

## ESTIMACION DEL AREA FOLIAR EN MANZANO

### ESTIMATION OF THE FOLIAR AREA IN APPLE

Juan Luis Jacobo Cuellar y Rafael A.  
Parra Quezada<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue generar y seleccionar una ecuación que estime satisfactoriamente el área foliar en el cv. "Golden Delicious" bajo las condiciones de Bachíniva, Chih. Para tal efecto, durante 1990, se muestrearon 400 hojas de la parte media de árboles y brotes del mismo año en el cv. Golden Delicious, representativos de dos condiciones de manejo: riego y temporal. Bajo condiciones de riego el portainjerto fue el MM.106, de 15 años de edad, fertilizado con la fórmula 90-50-50 al suelo antes de floración y a una densidad de 5 x 3 m. Bajo condiciones de temporal el portainjerto fue un franco, de 18 años de edad, sin fertilización y a una densidad de 6 x 7 m. El área foliar real obtenida, con un integrador de área foliar (Li-Cor Model LI-3000A), se comparó con tres métodos indirectos: 1) el producto del largo por ancho de la hoja, 2) el área de una elipse y 3) el área de la mitad de una elipse más el área de un triángulo (obtenida con la mitad del largo de la hoja y el ancho de la misma). Los resultados indicaron que las ecuaciones:  $Y = 0.69 + 1.08X$  (donde Y representa el área foliar estimada en  $\text{cm}^2$  y X la ecuación del área de una elipse que es  $X = 3.1416/4\{\text{largo} * \text{ancho}\}$ ) y  $Y = 0.53 + 0.89X$  (donde Y representa el área foliar estimada y X el cálculo del área de la mitad de una elipse más el área de un triángulo isósceles obtenida con la mitad del largo de la hoja y el ancho de la misma, donde  $X = (3.1416/4\{\text{largo} * \text{ancho}\})/2 + (\text{largo}/2\{\text{ancho}\})/2$ ), estimaron el área foliar de la hoja del manzano con un nivel de confianza del 95%, un coeficiente de determinación de 94% y un error estándar de la estimación de 0.14 y 0.12  $\text{cm}^2$  respectivamente. La validación de las ecuaciones selec-

cionadas para la medición de área foliar indicó que se aproximan a los valores reales con un 95% de confianza.

#### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

*Malus pumila*, Golden delicious, área de la hoja, estimación.

#### SUMMARY

With the idea of developing an equation to estimate apple leaf area for "Golden Delicious" cultivated in Bachiniva, Chih., four hundred leaves were taken during the summer of 1990, from the middle of the tree canopy and from of one year shoots of adult trees of the Golden Delicious cv under two management conditions: irrigation and no irrigation. The rootstock used in irrigation orchard was MM.106, 15 years old, soil fertilization was 90-50-50 before flowering, with a plantation density of 5x3 m. The rootstock used in no irrigation orchard was seedling, 18 years old, without fertilization, and a plantation density of 6x7 m. Leaf area was determined with a leaf area integrator (Li-Cor Model LI-3000A) and compared with three indirect methods: 1) length x width, 2) the area of an ellipse, and 3) half of ellipse area plus the area of an isosceles triangle. Results showed that the equations: 1)  $Y = 0.69 + 1.08X$  (where Y represents leaf area estimates in  $\text{cm}^2$  and X the equation of ellipse area =  $3.1416/4\{\text{length} * \text{width}\}$ ); and 2)  $Y = 0.53 + 0.89x$  (where Y estimates leaf area in  $\text{cm}^2$ , X the equation of half ellipse area plus an isosceles triangle area based in half of the leaf length x width =  $(3.1416/4\{\text{length} * \text{wide}\})/2 + (1/2xa)/2$ ) estimated significantly the apple leaf area with 95% of confidence, determination coefficient of 94% and standar error estimation of 0.14 and 0.12  $\text{cm}^2$  respectively. The validation of these equations showed that they reached a 95% confidence level.

#### ADDITIONAL INDEX WORDS

*Malus pumila*, Golden Delicious, leaf area, estimate.

#### INTRODUCCION

El conocimiento del área foliar de los cultivos permite estimar el área potencialmente

<sup>1</sup> Frutales Caducifolios, CESICH, INIFAP, Apdo. Postal 554. CP 31500 Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

activa para transformar la energía luminosa en química, obtener estimadores de asimilación neta (White e Izquierdo, 1989), conocer el efecto que sobre ella tienen prácticas culturales como densidad de plantación, portainjerto, poda, fertilización, riego, plagas, enfermedades, maleza, etc. (Bukovac, 1984; Mojarro, 1977; Rey y Alvarez, 1991 y White e Izquierdo, 1989) y permite también hacer un uso eficiente del recurso luz, suelo y planta disponibles.

El área foliar en manzano es esencial durante el período crítico de desarrollo del fruto, ya que conforme el número y tamaño de frutos se incrementa, la actividad fotosintética también lo hace, y por lo tanto, el área foliar toma mayor importancia (Bukovac, 1984; Rom y Ferree, 1984).

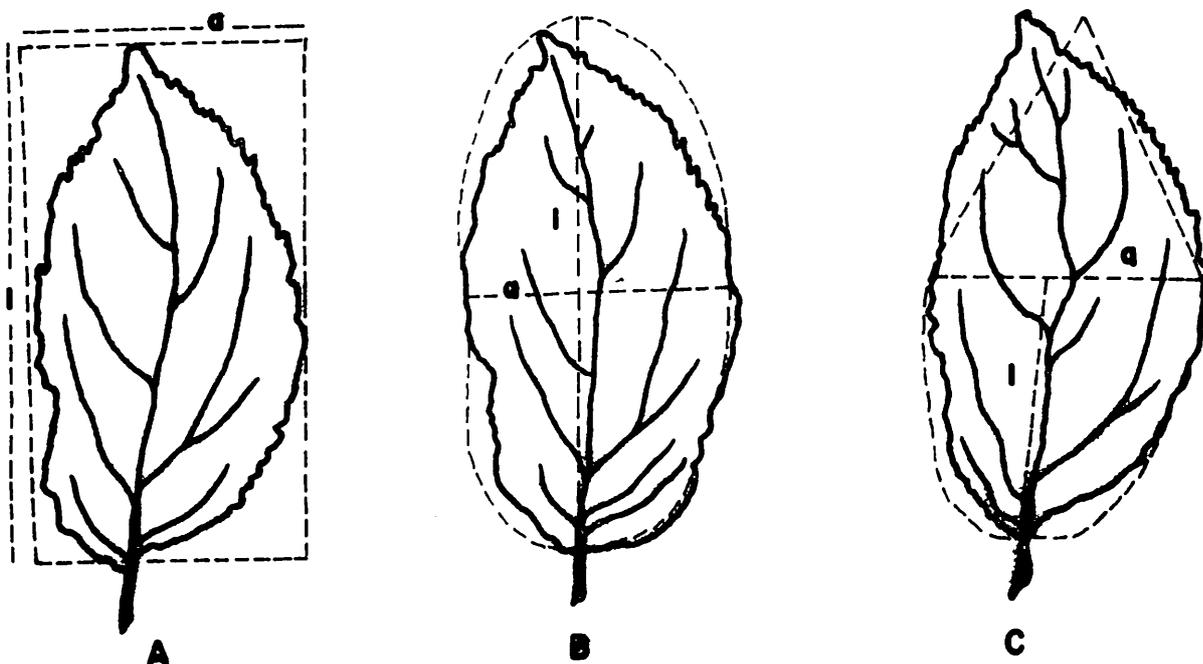
Se han desarrollado trabajos para la estimación del área individual de la hoja en diferentes cultivos (Rey y Alvarez, 1991; Valadez, 1992), utilizando diferentes métodos como es el uso de planímetros, peso seco, peso fresco de la hoja, producto del largo x ancho, etc. Sin embargo, el método no destructivo y más sencillo es multiplicando el largo x ancho de la hoja, el cual se ha aplicado en diferentes especies (Ackley *et al.*, 1958). La transformación de los valores de éstos productos en la superficie de la hoja en cuestión, pueden efectuarse afectándolos por un factor de corrección determinado empíricamente para un cultivar específico. Para manzano cv. Red Delicious la superficie foliar puede estimarse multiplicando dicho producto por 0.71 (Westwood, 1982). Por su parte Barlow (1980) y Angelocci y Valancogne (1993) utilizaron el producto de largo por ancho de la hoja para estimar el área foliar de la misma en el clon C de manzano silvestre y en Granny Smith respectivamente, ajustando los datos al factor 0.71, encontraron valores que van desde 16.8 hasta 21.5 cm<sup>2</sup>. Palmer (1987) utilizó el planimetro transparente para estimar el área

foliar en cuatro cultivares de manzano en espalón y en brotes del año, encontró valores que van desde 10 hasta 40 cm<sup>2</sup>, donde los valores más altos corresponden al brote y los más bajos al espalón. Sin embargo, ambos métodos sobreestiman y/o subestiman, en valores extremos, observando una falta de ajuste (Soto, 1980; Rey y Alvarez, 1991; Valadez, 1992). De aquí se desprende que el uso de integradores del área de la hoja es lo más recomendable; sin embargo, no siempre es posible contar con éste, por lo que se ha generalizado el uso de procedimientos indirectos para la estimación del área en diferentes cultivos.

En México y particularmente en Chihuahua se desconoce alguna ecuación que auxilie en la estimación del área de la hoja en manzano, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo el obtener una ecuación que la estime satisfactoriamente en manzano cv. Golden Delicious bajo las condiciones de Bachiniva, Chih.

## MATERIALES Y METODOS

En julio de 1990 se tomaron 400 hojas maduras procedentes de la parte media del árbol y del crecimiento del mismo año en dos huertos representativos de las condiciones de manejo cultural (con riego y de temporal) establecidos en Bachiniva, Chih., con el cv. Golden Delicious sobre dos portainjertos, MM.106 en la huerta con riego y un franco en la de temporal. En cada una de las hojas muestreadas se determinó el área foliar en centímetros cuadrados por medio de un integrador de área foliar (Li-Cor Model LI-3000A). A cada una de las hojas de manzano se les midió el largo y ancho en centímetros. Se obtuvo el producto de largo x ancho (Figura 1A), el área de una elipse (Figura 1B) y el área de la mitad de un elipse + el área de un triángulo isósceles, considerando la mitad del largo y el ancho de la hoja (Figura 1C).



Area = L x A

Area = 3.1416/4 (Lx4)  
(Elipse)

Area = ( 3.1416/4(LxA) )/2  
+  
( L x A )/4  
(Modificado)

donde A= ancho y L= largo de la hoja en centímetros

Figura 1. Representación esquemática y ecuaciones de los cálculos realizados para estimar el área de la hoja en manzano cv. Golden Delicious, Bachiniva, Chih., CESICH, INIFAP, 1990.

Partiendo del área foliar real registrada con el integrador y cada uno de los cálculos que se muestran en la Figura 1, se determinó el grado de asociación mediante los valores de  $r^2$ . Se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal de la forma  $Y = a+bX$  y se compararon pendientes entre cada una de las ecuaciones generadas. La selección de la ecuación para mejorar la estimación del área se hizo considerando: el coeficiente de determinación, el error estandar de la estimación y la bondad de ajuste entre los valores observados y estimados ( $X^2$ ) por cada

una de las ecuaciones. Durante 1993 se llevó a cabo una validación de las ecuaciones sugeridas para la estimación del área foliar, para ello se muestrearon 250 hojas de manzano en la parte media del árbol. La bondad de ajuste entre los valores observados y estimados por cada uno de los procedimientos señalados se obtuvo con base en el coeficiente de determinación, cuadrado medio del error, coeficiente de variación (Infante y Zarate, 1986), la suma de residuales y la suma de valores absolutos de los residuales (Reicosky *et al.*, 1989).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Con base en el coeficiente de determinación entre los valores observados y estimados por cada uno de los procedimientos, los resultados indicaron que las tres formas de cálculo para estimar el área de la hoja en manzano fueron satisfactorias, ya que se detectaron coeficientes de determinación de 0.94 para el producto largo x ancho, para el cálculo del área de un elipse y para el cálculo del área de media elipse más el área de un triangulo isósceles, representados en la Figura 1A, 1B y 1C, este criterio se ha considerado suficiente para el uso de ecuaciones en otros trabajos (Rey y Alvarez, 1991; Soto, 1980).

Las ecuaciones de regresión lineal se anotan en el Cuadro 1 y la Figura 2. La comparación de las pendientes entre cada una de las ecuaciones generadas indicó diferencias entre sí, notándose que aun cuando los coeficientes de determinación fueron iguales, los diferentes procedimientos de cálculo no estimaron de igual forma el área de la hoja (Cuadro 1), se observa mayor error de estimación en el procedimiento que involucra el

producto de largo x ancho y menor error de estimación del área de la hoja con la ecuación que considera la mitad del área de un elipse + el área de un triángulo isósceles, que toma como altura la mitad del largo de la hoja. Situación por la que se consideró que las ecuaciones lineales que mayor aproximación tuvieron con el área de la hoja real en manzano fueron:

$$Y = 0.69 + 1.08X$$

donde:

Y = Area estimada de la hoja en cm<sup>2</sup>

X = 3.1416/4 (largo x ancho de la hoja cm)

$$Y = 0.53 + 0.89X$$

donde:

Y = Area estimada de la hoja en cm<sup>2</sup>,

X = (3.1416/4{LxA})/2 + (LxA)/4,

L = largo y A = ancho.

Diversos trabajos (Soto, 1980; Rey y Alvarez, 1991; Valadez, 1992; Sivakumar, 1978), han sugerido el uso del producto largo x ancho en estimaciones de áreas de

**Cuadro 1. Estimadores obtenidos para el cálculo del área de la hoja en manzano Cv. Golden Delicious, Bachíniva, Chih., CESICH, INIFAP, 1990.**

Estimación del área de la hoja	Ecuación lineal <sup>1</sup>	Comparación pendientes <sup>2</sup>	Error estandar de la estima	Área de la hoja <sup>3</sup>		Coef. de determ.	X <sup>2</sup>
				Real	Est.		
L x A	Y=0.80+1.38X	a	0.18	18.5	26.3	0.94	379.8
Elipse	Y=0.69+1.08X	b	0.14	18.5	20.7	0.94	50.4
Modificado	Y=0.53+0.89X	c	0.12	18.5	16.9	0.94	24.4

<sup>1</sup> = para el caso de la X en cada una de las ecuaciones ver el procedimiento de cálculo en el cuerpo del escrito;

<sup>2</sup> = pendientes con letra igual son estadísticamente iguales con 95% de confianza;

<sup>3</sup> = área de la hoja real media en cm<sup>2</sup> y estimada con los diferentes procedimientos de cálculo; valores de X<sup>2</sup> obtenidos entre datos observados y esperados y donde el valor crítico de comparación fue 124.3 con 95% de confianza y 99 grados de libertad.

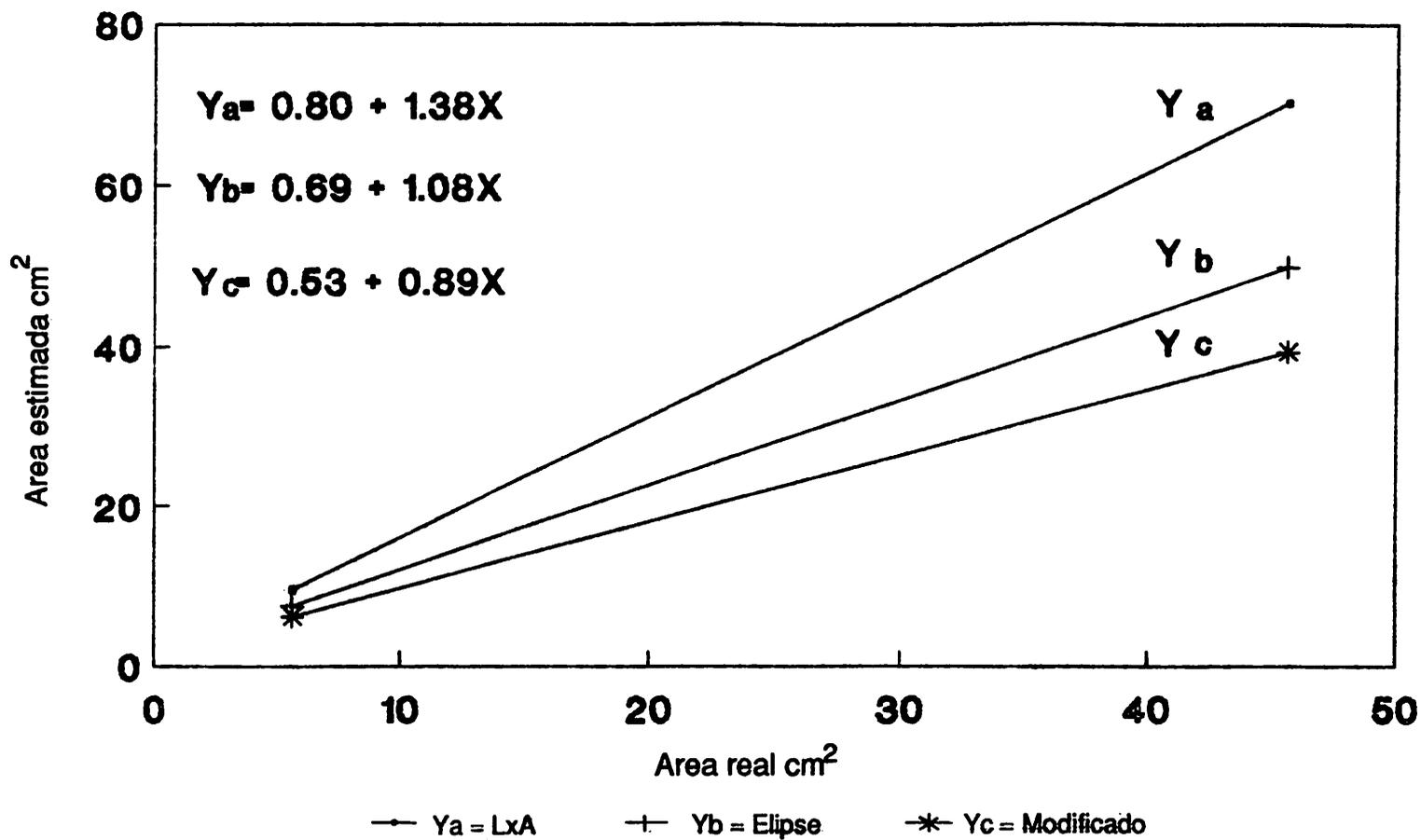


Figura 2. Relación entre área real y estimada en hojas de manzano por tres métodos CESICH, INIFAP, 1992

hojas, por lo que el empleo de este producto es común; sin embargo, el procedimiento de cálculo se emplea para estimar el área de un rectángulo y las hojas difícilmente tienen esta forma, por lo que al emplear este procedimiento generalmente se sobreestima el área de la hoja, aun cuando el coeficiente de determinación sea alto. Al considerar en la selección de la ecuación, el error estándar de la estimación (Infante y Zarate, 1986) y el ajuste entre los valores observados y estimados por cada una de las ecuaciones, se fortaleció la decisión, ya que se seleccionaron ecuaciones con mejores ajustes entre los valores observados y esperados. Lo laborioso del cálculo se simplifica con el uso de la computadora y se justifica con el buen ajuste que tienen las ecuaciones seleccionadas.

La validación durante 1993 de las ecuaciones anteriores indicó buen ajuste entre los

valores absolutos y estimados (Cuadro 2), ya que de acuerdo a los parámetros considerados (coeficiente de determinación, cuadrado medio del error, coeficiente de variación, suma de residuales y la suma de valores absolutos de residuales), el coeficiente de determinación y el de variación fueron similares. El cuadrado medio del error, la suma de residuales (RES) entre valores absolutos y estimados y la suma de valores absolutos (IRESI) de estos residuales indican un mejor ajuste de la ecuación que involucra el cálculo del área de la elipse más el triángulo isósceles. La consideración de la suma de residuales y de valores absolutos de éstos, indicó, de acuerdo con Reicosky *et al.*, 1989, que los primeros dos procedimientos utilizados sobreestiman con mucho los valores observados y que la menor diferencia entre los valores observados y estimados se obtienen con el tercer método.

Cuadro 2. Validación de los modelos generados para la estimación del área de la hoja de manzano Cv. Golden Delicious en Bachíniva, Chih., CESICH, INIFAP, 1993.

Descripción	Modelo	Coef. de determ.	Cuadrado medio del error	Coef. de variación	RES	IRESI
L x A	$Y=0.08+1.38X$	0.86	8.94	0.2398	-3936	3941
Elipse	$Y=0.69+1.08X$	0.86	3.38	0.2397	-1067	1067
Modificado	$Y=0.53+0.89X$	0.86	1.54	0.2341	226	226

Los valores residuales (RES) y residuales absolutos (IRESI) se obtienen de la diferencia entre los valores observados y estimados por cada uno de los procedimientos.

### LITERATURA CITADA

- Ackley, W.P., P.C. Crandal, and T.S. Russell. 1958. The use of linear measurements in estimating leaf area. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 72:326-330.
- Angelocci, L.R. and C. Valancogne. 1993. Leaf area and water flux in apple trees. *Journal of Hort. Sci.* 68(2):299-307.
- Barlow, H.W.B. 1980. The relationship between leaf size and shoot length in apple. *Journal of Hort. Sci.* 55(3):279-283.
- Bukovac, M.J. 1984. Some considerations in flowering and fruiting in apple. *Compact Fruit Tree* 17:64-69.

- Infante G., S. y G.P. Zárate de Lara. 1986. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. 2a. Imp. Trillas 643 pp.
- Mojarro D., F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*): aspectos fisiológicos. Tesis de Maestría en Ciencias. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 141 pp.
- Palmer, J.W. 1987. The measurement of leaf area in apple trees. Journal of Hort. Sci. 62(1): 5-10.
- Reicosky, D.C., L.J. Winkleman, J.M. Baker and D.G. Baker. 1989. Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima. Agricultural and Forest Meteorology 46:193-209.
- Rey, R. y P. Alvarez. 1991. Evaluación de diferentes ecuaciones de regresión en la estimación del área foliar del café en vivero a partir de sus medidas lineales. Agroecología de Cuba 23(3-4):69-74.
- Rom, C. R. and D.C. Ferree. 1984. Role of spur leaves. Compact Fruit Tree 17:152-155.
- Suvakumar, M.V.K. 1978. Prediction of leaf area index in soybean (*Glycine max*) L. Merr. Ann. Bot. 251-253.
- Soto, F. 1980. Estimación del área foliar en *C. arabica* L. a partir de las medidas lineales de la hoja. Cultivos Tropicales 2(3): 115-128.
- Valadez, G.J. 1992. Comparación de métodos indirectos de medición del área foliar en soya (*Glycine max* L.). XIV Congreso Nac. de Fitogenética, SOMEFI, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, pag. 122.
- Westwood, N.M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, España, 461 pp.
- White, J.W. y J. Izquierdo. 1989. Frijol: Fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. Centro Internacional de Agricultura Tropical, FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 91 pp.