Rev. Fitotec. Mex. 12:1-9. 1989

RESPUESTA A LA DEFOLIACION DEL HIBRIDO DE MAIZ H-204 BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES

Salvador Martín del Campo Valle[1] y Javier Cueto Parra[2]

RESUMEN

Para conocer la respuesta del híbrido precoz de maíz (Zea mays L.) H-204 a la defoliación y estudiar algunas de sus relaciones entre la fuente y la demanda fisiológicas, en una área con temporal deficiente, como es la región de El Llano, Aguascalientes, se le aplicaron cuatro niveles de defoliación (0, 25, 50 y 75%, en relación a la longitud de las hojas), en dos formas (al momento de aparecer la lígula en cada hoja y al momento de la floración). En la primera forma la defoliación redujo el rendimiento de grano hasta en 74% con relación al testigo no defoliado, mientras que la defoliación al momento de la floración no afectó significativamente dicho rendimiento. En ambas formas el rendimiento biológico se redujo significativamente, aunque la reducción fue mayor en el primer caso. El indice de cosecha se redujo significativamente al incrementarse los niveles de defoliación cuando aparecía la lígula, mientras que la defoliación al momento de la floración, lo aumentó significativamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L.; Rendimiento de grano; Rendimiento biológico; Indice de cosecha; Componentes de rendimiento.

SUMMARY

Sink-source relationships of defoliated maize (Zea mays L.) were studied in the early hybrid H-204, planted under limited rainfall conditions in El Llano, State of Aguascalientes. Four defoliation levels (0, 25, 50 and 75%) were imposed in two different forms, removing each section of the leaf blade at ligule emergence and removing them at blooming. In the first form, defoliation reduced grain yield up to 74%, while defoliation at anthesis had no significant effects on grain yield. Also, in the first case, defoliation reduced the Harvest Index (HI) whereas the second increased this index. Some yield components and vegetative traits were also afected by defoliation at ligule emergence.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L.; Grain yield; Biological yields; Harvest index; Yield components.

1 Investigador del Programa de Maíz y Sorgo del INIFAP en Pabellón, Ags. Apdo. Postal No. 20. Pabellón, Ags. C.P. 20660

2 Ex-alumno del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 20 de Aguascalientes.

INTRODUCCION

Para estudios fisiotécnicos diseñados para evaluar la relación entre la magnitud del área foliar y la acumulación de materia seca en los órganos de importancia económica, como son los granos y semillas, son necesarios para detectar los mecanismos y los criterios que permitan la formación de arquetipos más eficientes en aprovechar los recursos ambientales disponibles.

Tales estudios pueden ser de especial importancia en regiones con condiciones pluviométricas escasas, como las que predominan en las zonas semisemiáridas de altura en México, donde el maíz representa índices de área foliar (IAF) bajos y frecuentemente son severamente afectados por la sequía.

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de diferentes grados de defoliación sobre el rendimiento de grano y varios de sus componentes en el híbrido precoz de maíz H-204, así como establecer algunas relaciones entre sus órganos productores de asimilados (fuente) y receptores de tales productos (demanda), bajo la hipótesis de que la defoliación practicada al aparecer la lígula o a la floración, reduce significativamente el rendimiento y sus componentes, debido a los cambios en el balance de fuente y demanda metabólicas.

REVISION DE LITERATURA

El área foliar se forma desde la etapa vegetativa hasta la de floración, pero su funcionamiento como fuente se extiende hasta la etapa de llenado de los granos, como es el caso del maíz y de otros cereales, por lo que su medición y la cuantificación de sus relaciones con la eficiencia en la producción y distribución de materia seca son importantes (Mendoza *et al.*, 1984).

Colville (1968) menciona que en maíz, el área foliar es de gran importancia cuando se tienen altos índices de área foliar (IAF), como cuando se trabaja con altas densidades de población. Esta condición generalmente se produce en áreas de riego o de buen temporal. Así, al incrementarse el IAF, pueden tenerse niveles más altos de intercepción de energía radiante. En cereales, la intercepción máxima puede ser superior al 95%, y se ha reconocido que la fotosíntesis total aumenta asintóticamente con el IAF (Evans y Wardlaw, 1976).

Al respecto, Loomis y Williams (1969) señalan que con valores de IAF de 5, se pueden lograr altos niveles de intercepción de energía. Sin embargo, el valor óptimo de IAF es aquel que induzca la mayor intercepción o con el que obtenga la mayor producción de materia seca. En esta situación, adquieren gran importancia algunos aspectos de la estructura del dosel como son el número, tamaño y la orientación de las hojas.

En maíz, generalmente los valores de IAF mayores se obtienen en la antesis o pocos días después (Williams *et al.*, 1968). Una situación similar ocurre en sorgo (Fischer y Wilson, 1975). En estas dos especies se ha encontrado que el IAF decrece más lentamente durante el período de llenado del grano que en trigo (Allison, 1964). En muchos casos se puede encontrar una relación directa del IAF con el rendimiento de grano (Lemon, 1976; Duncan, 1972).

Mediante trabajos de defoliación en maíz, es factible estimar las relaciones que se establecen entre la fuente y la demanda; así, Tanaka y Yamaguchi (1977) encontraron que la eliminación de las hojas del estrato superior del dosel, durante la etapa de la emisión de estigmas y durante el llenado del grano, abatieron significativamente el rendimiento, coincidiendo con los resultados que habían obtenido Pendleton y Hammond (1969).

En México se han realizado algunos trabajos para determinar el balance que existe entre la fuente y la demanda, como los realizados por Goldsworthy *et al.* (1974), quienes concluyeron que los maíces tropicales están principalmente limitados por su demanda metabólica (granos). Posteriormente, Poey (1978) corroboró con algunas investigaciones conducidas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en maíz tropical, que los productos de la fotosíntesis postantesis, al no existir una fuerte demanda metabólica de la mazorca, son almacenados en el tallo, de lo que dedujo que estos maíces presentan una fuente mayor que su demanda.

Otros investigadores, como Hicks *et al.* (1977), han aplicado la defoliación en maíz en diferentes etapas fenológicas para estimar las posibles pérdidas del rendimiento que ocasionan las granizadas en la región norte de la faja maicera de los Estados Unidos.

Por otra parte, Johnson (1973) señala que en áreas donde se cuenta con una estación de crecimiento corta para maíz, las ganancias en rendimiento de grano pueden estar asociadas con incrementos en el área foliar.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante los meses de julio a diciembre de 1981 en terrenos del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 20, ubicado en la región de El Llano en el Estado de Aguascalientes, bajo condiciones de temporal y en colaboración con el programa de maíz del Campo Agrícola Experimental Pabellón del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Se utilizó el híbrido precoz de maíz H-204, a una densidad de 40,000 pl/ha, al que se aplicó la dosis de fertilización 40-40-00 al momento de la siembra; se dieron dos labores de cultivo durante el desarrollo del experimento.

Los tratamientos de defoliación se aplicaron en los niveles y épocas siguientes:

1. Remoción de 0, 25, 50 y 75% en todas las hojas, con base en la longitud de las mismas, al aparecer la lígula de cada hoja.

2. Igual que el anterior excepto que la defoliación se realizó al momento de la floración.

En los dos casos, las variables rendimiento de mazorca, rendimiento biológico (RB) e índice de cosecha (IC), fueron analizadas de acuerdo a un diseño en Cuadro Latino.

La parcela experimental fue de 2 surcos de 5.0 m de largo separados a 0.76 m.

Adicionalmente, se hicieron análisis de regresión lineal simple bajo el modelo siguiente:

$$\hat{y} = \alpha + \beta x$$

donde:

$\hat{y}$ = Valores predichos para la variable dependiente (de respuesta).

α = La ordenada al origen.

β = Coeficiente de regresión, que determina la pendiente de la recta.

x = Variable independiente (porciento de remoción foliar).

Las pruebas de significancia de α y β se realizaron mediante el estadístico t para determinar si eran iguales o diferentes a cero.

RESULTADOS Y DISCUSION

La defoliación aplicada al aparecer la lígula de cada hoja, tuvo un efecto negativo más drástico en el rendimiento de grano, el rendimiento biológico y el índice de cosecha, que la realizada a la floración, ya que ésta última no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento de grano e incluso produjo un aumento significativo en el índice de cosecha (Cuadro 1 y Figs. 2 a 4).

En la Figura 1 se ilustra la relación entre el despunte de hojas y el IAF, la cual es una relación lineal inversamente proporcional. En las Figuras 2, 3 y 4 se muestran las líneas de regresión simple para las variables de rendimiento e índice de cosecha, donde se aprecian claramente las diferencias entre los dos tipos de defoliación practicada.

La disminución del rendimiento de grano por la defoliación realizada al aparecer la lígula de cada hoja se atribuye a la disminución casi continua del área fotosintética laminar durante las etapas vegetativa y de formación de órganos reproductivos. Esta disminución limitó la síntesis de sustancias que abastecían a los órganos de demanda de fotosintetiza-

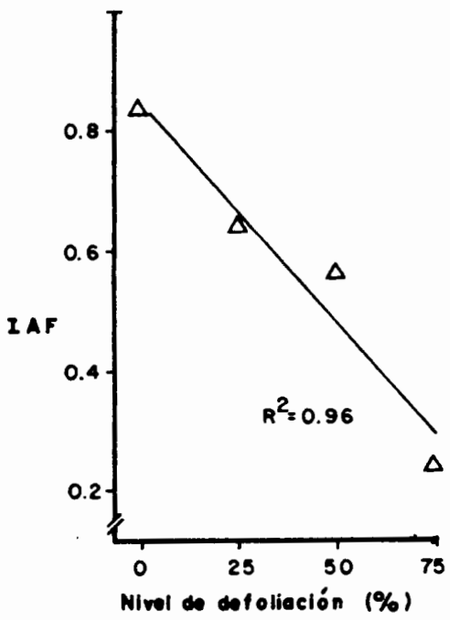

Figura 1. Efecto de la defoliación sobre la reducción del IAF.

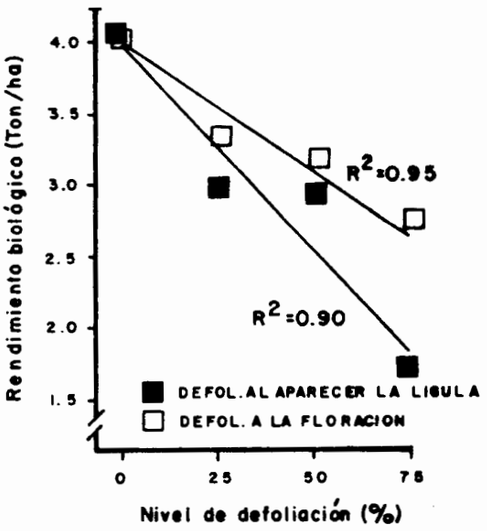

Figura 3. Efecto de la defoliación en dos épocas sobre el rendimiento biológico del maíz.

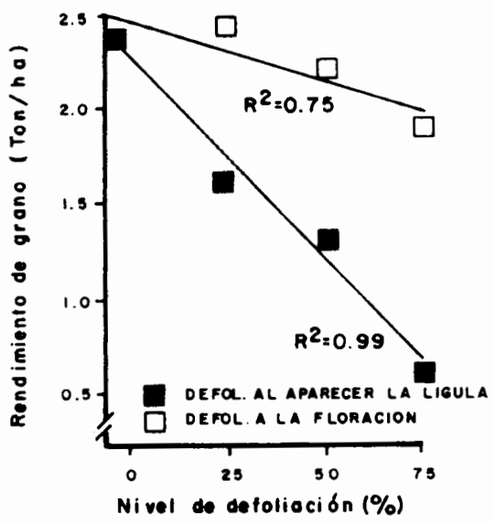

Figura 2. Efecto de la defoliación en dos épocas sobre el rendimiento de grano de maíz.

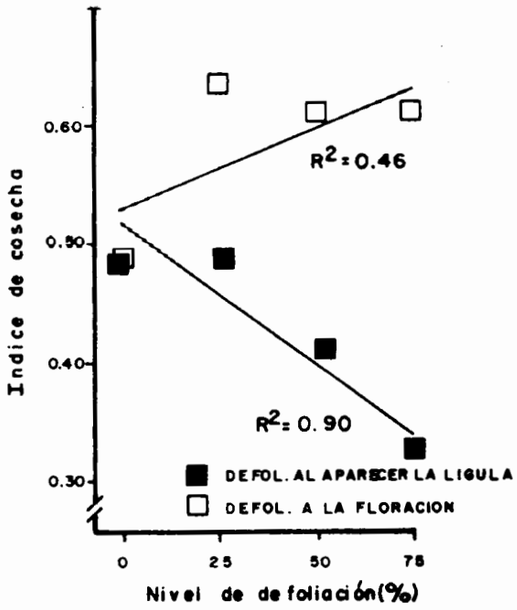

Figura 4. Efecto de la defoliación en dos épocas sobre el Indice de Cosecha del maíz.

Cuadro 1. Efecto de tres niveles y dos etapas de defoliación sobre el rendimiento de grano, el rendimiento biológico y el índice de cosecha del híbrido H-204.

Nivel de defoliación	Rendimiento de grano (kg/ha)		Rendimiento biológico (kg/ha)		IC	
	E_1[1]	E_2	E_1	E_2	E_1	E_2
Testigo	2.372a[2]	2.372a	4.082a	4.082a	0.49a	0.49b
-25%	1.745a	2.464a	2.933b	3.362ab	0.49a	0.63a
-50%	1.382b	2.240a	2.915b	3.136ab	0.41b	0.61a
-75%	0.681c	1.921a	1.718c	2.698b	0.33c	0.61a
CV (%)	9.1	9.2	17.8	6.7	9.9	14.0

[1] E_1: Defoliación aplicada cuando aparecía la lígula de la hoja; E_2: Defoliación en la antesis.
[2] Medias con igual letra no son diferentes estadísticamente (a = 0.05).

dos, como serían en este caso los granos de la mazorca.

Por otra parte, el hecho de no haber sido afectado el rendimiento de grano por los niveles de defoliación aplicados en la floración, podrían deberse a una removilización de asimilados de órganos de reserva (e.g.: tallo, vainas foliares y raíz) hacia la mazorca, como ya ha sido demostrado por otros investigadores como Mendoza *et al.* (1985) en sorgo. Asimismo, los resultados indican que las pérdidas del área foliar durante la floración por efectos de granizo, plagas, enfermedades y aún por la sequía, no ocasionarían reducciones tan drásticas del rendimiento de grano como las que ocurrirían por defoliaciones previas a la floración. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Pendleton y Hammond (1969) y por Tanaka y Yamaguchi (1977), quienes habían resaltado la importancia del área foliar, principalmente del estrato superior, durante la floración y el llenado de grano en maíz.

Lo anterior destaca la necesidad de precisar el tipo de material genético y las condiciones ambientales en las que se realizan estos estudios, ya que como aquí se ha encontrado, no existe un patrón general de respuestas. En la Figura 5 se presenta la distribución decenal de la lluvia registrada durante el desarrollo de este trabajo y se señala la ocurrencia aproximada de la siembra y de la floración. En general, se aprecia una baja precipitación durante la etapa de llenado del grano y en las etapas previas a la floración, que representa al patrón de lluvia típico de la región.

La gran reducción del rendimiento biológico en la defoliación practicada al aparecer la lígula, hace resaltar la importancia que tiene el área foliar tanto en la etapa vegetativa como en la reproductiva inicial, en su contribución a la materia seca total de la planta (Figura 3). La diferencia entre las dos épocas de defoliación podría ser la contribución fotosintética del área foliar que permaneció hasta la floración.

El índice de cosecha (IC) se considera una variable integradora de las condiciones ambientales y del potencial genético para producir y distribuir los productos de la fotosíntesis. En el presente estudio quedó de manifiesto que la defoliación al aparecer la lígula redujo significativamente el IC (Figura 4) por haber afectado más drásticamente al rendimiento económico que al biológico. En cambio, el IC se incrementó en los

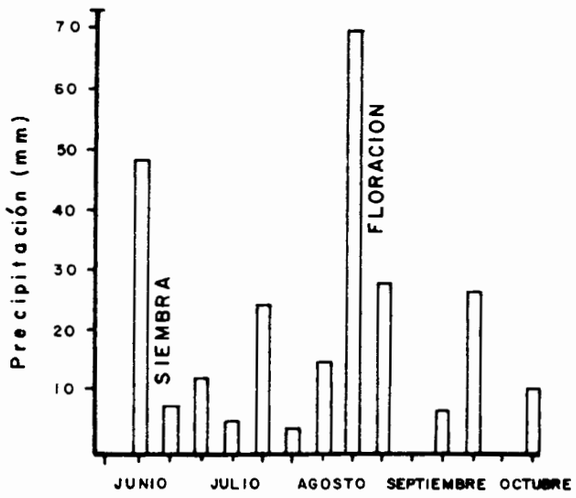

Figura 5. Distribución decenal de la precipitación en la Estación Experimental del ITA–20, El Llano, Ags. 1981.

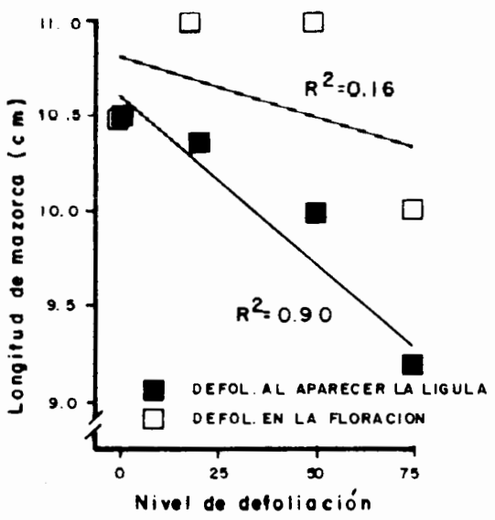

Figura 6. Efecto de la defoliación en dos épocas sobre la longitud de la mazorca.

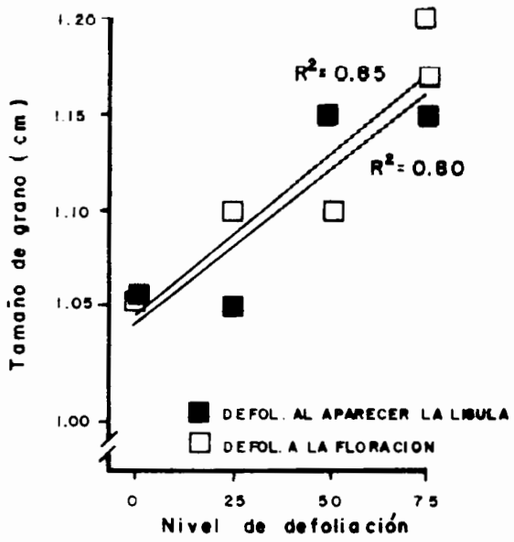

Figura 7. Efecto de la defoliación en dos épocas sobre el tamaño del grano de maíz.

tratamientos de defoliación a la floración, demostrando que el déficit en asimilación de CO_2 durante el llenado de grano se compensó con la removilización de sustancias de reserva hacia la mazorca, ya que el rendimiento biológico sí disminuyó. Al respecto, Evans (1975), Duncan *et al.* (1965) y Campbell y Hume (1970) también señalan que durante la etapa vegetativa, las sustancias derivadas de la fotosíntesis originan el crecimiento de los propios órganos vegetativos, entre los que están los de reserva temporal; mientras que en la etapa reproductiva y del llenado del grano, al dejar de crecer los órganos de reserva temporal (como el tallo), se acumulan en ellos los asimilados para luego removerlos a los órganos de mayor demanda fisiológica, como la mazorca.

Algunos componentes morfológicos también sufrieron cambios como producto de la defoliación practicada conforme aparecía la lígula de las hojas. En el Cuadro 2 se puede apreciar la reducción en la altura de planta, altura a la mazorca y diámetro del entrenudo de la mazorca, lo que parece confirmar los efectos de la reducción del área foliar desde que estos órganos están creciendo, limitando así su capacidad de almacenar reservas y de movilizarlas posteriormente a los órganos de demanda metabólica, como fue asentado por Duncan *et al.* (1965) y por Campbell y Hume (1970).

Algunos componentes del rendimiento también resultaron modificados por los tratamientos de defoliación. En la Figura 6 se observa que la longitud de la mazorca disminuyó significativamente en la medida que se intensificó la defoliación al aparecer la lígula; sin embargo, la defoliación en la floración no tuvo efecto sobre este componente. Esto pudo deberse a que en el primer caso, la defoliación afectó fuertemente la demanda metabólica de la planta y en el segundo caso aparentemente hubo una compensación como producto de la removilización de asimilados.

En la Figura 7 se puede observar claramente la tendencia a incrementar el tamaño del grano en respuesta los tratamientos de defoliación, posiblemente debido al menor tamaño de las mazorcas y a una menor cantidad de granos.

Los resultados presentados indican que el señalamiento de Johnson (1973), en el sentido de incrementar los rendimientos de maíz con incrementos de área foliar en áreas con estación de crecimiento corta, no sería conveniente en áreas con baja precipitación pues se originaría una mayor transpiración. Por el contrario, en estas áreas tal vez se podrían seleccionar genotipos con altas tasas de senescencia foliar postantesis para mejorar la eficiencia en el uso del agua, sin sacrificar rendimiento.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo son producto de un solo año de estudio.

1. Los tratamientos de defoliación practicados conforme aparecía la lígula de cada hoja, disminuyeron hasta en 74% el rendimiento de grano.

2. Los tratamientos de defoliación practicados al momento de la floración no redujeron significativamente dicho rendimiento de grano.

3. La defoliación al aparecer la lígula en las hojas diminuyó notablemente la producción de asimilados, reduciendo el rendimiento biológico, el índice de cosecha así como algunos caracteres morfológicos y componentes del rendimiento.

Cuadro 2. Promedios de algunas variables medidas a la floración por efecto de la defoliación practicada conforme aparecía la lígula de cada hoja.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Altura a la mazorca (cm)	Diámetro del entrenudo (cm)	Area foliar activa (cm^2)
Testigo	121	56	1.30	2103
-25%	115	52	1.25	1634
-50%	120	53	1.25	1410
-75%	106	41	1.10	654

4. Cuando la defoliación se realizó en la antesis, presuntamente hubo removilización de asimilados de los órganos de reserva hacia la mazorca, aumentando su tamaño y el de los granos, compensando el rendimiento final y afectando la distribución de materia seca al aumentar el índice de cosecha.

BIBLIOGRAFIA

Allison, J.C.S. 1964. A comparison between maize and wheat in respect to leaf area after flowering and grain growth. J. Agric. Sci. 63:1-4.

Campbell, D.K. and D.J. Hume. 1970. Evaluation of a rapid technique for measuring soluble solids in corn stalks. Crop Sci. 10:625-626.

Colville, W.T. 1968. Influence of plant spacing and population on aspects of the microclimate within corn ecosystems. Agron. J. 60:65-66.

Duncan, W.G. 1972. Plant spacing, density, orientation and light relationship as related to different corn genotypes. In: Proc. 27th Annual Corn and Sorghum Res. Conf. ASTA. Washington. pp. 80-86.

_____, **A.L. Hatfield, and J.L. Rangland. 1965.** The growth and yield of corn. II. Daily growth of corn kernels. Agron. J. 57:221-223.

Evans, L.T. 1975. Crop Physiology. Cambridge University Press. 374 p.

_____, **and I.F. Wardlaw. 1976.** Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. 28:301-359.

Fischer, K.S. and G.L. Wilson. 1975. Studies of grain production in Sorghum bicolor (L.) Moench. V. Effect of planting density on growth and yield. Aust. J. Agric. Res. 26:31-41.

Goldsworthy, P.R., A.E. Palmer, and D.W. Sperling. 1974. Growth and yield of lowland tropical maize in México. J. Agr. Sci. Great Britain 83:223-230.

Hicks, D.F., M.W. Nelson, and H.H. Ford. 1977. Defoliation effects on corn hybrids adapted to the Northern Corn Belt. Agron. J. 69: 387-390.

Johnson, G.R. 1973. Diallel analysis of leaf area heterosis and relationships to yield in maize. Crop Sci. 13:178-180.

Lemon, E. 1976. Aerodynamic studies of CO_2 exchange between the atmosphere and the plant. In: A. San Pietro, F.A. Green and T.J. Army (eds.). Harvesting the Sun. Academic Press, N.Y. and London.

Loomis, R.S. and W.A. Williams. 1969. Productivity and morphology of crop stands: pattern with leaves. In: Physiological Aspects of Crop Yield. pp. 28-45.

Mendoza, O., L.E., V.A. González H. y J. Ortíz C. 1984. Factores de conversión y tamaños de muestra en la estimación del área foliar en maíz. Agrociencia 58:141-151.

_____, **T. Corona T. y J. Avellaneda B. 1985.** Defoliación postantesis, rendimiento de grano y sus componentes en tallos principales de dos cultivares de sorgo. Agrociencia 62:87-99.

Pendleton, J.W. and J.J. Hammond. 1969. Relative photosynthetic potential for grain yield of various leaf canopy levels of corn. Agron. J. 61:911-913.

Poey D., F.R. 1978. El mejoramiento integral del maíz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Colegio de Postgraduados, Rama de Genética. Chapingo, Méx. 206 p.

Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano del maíz. Trad. por Josué Kohashi S. C.P. Chapingo, Méx.

Williams, W.A., R.S. Loomis, W.G. Duncan, A. Dovrat and F. Núñez A. 1968. Canopy architecture at various populations densities and the growth and grain yield of corn. Crop Sci. 8:303-308.