

DETERMINACION DEL AREA FOLIAR EN PLANTAS DE CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.),
YUCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) Y BATATA (*Ipomoea batatas* (L.) POIR.) UTILIZANDO
DIMENSIONES LINEALES Y DE PESO SECO DE LAS HOJAS¹

J. ASCENCIO*

Summary

Correlation and regression analyses are used in this study in order to determine the most suitable equations for predicting leaf area in bush bean, cassava and sweet potato. A high degree of correlation between certain linear measurements and between leaf dry weight and leaf area found. Different regression equations are given in each case and the best predictive equations are selected on the basis of goodness of fit (R^2) and standard error of estimate (SE). Besides, the best predictive equation for the estimation of leaf area in bush bean, is compared with the gravimetric method through the calculation of two growth indexes, Net Assimilation Rate and Leaf Area Ratio.

Introducción

El área foliar es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, de allí que la determinación adecuada del mismo sea fundamental para la correcta interpretación de los procesos del desarrollo de un cultivo. Existen diferentes métodos para la determinación del área foliar; la escogencia del método dependerá del objetivo para el cual se realiza la medición y del nivel de exactitud deseado en el trabajo. Por otra parte el tamaño de la muestra, la morfología de la hoja y las disponibilidades de tiempo y equipo por parte del investigador, son aspectos importantes a tener en cuenta al seleccionar un determinado método. Cuando las plantas son individualizables, las medidas lineales de la hoja pueden utilizarse en relaciones matemáticas simples; por ejemplo en el caso de hojas muy grandes como las de banano, caña de azúcar o maíz

generalmente se determina el área como el producto del largo por el ancho. Turner y Lahav (13) calculan el área foliar de plantas de banano (*Musa* sp.) mediante la relación $\text{Area} = \Sigma 0.83L \times B$, donde L es la longitud y B el ancho de la hoja. Chapman (5), también recomienda la utilización de medidas lineales simples para la determinación del área foliar en ocumo, pues el método no es destructivo y además es de fácil aplicación en el campo. Cuando se trabaje con fines de análisis de vegetación, cambios de biomasa y, en general, cuando se utilicen grandes poblaciones de plantas no individualizables, lo más conveniente es determinar el área foliar de las plantas utilizando una submuestra representativa de la población, sistema este que también se puede aplicar a la determinación del área foliar de la copa de un árbol por ejemplo.

Los métodos utilizados en la determinación del área foliar se encuentran ampliamente discutidos y detallados en Sestak, Catsky y Jarvis (11); sin embargo, cuando se utilizan dimensiones lineales o de peso de las hojas como estimadores del área, deben desarrollarse *in situ* las ecuaciones de regresión haciendo las correcciones y previsiones necesarias en relación al hábitat, estación, variedad y tratamientos (si los hubiere) para evitar determinaciones erróneas. En la mayoría de los casos, las ecuaciones no son generalizables ya que los coeficientes calculados son específicos para esa localidad, especie vegetal o variedad, de allí que cada investigador se vea en la necesidad de implementar su determinación. Sin embargo, a

¹ Recibido para publicación el 6 de mayo de 1984

La autora desea expresar su agradecimiento al Dr. Javier García Benavides por sus valiosas observaciones y sugerencias acerca del trabajo. Al Ing. Agr. MS José Luciani el haber permitido cosechar las hojas de yuca y batata de los campos experimentales del Instituto de Agronomía y al Sr. Héctor Verde la realización del ensayo en macetas; para el cálculo de los índices IAN y RAF en caraota.

* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Botánica. Maracay, Venezuela

veces es posible ajustar coeficientes únicos cuando las plantas se desarrollan en diferentes ambientes o están sujetas a tratamientos que producen variaciones en el peso o en la forma de las hojas durante el desarrollo. Por ejemplo, Gomes *et al.* (6) obtuvieron los coeficientes para calcular el área foliar de plantas de sorgo en diferentes ambientes utilizando una ecuación única y Hammer (7) no encontró diferencias al utilizar las mismas ecuaciones para estimar el área foliar en plantas de yuca cv MAUS7 en dos sitios diferentes (Lat. 17°30'S Long. 146°00'E y Lat. 26°31'S Long. 153°04'E). Benincasa *et al.* (3) trabajando con plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Carioca') en un experimento a diferentes densidades de siembra, calcularon un factor de corrección común para estimar el área durante la primera fase del desarrollo de las plantas cuando predominan hojas simples cordiformes y otro para la segunda fase cuando predominan hojas trifoliadas con folíolos elípticos. Por otra parte, no encontraron diferencias significativas ($P < 5\%$) entre los coeficientes obtenidos para calcular el área foliar en los diferentes tratamientos, por lo que generalizan el uso de una ecuación de regresión lineal para esta variedad.

Cuando se realiza un análisis del crecimiento generalmente se utilizan un gran número de plantas y aunque la cosecha implica la destrucción de las mismas, el número elevado de repeticiones de cada muestreo y la frecuencia de los mismos podrían ser limitantes serias en la utilización eficiente del tiempo durante la investigación. Este trabajo tiene por objeto analizar la metodología para determinar área foliar en hojas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y batata (*Ipomea batatas* (L.) Poir.), utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas por medio de análisis de correlación y regresión y comparar, para plantas de caraota, los valores obtenidos en el cálculo de dos índices de crecimiento, utilizando en un caso el área foliar estimada por medio de una ecuación de regresión y en otro por impresión en papel heliográfico.

Materiales y métodos

Material Vegetal: Se utilizaron los datos provenientes de un trabajo realizado con plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Coche', cv. 'Cubagua' y cv. 'Tacarigua', Ascencio y Sgambatti (2); plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) var. 2078, var. 2320, var. 'Barinas' y var. 'Sucre' y plantas de batata (*Ipomea batatas* (L.) Poir.) var LM-24 cultivadas en los campos de la Facultad de Agronomía UCV Maracay.

Determinación del área y el peso de las hojas: Se utilizaron todas las hojas de las plantas de caraota muestreadas durante el ciclo del crecimiento y un

amplio rango de tamaños de hojas escogidas al azar dentro de la población de plantas de cada variedad o cultivar de yuca o batata. Las láminas de las hojas se imprimieron en papel heliográfico (Ozalid, línea azul 208-S) y la impresión de cada hoja (luego de revelado en vapores de amoníaco) se recortó cuidadosamente. El área de las hojas se determinó por el método gravimétrico de relación área-peso Sestak *et al.* (11). Todas las determinaciones de peso seco de las hojas y recortadas del papel se hicieron en una balanza analítica Sartorius.

Determinación de la relación entre el área foliar y el peso seco de las hojas: a) Área foliar total por planta y peso seco total de hojas por planta: se utilizaron plantas de caraota cv. 'Coche' analizándose los datos de muestreos efectuados cada cinco días en 10 plantas desde los 13 hasta los 63 días de edad a partir de la siembra. b) Área por hoja y peso seco por hoja: se utilizaron plantas de batata var. LM-24. Cada hoja, previamente identificada, se imprimió en papel heliográfico secándose posteriormente en la estufa a 70°C durante 72 horas para determinación del peso seco. Se utilizó un total de 70 hojas.

Determinación de la relación entre el área foliar y las dimensiones lineales de la hoja: En el caso de las hojas compuestas (caraota y yuca) se estableció en primer lugar la correlación entre las medidas lineales

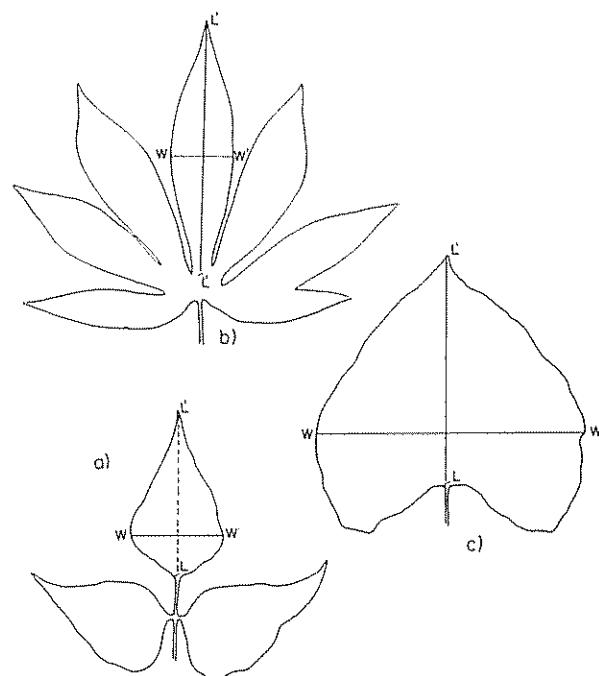


Fig. 1 Dimensiones lineales utilizadas para calcular el área foliar en hojas de a) caraota, b) yuca y c) batata. (LL' Largo; WW' Ancho).

de uno, varios o todos los lóbulos de las hojas de yuca y del folíolo central de las hojas de caraota y el área foliar total de la hoja. Se utilizó un total de 70 hojas de yuca var. 2078 y 25 hojas de cada una de las var. 2330, 'Barinas' y 'Sucre'; 229 hojas de caraota cv. 'Coche', 162 del cv. 'Cubagua' y 255 del cv. 'Tacarigua'. Se utilizaron también 62 hojas simples de batata var. LM-24. En la Figura 1 se muestran las medidas lineales realizadas en las diferentes hojas; en las hojas de caraota se determinó el largo (L) y el ancho (A) del folíolo central (el ancho mayor y el largo desde la base hasta el ápice). En las hojas de yuca se tomó el ancho mayor y el largo mayor del lóbulo central, el largo x ancho del lóbulo central y la sumatoria de los largos de cada uno de los lóbulos de la hoja (ΣL). En las hojas de batata se tomaron el ancho en la parte más ancha de la hoja y el largo desde la base hasta el ápice.

Análisis estadístico de los resultados: Los resultados se analizaron utilizando técnicas de análisis de regresión y correlación, ajustándose las líneas a modelos de regresión lineal, logarítmico, cuadrático, cúbico, geométrico, raíz cuadrática y gamma, seleccionándose las mejores ecuaciones de predicción por la bondad del ajuste (R^2) y el error estándar de la estimación (SE). Los cálculos se hicieron en el Centro de Cómputo del CENIAP, en Maracay y utilizando un minicomputador de mesa COMMODORE PET mod. 2001. Los procedimientos de cálculo están descritos en Meyer (10) y Sokal y Rohlf (12).

Resultados

La estimación del área foliar por planta a partir del peso seco de las hojas (pecíolos y láminas inclui-

dos) se hizo en plantas de caraota cv. 'Coche', encontrándose coeficientes de determinación altamente significativos para los modelos de regresión lineal ($R^2 = 97,70\%$), raíz cuadrática ($R^2 = 97,65\%$) y gamma ($R^2 = 88,44\%$). Esto demuestra que en principio esta estimación es adecuada para predecir el área foliar; se seleccionó la función lineal $y = 84, 1152 + 184, 4708 x$ por tener un buen ajuste y ser más sencilla de aplicar.

La relación entre el área foliar y el peso seco de hojas individuales se estableció para plantas de batata var. LM-24; se encontraron coeficientes de determinación altamente significativos en casi todos los ajustes efectuados: las funciones lineal ($R^2 = 90,42\%$), logarítmica ($R^2 = 92,30\%$), cuadrática ($R^2 = 90,87\%$), raíz cuadrática ($R^2 = 90,89\%$) y gamma ($R^2 = 92,39\%$) estiman bien el área foliar de la hoja a partir de su peso seco. La comparación de los valores de R^2 , F, así como también la graficación de los valores estimados del área foliar utilizando la función logarítmica $y = 171,65 x 0,892$ ($R^2 = 92,30\%$) es ligeramente mejor (Cuadro 1 (a) y Figura 2). El área foliar específica promedio de estas hojas fue de $214,83 \pm 25,16 \text{ cm}^2/\text{g}$ con un coeficiente de variación (CV) de 11,71%.

La determinación del área foliar mediante la utilización de dimensiones lineales de hojas de plantas de caraota se hizo tomando en cuenta que la hoja de caraota es compuesta y asimétrica, con tres folíolos de los cuales el central ha sido más ampliamente utilizado en medidas lineales. En este trabajo se utilizó el ancho del folíolo central para estimar el área foliar total en cada uno de los tres cultivares estudiados. Para el cv. 'Coche', los valores del coeficiente de deter-

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión seleccionadas para la estimación del área foliar en hojas de batata var. LM-24 en función a) del peso de la hoja y b) del ancho mayor de la hoja.

Variable	Ecuación de regresión	R^2	% E	SE
a) Peso Seco Hoja	$y = 171.6507 x^{0.8921}$	92.30	6.78	6.59
	$y = 3.9598 + 181.5094x$	90.42	7.81	7.76
b) Ancho Mayor Hoja	$y = 0.9804 x^{1.7814}$	95.70	6.65	5.96
	$y = 20.6727 + 7.5385 x$	94.73	5.46	5.42
	$y = 8.2676 + 3.6599 + 0.2919 x^2$	95.22	5.71	6.33

$$\% E = \frac{y(\text{ob.}) - y(\text{calc.})}{y(\text{ob.})} \cdot 100$$

$$SE = \sqrt{\frac{(\sum (E_i - \bar{E})^2)}{n-1}}$$

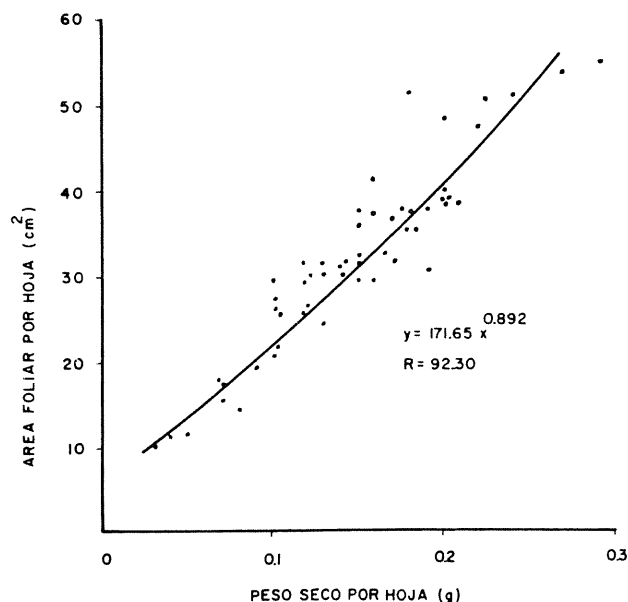


Fig. 2. Relación entre el área foliar y el peso seco de hojas individuales de plantas de batata var LM-24.

minación (R^2) para los seis modelos de regresión varían entre 89 y 95%; se escogió la función logarítmica $y = 2,757 x^{1,892}$ ($R^2 = 96\%$) como la más adecuada (Figura 3a). En los casos de los cv. 'Cubagua' y 'Tacarigua' también se seleccionaron funciones logarítmicas con R^2 mayores del 90%, como puede observarse en la Figura 3b y 3c.

La hoja de yuca es simple y muy lobulada, encontrándose hojas que tienen hasta once lóbulos. Dada la irregularidad en la forma de los lóbulos y la inconstancia en el número de ellos, es muy importante establecer un criterio de medida al determinar medidas lineales en estas hojas. Los coeficientes de correlación entre el área foliar y las dimensiones de la hoja se calcularon previamente para la variedad 2078, encontrándose valores de $r = 0,94; 0,88; 0,32$ y $0,87$ para la correlación entre el área foliar, el largo del lóbulo central, el largo x ancho del lóbulo central, la sumatoria del ancho de lóbulos en la parte más ancha y la sumatoria del largo de lóbulos respectivamente. Con base en esta información, se procesaron los datos para los seis modelos de regresión entre el área foliar total y el largo del lóbulo central y el área foliar y la sumatoria de los largos de los lóbulos de cada hoja. Dada la similitud entre los coeficientes de correlación para las sumatoria de los largos de lóbulos y el $L \times A$ del lóbulo central y el área foliar respectivamente, se podría recomendar con restricciones en la utilización de cualesquiera de los dos parámetros, ya que los valores de R^2 son inferiores al 80% para el modelo lineal. En el caso de variedades con hojas cuyo lóbulo central sea de anchos variables,

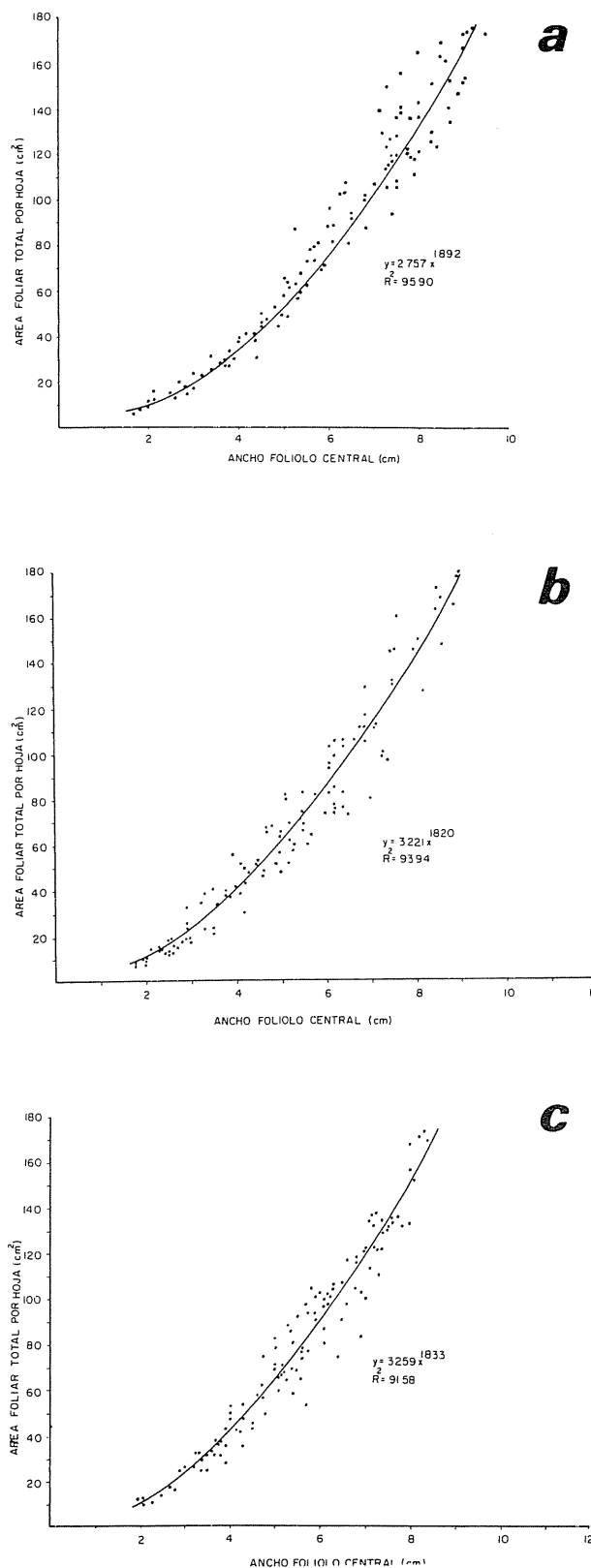


Fig. 3. Relación entre el área foliar total de hojas de batata y el ancho del foliolo central en los cv a) 'Coche', b) 'Cubagua', c) 'Tacarigua'.

se recomendaría la relación entre el área foliar y el largo del lóbulo central y cuando se utilice el ancho, debería establecerse un criterio preciso del lugar en toda la longitud del lóbulo donde se va a efectuar la medición. En la Figura 4a se muestra la línea y ecuación de regresión de mejor ajuste para la relación entre el área foliar y el largo del lóbulo central de hojas de yuca var. 2078. La función logarítmica $y = 0,6417 \times 2,035$ ($R^2 = 90,4\%$) fue la mejor. Utilizándose la sumatoria de los largos de los lóbulos, no mejora significativamente la exactitud de la estimación, por lo que el exceso de trabajo no justifica el pequeño aumento obtenido en la precisión de la determinación.

Esta última regresión también ajustó mejor a una función logarítmica $y = 0,1532 \times 1,5286$ ($R^2 = 91,5\%$) para la misma variedad, como puede observarse en la Figura 4b.

En el Cuadro 2 se muestran las regresiones de mejor ajuste para la estimación del área foliar en función del largo del lóbulo central de hojas de yuca var. 2078, var. 'Sucre', var. 'Barinas' y var. 2320; de los seis modelos calculados para cada caso se recomiendan los que aparecen en el Cuadro 2 dado que en todos los casos el R^2 tiene valores superiores al 90%. Sin embargo, se recomiendan específicamente los modelos logarítmicos para las variedades 2078, 'Sucre' y 2320 que tuvieron un porcentaje de error menor. En el caso de la var. 'Barina' se recomendaría el modelo lineal.

Las hojas de plantas de batata son simples, aunque de forma variable. En la Figura 5a se puede observar la relación entre el área foliar y el ancho mayor de la hoja; como los cinco modelos de regresión calculados fueron igualmente satisfactorios con coeficiente de determinación mayores del 93%, la elección del modelo más adecuado, como puede observarse en el Cuadro 1b, queda a juicio del investigador. En este caso, de los tres modelos seleccionados se recomienda el modelo lineal $y = -20,67 + 7,53x$, ya que tiene un porcentaje de error menor y además se calcula con mayor facilidad. En la Figura 5b se observa la relación entre el área foliar y el largo de la hoja, que para esta variedad de batata LM-24 es peor que cuando se utiliza el ancho de la hoja lo cual puede deducirse de la simple observación y comparación de la Figura 5.

Discusión

El análisis de la relación entre las medidas lineales y el área de las hojas en plantas de caraota, indica homogeneidad entre los tres cultivares investigados. Las diferencias observadas en las ecuaciones de regresión

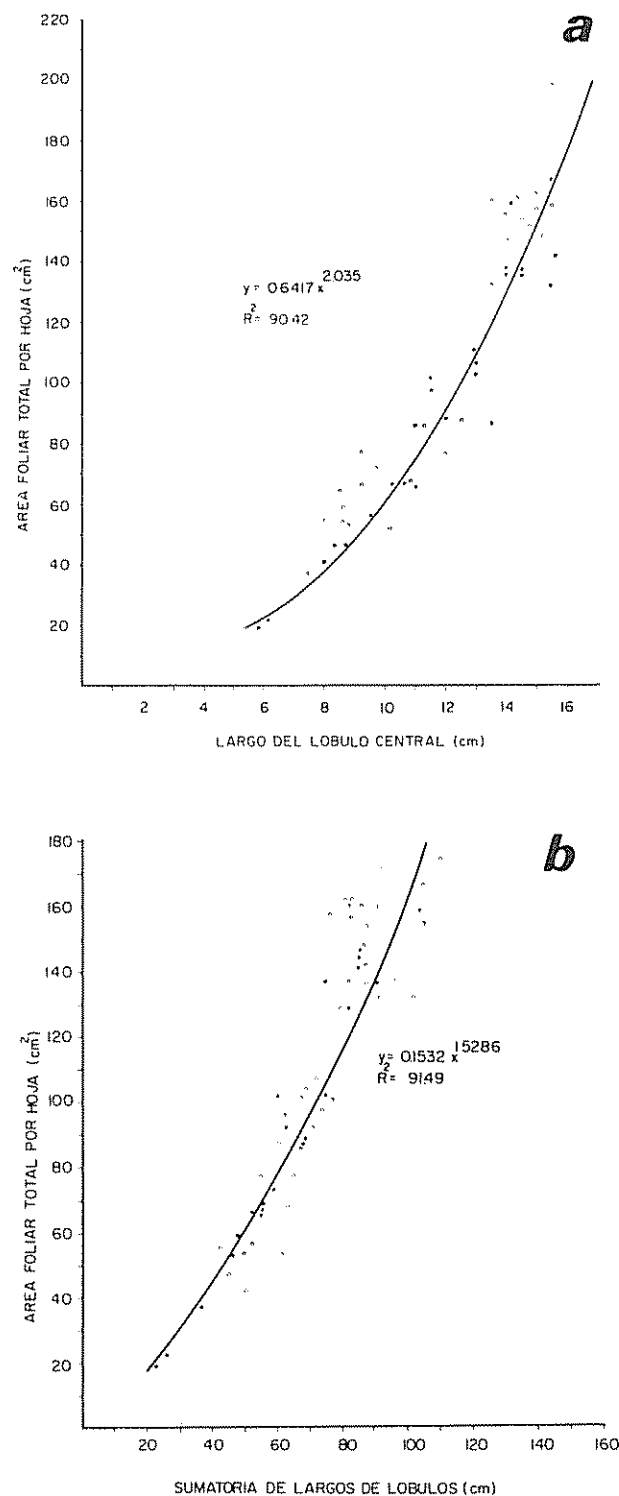


Fig. 4. Relación entre el área foliar total de hojas de yuca var. 2078 en función de a) largo del lóbulo central de la hoja, b) Sumatoria de los largos de cada uno de los lóbulos de la hoja.

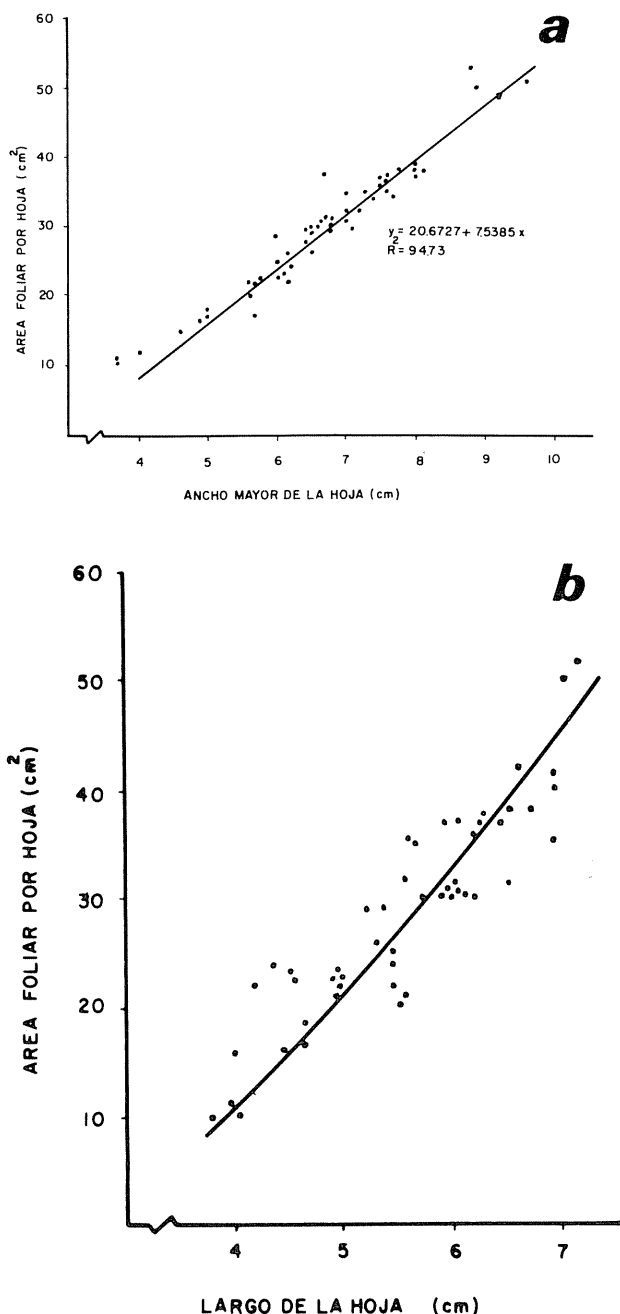


Fig. 5. Relación entre el área foliar de hojas de batata var LM-24 en función de a) ancho mayor de la hoja, b) largo mayor de la hoja.

sión de mejor ajuste son pequeñas como se ha podido observar en la similitud de los coeficientes b_0 y b_1 y los coeficientes de determinación en cada caso. Por otra parte, estas ecuaciones son similares a las calculadas para la variedad 'Turrialba-4' Ascencio y Fargas, (1) para la cual también se consideró el mejor ajuste el de una función logarítmica y $= 2,19 x$

1,965 ($R^2 = 98\%$), para la regresión entre el ancho del folíolo central y el área foliar total. Estas similitudes permitirían la utilización de un modelo único para ser utilizado en principio *in situ*, para los diferentes cultivares de la misma especie; en efecto, Loayza (9) calcula una ecuación de regresión única entre el área foliar y el ancho del folíolo central para los cultivares 'Turrialba-4', 'Porrillo' y 'Jamapa' de caraotas, para lo cual el mejor ajuste resultó ser una función cuadrática de ecuación $y = 0,01571 + 0,0414x + 0,0178x^2$ ($R^2 = 89\%$). La utilización de ecuaciones específicas o generalizadas para distintos cultivares queda a criterio del investigador y depende de la rigurosidad que requiera la estimación. De haber diferencias significativas entre las ecuaciones para los distintos cultivares, podría utilizarse como primera alternativa para lograr la ecuación generalizada que satisfaga un mayor número de variedades, el uso de variables mudas adicionadas al modelo original. Benincasa *et al.* (3) determinaron el área foliar de hojas de caraota utilizando cada folíolo en forma individual mediante coeficientes de corrección establecidos entre el área foliar determinada por planimetría y por el largo x ancho de cada folíolo en forma individual; este método es más laborioso pero representa una alternativa en el caso de hojas compuestas en las que una sola medida lineal sea insuficiente para la determinación satisfactoria del área de la hoja. Por otra parte, con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se podría indicar que no es crítica la escogencia entre el ancho o el largo del folíolo central de hojas de caraota como parámetro estimador del área foliar total, aunque el ancho ha sido más ampliamente utilizado. A manera de ejemplo se muestra en la Figura 6 la relación entre el largo del folíolo central y el área total de hojas de caraota cv. 'Coche'; como puede

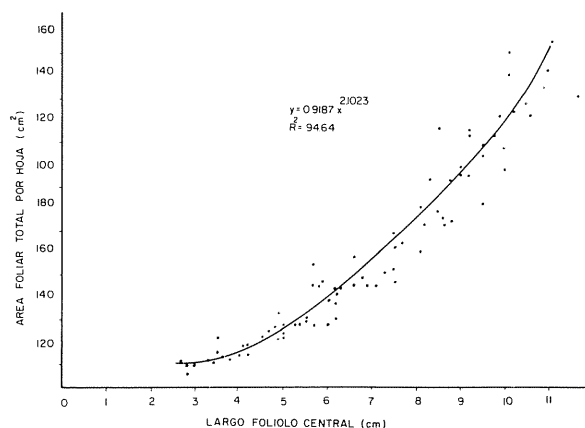


Fig. 6. Relación entre el área foliar total de hojas de caraota cv 'Coche' y el largo del folíolo central.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión seleccionadas para la estimación del área foliar en 4 variedades de yuca en función del largo mayor del lóbulo central de la hoja.

Variedad	Ecuación de regresión	R ²	% E	SE
2078	$y = 0.6417 x^{2.035}$	90.42	12.31	12.03
'Sucre'	$y = 0.2663 x^{2.389}$	94.07	9.26	33.07
'Barinas'	$y = 0.2741 x^{2.316}$	90.42	14.13	9.46
'Barinas'	$y = 121.6839 + 17.9908 x$	91.86	10.75	8.58
2320	$y = 0.1906 x^{2.5036}$	97.38	7.98	6.51
2320	$y = 170.9593 + 23.1325 x$	95.03	10.47	8.31

$$\%E = \frac{y(\text{ob}) - y(\text{calc.})}{y(\text{ob})} 100$$

$$SE = \sqrt{\frac{(E_i - \bar{E})^2}{n-1}}$$

observarse existe una gran similitud entre estos resultados y los obtenidos con la misma variedad al utilizar el ancho del folíolo central.

En el caso de los cultivares de yuca también se observaron algunas similitudes entre los coeficientes b_0 y b_1 de la función logarítmica seleccionada para estimar el área foliar en función del largo del lóbulo central de la hoja. Como puede decirse del Cuadro 2, la creación de un modelo único sería igualmente factible en este caso. En efecto, Hammer (7) recomienda también una función logarítmica de ecuación $y = 0.00057 x^{2.46}$ ($R^2 = 95\%$) para el cv. de yuca MAUS7, donde x es el largo del lóbulo central de la hoja y al igual que en nuestros resultados, los puntos en la gráfica se encuentran mucho más dispersos para valores elevados del área foliar lo cual podría sugerir que la precisión de la estimación es mejor en la primera parte de la línea.

En hojas de plantas de batata por ser simples, la escogencia del método para la determinación del área foliar se simplifica, especialmente en los casos, como los muestran los resultados del presente trabajo, en los que una sola medida lineal es buen estimador del área.

La utilización del peso de la hoja como estimador del área foliar tiene la ventaja de que economiza tiempo cuando se muestrean un gran número de plantas o cuando éstas forman una cobertura continua, difícil de individualizar. En este caso la utilización de

medidas lineales de las hojas podría ser demasiado laboriosa, especialmente si la planta tiene hojas muy pequeñas lo que ocasionaría a su vez un número elevado por unidad de área de superficie de muestreo. En este caso, si no se dispone, o no es adecuado el uso de un planímetro óptico o de otro equipo similar que permita el cálculo directo del área de las hojas, se podría utilizar una relación área-peso para lo cual debería tomarse en cuenta la variación en el Área Foliar Específica (AFE) en cada muestreo. En algunos casos se podrían observar variaciones en el AFE de las hojas a lo largo del tallo de la planta y en ese caso habría que dividir el tallo en zonas siguiendo la misma metodología descrita y establecer el AFE para cada zona o nivel. Siempre y cuando el AFE no varíe apreciablemente o que tenga una variación constante, se podría utilizar un factor de corrección común. En el caso de las plantas de caraota utilizadas en este trabajo, se compararon los valores promedio del AFE para los tres cultivares durante el ciclo de vida de las plantas con sus respectivas desviaciones y coeficientes de variación. La comparación indica que las hojas de las plantas del cv. 'Cubagua' tienen el espesor menos variable seguidas por los cv. 'Tacarigua' y 'Coche', pero dentro de cada cultivar las diferencias no son significativas a lo largo del ciclo de vida de las plantas por lo que en este caso en particular no serían necesarias las correcciones por AFE en caso de utilizar una relación área-peso para determinar el área foliar. El AFE calculada para las hojas de batata utilizadas en este trabajo tuvo un valor promedio de 214.83 ± 25.16 con un coeficiente de variación del 11,71%, va-

lores éstos que tampoco ameritarían una corrección del área foliar calculada a través de una relación área-peso. Sin embargo, si las plantas estuvieran sujetas a diferentes tratamientos por riego, luz temperatura o nutrimentos, sólo la comparación de los valores de AFE con sus respectivos coeficientes de variación para las plantas testigo y los diferentes tratamientos podría indicar si el espesor de las hojas sufre variaciones significativas en cada cosecha o muestreo.

Como información adicional, en el presente trabajo se calibró el método para la determinación del área foliar en hojas de caraota cv. 'Tacarigua' mediante la ecuación $y = 3,259x^{1,83}$ que se observa en la Figura 3a contra el método gravimétrico de relación del 5%; de acuerdo a Sestak, Catsky y Jarvis (11), la determinación más exacta del área foliar es la que se realiza por planimetría manual, la cual tiene un límite máximo de error del 3%. En nuestro caso, como el error experimental de la determinación área-peso depende fundamentalmente de la precisión de las balanzas y de la calidad homogénea del papel, se tomaron las previsiones necesarias para que la metodología fuese implementada en forma adecuada. Como se puede observar en la Figura 7, la recta de calibración $y = -25,30 + 1,051x$ se comparó con la recta teórica $y = x$ (45° C); en una coincidencia perfecta, la ordenada en el origen tendría que ser cero, la pendiente uno y el coeficiente de correlación 1,00. Como se puede observar, las rectas son casi coincidentes, la pendiente calculada con un valor de 1,051 no presenta diferencias significativas con la

Cuadro 3. Área Foliar Específica (AFE) en cm^2/g durante el ciclo de vida de plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Coche', cv. 'Cubagua' y cv. 'Tacarigua' (Datos Ascencio y Sgambatti, 2). $n = 10$ plantas.

Días	Área Foliar Específica		
	'Coche'	'Cubagua'	'Tacarigua'
18	236.07	209.28	232.76
23	212.20	220.77	210.48
28	242.45	204.75	203.39
33	231.40	196.02	204.29
38	210.20	241.32	227.27
43	181.89	194.06	173.27
48	222.98	232.14	208.01
53	169.83	196.53	162.30
58	184.84	175.66	172.27
63	132.50	168.15	169.61
$\bar{x}$	202.40 ± 32.81	203.87 ± 20.03	196.35 ± 23.91
cv	16%	9.82%	12.18%

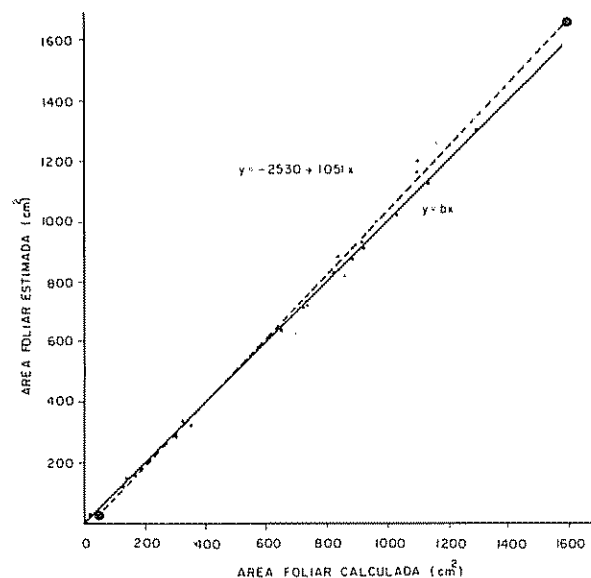


Fig 7. Comparación entre el área foliar total estimada por planta ($y = 3.259x^{1.833}$) y el área foliar total calculada por impresión en papel heliográfico, para plantas de caraota cv 'Tacarigua'.

teórica, el coeficiente de correlación es alto y la ordenada en el origen perfectamente aceptable.

Por otra parte también se compararon los valores obtenidos en el cálculo de dos parámetros fisiomorfológicos del crecimiento de las plantas, como lo son el Índice de Asimilación Neta (IAN) y la Razón de Área Foliar (RAF) calculando el área foliar para el

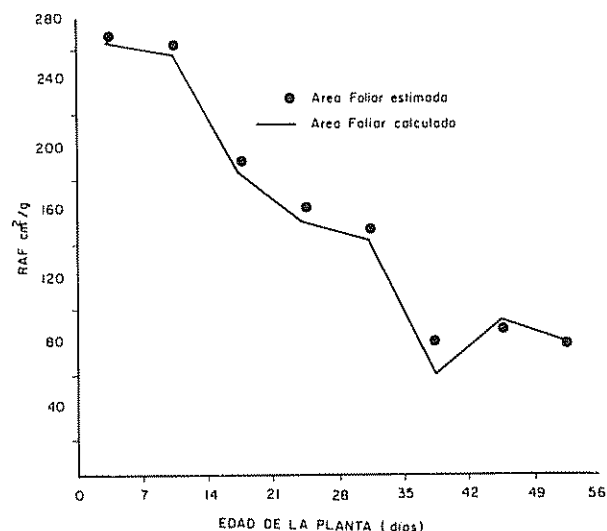


Fig 8. Comparación entre los valores obtenidos al calcular el Índice de Asimilación Neta (IAN) en plantas de caraota cv 'Tacarigua' estimando el área foliar total por planta a partir del ancho del folíolo central de las hojas y por impresión de las hojas en papel heliográfico (Datos promedio de 3 plantas).

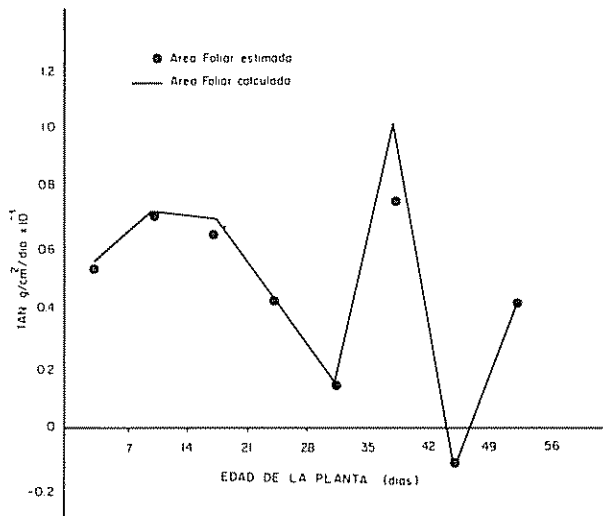


Fig 9 Comparación entre los valores obtenidos al calcular la Razón de Área Foliar (RAF) en plantas de caraota cv. 'Tacarigua' estimando el área foliar total por planta a partir del ancho del folíolo central de las hojas y por impresión de las hojas en papel heliográfico (Datos promedio de 3 plantas)

mismo grupo de plantas de caraota, desarrolladas en macetas y cosechadas semanalmente, por medio de la relación área-peso del papel y también la ecuación estimar el área foliar a partir del ancho del folíolo central para el cv. 'tacarigua', $y = 3,259 \times 1,83$, que aparece en la Figura 3a. Los detalles del cálculo y de la interpretación de los índices del crecimiento se encuentran ampliamente discutidos en la bibliografía Sestak, Catsky y Jarvis (11); Hunt (8); Causton y Venus (4) y están fuera de los objetivos del presente trabajo. Como puede observarse en las Figuras 8 y 9, existen pocas diferencias entre los valores del IAN y del RAF calculados semanalmente al utilizar el método gravimétrico o la ecuación de regresión para determinar el área foliar total de las plantas, por lo que es factible la utilización del análisis de correlación y regresión y las medidas lineales de las hojas de caraota cv. 'Tacarigua' con un amplio margen de confiabilidad.

Resumen

El análisis de correlación y regresión simple se utiliza en este trabajo para la estimación del área foliar en plantas de caraota, yuca y batata utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Se establecen como criterios de selección de las ecuaciones de predicción, la bondad del ajuste de la línea (R^2), la comparación entre los valores observados con los calculados y el error estándar de la estimación. Para el caso de caraota cv. 'Tacarigua', se comparan además los datos obtenidos en el cálculo del área foliar por planta utilizando la ecuación de re-

gresión seleccionada y el método gravimétrico de relación área: peso para determinar dos índices del crecimiento (Índice de Asimilación Neta y Razón de Área Foliar).

Literatura citada

1. ASCENCIO, J. y FARGAS, J. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var 'Turrialba-4') cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23(4):420-428. 1973.
2. ASCENCIO, J.; FARGAS, J. y SGAMBATTI, L. Análisis del crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Coche', cv. 'Cubagua', cv. 'Tacarigua') en condiciones de campo. Agronomía Tropical (Venezuela) 25(2):125-147. 1975.
3. BENINCASA, M. M. P. *et al.* Metodo não de destrutivo para estimativa da area foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). Cientifica (Brasil) 4(1):43-48. 1976.
4. CAUSTON, D. R. y VENUS, J. C. The biometry of plant growth. Londres, Arnold, 1981. 310 p.
5. CHAPMAN, T. A note on the measurement of leaf area of the Tannia (*Xanthosoma sagittifolium*). Tropical Agriculture (Trinidad) 41(4):351-353. 1964.
6. GOMES, J. BENINCASA, M. M. P. Y SANTOS, J. Metodo não destrutivo para a estimativa da area foliar do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In Reunião Anual da SBPC. Resumos. São Paulo. 1974.
7. HAMMER, G. L. Estimation of cassava leaf area by a simple, non-destructive field technique. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 61-62. 1980.
8. HUNT, R. Plant Growth analysis. Studies Biol. no. 96. Arnold. Londres, 1978. 67 p.
9. LOAYZA, T. J. Respuesta a tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres tensiones osmóticas en soluciones nutritivas. Tesis M. Sc. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. 75 p.
10. MEYER, L. S. Data analysis for scientists and engineers. Nueva York, Wiley, 1975. 513 p.

11. SESTAK, Z. CATSKY, J. y JARVIS, P. C. Plant photosynthetic production. La Haya, Junk. 1971. 818 p.
12. SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J. Biometry. San Francisco, Freeman, 1969. 776 p.
13. TURNER, D. W. y LAHAV, E. The growth of banana plants in relation to temperature. Australian Journal of Plant Physiology 10(1):43-53. 1983.

Reseña de libros

- E. R. TERRY *et al.* Tropical root crops: Production and uses in Africa: Proceedings of the second triennial symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch held in Dowala, Cameroon, 14-10 August 1983. Ottawa, Ont: International Development Research Centre, 1984. 231 p. (IDRC-221 e).

Con especies de notoria adaptación a las condiciones adversas del trópico, las raíces y tubérculos tropicales alcanzan a producir donde los cultivos "convencionales" no prosperan y sus rendimientos por unidad de insumo invertido son difícilmente superables. Tales atributos y la acuciante necesidad de producir alimentos baratos en el trópico, han determinado la reciente atención dispensada al estudio de su potencial.

Tropical root crops: Production and uses in Africa es la memoria del Segundo Simposio trienal de la Sociedad Internacional de Raíces Tropicales, Filial africana, celebrado en Camerún del 14 al 19 de agosto de 1983. Participaron 77 investigadores de 16 países que presentaron un total de 56 artículos científicos. Los cultivos aludidos fueron, principalmente, la yuca (*Manihot esculenta*) y los ñames (*Dioscorea* spp), un menor número de trabajos consideraron al tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) y al camote (*Ipomoea batatas*)

El Simposium centró su atención en la producción y utilización de las raíces tropicales en África. En cuanto a la producción, los temas tratados fueron diversos: la protección de los cultivos, la evaluación de germoplasma, la propagación *in vitro* y la eficiencia de asociaciones de raíces tropicales con otras especies. La prioridad de atenuar la reducción de la producción debida al ataque de plagas y enfermedades resultó reconfirmada. En cuanto a la utilización, hubo aportes en los campos de la alimentación animal y el mejoramiento de la calidad de los productos destinados al consumo humano. La conferencia inaugural del desaparecido Dr. D. G. Coursey señaló las tendencias de la utilización de las raíces tropicales: en el mediano y largo plazo, la alimentación animal y la producción de bioenergía serán los nuevos usos que se le adicionarán a la indefectible producción de sustento humano del presente.

Para quienes trabajamos con raíces y tubérculos esta memoria constituye una valiosa ayuda y nos permite comparar las experiencias desarrolladas en África con las propias. Es este intercambio de ideas y conocimientos el cimiento sobre el cual podemos construir la tecnología necesaria para el desarrollo rural, una prioridad común al tercer mundo.

WERNER RODRIGUEZ MONTERO
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE
TURRIALBA, COSTA RICA