

ESTIMACION DEL AREA FOLIAR DEL LINO OLEAGINOSO (Linum usitatissimum L.)

FERNANDEZ, E.M., ASNAL, W.E., GIAYETTO O. y CHOLAKY, L. (*)

RESUMEN:

El área foliar del lino oleaginoso (Linum usitatissimum L.) cultivado bajo condiciones de campo fue estimada durante el crecimiento-desarrollo vegetativo y reproductivo de éste, mediante diversos métodos indirectos; correlacionándose positivamente y de manera muy significativa ($P < 0,01$) con la longitud y el ancho de la hoja, con el producto de ambas dimensiones, con los pesos fresco y seco de la hoja, y con la superficie de la hoja con forma de elipse, según los análisis de regresión lineal simple.

ABSTRACT

The leaf area of field-grown oil flax (Linum usitatissimum L.) was estimated during its grown-vegetative and reproductive development-by means of several indirect methods. Leaf area positively and significantly ($P < 0,01$) correlated with leaf length and width, with product of these dimensions, with leaf fresh and dry weights, and with ellipse-shaped leaf surface, according to the simple linear regression analyses.

PALABRAS CLAVES. Linum usitatissimum L., estimación del área foliar.

Linum usitatissimum L., leaf area estimation.

(*) Docentes de la Orientación de Producción de Cultivos Oleaginosos, Universidad Nacional de Rio Cuarto. Ruta Nacional 36-km 601, 5.800 Rio Cuarto-Argentina

INTRODUCCION

El conocimiento del área foliar de una planta individual o de un cultivo es esencial en trabajos de análisis de crecimiento (Bailey y Stewart, 1982), en el establecimiento de umbrales de daño económico de plagas foliares y en el desarrollo de estrategias de manejo de éstas (Stone y Pedigo, 1972), en la formulación de modelos de simulación de distintos procesos que ocurren a nivel del canopeo, tales como intercepción de la luz solar (Burstall y Harris, 1983), fotosíntesis (Heilman et al., 1977), transpiración (Enoch y Hurd, 1979) y tasa de crecimiento (Warren-wilson, 1981), y en estudios sobre competencia interespecífica. No obstante, la determinación del área foliar es lenta, laboriosa y demanda un tiempo apreciable, de no contarse con determinadores digitales.

En la determinación o estimación del área foliar de una planta o de un cultivo pueden usarse métodos destructivos, no-destructivos, directos e indirectos (Wiersma y Bailey, 1975). Estos últimos utilizan fórmulas matemáticas para estimar el área foliar de una planta en función de algunas características de las hojas de fácil medición, tales como: pesos seco y fresco de la hoja, ancho y largo máximo de la hoja, el producto de ambas dimensiones, número de hojas, y la similitud de la hoja con determinada figura geométrica.

Los métodos indirectos de estimación del área foliar se han utilizado con un alto grado de seguridad para la estimación del área foliar de varios cultivos, tales como: girasol (Moradi y Vojdani, 1974; Rodrigues Pereira, 1974 y 1977; Blamey y Mapham, 1975; Pereyra, 1978; Schneiter, 1978); soja (Kolloer, 1972; Stone y Pedigo, 1972; Wiersma y Bailey, 1975; Sivakumar, 1978; Jensen et al. 1977; Ogbuehi y Brandle, 1981; Heinrich Lieth et al. 1986), maíz (Burd y Lomas, 1976), colza (Leterme, 1987); ricino (Wendt, 1967), algodón (Roads y Bloodworth, 1964; Johnson, 1967; Wendt, 1967; Grimes y Carter, 1969; Jain y Kumar, 1970; Burd y Lomas, 1976; Seshadri y Shanmugham, 1983), maíz (Makee, 1964; Francis et al. 1969; Pearce et al. 1975; Burd y Lomas, 1976), trigo (Burd y Lomas, 1976), cebada (Ramos et al. 1983),

sorgo (Stickler et al. 1961; Wendt, 1967; Krishnamurthy et al. 1974; Jimenez Cordero y Mendoza Onofre, 1981; Shih et al. 1981), tabaco (Chen y Huang, 1970), caña de azúcar (Shih y Gascho, 1980) cacao (Reynolds, 1971), Papas (Epstein y Robinson, 1965; Wellik et al. 1981), poroto (Davis, 1940), gramíneas forrajeras (Kemp, 1960) y alfalfa (Robinson y Massengele, 1967; Sharrat y Baker, 1986). Sin embargo, no existe información sobre la dimensión del aparato foliar del lino oleaginoso y menos aún, sobre la metodología más adecuada, rápida y segura para estimar el área foliar en distintas etapas de su desarrollo ontogénico.

De ahí, que el objetivo de este estudio fue evaluar distintos métodos indirectos en la estimación del área foliar del lino oleaginoso.

MATERIALES Y METODOS.

Las hojas utilizadas en el estudio provinieron de plantas extraídas al azar de una siembra de lino oleaginoso cv Rojas - INTA, efectuada en el área experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto-Córdoba, durante 1988, en hileras distanciadas a 17 cm. entre sí y con una densidad de siembra de 60 kg de semillas/ha.

El control de malezas se efectuó con el herbicida Atrazina de pre-emergencia y en dosis de 700 g de ingrediente activo/ha; el cual se aplicó con un equipo pulverizador de parcelas dotado con una fuente de presión a base de CO₂ y de un botallón con 10 boquillas separadas a 35 cm entre sí, que arrojó un caldo herbicida de 100 l/ha a una presión de 2.8 kg/ha.

Las hojas fueron removidas cuando las plantas de lino oleaginoso se encontraban en los períodos vegetativo (V) y reproductivo (R), en este último caso las plantas presentaban flores y frutos. En V se obtuvieron 292 hojas y en R un total de 235 hojas, que en conjunto sumaron 527 hojas completas, intactas y sin daño.

La imagen de cada hoja fue fotocopiada en papel, a la que se calculó el área foliar (AF) según el método de la grilla de intercepción (Burd y Lomas, 1976), en mm². Posteriormente, se

procedió a medir la longitud máxima y el ancho máximo de la imagen de cada hoja con un calibre en mm; la longitud de la hoja fue medida desde la base al ápice de la lámina foliar y el ancho máximo fue determinado en la posición más ancha de la lámina foliar en ángulo recto a la medición de la longitud máxima. Tanto los valores de longitud y ancho de cada lámina foliar obtenidos en mm se convirtieron en cm. Luego, se pesó cada hoja en una balanza analítica electrónica de precisión de 0,0001 g. para determinar su peso fresco (PF) antes de colocarlas en estufa de secado con circulación forzada de aire y a una temperatura de -80°C hasta peso constante para determinar los respectivos pesos secos (PS) con la misma balanza; tanto el PF como el PS se expresan en g. Enseguida se calcularon los productos de la longitud máxima (en cm.) por el ancho máximo (en cm) de cada hoja (L x A), que se expresó en cm², y la superficie de cada lámina foliar, asumiendo que ésta tenía una forma geométrica igual a la de una elipse, según la fórmula siguiente:

$$\text{Superficie de la elipse (SP)} = \frac{L \times A}{2} \times \text{JT}$$

(en cm²)

donde: L es la longitud máxima de la lámina foliar, A es el ancho máximo de la lámina foliar y JT es Pi = 3,1416.

Finalmente, se efectuaron los análisis de regresión y correlación lineal simple entre AF y L,A,PF,PS,L x A y SE, tanto para los períodos V y R del lino oleaginoso como para el conjunto de dichos períodos.

RESULTADOS Y DISCUSION.

El Cuadro N° 1 muestra que todas las regresiones lineales simples entre el AF del lino oleaginoso calculada por el método de la grilla de intercepción (expresada en cm²) sobre L,A,L x A, PF, PS y SE fueron altamente significativas (P 0,01), tanto - las correspondientes a los períodos V y R, como las del conjunto de ambos períodos.

En el período vegetativo del lino oleaginoso, los coeficientes de correlación fueron más altos cuando el AF fue estimada a través de SE (r=0,988**), L x A (r=0,980**) y PF (r=0.976**); -

Cuadro N° 1 : Fórmulas de regresión lineal simple, valores máximos y mínimos de las variables, y coeficientes de regresión y correlación entre el área foliar del lino oleaginoso calculada por el método de la grilla de intercepción y el área foliar estimada por diferentes características de las hojas.

Períodos	Variables	Unidad de medida	Valor mínimo	Valor máximo	Fórmulas de regresión	Coeficientes	
						R ²	r
V	L	cm	0.400	4.050	y = - 0.1820 + 0.3908X	0.916	0.957**
	A	cm	0.150	0.720	y = - 0.5357 + 3.6770X	0.794	0.891**
	L x A	cm ²	0.060	2.800	y = 0.0744 + 0.0075X	0.960	0.980**
	PF	g	0.0014	0.0461	y = 0.0161 + 0.4652X	0.953	0.976**
	PS	g	0.0003	0.0096	y = 0.0107 + 2.3941X	0.891	0.944**
	SE	cm ²	0.0943	4.3982	y = 0.0645 + 0.4860X	0.977	0.988**
R	L	cm	1.050	4.970	y = - 0.4147 + 0.5028X	0.925	0.962**
	A	cm	0.240	0.730	y = - 0.9509 + 4.9337X	0.724	0.851**
	L x A	cm ²	0.294	2.806	y = 0.0731 + 0.0076X	0.955	0.977**
	PF	g	0.0056	0.0746	y = 0.2161 + 0.3019X	0.899	0.948**
	PS	g	0.0012	0.0132	y = 0.1535 + 1.8012X	0.951	0.975**
	SE	cm ²	0.4618	4.4570	y = 0.0808 + 0.4813X	0.962	0.981**
V + R	L	cm	0.400	4.970	y = - 0.2965 + 0.4571X	0.927	0.963**
	A	cm	0.150	0.730	y = - 0.7278 + 4.3564X	0.810	0.900**
	L x A	cm ²	0.060	2.806	y = 0.0675 + 0.0076X	0.975	0.987**
	PF	g	0.0014	0.0746	y = 0.1779 + 0.3246X	0.910	0.954**
	PS	g	0.0003	0.0132	y = 0.1219 + 1.8980X	0.931	0.965**
	SE	cm ²	0.0943	4.4570	y = 0.0690 + 0.4848X	0.977	0.989**

mientras que en el período reproductivo del lino oleaginoso y al considerar ambos períodos, los mejores coeficientes de correlación se obtuvieron cuando el AF fue estimada mediante SE ($r=0,981^{**}$ y $r=0,989^{**}$), L x A ($r=0,977^{**}$ y $r=0,987^{**}$) y PS ($r=0,975^{**}$ y $r=0,965^{**}$). No obstante, todas las características de las hojas permitieron una adecuada estimación del área foliar del lino oleaginoso.

Las figuras N° 1, 2 y 3 muestran las relaciones entre el AF calculada por el método de la grilla de intercepción, expresada en cm^2 y el AF estimada por L x A (en mm^2), PS (en mg) y SE (en cm^2) de las hojas para ambos períodos, observándose un buen ajuste entre ellas.

La buena estimación del AF del lino oleaginoso a través de métodos indirectos destructivos (PF y PS) y no-destructivos (L, A, L x A y SE), obtenidas en este estudio, coinciden con lo determinado en otras especies vegetales que poseen hojas de distintas formas, tamaño y peso que el lino oleaginoso, tales como Schneiter, 1978 en girasol; Heinrich Lieth et al., 1986 en soja; Burd y Lomas, 1976 en maní; Leterme, 1987 en colza; Sharrat y Baker, 1986 entre otras.

CONCLUSIONES.

En cualquier etapa del desarrollo ontogénico del lino oleaginoso, su área foliar puede ser estimada a través de distintos métodos indirectos, sean éstos destructivos (PF y PS) o no-destructivos (L,A,L x A y SE), siendo los dos primeros los menos engorrosos y posiblemente los más rápidos. No obstante, la elección de cualquiera de estos métodos dependerá del tipo de estudio y necesidad de contar con una estimación del área foliar.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BAILEY, W.G. y R.B. STEWART 1982 A method for assesing leaf - area. Can. J.Plant Sci. 62: 211-214.
- BLAMEY, F.P.C. y W. MAPHAM 1975 Leaf area estimation for sunflo wers (Helianthus annuus L.) cv Smena. Agroplantae 7:105-106.
- BURD, P. y J. LOMAS 1976 Leaf area measuring methods: a study of accuracy and cost. Symp. Agrometerology of the Maize Crop, Iowa -USA.
- BURSTALL, L. y P.M. HARRIS 1983 Estimation of percentage light interception from leaf area index and percentage ground cover in potatoes. J. Agric. Sci. 100: 241-244.
- CHEN, L.H. y B.K. HUANG 1970 Effects of light intensity and du ration on relationships among leaf area, fresh weight and - dry weight of tobacco leaves. Tobacco Sci. 14: 58-67
- DAVIS, J.F. 1940 The relationship between leaf area and yield of the field bean with a statistical study of methods for determining leaf area. J. Am. Soc. Agron. 32: 323-329.
- ENOCH, H.Z. y R.G. HURD 1979 The effect of elevated CO₂ concen trations in the atmosphere on plant transpiration and water use efficiency- A study with potted carnation plant. Int. J. Biometereorel. 23: 343-351.
- EPSTEIN, E. y R.R. ROBINSON 1965 A rapid method for determining leaf area potatoes. J. Agron. 57: 515-516.
- FRANCIS, C.A., J.N. RUTGER y A.F.E. PALMER 1969 A rapid method of leaf area estimation in maize (Zea mays L.). Crop Sci. 9: 537-539.
- GRIMES, D.W. y L.M. CARTER 1969 Linear rule for direct non-des tructive leaf area measurements. Agron. J. 61: 477-479.
- HEILMAN, J.L., E.T. KANEMASU y G.M. PAULSEN 1977 Estimation - dry-matter accumulation in soybean. Can. J. Bot. 55: 2196-2201.
- HEINRICH LIETH, J., J.F. REYNOLDS y H.H. ROGERS 1986 Estimation - of leaf area of soybeans growth under elevated carbon dioxide levels. Field Crops Res. 13: 193-203.
- JAIN, T.C. y V. KUMAR 1970 Leaf area estimation in Gossypium - hirsutum by linear measurements. Agricultura, Belgium 18:29-33.

- JENSEN, R.L., L.D. NEWSON, D.C. HERZOG, J.W. THOMAS, Jr., B.R. FARTHING y F.A. MARTIN 1977 A method of estimating defoliation of soybean. J. Econ. Entomol. 70: 240-242.
- JIMENEZ CORDERO, A.A. y L.E. MENDOZA ONOFRE 1981 Comparación de métodos indirectos de estimación del área foliar en sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench). Agric. Téc. Méx. 7(2):113-125
- JOHNSON, R.E. 1967 Comparison of methods for estimating cotton leaf area. Agron. J. 59: 493-494.
- KEMP, C.D. 1960 Methods of estimating the area grasses from linear measurements. Ann. Bot. 24: 491-499.
- KOLLER, H.R. 1972 Leaf area-leaf weight relationships in the soybean canopy. Crop Sci. 12: 180-183.
- KRISHNAMMURTHY, K., M.K. JAGANNATH, B.G. RAJASHEKARA y G. RAGUNATHA 1974 Estimation of leaf area in grain sorghum from single measurements. Agron. J. 66: 544-545.
- LETERME, P.H. 1987 Modélisation de la croissance et de la production des siliques chez le colza d'hiver. Inf. Tech. CETIOM.
- MCKEE, G.W. 1964 A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. Agron. J. 56: 240-241.
- MORADI, A. y P. VOJDANI 1974 Study on the relationship between leaf surface-grain yield and oil percent in the different varieties of sunflower. Proc. 6th. Int. Sunflower Conf., Bucharest-Romania: 167-172.
- OGBUEHI, S.N. y J.R. BRANDLE 1981 Limitations in the use of leaf dry weight and leaf number for predicting leaf area of soybeans. Crop Sci. 21: 344-346.
- PEARCE, R.B., J.J. MOCK y T.B. BAILEY 1975 Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15: 691-694
- PEREYRA, V.R. 1978 Método rápido para estimar área foliar en girasol (Helianthus annuus L.) Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata-Argentina.
- RAMOS, J.M., L.F. GARCIA DEL MORAL y L. RECLADE 1983 Dry matter and leaf area relationships in winter barley. Agron. J. 75: 308-310.
- REYNOLDS, S.G. 1971 A forestry note on the estimation of leaf area of cocoa (Theobroma cacao L.). Trop. Agric. 48:177-179.
- ROADS, F.M. y M.E. BLOODWORTH 1964 Area measurement of cotton leaves by a dry weight method. Agron. J. 56: 520-522.

- ROBINSON, C.D. y M.A. MASSENLE 1967 Use of area-weight relationship to estimate crop area in alfalfa (Medicago sativa L) cultivar Moapa. Crop Sci. 7: 394-395.
- RODRIGUES PEREIRA, A.S. 1974 Effects of artificial defoliation on components of yield of sunflower. Proc. 6th. Int. Sunflower Conf., Bucharest-Romania:181-187.
- RODRIGUES PEREIRA, A.S. 1977 Determination of leaf area coefficient in sunflower. Neth.J.agric. Sci. 25: 238-242.
- SCHWEITER, A.A. 1978 Non-destructive leaf area estimation in sunflower. Agron.J.70: 141-142.
- SESHADRI, V. y K. SHANMUGHAM 1983 A comparison of different methods for estimating total leaf area of cotton with normal and okra leaf shapes. Indian J. Agron.28: 95-97.
- SHARRAT, B.S. y D.G. BAKER 1986 Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Sci. 26: 1040-1043.
- SHIH, S.F. y G.J. GASCHO 1980 Relationships among stalk length, leaf area and dry biomass of sugarcane. Agron. J.72: 309-313
- SHIH, S.G. y G.J. GASCHO y G.S. RAHI 1981 Modeling biomass production of sweet sorghum. Agron. J.73: 1027-1032.
- SIVAKUMAR, M.V.K. 1978 Prediction of leaf area index in soybean (Glycine max (L.)Merrill) Ann.Bot.42: 251-253.
- STICKLER, F.C., S. WEARDEN y A.W. PAULI 1961 Leaf area determination in grain sorghum. Agron. J.53: 187-188.
- STONE, J.D. y L.P. PEDIGO 1972 Development and economic-injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. J.Econ. Entomol. 65: 197-201.
- WARREN-WILSON, J. 1981 Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. Ann.Bot. 48: 507-512.
- WELLIK, M.J., J.E. SLOSSER y R.D. KIRBY 1981 Effects of simulated insect defoliation on potatoes. American Potato J.58: 627-632.
- WENDT, C.W. 1967 Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (Gossypium - hirsutum L.), castors (Ricinus communis, L.) and sorghum (Sorghum vulgare, L.). Agron. J. 59: 458-486.
- WIERSMA, J.V. y T.B. BAILEY 1975 Estimation of leaflet, trifoliate and total leaf areas of soybeans. Agron. J.67: 26-30

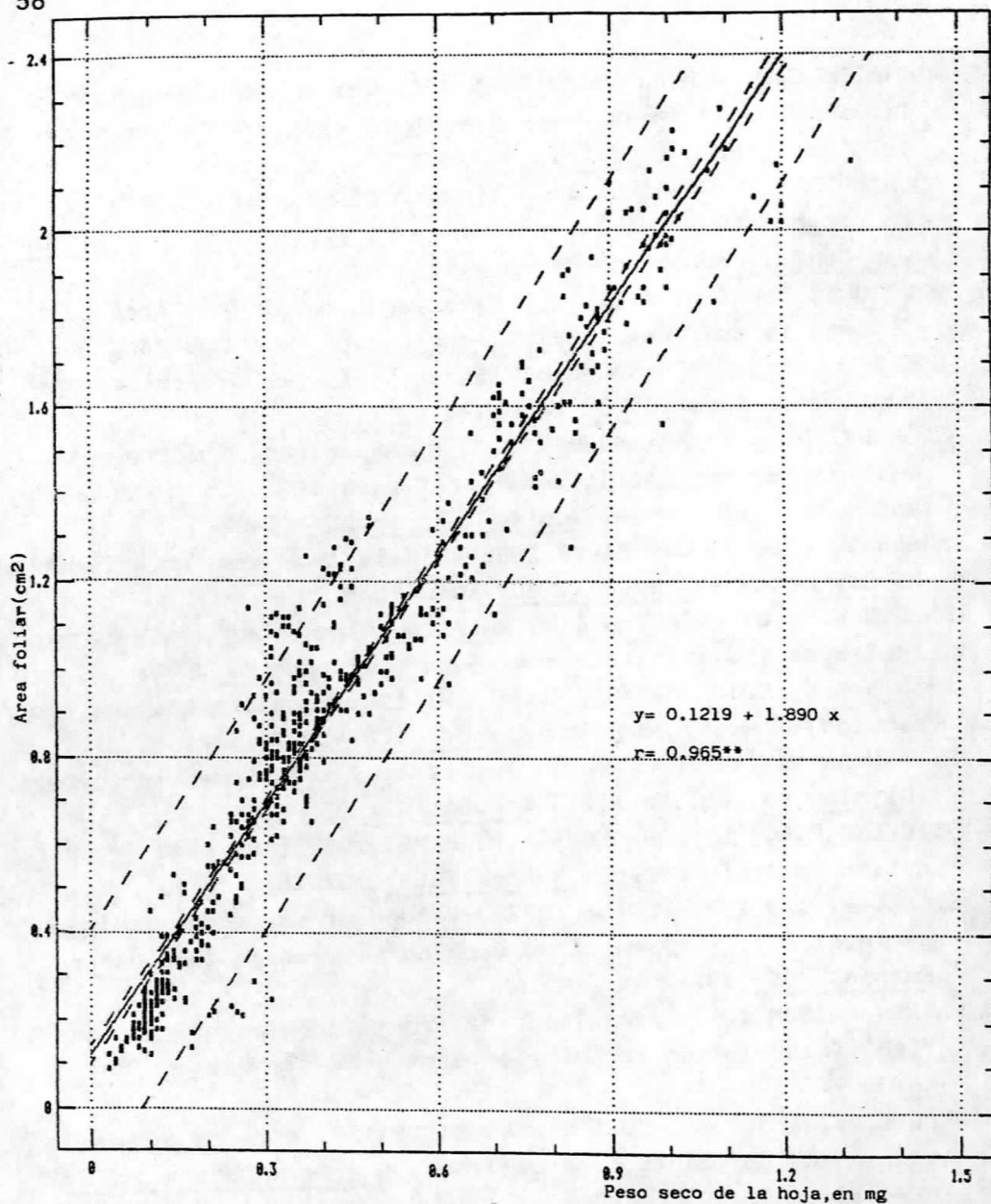


Figura N° 1: Relación entre área foliar calculada y área foliar estimada a través del peso seco de las hojas, en lino oleaginoso, para los períodos vegetativo y reproductivo.

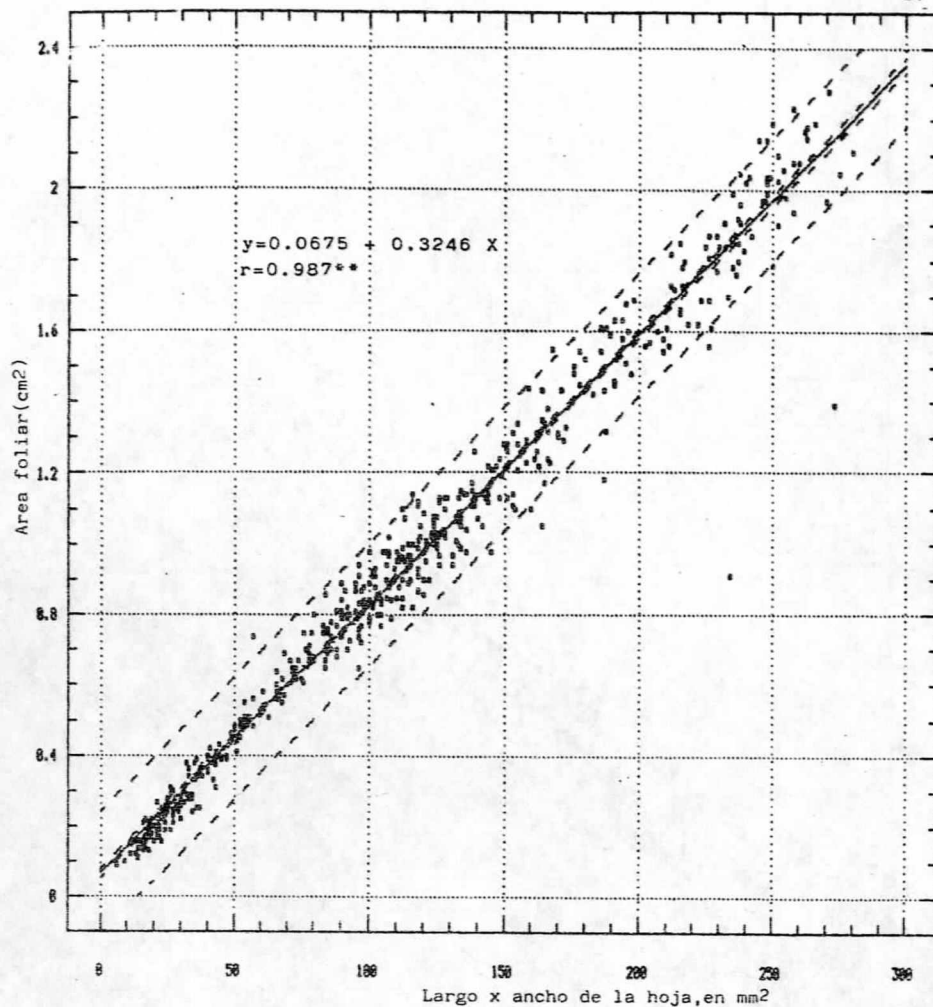


Figura N° 2: Relación entre el área foliar calculada y el área foliar estimada a través del producto de la longitud y ancho de la hoja, en lino oleaginoso, para los períodos vegetativo y reproductivo.

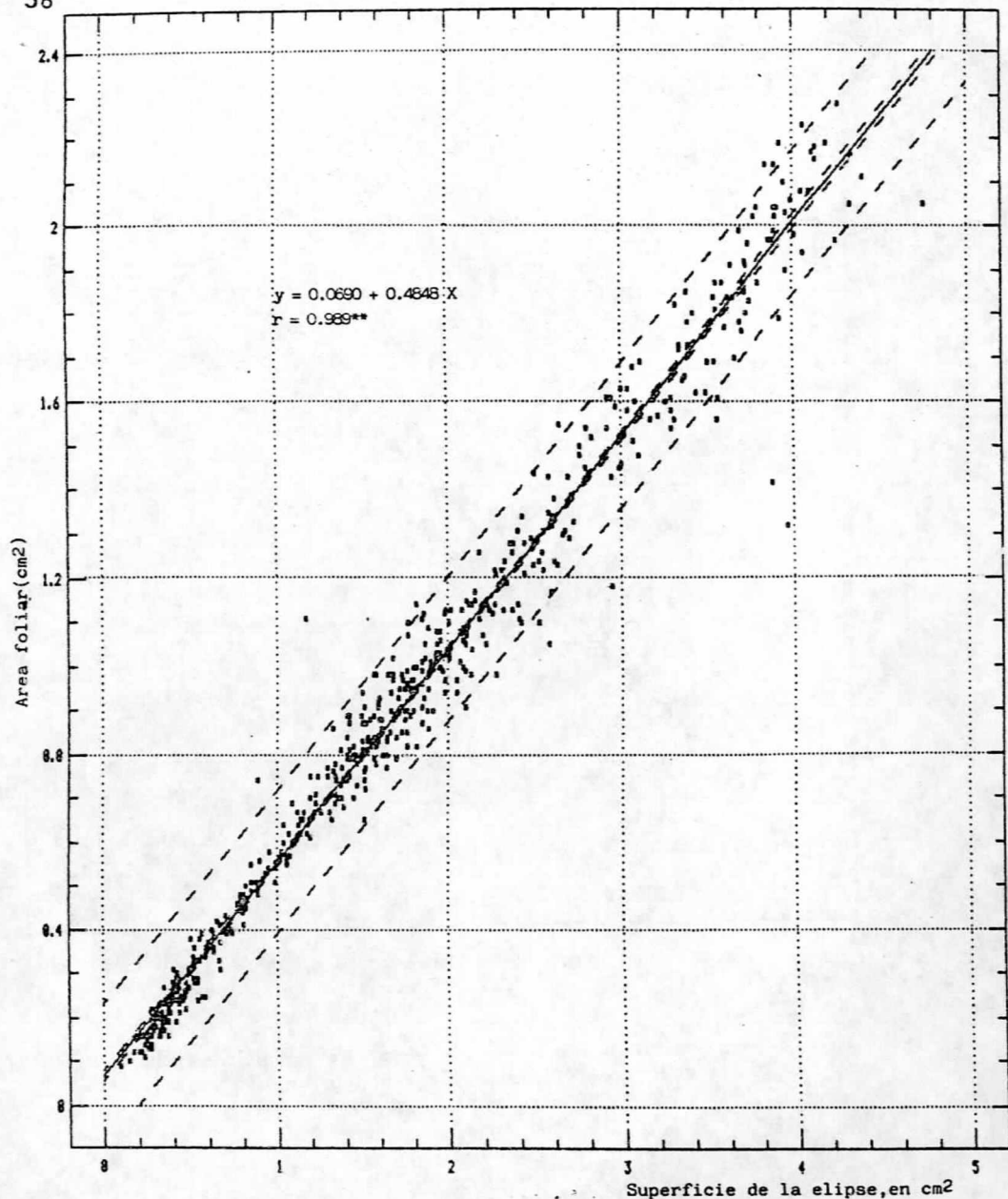


Figura Nº 3 : Relación entre el área foliar calculada y el área foliar estimada a través de la forma de la elipse en lino oleaginoso, para los períodos vegetativo y reproductivo.