

M. J. PEDRO JUNIOR*, H' A A MASCARENHAS**, O TISSELI FILHO**, L.R. ANGELOCCI***

Summary

Dry matter weight and leaf area were measured for three soybean cultivars (early, intermediate and late cycles) in order to make growth analyses.

The time variation of dry weight and leaf area were conveniently described by exponential equations of the second degree.

The maximum estimated dry matter weight were 750, 950 and 1 400 g/m² for the cultivars Paraná, Santa Rosa and UFV-1, whereas the maximum leaf area index were 6.5, 6.8 and 7.3 and the maximum crop growth ratio values were 17, 18 and 23 g/m²/dia for Paraná, Santa Rosa and UFV-1. The harvesting index varied between 0.4 and 0.5 for the three cultivars

Introdução

O conhecimento da influência dos diferentes fatores no tempo e na taxa de acúmulo de matéria seca nas diferentes partes de qualquer cultura é imprescindível para o desenvolvimento de melhores cultivares e aumento de produtividade.

A análise quantitativa do crescimento é normalmente usada para análise da produção primária das culturas. Watson (13) fez uma revisão sobre as técnicas tradicionais de análise de crescimento e Radford (11) analisou as fórmulas, sua derivação e as condições necessárias para sua utilização, além de apresentar metodologia que envolve a descrição matemática da relação entre peso seco e da área foliar com o tempo, para cálculo de valores instantâneos dos parâmetros de crescimento.

Vários estudos tem sido feito sobre a curva de crescimento de soja. Hammond e Kirkham (6) estudaram o crescimento exponencial setorizado (3 segmentos) de quatro cultivares de soja. Buttery (3) descreveu matematicamente o acúmulo de matéria seca e incremento de área foliar sob a influência de diferentes populações de plantas. Koller *et al.* (8) testou vários tipos de função e optou pela polinomial para descrever o crescimento de uma comunidade de soja. Hanway e Weber (7) analisou o acúmulo de matéria seca em oito cultivares para cálculo das taxas de aumento.

O objetivo do trabalho foi estudar, através da análise de crescimento, utilizando-se funções matemáticas, o comportamento de cultivares de soja de ciclo precoce, médio e tardio.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agronômico de Estado de São Paulo. Os cultivares utilizados foram: Paraná (ciclo precoce), Santa Rosa (ciclo médio) e UFV-1 (ciclo tardio). O plantio foi, em 17/11/76, com espaçamento de 0,60 m entre linhas e com o seguinte número de plantas médio por metro linear: 14, 15 e 11, respectivamente, para Paraná, Santa Rosa e UFV-1.

¹ Recebido para publicação em 27 abril, 1984.

* Seção de Climatologia Agrícola – Instituto Agronômico – CP 28-13 100 – Campinas, São Paulo, Brasil (Bolsista CNPq).

** Seção de Leguminosas – Instituto Agronômico – CP 28 – 13 100 Campinas, São Paulo, Brasil (Bolsista do CNPq).

*** Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da USP 13 400 – Piracicaba São Paulo, Brasil.

A determinação do acúmulo de matéria seca e área foliar foi feita através de amostragens espaçadas de 7 dias, quando era coletada a parte aérea de 4 parcelas de 0.50 m de comprimento por amostragem. A planta foi separada nas seguintes partes: haste, folha, vagem e sementes. Não foi colhido o material que se cava por senescência (folhas). O peso seco foi medido após deixar o material colhido, por mais de 72 horas a 70°C, em estufa, e a área foliar foi determinada com medidor Hayashi-Denko.

Na análise de crescimento das comunidades vegetais utilizou-se a unidade de área de terreno como base para expressar o peso seco e a área foliar.

O método clássico de Watson (13) foi utilizado para determinar os valores médios dos diferentes índices, e envolveram cálculos da variação nas taxas médias do peso seco (P_1 e P_2) e área foliar (ℓ_1 e ℓ_2), observadas em duas datas de amostragem (t_1 e t_2), como se segue:

Taxa de assimilação líquida (TAL)

$$\overline{TAL} = (P_2 - P_1) (L_n \ell_2 - L_n \ell_1) / (t_2 - t_1) (\ell_2 - \ell_1) \quad (1)$$

Taxa de crescimento relativo médio (TCR)

$$\overline{TCR} = L_n P_2 - L_n P_1 / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

Taxa de crescimento relativo foliar médio (TCRF)

$$TCRF = (L_n \ell_2 - L_n \ell_1) / (t_2 - t_1) \quad (3)$$

Taxa de crescimento da cultura médio (TCC)

$$\overline{TCC} = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1) \quad (4)$$

Várias funções matemáticas tem sido apresentadas para descrever a variação do incremento do peso seco e da área foliar com o tempo: polinomial de Koller *et al.* (8); regressão simples de Hanway e Weber (7); logística de Machado *et al.* (9). No presente trabalho optou-se pelas equações exponenciais como utilizadas por Buttery (3):

$$P = \text{Exp} [a + bt - c t^2] \quad (5)$$

$$\ell = \text{Exp} [a_1 + b_1 t + c_1 t^2] \quad (6)$$

onde P é o peso seco por m² de área (g/m²); ℓ é a área foliar (m²/m²); t é o tempo após o plantio (dias) e a, b, c, a₁, b₁, c₁ são constantes.

Utilizando-se as equações (5) e (6) a estimativa de valores instantâneos pode ser obtida por:

$$TAL = (b+2 c t) \text{Exp} [(a-a_1) + (b-b_1) t + (c-c_1) t^2] \quad (7)$$

$$TCR = b + 2 c t \quad (8)$$

$$TCRF = b_1 + 2 c_1 t \quad (9)$$

$$TCC = k (b + 2 c t) \text{Exp} [a + bt + c t^2] \quad (10)$$

$$IAF = k \text{Exp} [a_1 + b_1 t + c_1 t^2] \quad (11)$$

onde k é um fator de conversão de unidades.

Os valores das constantes a, b, c, a₁, b₁, c₁ foram calculados através do ajuste dos dados à forma logarítmica usando-se um programa de regressão pelo método dos quadrados mínimos.

Resultados e discussão

Durante o desenvolvimento da cultura ocorreu período sem chuvas dos 77 aos 96 dias após o plantio (Figura 1). Isto contribuiu para um decréscimo no acúmulo de matéria seca, que foi rapidamente compensado após as primeiras chuvas.

Utilizando-se os dados de peso seco (P) e área foliar (ℓ) foram calculadas equações de regressão do $L_n P$ e do $L_n \ell$ contra o tempo. Os valores dos coeficientes encontram-se no Quadro 1.

Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram todos superiores a 0.96 tanto para $L_n P$ como $L_n \ell$.

A variação do peso seco é mostrada na Figura 2, através de valores médios e estimados pela equação exponencial (curvas). O peso seco máximo estimado ocorreu aos 95, 110 e 130 dias após o plantio, respec-

Quadro 1. Valores dos coeficientes das equações (5) e (6) de estimativa de peso seco e área foliar para diferentes cultivares de soja.

Cultivar	Peso seco (g/m ²)			Área foliar (m ² /m ²)		
	a	b	c	a ₁	b ₁	c ₁
Paraná	0.527	0.1293	-0.000685	-3.115	0.1289	-0.000835
Santa Rosa	1.132	0.1018	-0.000453	-2.848	0.1127	-0.000658
UFV-1	1.125	0.0922	-0.000352	-2.765	0.1087	-0.000631

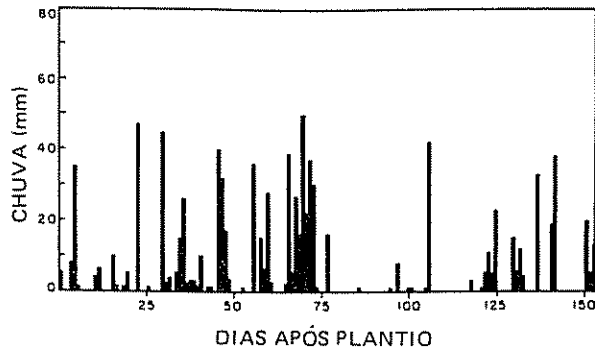


Fig. 1. Valores diários da precipitação pluvial no Centro Experimental de Campinas. Data de plantio da soja 17/11/76.

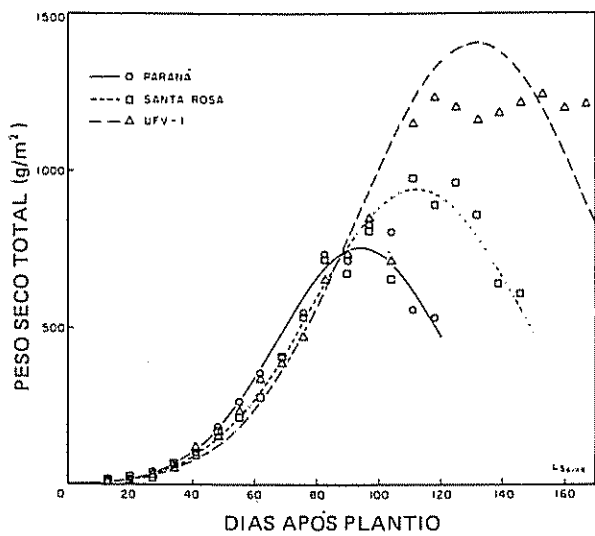


Fig. 2. Acúmulo de matéria seca nos cultivares de soja Paraná, Santa Rosa e UFV-1.

tivamente, para os cultivares de ciclo precoce, médio e longo. A distribuição dos pontos de amostragem é bastante uniforme até os 80 dias, tendo sido encontrada maior variação a partir desta data. Fato este comum, na maioria dos trabalhos de análise de crescimento. Houve uma diferença na produção máxima de matéria seca (g/m^2) estimada entre os cultivares: 750 (Paraná), 950 (Santa Rosa) e 1 400 (UFV-1). Pela Figura 2, nota-se que a estimativa para a UFV-1 foi elevada, em relação aos valores medidos (em torno de $1\ 250\ g/m^2$). Isto deve-se ao fato de que a UFV-1, retém as folhas por mais tempo, tendendo a ter uma assintota após a época de máxima produção de matéria seca. Para o cultivar Santa Rosa, Bataglia *et al.* (1) obtiveram um máximo de acúmulo de matéria ($563,2\ g/m^2$) aos 90 dias após a germinação, ainda Bataglia e Mascarenhas (2), em média de 3 anos, obtiveram aproximadamente $550\ g/m^2$. Para cultivar de ciclo

tardio (Pelicano) Mascarenhas (10) obteve $1\ 600\ g/m^2$ de produção de matéria seca. Apesar do cultivar Pelicano ser de hábito indeterminado a matéria seca total coincidiu com os valores obtidos para UFV-1.

A maior variabilidade dos dados medidos de matéria seca, contribuiu para uma dispersão valores calculados de taxa de crescimento da cultura (Figura 3). A TCC do cultivar Paraná, inicialmente, foi superior à dos cultivares Santa Rosa e UFV-1. Os valores máximos da TCC ($g/m^2/dia$) foram de 17, 18 e 23 respectivamente para Paraná, Santa Rosa e UFV-1. Estes valores são coerentes com os apresentados por Buttery (3) e Buttery (4), que estão em torno de $16\ g/m^2/dia$.

Nas Figuras 4a e 4b estão representados valores médios e estimados da TCR e TCRF. Ocorreu pequena diferença entre as TCRF dos cultivares Santa Rosa e UFV-1. Apenas, notou-se que o cultivar Paraná apresentou uma maior TCRF no início, mostrando que o acúmulo de matéria seca, nas folhas dos cultivares de ciclo precoce, é mais intenso nos primeiros 50 dias após o plantio; o mesmo aconteceu com a TCR (Figura 4a).

Os índices máximos estimados de área foliar foram 6,5; 6, 8 e 7,3, respectivamente, para Paraná, Santa Rosa e UFV-1 (Figura 5a). Estes valores são comparáveis aos máximos para soja (5 a 8), citados por Shibles *et al.* (12). Ocorreu considerável variabilidade entre os valores medidos e estimados (curva) depois dos 80 dias após ao plantio.

A taxa de assimilação líquida (TAL), sendo o resultado do balanço entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida através da respiração, torna difícil a identificação de qual processo mais

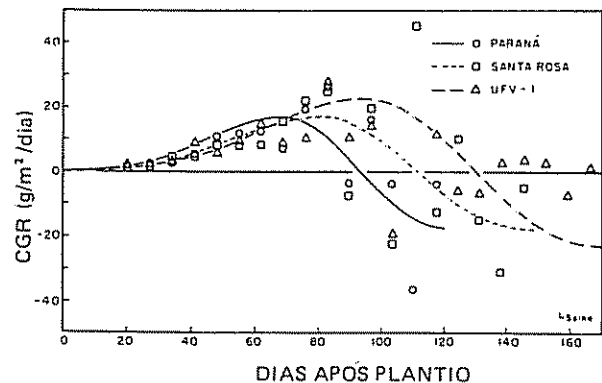


Fig. 3. Variação da taxa de crescimento da cultura (TCC) para os cultivares de soja Paraná, Santa Rosa e UFV-1.

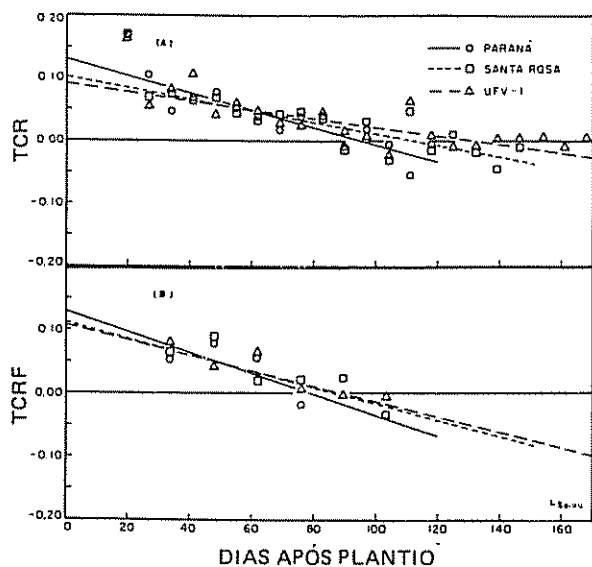


Fig. 4. Variação da taxa de crescimento relativo (TCR) (a) e da taxa de crescimento relativo da folha (TCRF) (b) para os cultivares de soja Paraná, Santa Rosa e UFV-1.

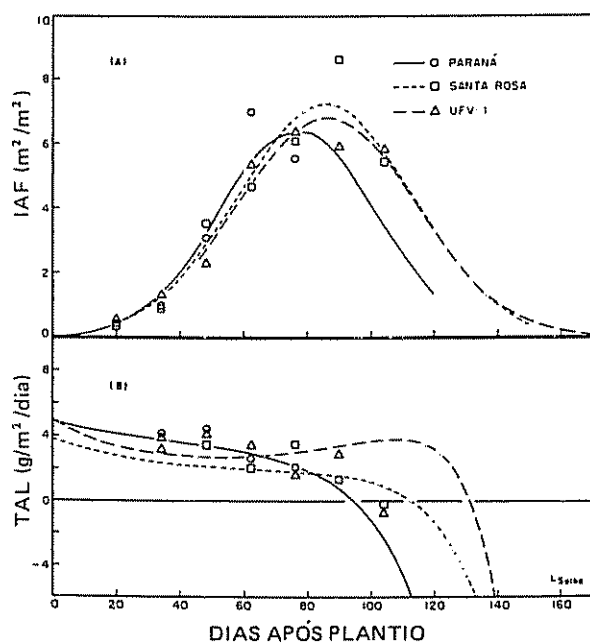


Fig. 5. Índice de área foliar (IAF) (a) e taxa de assimilação líquida (TAL) (b) para os cultivares de soja Paraná, Santa Rosa e UFV-1.

afeta a TAL num determinado instante (9). Os valores estimados da TAL (Figura 5b) foram maiores ($3.5 \text{ g/m}^2/\text{dia}$) para o cultivar Paraná até os 65 dias após o plantio, seguidos dos valores dos cultivares UFV-1 ($3.0 \text{ g/m}^2/\text{dia}$) e Santa Rosa ($2.0 \text{ g/m}^2/\text{dia}$). Para o UFV-1 os valores de TAL mantiveram-se constantes

por volta dos 50 dias após o plantio, para aumentarem até os 110 dias ($3.8 \text{ g/m}^2/\text{dia}$). O cultivar de ciclo curto (Paraná) apresentou uma diminuição constante do valor de TAL, até os 80 dias, após, o decréscimo foi maior, pela perda de matéria seca devido à queda das folhas.

Nas Figuras 6, 7 e 8 são apresentados os valores relativos do peso das folhas da haste, das vagens e das sementes com o peso seco total. Após os 25 dias após o plantio aproximadamente 70 a 80% da matéria seca da parte aérea das plantas se concentrava nas folhas e os restantes 20 a 30% na haste. Após o florescimento, de 70-80 dias (Paraná), 80-90 dias (Santa Rosa) e 90-100 dias (UFV-1) a vagem desenvolveu-se rapidamente e a contribuição da haste passou a ser em torno de 40% para Paraná, 45% para Santa Rosa e UFV-1. Para todos os cultivares o incremento do pe-

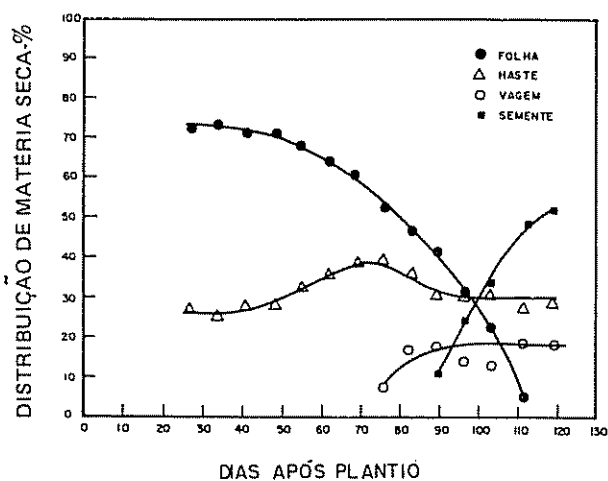


Fig. 6. Distribuição relativa sazonal da matéria seca em soja cv. Paraná.

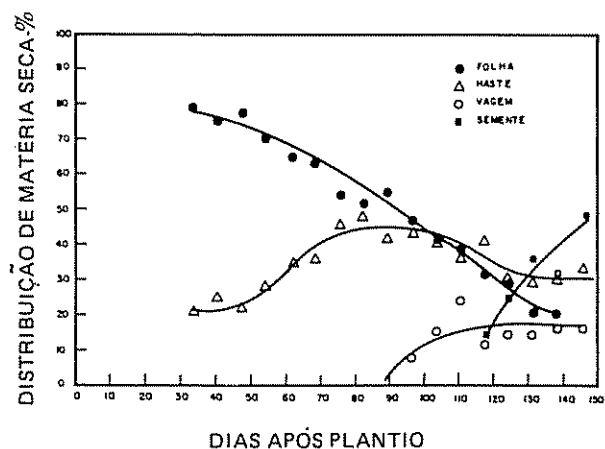


Fig. 7. Distribuição relativa sazonal da matéria seca em soja cv. Santa Rosa.

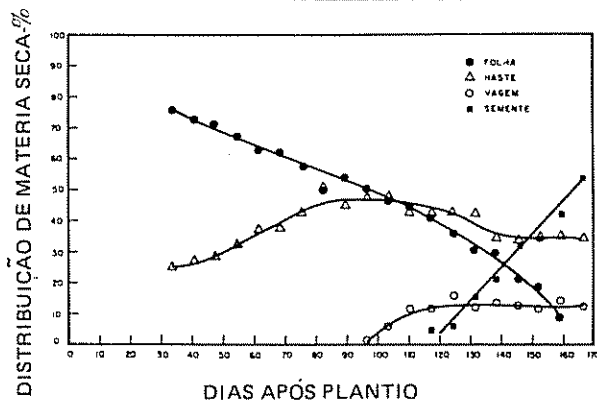


Fig. 8. Distribuição relativa sazonal da matéria seca em soja cv UFV-1.

so seco da semente passou a predominar até o fim do ciclo e a relação peso seco de semente/peso seco total, isto é o índice de colheita, esteve ao redor de 0.40 a 0.50 para os três cultivares. Esses valores são semelhantes os obtidos por Colasante e Costa (5) que obtiveram para Paraná -0.45 e para Santa Rosa 0.43.

Pelos dados expostos pode-se observar que funções matemáticas podem ser utilizadas para descrever o acúmulo de matéria seca e área foliar, facilitando a visualização da tendência da evolução dos índices da análise de crescimento, contornando o problema de dispersão de pontos encontrados pela variabilidade normalmente existente entre as amostragens de peso seco e área foliar.

Resumo

Dados de peso seco e área foliar de três cultivares de soja (ciclos precoce, médio e longo) foram utilizados para se efetuar a análise de crescimento. A variação temporal do logaritmo do peso seco e da área foliar foi convenientemente descrita por equações exponenciais de segundo grau.

A produção máxima de matéria seca estimada foi de 750, 950 e 1 400 g/m² para os cultivares Paraná, Santa Rosa e UFV-1. Enquanto os índices de área foliar máximos foram, respectivamente, de 6.5; 6,8 e 7.3. Os valores máximos da taxa de crescimento da cultura (g/m²/dia) foi de 17, 18 e 23 g/m²/dia, para Paraná, Santa Rosa e UFV-1. O índice de colheita variou ao redor de 0.4 a 0.5 para os três cultivares.

Literatura citada

1. BATAGLIA, O.C., MASCARENHAS, H.A.A., TEXEIRA, J.P.F. e TISSELI FILHO, O. Acúmulo de matéria seca e nutrientes, em soja cultivar Santa Rosa. *Bragantia* 35:237-247. 1976.

2. BATAGLIA, O.C. e MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas Instituto Agronômico. Boletim Técnico No. 41, 1977. 36 p.
3. BUTTERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Canadian Journal of Plant Science* 49: 675-684. 1969.
4. BUTTERY, B.R. Effects of variation in leaf area index on the growth of maize and soybeans. *Crop* 10:9-13. 1970.
5. COLASANTE, L.O. e COSTA, J.A. Índice de colheita e rendimento biológico, na comparação da eficiência de variedades de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 16(2):225-230. 1981.
6. HAMMOND, L.C. e KIRKHAM, D. Growth curves of soybeans and corn. *Journal of the American Society Agronomy*. 41:23-29. 1949.
7. HANWAY, J.J. e WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agronomy Journal* 63: 227-230. 1971.
8. KOLLER, H.R., NYQUIST, W.E. and CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. *Crop Science* 10:407-412. 1970.
9. MACHADO, E.C., PEREIRA, A.R., FAHL, J.I., ARRUDA, H.V., SILVA, W.J., TEIXEIRA, J. P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17(6): 825-833. 1982.
10. MASCARENHAS, H.A.A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos, durante o ciclo vegetativo da soja. Campinas, Instituto Agronômico. Boletim Técnico No. 6. 1973 48 p.
11. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Science* 7:171-175. 1967.
12. SHIBLES, R., ANDERSON, I.C. ed e GIBSON, A. H. Soybean. In L.T. Evans *Crop Physiology*. pp. 151-189. 1978.
13. WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Advance Agronomy* 4:101-145. 1952.

Reseña de libros

GREAVES, A. (Cop.) *Acacia nilotica*. Reino Unido, Commonwealth Agricultural Bureaux. Annotated Bibliography No. F36. 1984. 137 p. (incluye publicaciones de 1869 a 1982).

GREAVES, A. (Cop.) *Acacia tortilis*. Reino Unido, Commonwealth Agricultural Bureaux. Annotated Bibliography No. F37. 1984 p. (incluye publicaciones de 1925 a 1982).

Estas dos bibliografías sobre especies de *Acacia* (Leguminosae) de importancia para las zonas áridas y semiáridas del mundo es una buena muestra de la labor que lleva a cabo en el campo de la información para las ciencias agrícolas y forestales el "Commonwealth Agricultural Bureaux" (CAB) del gobierno del Reino Unido. La información fue recopilada por el Departamento de Agricultura y Ciencias Forestales del Instituto Forestal de la Comunidad Británica. Este instituto ha preparado hasta la fecha un total de 37 bibliografías de interés para los especialistas en ciencias forestales, con bastante énfasis en aspectos tropicales.

Las dos bibliografías analizadas en este compendio no sólo incluyen la referencia de cada publicación, sino que presentan también un resumen del contenido de cada una de ellas. El material bibliográfico

está organizado de la manera siguiente: Taxonomía, nomenclatura y distribución natural de la especie. Distribución, descripción y ecología. Silvicultura y manejo. Fisiología. Crecimiento y productividad. Enfermedades y plagas. Combate de malezas. Propiedades de la madera. Características químicas. Utilización.

Este centro de información recopila los artículos contenidos en unas 8 000 revistas de diferentes regiones del mundo y prepara con este material unos 150 000 compendios por año, que publica en revistas de información bibliográfica. Además prepara colecciones de compendios sobre temas especializados, con base en la información de su banco de datos, o como en el caso particular de estas dos especies de *Acacia*, fundamentada adicionalmente en referencias obtenidas exprofeso. Entre los temas que se han cubierto en estas bibliografías especializadas, además de diversas especies forestales importantes, se pueden mencionar: utilización industrial de desechos de madera, preservación de la madera, sistemas agroforestales, lluvia ácida, carbón, rompevientos, acuicultura, industria maderera etc.

Considero que la información bibliográfica contenida en estas publicaciones es de importancia para los investigadores en ciencias forestales y que no deben estar ausentes en las bibliotecas o centros de información que ofrecen servicio a estos profesionales. Por otra parte, me parece que algunas de las publicaciones especializadas deberían ser adquiridas por los estudiosos de las ciencias forestales para sus propias bibliotecas.

LUIS A. FOURNIER O.
ESCUELA DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA