



# Comunicación corta

## ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR EN DOS VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) POR MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

### Short communication

### Estimate of the leave area in two potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) for non destructive methods

Eduardo Jerez Mompie✉, Roberqui Martín Martín y Yusnier Díaz Hernández

**ABSTRACT.** The work was developed at the National Institute of Agricultural Sciences in order to determine a mathematical function from linear measurements of potato leaves to estimate the leaf area of the plant nondestructively. Plants of two potato varieties Call White and Santana collected at 40, 60 and 70 days after planting, to ensure that there were leaf of various sizes. Once the leaves linear measurements (length and width) proceeded to determine the actual leaf surface of the leaf using a leaf area integrator AM300 and from these variables linear regressions were established for the actual area of each leaf with each of the lengths and the product obtained from them. It took into account the result of the correlation coefficient and determination to choose the linear function that more accurately estimates the leaf surface of the leaf. The equation obtained from the product of the length by the width resulted the highest coefficient of determination in both varieties.

*Key words:* potato, varieties, estimation, leaf area

**RESUMEN.** El trabajo se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas con el objetivo de determinar una función matemática a partir de las medidas lineales de las hojas de papa para estimar la superficie foliar de la planta de manera no destructiva. Se utilizaron plantas de dos variedades de papa Call White y Santana colectadas a los 40, 60 y 70 días después de la plantación, para asegurar que existieran hojas de distintos tamaños. Una vez realizadas las medidas lineales de las hojas (largo y ancho) se procedió a determinar la superficie foliar real de la hoja con el empleo de un integrador de superficie foliar AM300 y a partir de estas variables se establecieron las regresiones lineales correspondientes al área real de cada hoja con cada una de las longitudes obtenidas y el producto de ellas. Se tuvo en cuenta el resultado del coeficiente de correlación y de determinación para escoger la función lineal que con mayor exactitud estima la superficie foliar de la hoja. La ecuación obtenida a partir del producto del largo por el ancho resultó la de mayor coeficiente de determinación en ambas variedades.

*Palabras clave:* papa, variedades, estimación, superficie

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la superficie foliar de una especie en cuestión, presupone el estudio del crecimiento de las hojas, órganos especializados en la realización del proceso fotosintético, responsables de producir los compuestos primarios, que luego

por diferentes transformaciones bioquímicas y la traslocación de estos compuestos a otros sitios de la planta dará lugar a la producción del cultivo que se trate. Se ha propuesto que las mediciones de los incrementos del área foliar y su duración ofrecen un método alternativo para estimar el potencial fotosintético de las plantas (1).

Determinar la superficie foliar no resulta fácil, de no contar con el equipamiento necesario para lograrlo de una manera mas sencilla, generalmente se emplean métodos destructivos para estimarla partiendo de la determinación de la masa seca de la hoja motivo de estudio (2), de ahí la necesidad de

Dr.C. Eduardo Jerez Mompie, Investigador Auxiliar; Roberqui Martín Martín, Especialista Principal y Yusnier Díaz Hernández, Aspirante a Investigador del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700, Cuba.

✉ [ejerez@inca.edu.cu](mailto:ejerez@inca.edu.cu)

contar con métodos alternativos (3) entre los que se encuentran los no destructivos, aspecto ampliamente abordado en diferentes cultivos y que desde luego estará en dependencia de las hojas de la especie en cuestión de que se trate (4).

El desarrollo de modelos matemáticos a partir de medidas lineales de una lámina foliar para predecir su área fotosintética, se ha usado en diversos estudios de crecimiento y desarrollo de diferentes especies; algunas de las medidas más comunes tenidas en cuenta en las ecuaciones de estimación son: longitud de la hoja, ancho de la hoja, longitud del pecíolo, diámetro del pecíolo o combinaciones entre estas variables. El modelo matemático puede ser obtenido por correlación entre la longitud de la hoja (L), ancho (A) o longitud por ancho (LA) con el área foliar real de dicha hoja, a través del análisis de regresión (5). Los métodos no destructivos, se fundamentan en mediciones lineales que son rápidas, fáciles de medir y permiten una buena precisión, en estudios de crecimiento de muchas especies vegetales.

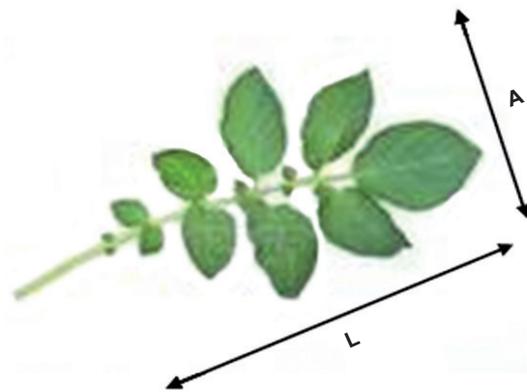
Por esta razón el empleo de las medidas lineales de las hojas asegura de una manera indirecta la determinación de esta variable tan importante en los estudios del crecimiento del vegetal, sin llegar a su destrucción (6), pero para esto es necesario primero contar con una función matemática simple (lineal) que relacione o permita hacer dicho cálculo de una manera sencilla.

Teniendo en cuenta estas premisas, constituyó este el objetivo del presente trabajo en el que se definen las ecuaciones matemáticas lineales que con más precisión estiman la superficie foliar de dos variedades de papa ampliamente empleadas en la producción en el país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló a partir de muestreos realizados en diferentes momentos del ciclo del cultivo, en una plantación de papa (*Solanum tuberosum* L.) que contaba con dos variedades Call White y Santana, plantadas en enero del 2012 con tubérculos semilla importados, bajo un diseño muestral y atenciones culturales según el instructivo técnico para este cultivo (7).

Cinco plantas cada vez fueron escogidas al azar dentro del área experimental a los 40, 60 y 70 días después de la plantación (ddp) de manera que existieran hojas de distintos tamaños. Luego de conocer las medidas lineales de cada hoja con una regla graduada en mm (largo, desde el primer foliolo basal hasta la punta del foliolo terminal, y ancho, medido en los foliolos de la parte media de la hoja completamente extendidos) según se muestra en el esquema siguiente (Figura 1), se determinó la superficie foliar real de la misma con el empleo de un integrador de superficie foliar modelo AM300.



**Figura 1. Esquema representativo de la forma en que se realizaron las medidas lineales de largo y ancho de las hojas**

Con la finalidad de conocer la distribución de las hojas a partir de sus medidas lineales se procedió a realizar un histograma de frecuencia con las dimensiones del largo y ancho de las mismas en cada variedad, para lo que se emplearon cuatro intervalos de clase: 0-10, 10.1-20.0, 20.1-30.0 y 30.1-40.0 cm; además se calculó el porcentaje que representa la cantidad de hojas en cada clase, con respecto al total medidas en cada variedad.

A partir de las medidas lineales de las hojas: largo y ancho y el producto de ambas, se establecieron las regresiones correspondientes de cada variable con respecto a la superficie foliar, siguiendo un modelo de ajuste lineal ( $y=ax+b$ ) por ser este de fácil empleo, utilizando para ello 597 pares de valores en la variedad Call White y 532 para la variedad Santana. Se obtuvieron los coeficientes de correlación y de determinación correspondientes a cada relación.

Todo el procesamiento estadístico se realizó con el empleo del programa Statgraphics v5.1 y los gráficos se realizaron con el programa Sigma Plot v3.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de hojas evaluadas en total resultaron ser 597 para la variedad Call White y 532 para Santana, teniendo en cuenta la sumatoria de todas las hojas de las plantas evaluadas, fue menor la cantidad en la variedad Santana, debido a que se tomó una planta de menos. Aun cuando no se presentan los resultados, el número de hojas fue mayor en el segundo muestreo, respecto a los otros dos, momento que coincide con la fase de mayor actividad del crecimiento en esta especie.

En la Figura 2 se presenta el histograma de frecuencia para las variables largo y ancho de las hojas, de acuerdo con los intervalos de clase considerados. En el caso del largo de las hojas, las mayores diferencias en la cantidad se presentan en

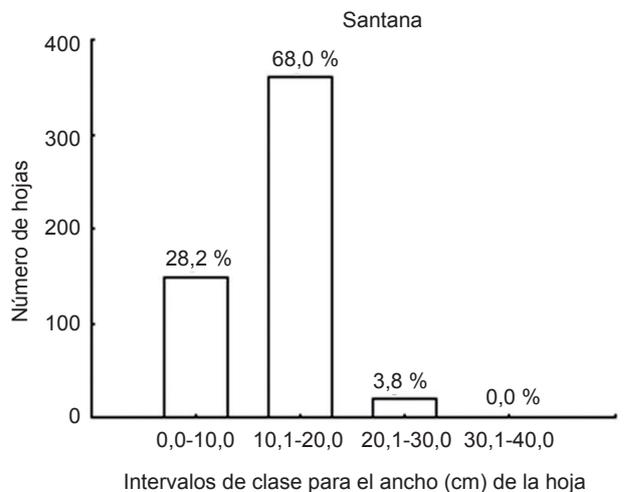
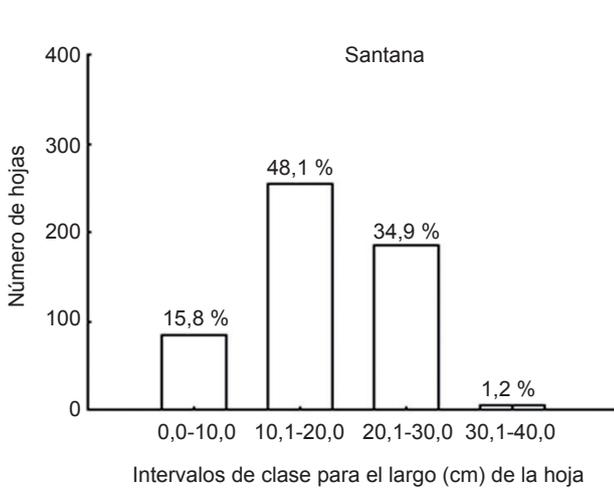
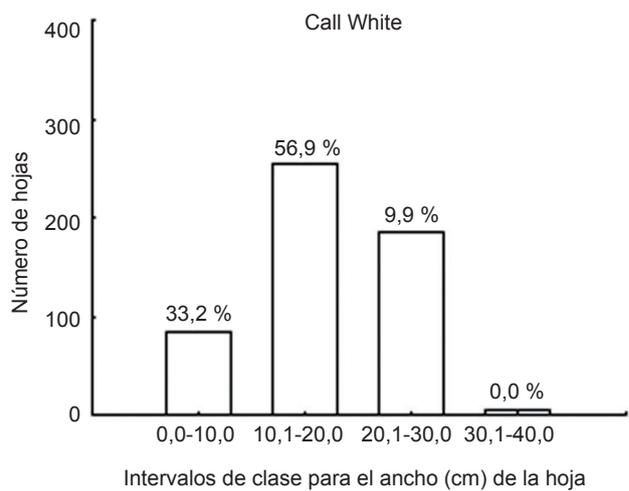
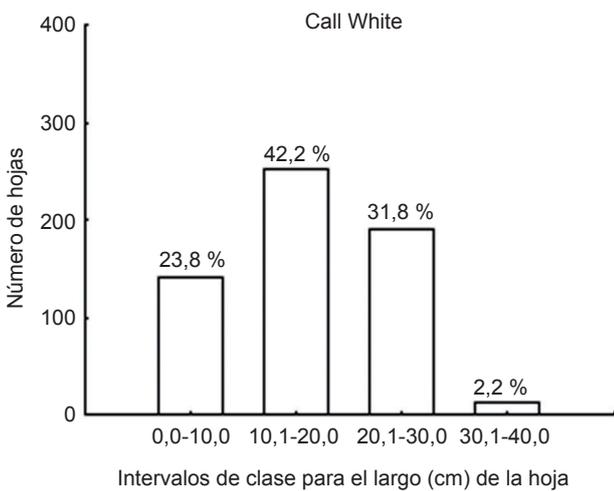
los dos primeros intervalos, que abarcan tamaños hasta 20,0 cm de longitud, significando un 8 % menor del número de hojas del tamaño más pequeño en la variedad Santana, respecto a la Call White y 6 % más de hojas correspondiente al tamaño de 10,1-20,0 cm. Resultó también un 3 % mayor el número de hojas de Santana en el tamaño de 20,1 a 30,0 cm. Las más largas de 30,0 cm, resultaron similares en cantidad, atendiendo a que los porcentajes son similares.

Con respecto a la variable ancho de las hojas, no se hallaron hojas mayores de 30,1 cm en ninguna de las dos variedades y de acuerdo con los porcentajes, la variedad Santana presenta un mayor número de hojas, 5 % más, respecto a la Call White, considerando los intervalos de clases de 10,1 a 30,0 cm.

En la Figura 3 se presenta el resultado del análisis de regresión realizado entre las medidas lineales de las hojas y la superficie foliar real de las mismas.

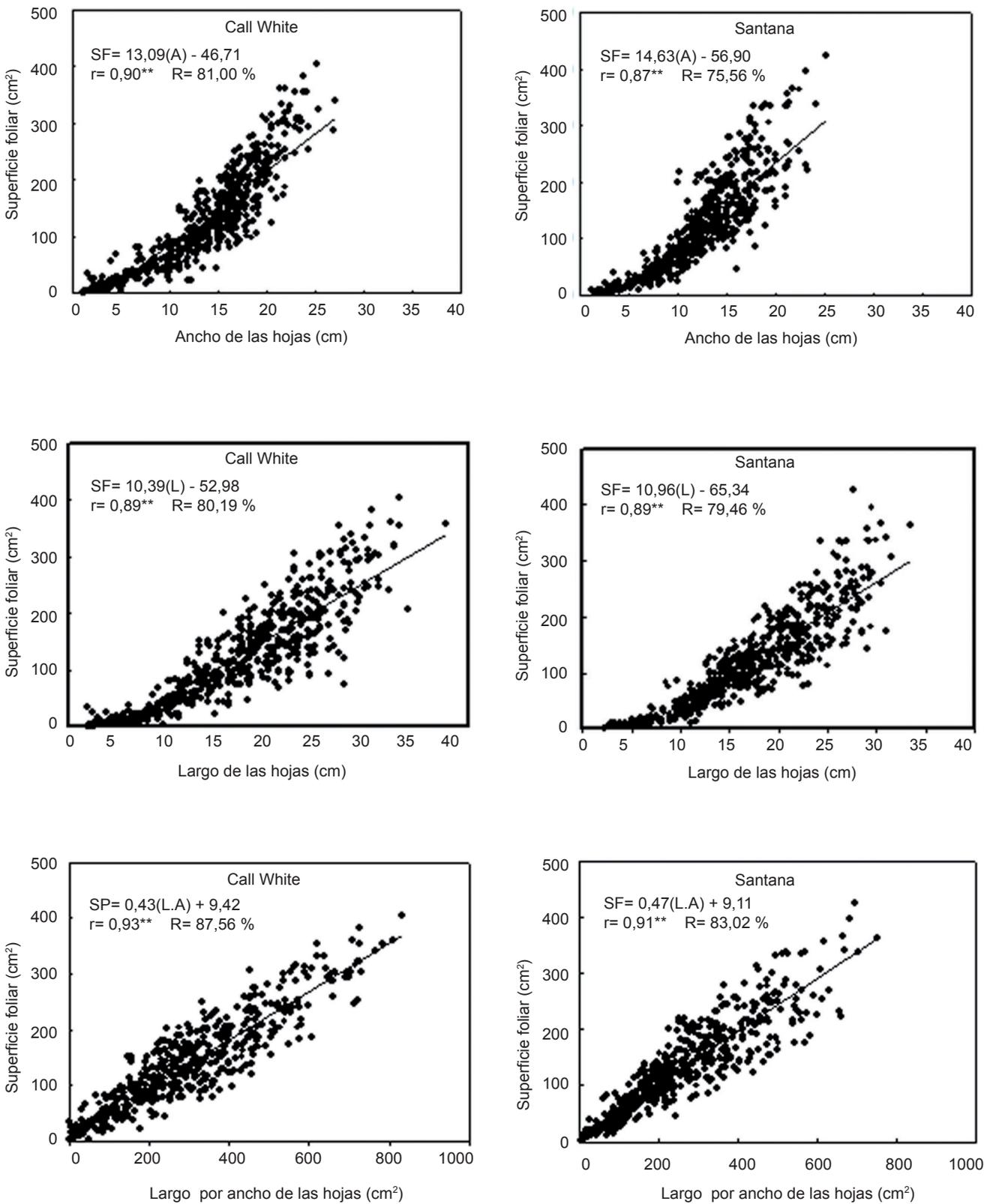
El análisis de varianza de la regresión resultó altamente significativo en todos los casos, con coeficientes de correlación entre 0,87 y 0,93, resultado que es factible de encontrar al hacer regresiones de este tipo (8). Se destaca que las hojas en general en ambas variedades son más largas que anchas, lo cual es posible apreciar también desde la Figura 1.

Al hacer un análisis individual por variables, se aprecia que la distribución de puntos para el caso del largo y el ancho de las hojas en ambas variedades, no siguen exactamente una distribución totalmente lineal, como para el caso del resultado del producto de ambas variables, lo cual sugiere que su ajuste pudiera ser a otra función matemática, pero esto al aplicarse de una manera práctica haría más complicado el cálculo de la superficie foliar, aspecto que pudiera estar relacionado con el tipo de hoja de esta especie (compuesta) pues en el caso de hojas simples se han obtenido resultados satisfactorios con el empleo de estas variables (9, 10).



Los valores encima de la barra representan los porcentajes de la cantidad de hojas en cada intervalo de clase con respecto al total en cada variedad

**Figura 2. Intervalos de clase para las variables largo y ancho de las hojas en dos variedades de papa: Call White y Santana**



**Figura 3. Resultados del análisis de regresión lineal entre las medidas lineales de las hojas y el producto de ambas, con la superficie foliar real de la hoja. Aparecen en cada gráfico además la ecuación de regresión obtenida, así como los coeficientes de regresión y de determinación en cada caso**

Al emplear en el análisis de regresión como variable independiente el producto de las medidas lineales de las hojas (largo por ancho) en ambas variedades, se obtuvieron los coeficientes de determinación  $r^2$  mas elevados: 0,93 en Call White y 0,91 en Santana, lo que explica que el 87,56 % y 83,02 %, respectivamente, queda explicado por dicha regresión y sugiere que ambas ecuaciones de regresión lineales puedan emplearse para la estimación de la superficie foliar en dichas variedades, vía que ya ha sido aplicada en varios cultivos (11). De esta manera las ecuaciones de regresión encontradas se ajustan de manera precisa para la estimación indirecta de la superficie foliar en plantas de papa, tomando como variables de entrada el largo y el ancho de las hojas, lo cual se ha comprobado en otras especies (4, 12), a la vez que su empleo también ha posibilitado la determinación del índice de área foliar (13).

Así, para el caso de la variedad Call White se recomienda emplear la función:  $Y = 0,43(L.A) + 9,42$ , y en el caso de la variedad Santana:  $Y = 0,47(L.A) + 9,11$ , donde L.A, significa el producto del largo por el ancho de la hoja y los valores dentro de la función, parámetros de la ecuación lineal, su pendiente y el intercepto con el eje y.

## REFERENCIAS

- Cardona, A.; Araméndiz, H. y Barrera, C. Estimación del área foliar de papaya (*Carica papaya* L.), basada en muestreos no destructivos. *Rev. U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 2009, vol. 12, no. 1, p.131-139.
- Garcés, F. y Forcelini, C. A. Peso de hojas como herramientas para estimar la superficie foliar en soya. *Ciencia y Tecnología*, 2011, vol. 4, no. 1, p.13-18.
- Legorburo, A.; Montero, F. J.; Juan, J. A. y Picornell, M. R. Estudio comparativo de tres sistemas de estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. (cv. Cencibel). En: Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (XI): 2007, 24-27 abr.: Albacete: Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, 2007. p.190-193. ISBN: 978-84-690-5619-6.
- Casierra, F.; Peña, G. R. y Peña, J. E. Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L., *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.) Burret, *Rubus glaucus* L., *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey y *Ficus carica* L. *Rev. U.D.C.A. Actualidad Científica*, 2008, vol. 11, no. 1, p. 95-102.
- Espitia, M.; Montoya, R.; Robles, J.; Barbosa, C. y Vergara, C. Modelo estadístico para estimación de área foliar en *Stevia rebaudiana*. *Rev. Temas Agrarios*, 2006, vol. 11, no. 2, p. 45-52.
- Peksen, E. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, 2007, vol. 113, p. 322-328.
- Deroncelé, R.; Salomón, J.; Manso, F.; Linares, J.; Santo, R.; Roque, R.; González, P.; Navarro, H. y Tabera, O. Guía técnica para la producción de papa en Cuba. La Habana: Editorial Lilliana. 2000. ISBN 959-7111-05-05. 42p.
- Tsialtas, J. T. y Maslaris, N. Leaf shape and it relationship with leaf area index in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivar. *Photosynthetica*, 2007, vol. 45, p. 527-532.
- Calderón, A.; Soto F.; Calderón, M. y Fundora L. R. Estimación de área foliar en posturas de mango (*Manguijera indica* L.) y aguacatero (*Persea spp*) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, p. 43-48.
- Calderón, A.; Calderón, M.; Fundora, L. R. y Jerez, E. Estimación de área foliar en posturas de mamey (*Pouteria sapota* Jacq) en fase de vivero, a partir de las medidas lineales de las hojas. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, p. 30-34.
- Astegiano, E. D.; Favaro, J. C. y Bouzo, C. A. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando medidas foliares lineales. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.*, 2001, vol. 16, p. 249-256.
- Tsialtas, J. T. y Maslaris, N. Leaf shape and it relationships with leaf area index in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Photosynthetica*, 2007, vol. 45, no. 4, p. 527-532.
- Blanco, F. F. y Folegatti, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira*, 2003, vol. 21, no. 4, p. 666-669.

Recibido: 11 de agosto de 2012

Aceptado: 26 de abril de 2013

### ¿Cómo citar?

Jerez Mompie, Eduardo; Martín Martín, Roberqui y Díaz Hernández, Yusnier. Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos. *Cultivos Tropicales*, 2014, vol. 35, no. 1, p. 57-61.