

## Estimación del área foliar de tres cultivares de Níspero, (*Manilkara achras* [Millar] Fosberg), bajo condiciones de bosque seco tropical

Estimating three sapodilla, (*Manilkara achras* [Miller] Fosberg), cultivars leaf area under tropical dry forest conditions

A. Portillo<sup>1</sup>, M. Marín<sup>1</sup>, R. Razz<sup>2</sup> y L. Sandoval<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Botánica.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia.

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agronómicas. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Apartado 15205. Maracaibo, ZU4005, Venezuela.

### Resumen

Con el fin de estimar el área foliar en tres cultivares de Níspero (Delfina, Santiago y Tiberio), mediante ecuaciones de predicción en función de parámetros lineales y masa, se colectaron 200 hojas, de cada cultivar del Banco de Germoplasma del Centro Frutícola del Zulia (CENFRUZU-CORPOZULIA), Venezuela, ubicado a LN 10° 41' 12", LE 71° 06' 35". Se midió el largo (L), ancho (A), masa fresca (MF), masa seca (MS) y área foliar (AF). Se realizó un análisis de regresión y dispersogramas entre el área foliar y las variables estudiadas. Los diferentes modelos de regresión y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), obtenidos para los tres cultivares estudiados, oscilaron entre 0,59 y 0,96. Los coeficientes de determinación más altos correspondieron con los modelos generados por la regresión lineal múltiple. En consecuencia se han establecido de forma precisa y sencilla ecuaciones de regresión que permiten estimar el área foliar a partir del largo, ancho y la masa fresca de las hojas en plantas adultas de níspero.

**Palabras clave:** Área foliar, *Manilkara achras*, medidas lineales, masa.

---

Recibido el 6-7-2004 • Aceptado el 15-9-2004

Autores para correspondencia correo electrónico: inapbl@hotmail.com; mmarin@luz.edu.ve, merylinmarin@hotmail.com; rosarazz@hotmail.com; lsandoval@luz.edu.ve

## Abstract

In order to estimate the foliar area in three sapodilla cultivars (Tiberio, Santiago and Delfina) using regression equations based in linear and mass measurements, 200 leaf were sampled for each cultivar in the Germplasm Bank of Centro Frutícola of Zulia (CENFRUZU – CORPOZULIA), Venezuela, located at LN 10° 41' 12", LE 71° 06' 35". Length (L), width (A), fresh mass (MF), dry mass (MS) and leaf area (AF) were measured. A regression and dispersogram analysis was done between the foliar area and the studied variables. The different regression models and the determination coefficients ( $R^2$ ), obtained for the three studied cultivars oscillated between 0.59 and 0.96. The highest determination coefficients corresponded to the generated models by the multiple linear regression. Consequently, regression equations were simply and precisely established in order to estimate the foliar area starting from length, width and fresh mass of leaves in adult plants of sapodilla.

**Keys word:** Leaf area, Manilkara achras, linear measures, mass.

## Introducción

La medida del área foliar se realiza generalmente mediante métodos destructivos y laboriosos con una alta inversión de tiempo, limitando el número de tratamientos y repeticiones que puede manejar el investigador. Esta situación afecta la precisión de la estimación, aumenta la variabilidad estadística y genera problemas en la interpretación de los resultados (11), en consecuencia se requiere establecer métodos no destructivos en la medida de las posibilidades.

Los parámetros morfológicos relativos al área foliar tales como índice de área foliar (IAF), masa foliar (MF), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y peso específico foliar (PEF) son utilizados en estudios fisiológicos, fenológicos y ecológicos, como indicadores del vigor de la comunidad vegetal (4,6,9). Además, tienen amplias aplicaciones, ya que ayudan a evaluar determinadas

prácticas culturales tales como poda, fertilización, riego y entre otras (4).

Respecto a las relaciones hídricas, el mayor porcentaje de pérdida de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera depende de la transpiración, sobre ésta la masa foliar del cultivo ejerce una gran influencia (4).

La determinación del área foliar puede estimarse mediante procedimientos no destructivos (7). En cultivos como vid, *Vitis vinífera* L., (5, 8); melón, *Cucumis melo* L., (2) y ocumo, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) O. Schott, (10) se han establecido de forma precisa y sencilla ecuaciones de regresión que permiten estimar el área foliar a partir de mediciones lineales de las hojas. En níspero se han obtenido ecuaciones utilizando medidas lineales en todas las hojas de plantas jóvenes (18 meses de edad), sometidas a dos ambientes de luz, a mayor intensidad de luz (cubierta transpa-

rente) el largo estimó mejor el área foliar, mientras que a menor intensidad (cobertizo) fue el ancho (7).

El conocimiento de los aspectos fisiológicos y fenológicos de los materiales de níspero autóctonos de la región noroccidental del estado Zulia es escaso y más aun sobre el desarrollo de su masa foliar, considerando la

importancia de este parámetro, se planteó realizar la presente investigación sobre la estimación del área foliar en los cultivares Delfina, Santiago y Tiberio mediante medidas lineales y masa, para establecer ecuaciones de predicción del área de sus hojas.

## Materiales y métodos

Se tomaron 200 hojas de cada cultivar de Níspero (Delfina, Santiago y Tiberio), creciendo en el Banco de Germoplasma del Centro Frutícola del Zulia-CORPOZULIA, ubicado a LN 10° 41' 12", LE 71° 06' 35", estado Zulia, Venezuela. La zona bajo estudio esta clasificada como bosque muy seco tropical según Holdrich (3), con precipitaciones promedio de 500 mm/año y temperaturas medias de 28°C. Se midió en cada hoja: el largo (L) y ancho (A) con un vernier, la masa fresca (MF) y masa seca (MS), pesando las hojas en una balanza electrónica.

Asimismo, se determino el área foliar (AF) con un integrador de imágenes. Se realizó un análisis de regresión lineal, múltiple y dispersogramas entre el área foliar y las variables mediante el programa estadístico SAS. La selección de los modelos para estimar el área foliar se basó en la cohesión y tendencia de los dispersogramas, alto coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el orden del coeficiente parcial de correlación ( $C_p$ ), bajo error estándar (EE) y menor número de variables utilizadas.

## Resultados y discusiones

Los diferentes modelos de regresión y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), obtenidos para los tres cultivares estudiados, se presentan en el cuadro 1. Los valores de  $R^2$  en los tres cultivares oscilaron entre 0,59 y 0,96. Los coeficientes de determinación más altos correspondieron a los modelos generados por la regresión lineal múltiple. Estos resultados coinciden con los reportados por Meza y Bautista (7), para plantas jóvenes de níspero bajo cubierta transparente.

El análisis de regresión múltiple indica que las variables largo y ancho están relacionadas significativamente con el AF, presentando el mayor orden del coeficiente parcial de correlación ( $C_p$ ), valores no presentados en el Cuadro, para Delfina (L= 196,66 y A= 1,57) y Santiago (L= 288,43; A= 20,69 y MS= 4,70), mientras que en Tiberio la mayor contribución se presenta en el siguiente orden MF ( $C_p$ = 146,97), A ( $C_p$ = 85,72), L ( $C_p$ = 29,88) y MS ( $C_p$ = 5,00), es de-

**Cuadro 1. Modelos de regresión para estimar el área foliar de tres cultivares de Níspero (*Manilkara achras*), en función de los parámetros largo (L), ancho (A), masa fresca (MF) y masa seca (MS).**

Variables	Ecuaciones lineales simples	R <sup>2</sup>
Largo	$AF_D = -14,9399 + 3,7705 L$	0,88
	$AF_S = -19,5392 + 3,5753 L$	0,90
	$AF_T = -15,3715 + 4,2416 L$	0,70
Ancho	$AF_D = -16,1890 + 11,3213 A$	0,87
	$AF_S = -10,5875 + 12,0899 A$	0,87
	$AF_T = -15,0731 + 11,0921 A$	0,79
Masafresca	$AF_D = -0,1032 + 38,2346 MF$	0,73
	$AF_S = 4,2967 + 29,5094 MF$	0,77
	$AF_T = 0,9689 + 36,0385 MS$	0,85
Masaseca	$AF_D = 3,5728 + 66,2254 MS$	0,59
	$AF_S = 9,2386 + 46,7066 MS$	0,68
	$AF_T = 4,2261 + 66,6310 MS$	0,74
Cultivar	Ecuaciones lineales múltiples	R <sup>2</sup>
Delfina	$AF = -17,9270 + 2,1063L + 5,8337A$	0,94
Santiago	$AF = -16,2307 + 1,9702L + 5,2377A$	0,96
Tiberio	$AF = -12,6167 + 1,1114L + 4,3567A + 9,9142MF$	0,91

$AF_D$ ,  $AF_S$  y  $AF_T$  = Área foliar de los cultivares Delfina, Santiago y Tiberio, respectivamente.

cir, la MF es la variable más relacionada para estimar el área foliar. Este comportamiento podría deberse a las diferencias morfológicas de las hojas de los tres materiales, ya que Delfina y Santiago poseen hojas angostas y lanceoladas, mientras que las de Tiberio son anchas y no tiene la apariencia lanceolada (1).

El dispersograma entre el área foliar y las variables con mayor grado de relación se presenta en las figuras 1 y 2. En los modelos lineales se mantiene un mayor grado de estimación

con el largo y el ancho tanto para Delfina (figuras 1a y 1b) como Santiago (figuras 1c y 1d), manteniéndose la MF en el cultivar Tiberio (figuras 1e).

Con respecto a los modelos no lineales, el AF en el cultivar Delfina puede ser estimada con el largo mediante un polinomio de tercer grado y el ancho con una ecuación cuadrática, las cuales presentaron menor error estándar, mayor cohesión de puntos y R<sup>2</sup> (figuras 2a y 2b), dada la simplicidad del modelo utilizando el ancho

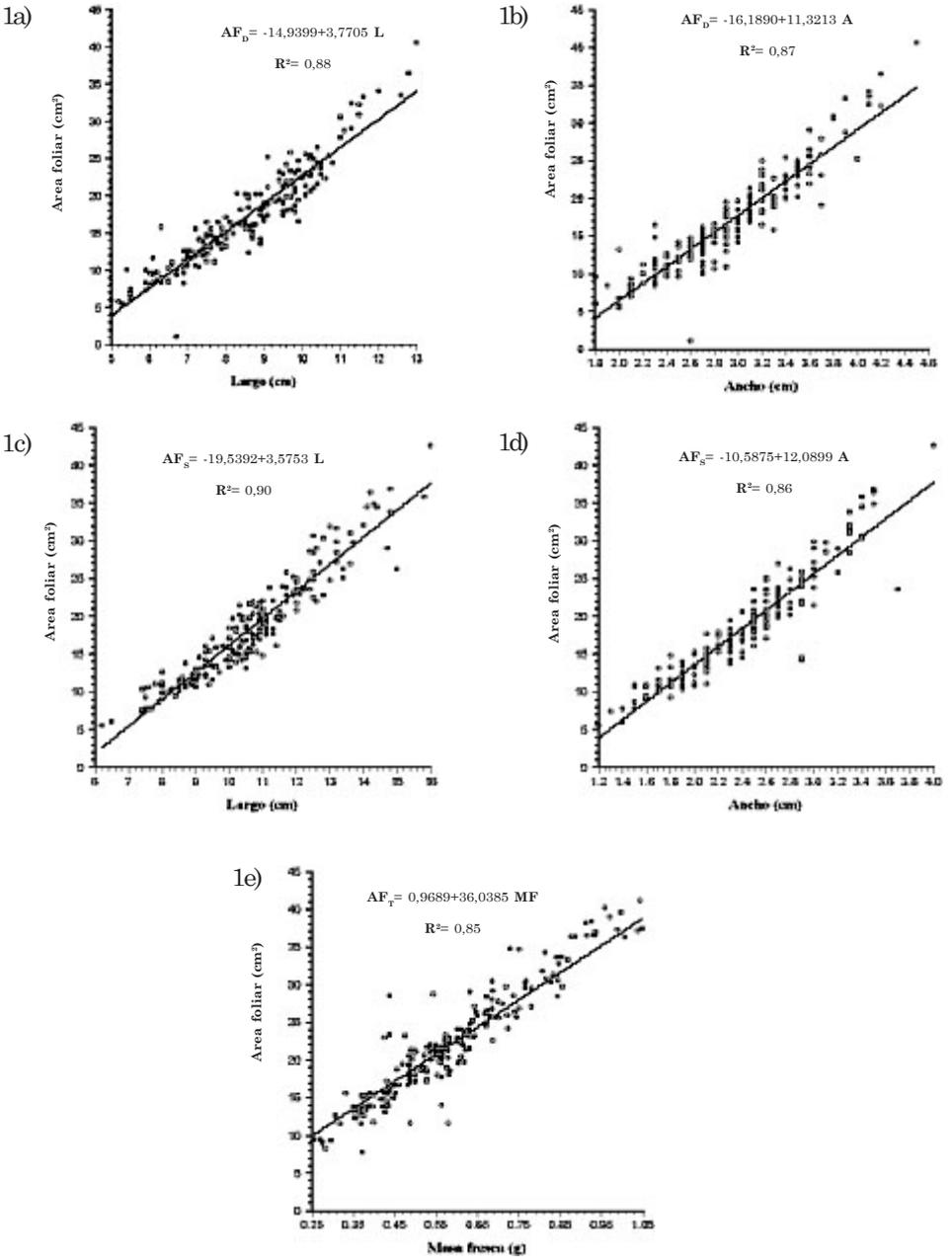


Figura 1. Dispersograma entre el área foliar y las variables estudiadas mediante los diferentes modelos lineales evaluados para los diferentes cultivares de Nispero.

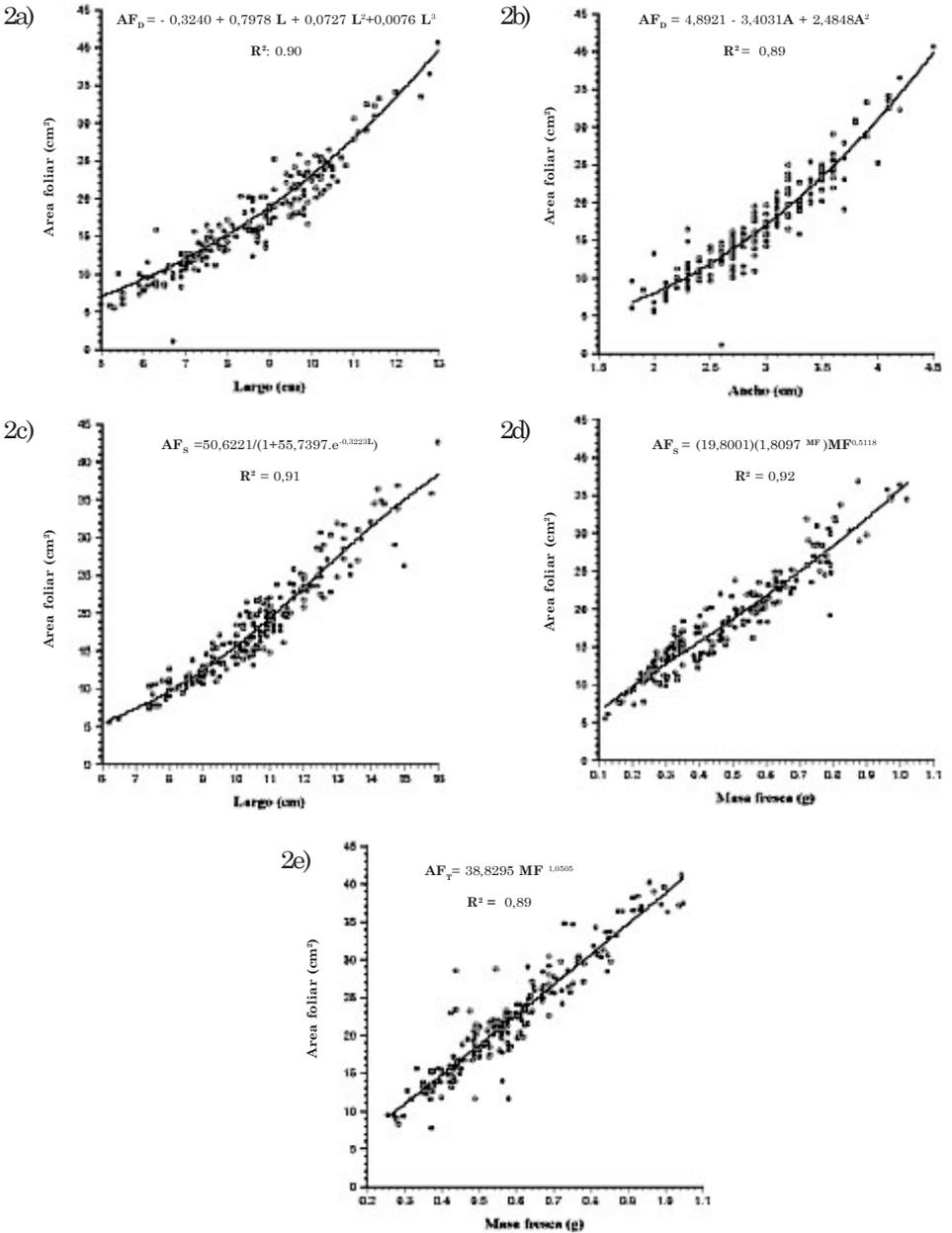


Figura 2. Dispersograma entre el área foliar y las variables estudiadas mediante los diferentes modelos no lineales evaluados para los diferentes cultivares de Níspero.

con respecto al largo, se recomienda su aplicación. Estos resultados concuerdan con los reportados por Meza y Bautistas (7), quienes reportan una ecuación cuadrática para estimar el AF con el ancho en plantas de níspero bajo condiciones de umbráculo. Asimismo, en el cultivo de melón los modelos no lineales fueron los que produjeron adecuados valores estimados del área foliar (2).

En el caso de Santiago, el largo

## Conclusiones y recomendaciones

En los cultivares de níspero estudiados (Delfina, Santiago y Tiberio) se han establecido de forma sencilla ecuaciones de regresión que permiten estimar el área foliar a partir de largo y ancho de hojas en plantas adultas.

Se recomienda utilizar los modelos de regresión para cada uno de los cultivares donde incluyen el largo

presenta un modelo logístico (figura 2c) y la MF una relación funcional (figura 2d), cumpliendo con las condiciones antes señaladas. En este caso, se sugiere utilizar el largo por ser una medida no destructiva, mientras que para Tiberio la MF generó una ecuación exponencial (figura 2e), que estima adecuadamente el AF considerando los criterios de selección establecidos en la presente investigación.

y/o el ancho debido a que es una medida fácil de obtener y no destructiva.

En el caso de requerir alta precisión en la medida del AF se recomienda los siguientes modelos:  $AF_D = -17,9270 + 2,1063L + 5,8337A$  ( $R^2 = 0,94$ );  $AF_S = -16,2307 + 1,9702L + 5,2377A$  ( $R^2 = 0,96$ ) y  $AF_T = -12,6167 + 1,1114L + 4,3567A + 9,9142MF$  ( $R^2 = 0,91$ ).

## Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a las instituciones, que gracias a su cofinanciamiento hicieron posible la realización de esta investigación, Fondo Nacional de Investigaciones Científicas, Tecnológicas e Innovación (FONACIT), a través de los Proyectos de Investigación S1-2000000795, S1-2808, F-2001001117;

la Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana (CORPOZULIA), a través de su Centro Frutícola del Estado Zulia; El Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), a través de los Proyectos de Investigación No. CC-0802-01, No. CC-0194-03, No. 1736-98.

## Literatura citada

1. Araujo, F. 1995. Producción de níspero (*Manilkara zapota* L.). En: Curso sobre Manejo de Plantaciones Frutícolas. Programa de Educa-

ción Continua. División de Estudios para Graduados. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

2. Chirinos, D., L. Chirinos, F. Geraud, O. Castejon, R. Fernandez, J. Vergara, L. Marmol y T. Chirinos. 1997. Modelos para estimar el área foliar de melón híbrido "Durango". *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14: 163-171.
3. Ewel, J. J., A. Madríz y V. A. Tossi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC. Caracas. Venezuela.
4. Fernández, J. 1968. Algunos conceptos ecofisiológicos relacionados con la productividad vegetal. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 1:98-116.
5. Gutiérrez T., A. y A.A. Lavin. 2000. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en vides cv. Chardonnay. *Agric. Téc.* [online]. 60: 69-73. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072000000100007&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000100007&lng=es). Consultado: 06 junio 2004.
6. Lawlor, D. W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. *Journal Exp. Bot.* 46:1449-1961.
7. Meza, N. y D. Bautista. 1999. Estimación del área foliar en plantas jóvenes de Nispero (*Manilkara achras* [Miller] Fosberg) sometidas a dos ambientes de luz. *Bioagro.* 11: 24-28.
8. Pire, R. y I. Valenzuela. 1993. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. «French Colombard» a partir de mediciones lineales en la hoja. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 10: 163-171.
9. Pokorny, R. y M. Oplustiolova. 1999. Leaf area index and its development in selected spruce and branches stands in the Ore mountains. *J. Foret Sci.* 45:192-196.
10. Simón, M. y A. Trujillo. 1990. Determinación del área foliar en cinco clones de ocumo (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) O. Schott). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 16:147-158. [http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v16\\_02/1602m060.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v16_02/1602m060.html). Consultado: 08 Junio 2004.
11. Willimas, J. H., R. C. Nageswara Rao, F. Dougbedji y H. S. Talwar. 1996. Radiation interception and modeling as an alternative to destructive samples in crop growth measurements. *Ann. Appl. Biol.* 129:151-160.