

## RESPUESTA DE LAS PLANTAS DE PAPAYO AL DIFERENTE NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA. I. DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA.

C. Acosta-Zamudio<sup>1</sup>; V. A. González-Hernández<sup>2</sup>; M. Livera-Muñoz<sup>2</sup>; M. Matheis-Jiménez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Programa Universitario de Investigación en Fruticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, C. P. 56230, Chapingo, Edo. de México.

<sup>2</sup> IREGEP, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México

<sup>3</sup> Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados, Tepetates, Mpio. Manlio Fabio Altamirano, Ver., México

### RESUMEN

Se estudió la distribución de biomasa en plantas de papayo tipo Cera y cv. Sunset Solo con diferente número de frutos. Se encontró que al variar la carga de frutos, las plantas de papayo mantuvieron constante la cantidad de biomasa asignada al tallo y a las hojas. La baja carga de frutos no indujo una redistribución de biomasa entre los frutos que quedaron, ya que se mantuvo el peso promedio de los frutos. La papaya tipo Cera presentó menores valores de las relaciones peso seco/peso fresco de la pulpa o de la semilla y de peso seco semilla/peso seco de la pulpa, que el cv. Sunset Solo, señalándolo como un fruto con baja capacidad de atracción de biomasa.

**PALABRAS CLAVE:** *Carica papaya* L., raleo de fruto, relaciones fuente-demanda.

## RESPONSE OF PAPAYA IN RELATION TO DIFFERENT NUMBERS OF FRUIT PER PLANT: I. BIOMASS DISTRIBUTION

### SUMMARY

Biomass distribution of Cera creole type and cv. Sunset Solo papaya with different numbers of fruits per plant was studied. It was found that the biomass partitioned to leaves, petioles and stem was maintained nearly constant when the number of fruits per plant varied. At the same time, plants with a low number of fruits had the same mean fruit weight as plants with a high fruit set. 'Cera' papaya was lower than cv. Sunsett Solo in dry/fresh pulp weight and dry/fresh seed weight, suggesting that 'Cera' fruits have a low capacity for biomass attraction.

**KEY WORDS:** *Carica papaya* L., fruit thinning, source-sink relationships.

### INTRODUCCIÓN

En 1995 se sembró con papayo una superficie de 20, 403 ha en el país, la mayor parte con los tipos Cera, Roja y el cv. Maradol y, en menor proporción, con cultivares del grupo Hawaiano (Anónimo, 1996). Para el tipo Cera 68.47 % de la superficie correspondió a condiciones de secano, con un rendimiento promedio de 26.77 t·ha<sup>-1</sup> y de 35.35 t·ha<sup>-1</sup> en riego. México es el sexto productor a nivel mundial (Anónimo, 1997), con 460 000 t, después de países como Brasil, Tailandia, India, Nigeria e Indonesia.

En la papaya tipo Cera el amarre de frutos por planta es muy heterogéneo (Acosta y González, 1997), ya que 68 % de las plantas tiene menos de 10 frutos y 39.3 % produce menos de 9 kg, mientras que sólo 15 % de ellas

produce más de 15 frutos y más de 50 kg. En estas condiciones es importante conocer el comportamiento de las plantas en la distribución de biomasa, tanto entre los frutos como entre el resto de los órganos, ya que son parecidas a las que ocurren cuando se hace aclareo de frutos o cuando se eliminan frutos en los estudios de las relaciones fuente-demanda.

Según Childers (1978) y Westwood (1982), el raleo de frutos sirve para aumentar el rendimiento de frutos de calidad, al mejorar su tamaño y su color, a la vez que se disminuyen los frutos de baja calidad. En este sentido, Goldschmidt y Koch (1996) indicaron, que en mandarina hay una relación negativa entre el número de frutos y su tamaño, aunque esta relación no es lineal, ya que un incremento significativo en el tamaño de los frutos se puede obtener sólo después de una reducción masiva en

el número de los mismos. En manzano, Schechter *et al.* (1994b) encontraron que el peso seco de los frutos y la concentración de materia seca disminuyeron con cargas abundantes de frutos.

Otra consecuencia del aclareo de frutos es el cambio en la distribución de biomasa a los órganos restantes de la planta. Por ejemplo, Schechter *et al.* (1994a) observaron en manzano que la cantidad de madera en las ramas sin fruto fue mayor que en las ramas con fruto, al mismo tiempo que las raíces fueron más largas y las muestras extraídas del suelo tuvieron más biomasa. Además se ha detectado que el peso específico de la hoja aumentó en ramas con anillamiento y sin frutos, en comparación con ramas sin anillar (Schechter *et al.*, 1994b). Similarmente, Barden (1978) detectó en manzano que los árboles en fructificación produjeron más materia seca por unidad de superficie foliar que los árboles sin frutos. En otro trabajo con manzano y vid se observó que, al cabo de varios años, el peso seco de las plantas que producían fruto era menor que los que no tenían, aunque el peso total acumulativo, incluyendo las hojas y los frutos era mayor, concluyendo que las hojas de las plantas con frutos fijaban más eficientemente el CO<sub>2</sub> que los árboles sin frutos (Ryugo, 1988).

Es importante hacer notar que sólo una fracción del ahorro de materia seca inducido por el raleo de frutos, es desviada a los frutos restantes, ya que tal raleo siempre implica una reducción del rendimiento total; es decir, la acumulación de materia seca total es mayor en las ramas con frutos que en las ramas sin frutos (Schechter *et al.*, 1994a).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la distribución de la biomasa entre los órganos de plantas de papayo de acuerdo a diferente carga de frutos.

## MATERIALES Y METODOS

La distribución de biomasa fue estudiado en dos ensayos, el primero en condiciones de secano, durante el ciclo de temporal, de mayo de 1993 a enero de 1994 y el segundo, en condiciones de riego, durante 1995.

El primer ensayo se hizo en un huerto de papayo tipo Cera, transplantado el 15 de mayo de 1993 en Rinconada, Mpio. de Puente Nacional, Veracruz, México. El experimento consistió de tres tratamientos en los que se controló el número de frutos en las plantas. Se consideró, de acuerdo con Acosta y González (1997), que el número máximo de frutos en el tipo Cera es de alrededor de 30, por lo cual se establecieron tres tratamientos, con 0, 50 y 100 % de fructificación, siendo estos: Tratamiento 1=0 frutos; Tratamiento 2= de 11 a 14 frutos y Tratamiento 3= de 18 a 25 frutos. El número de frutos se controló cortando semanalmente las flores y frutos excedentes. Se tuvieron seis plantas por cada unidad experimental, con

seis repeticiones, con un total de 114 plantas. Este lote de plantas se localizó en la parte central del huerto, ubicando los tratamientos bajo un diseño experimental completamente al azar.

Las fechas de muestreo de biomasa fueron hechas con base en los días transcurridos desde que se inició el amarre de frutos, considerando que este ocurrió 80 días después del transplante (Acosta y González, 1997).

Se realizó el muestreo del primer ensayo dos veces: 93 días después del inicio del amarre de los frutos (dda); el 4 de noviembre de 1993 y a 165 dda, el 15 de enero de 1994, cortando seis plantas por tratamiento, para la primera fecha y cuatro en la siguiente.

Las variables que se registraron fueron: Peso seco vegetativo (obtenido de la suma del tallo, hojas y peciolo de cada planta); peso promedio por fruto; peso total de frutos por planta y peso seco total. El peso seco se obtuvo cortando los órganos en trozos pequeños, secándolos primero al sol y después en una estufa con aire forzado a 80°C, hasta obtener peso constante.

En el segundo ensayo, además de la papaya tipo Cera se incluyó la papaya hawayana cv. Sunset Solo, que es de alta producción y de carga más homogénea. El experimento se estableció en condiciones de riego en las instalaciones del Campus Veracruz, del Colegio de Postgraduados, Tepetates, Mpio. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, durante el período de enero a noviembre de 1995. El almácigo se hizo el 23 de enero de 1995 y se mantuvo cubierto con tela "Agribond" hasta el transplante a campo. En éste, efectuado el 20 de marzo de 1995, se utilizaron hileras alternantes de papaya tipo Cera y del cv. Sunset Solo con una distancia en campo de 2 x 2 m, colocando hileras de maíz (*Zea mays* L.) entre las plantas de papaya, así como una cerca de plantas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) alrededor del huerto. Se fertilizó con una mezcla de urea y superfosfato de calcio simple, con la fórmula 80-40-00, en dos aplicaciones; la primera al mes de transplante, con la mitad de N y 1/3 del P, y la segunda dos meses después, con la parte restante.

En lo que se refiere al número de frutos se consideraron también tres niveles de fructificación. Para el cv. Sunset Solo se decidió dejar como máximo 50 frutos, aún cuando hay reportes de que puede producir más (hasta 70 frutos, según Zainel, 1990). De acuerdo a lo anterior, los tratamientos establecidos para 1995, fueron:

Nivel de Fructificación	Tipo o cultivar	
	Cera	cv. Sunset Solo
0 %	0 frutos	0 frutos
50 %	10 a 15	20 a 30
100 %	20 a 30	40 a 50

Se colocaron también seis plantas por unidad experimental y seis repeticiones bajo un diseño experimental completamente al azar. El número de frutos, al igual que en el primer ensayo, se controló mediante el corte periódico de flores y frutos excedentes. Los muestreos de biomasa se hicieron también en dos ocasiones: a 133 dda (el 19 de octubre de 1995) y a 169 dda (el 24 de noviembre de 1995). Las variables que se registraron fueron las mismas que en el primer ensayo. En este último muestreo se tomó un lote de 15 frutos de cada tipo o cultivar, y se les determinó por separado el peso fresco y seco de la pulpa y de las semillas. Con los valores de estas variables se determinaron las relaciones peso seco peso fresco de la pulpa y las semillas y peso de semillas peso de pulpa con base a peso fresco y seco.

Por otra parte, se determinó el índice de cosecha (IC) con los resultados de biomasa de los días 15 de enero de 1994 (165 dda) y 24 de noviembre de 1995 (169 dda).

Los resultados se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Duncan, con el programa "Statistical Analysis System" (SAS). La distribución de biomasa se graficó de acuerdo al porcentaje de frutos que permanecieron en la planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que, en cinco de los muestreos, no ocurrió aumento de la biomasa vegetativa en los tratamientos sin frutos ni en los que tenían un número intermedio (Figura 1). Existen ejemplos de tratamientos semejantes, en otras especies, en los cuales la ausencia de demanda produce un incremento de la materia vegetativa, tal y como ocurre en manzano (Schachter *et al.*, 1994a) y en maíz (Tanaka y Yamaguchi, 1977). Sin embargo, ya que en el presente caso no ocurrió lo mismo, existe la posibilidad de que la raíz se convierta en el órgano de demanda, ya que por ejemplo, Schaffer *et al.* (1996) encontraron que en plantas sin frutos de *Cucumis melo* L., el movimiento predominante de fotosintatos fue hacia la raíz, mientras que en plantas con frutos los fotosintatos se acumularon en los entrenudos del tallo, cerca de los frutos y en los frutos mismos. Es necesario entonces, en trabajos posteriores, evaluar la respuesta de la raíz en cuanto a la acumulación de carbohidratos y su variación en peso seco de acuerdo al número de frutos por planta.

Se encontró que en cinco de los muestreos se mantuvo el peso seco promedio de los frutos, independientemente de la carga de frutos (Figura 2), no habiendo al

parecer una mayor capacidad de los mismos de aumentar su biomasa en ausencia de competición. Esto coincide con la observación de que en la papaya tipo Cera no existe correlación entre el número de frutos por planta y el peso promedio de los frutos, ya que se han reportado valores de los índices de correlación ( $r$ ) entre ambas variables de 0.07 a 0.1 (Acosta y González, 1997) y de 0.078 (Salazar, 1985). Este resultado coincide también con lo reportado por Martínez (1987) en la papaya 'Sunset Solo', quien eliminó frutos en la planta, dejando uno, dos, tres frutos por nudo y sin raleo, no encontrando diferencias significativas en el peso promedio de los frutos; concluyendo que no es necesario el aclareo de frutos para mejorar el peso de los mismos en los programas de exportación en este cultivar.

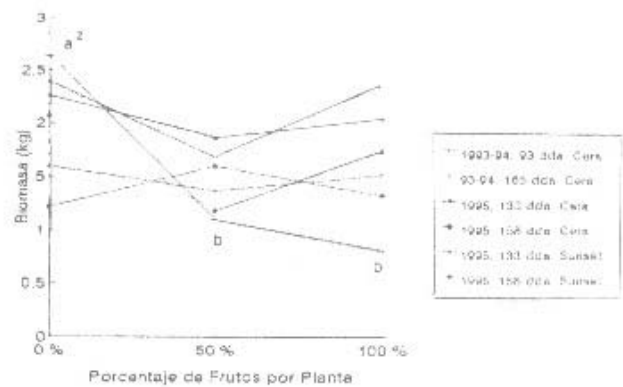


Figura 1. Distribución de biomasa vegetativa (tallo, hojas y peciolo) de acuerdo al porcentaje de fructificación por planta de papaya 'Cera' y 'Sunset Solo'. <sup>2</sup> Medias con letras diferentes tienen diferencias significativas de acuerdo a las pruebas de Duncan ( $P < 0.05$ ). Si no aparecen letras, no hay diferencias significativas. Días después del amarre inicial de fruto = (dda).

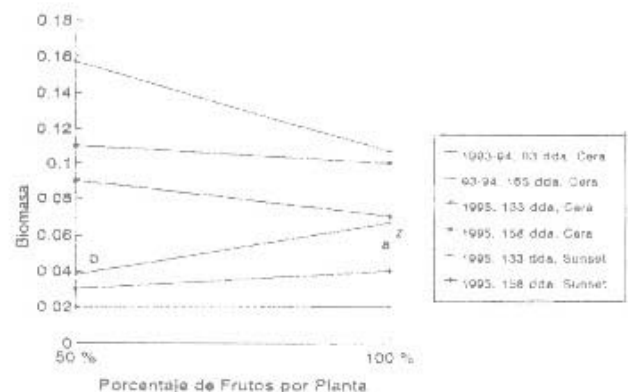


Figura 2. Distribución de biomasa promedio por fruto de acuerdo al porcentaje de fructificación por planta de papaya 'Cera' y 'Sunset Solo'. <sup>2</sup> Medias con letras diferentes tienen diferencias significativas de acuerdo a las pruebas de Duncan ( $P < 0.05$ ). Si no aparecen letras, no hay diferencias significativas. Días después del amarre inicial de fruto = (dda).

En dos de los muestreos hubo mayor biomasa total de frutos en los tratamientos con mayor número de frutos (Figura 3), lo que coincide con los resultados obtenidos por Martínez (1987), quien encontró que las plantas con todos los frutos producían 57.2 kg por planta, mientras que al dejar un fruto por nudo el rendimiento fue de 28.67 kg por planta. Una situación semejante se presenta en cítricos, en donde el aclareo de frutos siempre implica una reducción del rendimiento total (Golschmidt y Koch, 1996). Por otra parte, en los otros cuatro muestreos no se encontró tal tendencia, siendo igual la biomasa total de frutos producida, independientemente de la carga de los mismos, residiendo probablemente la diferencia, en el periodo en el cual se lleva a cabo el muestreo del peso de los frutos, ya que al parecer Martínez (1987) realizó muestreos en fechas sucesivas, conforme maduraban los frutos, mientras que en el presente trabajo el muestreo se hizo en una sola fecha, cuando sólo algunos frutos estaban en momento de cosecha, mientras que la mayoría estaban aún en desarrollo, verdes, sin el contenido total de carbohidratos que pudieran tener. Esto último es importante si se conoce que los frutos de papaya almacenan los carbohidratos sobre todo en la últimas fases de su desarrollo, posteriores a los 100 días después de la antesis (Selvaraj *et al.*, 1982). Este argumento no sería válido en el muestreo de la papaya tipo Cera a los 93 dda, ya que es una fecha temprana.

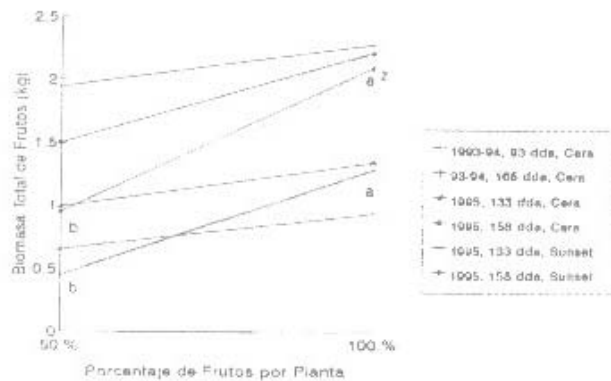


Figura 3. Distribución de biomasa total de frutos de acuerdo al porcentaje de fructificación por planta de papayo 'Cera' y 'Sunset Solo'. <sup>z</sup> Medias con letras diferentes tienen diferencias significativas de acuerdo a las pruebas de Duncan ( $P \leq 0.05$ ). Si no aparecen letras, no hay diferencias significativas. Días después del amarre inicial de fruto = (dda).

En la producción total de biomasa, se encontró que en tres de los muestreos la mayor producción de biomasa se asocia a los tratamientos en los cuales hay más frutos. (Figura 4) Sin embargo, hay otros tres tratamientos en los cuales la producción de biomasa total no fue influida por el número de frutos. Esto último aspecto coincide con los resultados reportados en fresa por Schaffer *et al.* (1986), quienes encontraron que aún cuando las plantas sin frutos presentaron mayor peso seco de las hojas, de la corona y raíz, el peso seco total de la planta (incluyendo los

frutos) fue el mismo en los tratamientos con y sin frutos. Este último aspecto requiere sin duda de mayor estudio.

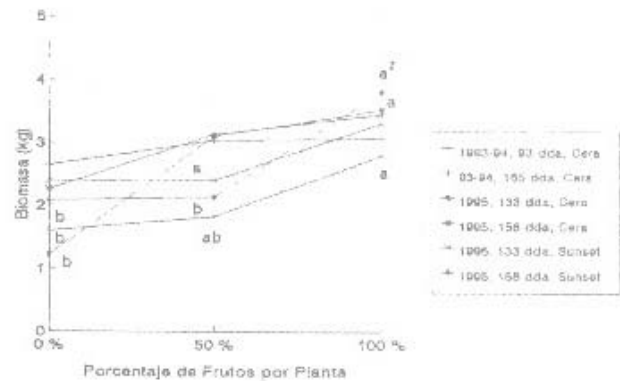


Figura 4. Distribución de biomasa total de frutos de acuerdo al porcentaje de fructificación por planta de papayo 'Cera' y 'Sunset Solo'. <sup>z</sup> Medias con letras diferentes tienen diferencias significativas de acuerdo a las pruebas de Duncan ( $P \leq 0.05$ ). Si no aparecen letras, no hay diferencias significativas. Días después del amarre de fruto = (dda).

Por otra parte, el índice de cosecha (Cuadro 1) varió de 43.24 a 75.53 en el tipo Cera y de 39 a 53.36 en el cv. Sunset Solo, con un promedio general de 56.34. Los valores de IC resultaron elevados, lo que confirma la observación de Barbeau (1990) acerca de que la papaya es una planta muy eficiente debido al enorme volumen de cosecha que produce en relación a su estructura vegetativa.

CUADRO 1. Índice de cosecha a 165 dda (tipo Cera) y 133 dda (tipo Cera y cv. Sunset Solo) de acuerdo al nivel de fructificación en las plantas de papayo.

Ensayo de	Tipo Cera		cv. Sunset Solo	
	Frutos	Frutos	Frutos	Frutos
1993-94	11 a 14	18 a 25		
	Frutos	Frutos		
	63.92 b <sup>z</sup>	75.53 a		
1995	10 a 15	20 a 30	20 a 30	40 a 50
	Frutos	Frutos	Frutos	Frutos
	43.24 b <sup>z</sup>	62.87 a	39.17 a	53.36 a

Todos los valores de peso están en kg por planta.  
<sup>z</sup> Medias con letras diferentes en sentido horizontal para cada tipo o cultivar, presentan diferencias significativas (Duncan,  $P \leq 0.05$ ).

Un aspecto que conviene destacar al comparar los frutos del tipo Cera con los del cv. Sunset Solo, es el relativo a las relaciones peso seco/peso fresco y peso de la semilla/peso de la pulpa (fresco y seco) que fueron mayores en 'Sunset Solo' (Cuadro 2). Ello implica que el cv. Sunset Solo posee mayor capacidad para acumular peso seco por unidad de peso fresco, lo que se podría atribuir a su mayor proporción de semilla por unidad de

peso de la pulpa (peso seco), ya que se ha visto que después de la fertilización las semillas en desarrollo y las estructuras de los frutos se vuelven fuertes demandas, además de que estas semillas y los frutos son ricos en diversas hormonas vegetales como las citocininas, AIA, ABA y giberelinas (Morris, 1996). De manera más general, se ha dicho que las semillas influyen en el tamaño de los frutos (Westwood, 1982; Dennis, 1986).

CUADRO 2. Valores de las relaciones de peso fresco y seco de la pulpa de los frutos de papaya y sus semillas.

	P.S./P.F.	P.S./P.F.	P.S./P.P. con base en P.F.	P.Sem./P.P. con base en P.S.
Tipo Cera	0.038 a <sup>2</sup>	0.138 b	0.051 a	0.205 b
cv. Sunset Solo	0.079 a	0.186 a	0.086 a	0.236 a

<sup>2</sup> Medias con letras diferentes en columnas presentan diferencias significativas (Duncan,  $P \leq 0.05$ ).

P.S. = Peso Seco; P.F. = Peso Fresco; P. Sem. = Peso de semilla; P.P. = Peso de Pulpa.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del presente trabajo, en la papaya tipo Cera y en el cv. Sunset Solo no se presenta una redistribución de biomasa hacia los órganos vegetativos aéreos cuando la planta no presenta frutos o presenta una baja carga de los mismos. Así mismo, los frutos que quedan en una planta con baja carga no acumulan mayor cantidad de biomasa, manteniendo su peso seco promedio. Finalmente puede decirse que los frutos del tipo Cera presentan una baja capacidad de acumulación de biomasa.

## LITERATURA CITADA

- ACOSTA Z., C.; GONZALEZ H., V. A. 1997. Variaciones en el número y peso de frutos por planta en papaya tipo Cera. *Revista Fiotecnica Mexicana* 20(2): 161-171.
- ANÓNIMO. 1977. FAO Anuario Producción. Vol. 50. 1966. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- ANÓNIMO. 1996. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 1996. Centro de Estadística Agropecuaria, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. D. F., México.
- BARBEAU, G. 1990. Frutas Tropicales en Nicaragua. Edit. Ciencias Sociales. Managua. Nicaragua. 397 p.

- BARDEN, J. A. 1978. Apple leaves. their morphology and photosynthetic potential. *HortScience* 13(6): 644-646.
- CHILDERS, N. F. 1978. *Fruticultura Moderna. Cultivo de Frutales y Arbustos Frutales*. Tomo I. Edit. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 458 p.
- DENNIS, F. G. Jr. 1986. Apple, pp. 277-301. *In: Handbook of Fruit Set and Development*. S. P. Monselise (ed.). CRC Press, Boca Raton Florida, USA.
- GOLSCHMIDT, E. E.; KOCH, K. E. 1996. Citrus, pp. 797-824. *In: Photoassimilate Distributions in Plants and Crops. Source-Sink Relationship*. E. Zamski; A. A. Schaffer (eds.). Marcel Dekker, New York, USA.
- MARTINEZ V., O. R. 1987. Estudio preliminar sobre el rendimiento de la papaya, (*Carica papaya* L.) var. "Sunrise Solo" mediante raleo de frutos. *Proc. Interam. Soc. Trop. Hort.* 32: 74-78.
- MORRIS, D. A. 1996. Hormonal regulation of source-sink relationships: An overview of potential control mechanism, pp. 441-465. *In: Photoassimilate Distributions in Plants and Crops. Source-Sink Relationship*. E. Zamski; A. A. Schaffer (eds.). Marcel Dekker, New York, USA.
- SCHAFFER, A. A.; PHARR, D. M.; MADORE, M.- A. 1996. Cucurbits, pp. 729-758. *In: Photoassimilate Distributions in Plants and Crops. Source-Sink Relationship*. E. Zamski; A. A. Schaffer (eds.), Marcel Dekker, New York, USA.
- SCHAFFER, B.; BARDEN, J. A.; WILLIAMS, J. M. 1986. Net photosynthesis, dark respiration, stomatal conductance, specific leaf weight, and chlorophyll content of strawberry plants as influenced by fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 82-86.
- SALAZAR VALDEZ, M. A. 1985. Estudios de la fertilización en papaya (*Carica papaya* L.) bajo condiciones de temporal en la región sur del estado de Veracruz. Tesis Ing. Agr. Fac. de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, Nuevo León, México. 105 p.
- RYUGO, K. 1988. *Fruit Culture: Its Science and Art*. John Wiley and Sons, New York, USA. 344 p.
- SCHECHTER, I.; PROCTOR, J. T. A.; ELFVING, D. C. 1994a. Carbon exchange rate and accumulation in limbs of fruiting and nonfruiting apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 150-156.
- SCHECHTER, I.; PROCTOR, J. T. A.; ELFVING, D. C. 1994b. Apple fruit removal and limb girdling affect fruit and leaf characteristics. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 157-162.
- SELVARAJ, Y.; PAL, D. K.; SOBRAMANY, M. D.; IYER, C. P. A. 1982. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. *J. Hort. Sci.* 57:135-143.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1977. Producción de Matena Seca, Componentes del Rendimiento y Rendimiento de Grano de Maíz. Trad. de A. J. Kohashi Shibata. Rama de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo. de México, México. 124 p.
- WESTWOOD, M.N. 1982. *Fruticultura de Zonas Templadas*. Mundiprensa. Madrid, España. 461 p.
- ZAINEL A., M. I. 1990. *Cultivation of Tropical Fruits*. Hi-Tech Enterprise. Kuala Lumpur, Malaysia.