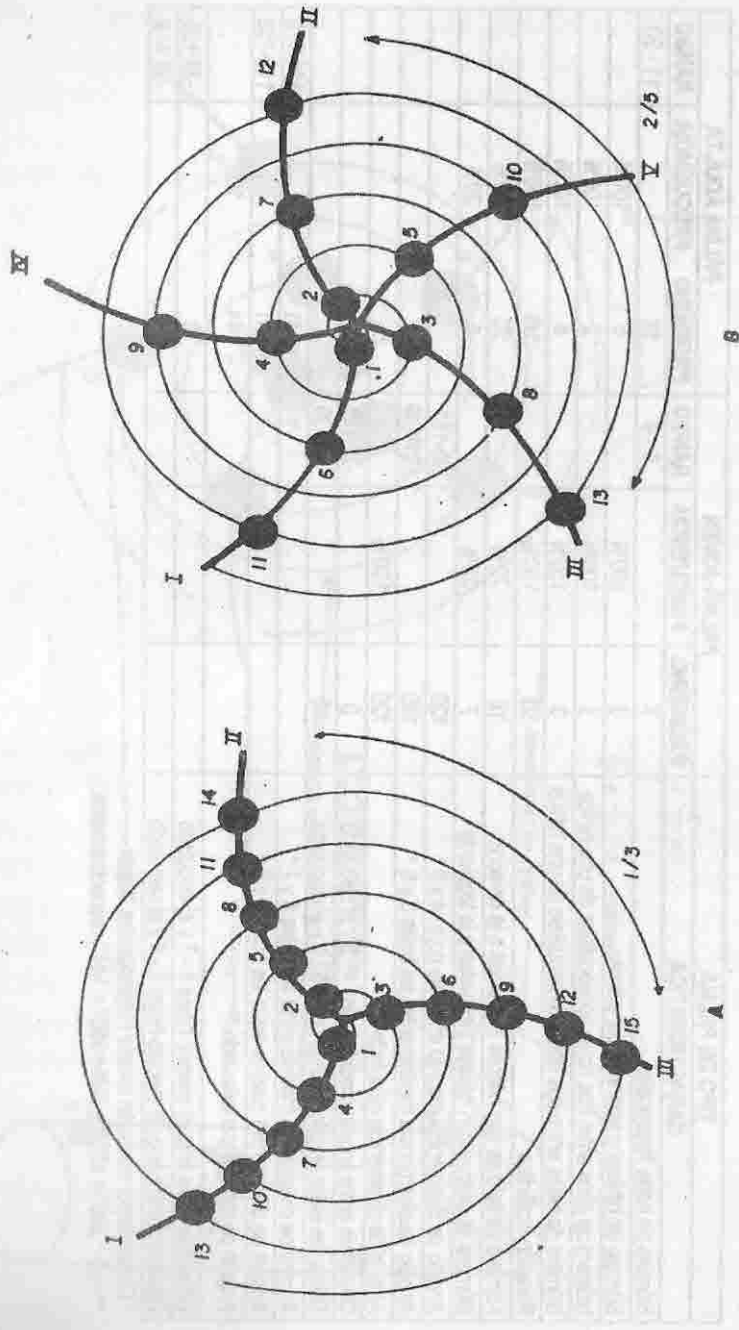


FIGURA 2. Representación gráfica del patrón filotáxico y el ángulo divergente encontrados en palmas de chontoduro.  
 A) Filotaxia de una palma en etapa juvenil o vegetativa.  
 B) Filotaxia de una palma adulta o en fase reproductiva.

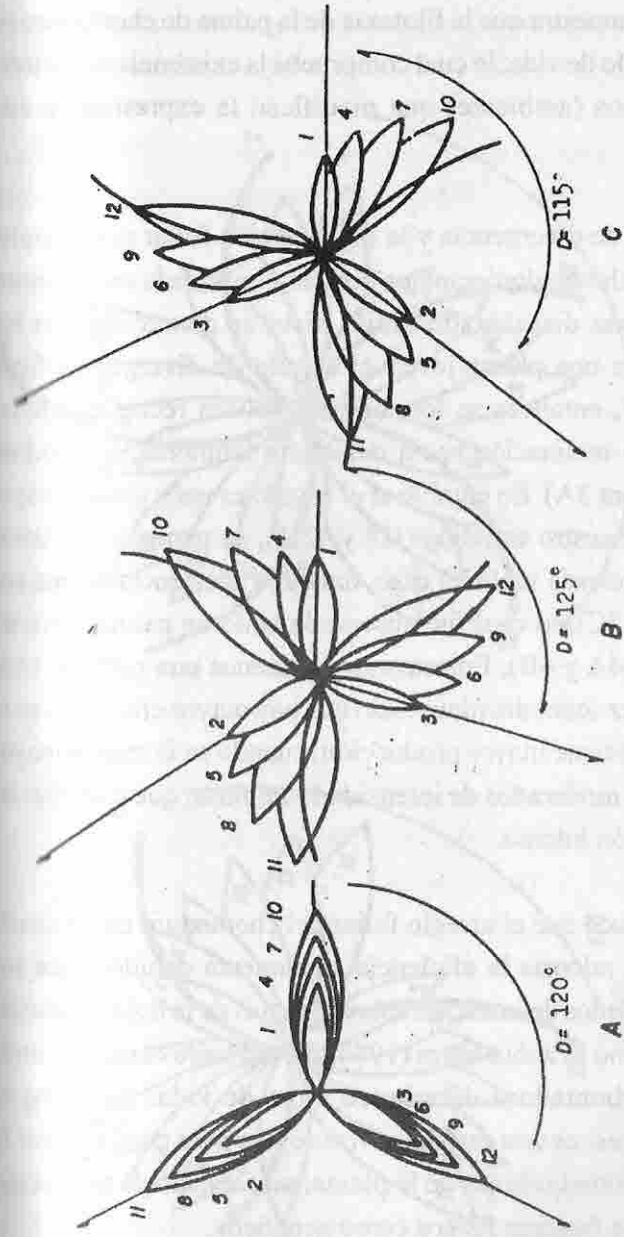


FIGURA 3. Variación en pocos grados con respecto al ángulo divergente calculado ( $D = v/1 \times 360^\circ$ ), hace que las hojas se distribuyan en forma imbricada, con apariencia radial.  
 A. Cuando el ángulo de divergencia real es exactamente igual al calculado.  
 B. Cuando el ángulo real es unos grados mayor que el calculado, se forman palmas izquierdas, o sea que los hélices se inclinan desde la derecha hacia la izquierda.  
 C. Cuando el ángulo divergente es unos grados menor que el calculado, se forman palmas derechas, o sea que los hélices se inclinan desde la izquierda hacia la derecha.

Con estos resultados se demuestra que la filotaxia de la palma de chontaduro no es constante durante su ciclo de vida, lo cual comprueba la existencia de factores internos (genes) y externos (ambiente) que modifican la expresión de esta característica.

La variación en el ángulo de divergencia y la organización foliar son causales para que las hojas de las palmas adquieran una posición imbricada en la corona dando la apariencia de una distribución radial. Esto se demuestra con los siguientes ejemplos: si en una planta joven el ángulo de divergencia fuera exactamente igual a  $120^\circ$ , entonces se formarían 3 hélices rectas con hojas superpuestas, sin ninguna inclinación hacia derecha o izquierda, haciéndose sombra mutuamente (Figura 3A). En cambio si el ángulo es unos grados mayor o menor que  $120^\circ$  (para nuestro estudio  $+31^\circ$  y  $-25^\circ$ ), se generan conjuntos inclinados a derecha o izquierda según el caso, dando la apariencia de una corona radial (Figuras 3B y 3C), lo cual fue observado tanto en palmas jóvenes como en adultas (Figuras 4A y 4B). En este caso, al menos una parte de cada hoja queda expuesta a la luz solar, disminuyendo que hay mayor eficiencia en la utilización de la luz y se obtiene mayor producción, cuando se iluminan mayor número de hojas a niveles moderados de intensidad luminosa, que exponiendo algunas pocas a iluminación intensa.

De todo lo anterior se deduce que el arreglo foliar del chontaduro es adecuado para capturar la luz solar, además la eficiencia se aumenta debido a que los folíolos tienen diferentes planos de inserción sobre el raquis de la hoja, formando especies de abanico tal como lo anota Mora (1984). Por lo tanto el cambio en la relación filotáctica del chontaduro durante su ciclo de vida, mediante la formación de nuevas hélices, es una respuesta fisiológica para contrarrestar la autocompetencia por luz entre las hojas de la planta; mecanismo de regulación que puede obedecer tanto a factores físicos como genéticos.

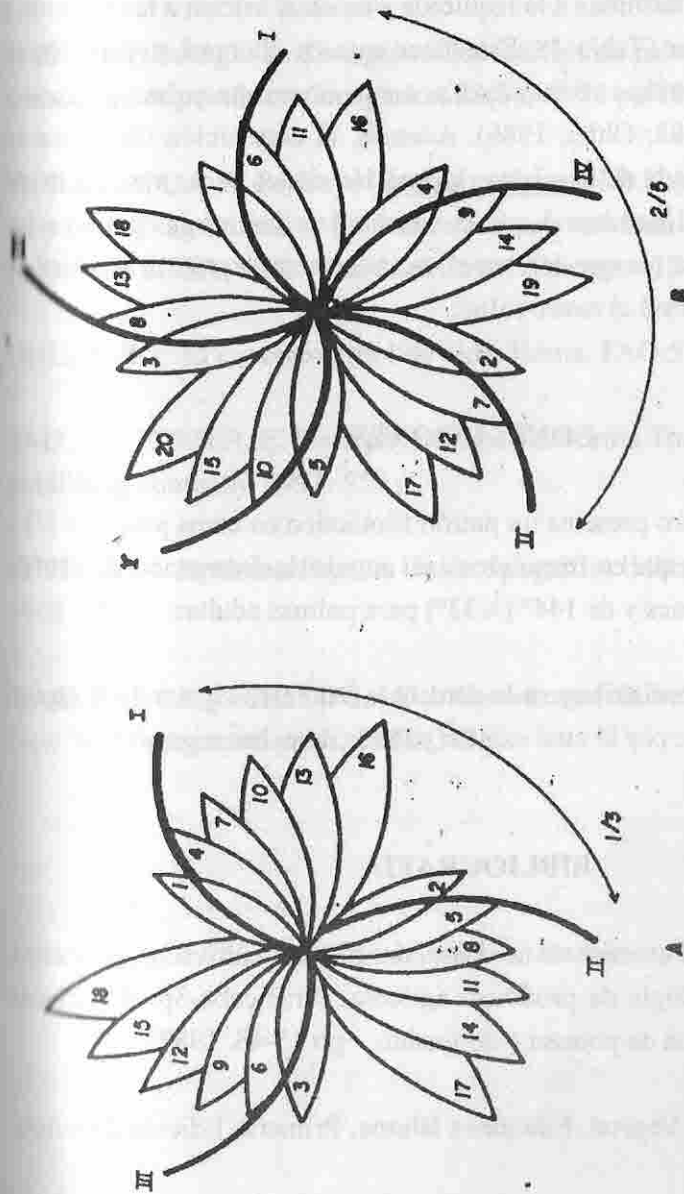


FIGURA 4 Representación gráfica del patrón filotáctico y el ángulo divergente encontrados en palmas de chontaduro.

A) Filotaxia de una palma en etapa juvenil o vegetativa.

B) Filotaxia de una palma adulta o en fase reproductiva.

Las hélices correspondientes a los patrones filotácticos antes descritos no presentan siempre en la misma dirección. Se observó que en unas palmas estas inician a la derecha y terminan a la izquierda y en otras inician a la izquierda y terminan a la derecha (Tabla 1). Esto hace que en chontaduro también se presenten palmas derechas e izquierdas, como ocurre en palma africana y cocotero (Hartley, 1988; Ohler, 1986). Además, la disposición filotáctica en espirales va acompañada de la misma disposición de los haces vasculares. Al respecto, Fahn (1978) determinó que la vascularización en las palmeras va asociada a la filotaxia, ya que los haces vasculares se desvían a izquierda y derecha según donde esté el rastro foliar.

### CONCLUSIONES

La palma de chontaduro presenta un patrón filotáctico en etapa joven de 1/3 y en etapa adulta de 2/5; que corresponden a un ángulo de divergencia de  $120^\circ$  ( $\pm 31^\circ$ ) para palmas jóvenes y de  $144^\circ$  ( $\pm 33^\circ$ ) para palmas adultas.

El patrón filotáctico se distribuye a la derecha e izquierda siguiendo la espiral genética de formación, por lo cual existen palmas derechas e izquierdas.

### BIBLIOGRAFIA

BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: Castro, P.R.C. et al. Ecofisiología da producao agrícola. Piracicaba-Sp: Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. pp 13-48. 1987

FAHN, A. Anatomía Vegetal. Ediciones Blume, Primera Edición Española Madrid. 643 p. 1978.

HARTLEY, C.W.S. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). Third edition. New York. Longman scientific & Technical. 1988. 761 p.

HIRSCH, P.J. Angle de divergence des feuilles du palmier á huile Mesure et conséquences possibles. Oleagineux 33(3): 1978 pp 109-112.

MORA-URPI, J. El Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.): Origen, Biología floral y manejo agronómico. In: Palmeras poco utilizadas de América Tropical. FAO/Catie Lil SA, 1984. San José Costa Rica. pp: 118-160.

OHLER, J.G. El cocotero árbol de vida. Roma. FAO 57 Roma. 1986. 347 p.

TAIZ, L. y ZEIGER, E. Plant physiology. California. The Benjamin Cummings publishing company. 1991. 559 p.

THERON, A. Botánica. España. Unión tipográfica Editorial Hispanoamericana. 1968. 288 p.

WAREING, P.F. y PHILLIPS, I.D.J. Growth and differentiation in plants. 3 ed. New York. Pergamon press, 1981. 343 p.