

# ÁREA FOLIAR Y EFICIENCIA EN EL USO DE LA RADIACIÓN DEL CIRUELO JAPONÉS (*Prunus salicina*) DURANTE UN CICLO FENOLÓGICO

## FOLIAR AREA AND EFFICIENCY IN THE USE OF THE RADIATION OF THE JAPANESE PLUM (*Prunus salicina*) DURING A PHENOLOGICAL CYCLE

González-Pérez, J.S.<sup>1,2</sup>; Becerril-Román, A.E.<sup>1\*</sup>; Quevedo-Nolasco, A.<sup>1</sup>; Velasco-Cruz, C.<sup>1</sup>; Jaén-Contreras, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>COLPOS, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. <sup>2</sup>INIFAP, C.E. Sierra de Chihuahua. Hidalgo #1213, Centro, Cd. Cuauhtémoc.

\*Autor para correspondencia: becerril@colpos.mx

### ABSTRACT

**Aim:** To know the evolution of Leaf Area (LA) and Radiation Use Efficiency (RUE) during the phenology of the Japanese plum cv. Methley.

**Design/methodology/approach:** Twenty healthy and well managed trees were chose through quota sampling. The dates of beginning and end of the phenological phases were determined. Statistical correlations were determined between LA, Intercepted Photosynthetically Active Radiation (iPAR) and phenological phases, which implied a logical relationship between variables and a bivariate distribution. The degree and type of association between variables was analyzed through Spearman correlation coefficients using the SAS | CORR procedure (SAS\_studio University Version 2016 for Windows). With the same package and statistical version, the RUE was determined, through linear regression.

**Results:** LA increased during fruit growth; simultaneously, the radical accumulation increased. The highest LA occurred during the second stage of fruit growth and physiological maturity. There was a significant positive correlation of LA with iPAR and vegetative and fruit growth. RUE kept going while the growth of diverse organs took place, even during foliar abscission.

**Study limitations/implications:** It would be advisable to carry out this study in several phenological cycles and with several genotypes of this species.

**Findings/conclusions:** The highest LA occurred during the second phase of fruit growth. The LA and RUE varied along phenological phases of Japanese plum cv. Methley; when fruit growth happened, both variables were higher.

**Keywords:** *Prunus salicina*, *Prunus cerasifera*, Spearman, dry matter.



## RESUMEN

**Objetivo:** Conocer la evolución del Área Foliar (AF) y Eficiencia en el Uso de la Radiación (EUR) durante la fenología del ciruelo japonés cv. Methley.

**Diseño/metodología/aproximación:** A través de un muestreo por cuotas fueron seleccionados veinte árboles sanos e íntegros. Se determinaron las fechas de inicio y fin de las fases fenológicas. Se realizaron correlaciones estadísticas entre AF, Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi) y fases fenológicas, que supusieron una relación lógica entre variables y una distribución bivariada. El grado y tipo de asociación entre variables, se analizó a través de coeficientes de correlación de Spearman, mediante el procedimiento SAS | CORR (SAS\_ studio University Version 2016 para Windows). Con el mismo paquete y versión estadística, fue determinada la EUR, a través de regresión lineal.

**Resultados:** El AF incrementó durante el crecimiento y desarrollo de frutos; simultáneamente, aumentó la acumulación radical. La mayor AF sucedió durante la segunda etapa del crecimiento de frutos y madurez fisiológica. Existió correlación positiva significativa del AF con la RFAi y el crecimiento vegetativo y de frutos. La EUR se mantuvo durante el crecimiento de diversos órganos, incluso durante abscisión foliar.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Sería recomendable realizar este estudio en varios ciclos fenológicos y con varios genotipos de esta especie.

**Hallazgos/conclusiones:** El AF más grande ocurrió durante la segunda fase del crecimiento de frutos. El AF y la EUR en el ciruelo japonés cv. Methley, varían a lo largo de las fases fenológicas, siendo afectadas especialmente por el crecimiento y desarrollo de frutos.

**Palabras clave:** *Prunus salicina*, *Prunus cerasifera*, Spearman, materia seca.

(Warnock, *et. al.*, 2006). Sin embargo, diferentes cultivares pueden exhibir variaciones significativas en su capacidad de AF potencial y arreglo foliar espacial y, consecuentemente, variaciones en su fenología, fisiología (Boote *et. al.*, 2001) y actividad fotosintética de las hojas, la cual, no es constante (Fishler, *et. al.*, 1983), pues depende de la utilización de la radiación solar a nivel de cultivo (Cárcova, *et. al.*, 2003) y afecta el crecimiento y rendimiento (Monteith, 1977) a través de la EUR, que es la pendiente de la relación lineal entre la RFAi y Materia Seca (MS) sintetizada, y está determinada por el potencial genético y manejo agronómico del cultivo (Contreras, *et. al.*, 2012).

El objetivo de esta investigación fue conocer la evolución del AF y la EUR durante la fenología del ciruelo japonés cv. Methley, así como el grado de asociación existente entre el AF y RFAi, hipotetizando un AF creciente y constante durante la expresión de fenología de la planta, y mayor EUR durante fases fenológicas simultáneas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio experimental y material vegetal.

La investigación se realizó de junio de 2015 a septiembre de 2016, en el Colegio de Postgraduados (19° 29' LN, 98° 54' LO, altitud de 2252 m). Clima semiseco templado con verano cálido, temperatura media anual de 15.2°C, precipitaciones distribuidas a lo largo de todo el año (verano lluvioso; media anual 590 mm; porcentaje de lluvias invernales menores al 5% respecto al total anual), poca oscilación térmica y marcha anual de la temperatura tipo Ganges (García, 1988). El suelo es migajón-arenoso, 1.95% de materia orgánica y pH=6.68.

## INTRODUCCIÓN

En un ciclo fenológico, las hojas de árboles frutales necesitan reservas del árbol durante las primeras semanas de su desarrollo, porque no elaboran lo que demandan; posteriormente, son la fuente de abastecimiento de nutrimentos (Ramírez, 1991); en estado de desarrollo avanzado, la decadencia fisiológica de las hojas afecta procesos fisiológicos generales (Horsley y Gottschalk, 1993; Chaumont *et. al.*, 1994). Es decir, la edad y estado de desarrollo foliar son importantes en procesos fisiológicos (Horsley y Gottschalk, 1993; Chaumont *et. al.*, 1994) que operan bajo condiciones ambientales cambiantes, dan como resultado fases fenológicas (Gu *et. al.*, 2003) y revelan conocimiento de procesos subyacentes de cambios de masa y energía entre las plantas y su ambiente (Fitzjarrald *et. al.* 2001; Schwartz y Crawford, 2001).

El Área Foliar (AF) es la característica que define la capacidad vegetal para interceptar la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFAi), así como un factor indispensable para cubrir demandas fotosintéticas que el resto de los órganos vegetales ejercen en ciertos estados de desarrollo para crecer y desarrollar

Se realizó el estudio en un huerto de ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo mirobolano, de 4 años de edad (año de primera producción uniforme de frutos; media de 14.55 kg árbol<sup>-1</sup>), plantados en marco real (4×4 m) y formación Tatura; se realiza el retiro de hijuelos con tijeras de podar y deshierbes con desbrozadora de hilo plástico o de cuchilla metálica, riego por goteo (16 L h<sup>-1</sup>), con coberteras orgánicas y encalado de troncos al inicio del endoletargo.

### Tratamientos y diseño experimental.

Se realizaron correlaciones estadísticas de variables fisiológicas con fases fenológicas, que supusieron una relación lógica entre variables y una distribución bivariada, para determinar la medida en que la variable fisiológica influye en los cambios de la variable fenológica y viceversa. A través de un muestreo por cuotas, fueron seleccionados veinte árboles con altura y anchura del dosel de 1.8 y 1.5 m, respectivamente, de notable sanidad, libres de síntomas visuales de trastornos nutricionales e estructura general íntegra.

### Variables respuesta

Fases fenológicas. A) Flujos vegetativos, semanalmente fue medido el crecimiento longitudinal de ramas acumulado a partir de nudos marcados, y se calcularon los porcentajes relativos de crecimiento (Rocha et al., 2011). B) Acumulación radical, se llevó a cabo mensualmente de acuerdo a una modificación de la metodología de Cossío et al. (2008). C) Floración, fueron seleccionadas cuatro ramas primarias (posicionadas cada una en un punto cardinal) con sus respectivas ramas sucesivas, se contó el número total de botones florales (100% de flores) y se determinó inicio, plena y fin de floración (Bellini y Bini, 1978). D) Crecimiento y desarrollo de frutos, en siete pericarpios de cada árbol se midió el diámetro polar y ecuatorial, ambos fueron promediados para obtener el porcentaje relativo acumulado y la dinámica de crecimiento (Rocha et al., 2011). E) Madurez fisiológica, fue determinada cuando los frutos en los que se obtuvo la dinámica de crecimiento dejaron de crecer, y continuaron su ontogenia a madurez de cosecha (Watada et al., 1984), fase determinada visualmente con base en el color del epicarpio (índice de cosecha a nivel de campo). F) Abcisión foliar, inició el día del desprendimiento de hojas basales de cada árbol, y finalizó el día de la abscisión de la hoja apical más distal al cuello de los árboles. G) Ecoletargo, inició un día después del fin de abscisión foliar, y finalizó un día antes del inicio de la acumulación de Unidades Frío.

Área foliar (AF). Desde que las hojas eran maduras (Taiz y Zeiger, 2006) hasta amarillamiento foliar provocado por el flujo reverso, semanalmente se midió el área de veinte hojas de cada árbol con un integrador (LI-COR, Inc.<sup>®</sup>, modelo LI-3100, USA).

Peso Específico de Hoja (PEH). Las hojas se secaron a 70 °C por 72 h en una estufa de aire forzado marca Napco (modelo 620, EUA) y se obtuvo el peso seco de las hojas con una balanza digital marca Aslep<sup>®</sup> (modelo EY-2200<sup>a</sup>, Japón), para calcular el PEH=peso seco (mg) / área foliar (cm<sup>2</sup>).

Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada (RFAi). De acuerdo con la metodología de Gallo y Daughtry (1986), se colocó un rastreador de clima WatchDog<sup>®</sup> (modelo 305, Spectrum Technologies Inc, EUA) sobre el dosel de ambas palmetas del sistema de conducción "Tatura" de los árboles seleccionados para obtener la radiación incidente (*I<sub>o</sub>*), y, debajo del dosel para obtener la radiación transmitida (*I<sub>t</sub>*). Las lecturas fueron multiplicadas por el factor .48 para transformarlos a radiación fotosintéticamente activa (Birch et al., 1999). El porcentaje de radiación interceptada (*RI*) se calculó con la siguiente ecuación  $RI = [(I_o - I_t / I_o)100]$ ; y, el porcentaje de interceptación diario se obtuvo mediante la interpolación lineal entre dos mediciones. Las Unidades de Medición consideradas fueron micromoles ( $\mu M$ ).

Eficiencia en el Uso de la Radiación. Con datos de PEH y RFAi, se desarrolló un modelo de regresión lineal simple entre ambas variables, cuya pendiente representó la EUR (Sinclair y Muchow, 1999), que fue expresada en g de Materia Seca (MS) sintetizados por  $\mu M$  de fotones de RFAi, es decir, gMS  $\mu M^{-1}$ .

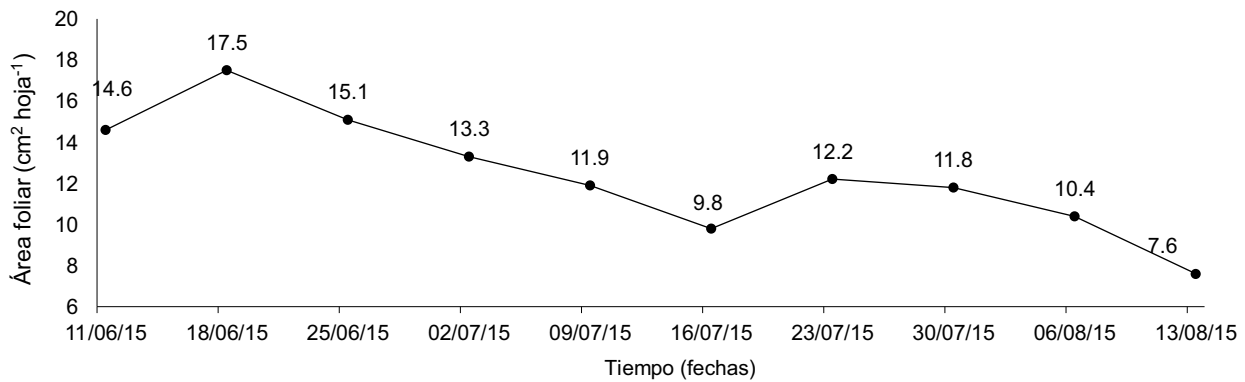
### Análisis estadístico

Fue analizado el grado y tipo de asociación existente entre variables fisiológicas y fases fenológicas a través de coeficientes de correlación de Spearman mediante el procedimiento SAS | CORR (SAS\_studio University Version 2016 para Windows). Con el mismo paquete y versión estadística, fue determinada la EUR a través de regresión lineal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Área foliar

En 2015, la disminución del AF (Figura 1) fue determinada por la edad de las hojas al término de su tiempo de vida, que coincidió con la disminución del crecimiento



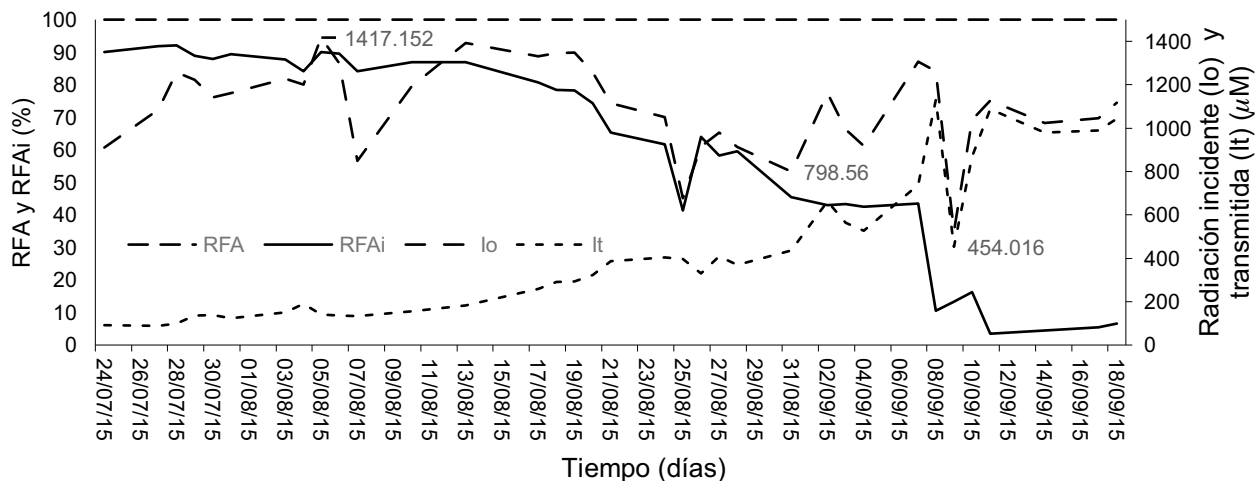
**Figura 1.** Evolución del área foliar de árboles de ciruelo japonés del 11 de junio al 13 de agosto de 2015, en Texcoco, Estado de México, México.

de los flujos vegetativos (2/07/15), y provocó el descenso de RFAi al punto en que la cantidad de lo fue equivalente a *It*, el 8/09/15 (Figura 2), situación que tuvo implícita una correlación de Spearman = -1\*\*, entre la disminución de la tasa de crecimiento de los flujos vegetativos y la RFAi; el avanzado estado de desarrollo foliar, provocó la decadencia de la fisiología foliar y afectó procesos fisiológicos generales en los árboles (Horsley y Gottschalk, 1993; Chaumont *et. al.*, 1994), permitiendo el inicio del flujo reverso, con la consecuente disminución del crecimiento vegetal epigeo previo al inicio del ecoletargo (21/09/2016), tiempo en que el sistema radical comenzó su mayor acumulación.

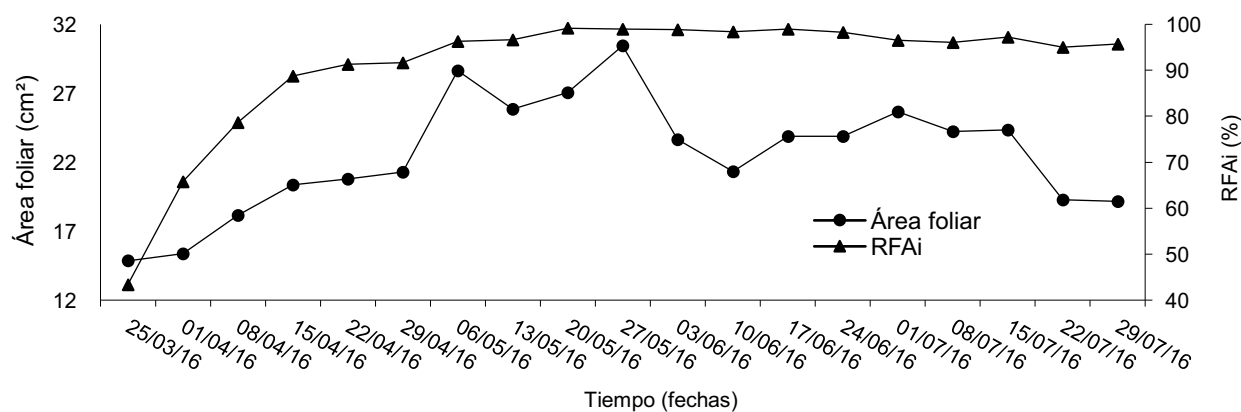
En el ciclo fenológico 2016, las hojas necesitaron reservas del árbol durante las primeras semanas de su desarrollo, porque no elaboraban las sustancias que demandaban (Ramírez, 1991), pero siendo hojas maduras desde el 25 de marzo (Figura 3), se convirtieron en fuente de nutrimentos (Ramírez, 1991) e inició su crecimiento significativo, tiempo en que había sucedido la floración y desde siete días antes había comenzado el crecimiento de frutos. Lo anterior corrobora la total dependencia que el crecimiento foliar temprano y la floración tienen de las reservas nutrimentales y nitrógeno almacenados en órganos perennes (Millard y Proe 1991; Neilsen *et. al.*, 1997), así como, la parcial depen-

dencia que el inicio del crecimiento de frutos tiene de tales reservas, y no de la fotosíntesis de las hojas en crecimiento, durante el mismo ciclo fenológico.

En abril de 2016, mientras crecían las hojas maduras, ocurrió la etapa uno y el inicio de la etapa dos del crecimiento y desarrollo de frutos, a la par del crecimiento de flujos vegetativos; asimismo, la acumulación de raíces de crecimiento y nutrición aumentó, y la acumulación de raíces intermedias y conductoras disminuyó; posiblemente, existe una coordinación de crecimiento entre el primer tipo de raíces con el crecimiento foliar en la realización simultánea de absorción de nutrimentos



**Figura 2.** Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) e interceptada (RFAi) del 24 de julio al 18 de septiembre 2015 en un huerto de ciruelo japonés en Texcoco, Estado de México, México.



**Figura 3.** Correlación temporal entre AF y RFAi en 2016 en árboles de ciruelo japonés en Texcoco, Estado de México, México (Spearman=0.76 \*).

y fotosíntesis, respectivamente, y la detención de la acumulación del segundo grupo de raíces puede estar relacionado con la ontogenia de las mismas.

En este contexto, se sabe que el AF alcanzada durante ciertos estadios específicos del desarrollo, es un factor fisiológico importante para cubrir demandas fotosintéticas que los órganos vegetales ejercen para lograr crecer y desarrollar (Warnock, *et. al.*, 2006). El hecho de que la mayor AF haya ocurrido durante la última parte de la segunda etapa del crecimiento y desarrollo de frutos e inicio de la madurez fisiológica (6 y 27 de mayo, respectivamente), implica una relación de las hojas como factor determinante del crecimiento frutos por su actividad fotosintética (Fishler *et. al.*, 1983). El AF disminuyó durante la madurez fisiológica y de cosecha de frutos; posteriormente, se mantuvo constante durante la continuación del crecimiento de flujos vegetativos, lo cual, fue importante en cuanto a la intercepción de RFA (Warnock, *et. al.*, 2006) y la generación de hojas nuevas, ya que, el crecimiento y desarrollo de los primordios foliares, así como la diferenciación de yemas axilares, se produce a medida que el meristemo apical progresa (Agustí, 2004), y los flujos vegetativos producen follaje (Salazar, 2010).

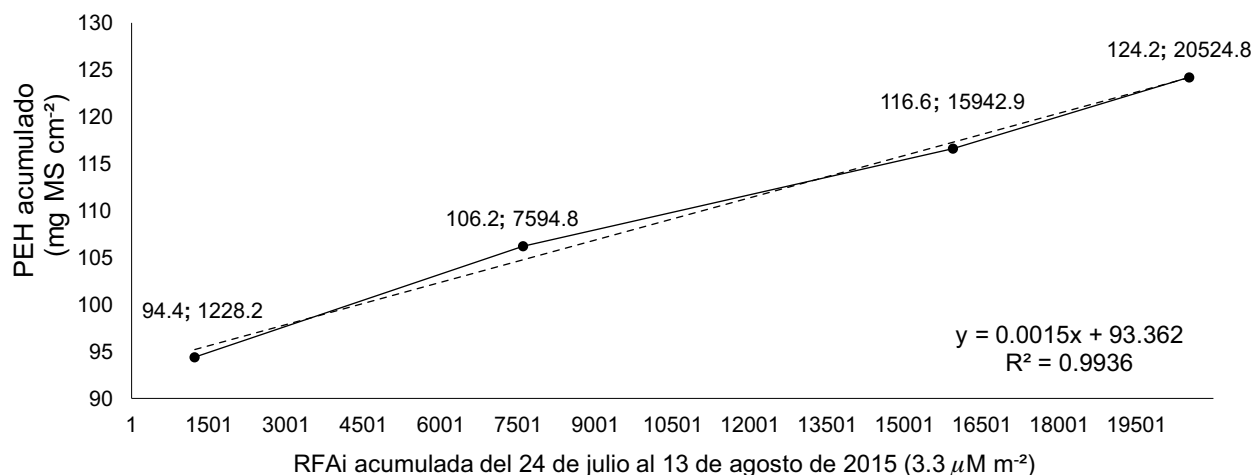
Aunque el cultivar exhibió variaciones de AF y consecuentemente de intercepción de radiación solar debido al arreglo espacial de las hojas, evolución de los estadios fenológicos y cambios fisiológicos y morfológicos por los que atraviesa la planta durante su ciclo ontogenético (Boote *et. al.*, 2001), las hojas de los árboles de ciruelo propiciaron un correcto crecimiento de órganos y adecuada marcha de fases fenológicas. Existió un coeficiente de correlación de Spearman igual a 0.76\* (Figura 3), entre AF y RFAi, valor que coincide con la aseveración

de Warnock, *et. al.* (2006), que indica que el AF define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la RFA, debido a la magnitud del AF alcanzable (Boote *et. al.*, 2001). También existió una correlación significativa entre el AF y el crecimiento y desarrollo de frutos (Spearman=0.66\*), lo cual explica el hecho de que la superficie foliar alcanzada, durante ciertas fases del desarrollo, es un factor fisiológico indispensable para cubrir demandas fotosintéticas que órganos vegetales ejercen para lograr crecer y desarrollar (Warnock, *et. al.*, 2006), así como, la implicación de una relación entre hojas y frutos, en la que múltiples relaciones, hacen del AF un factor determinante en la forma de los frutos (Fishler *et. al.*, 1983) y rendimiento (Otegui *et. al.*, 1995).

Por otra parte, el periodo completo de flujos vegetativos en 2016, tuvo una correlación no significativa (Spearman=0.42) con la RFAi; aunque la RFAi determina la cantidad de materia seca sintetizada, y su utilización propicia el crecimiento de órganos por medio de la generación de MS (Monteith, 1977), su uso durante varias fases fenológicas, implicó la constitución de diversos órganos, lo que pudo disminuir el grado de correlación.

### Eficiencia en el Uso de la Radiación

La RFAi en los 1.65 m<sup>2</sup>, que en promedio tiene cada palmeta Tatura, permitió a los árboles sintetizar materia seca foliar aún durante abscisión foliar; la relación entre PEH y RFAi, resultó ser lineal, cuya ecuación correspondió al modelo:  $y=0.0015x+93.362$ , en la que la pendiente aporta el valor de la EUR, por cada unidad de aumento de  $\mu$ moles de fotones incidentes sobre los árboles, la MS foliar aumentó 0.0015 mg (Figura 4). La existencia de EUR durante abscisión foliar se debió a la regulación de la senescencia a través de un proceso de reciclaje de

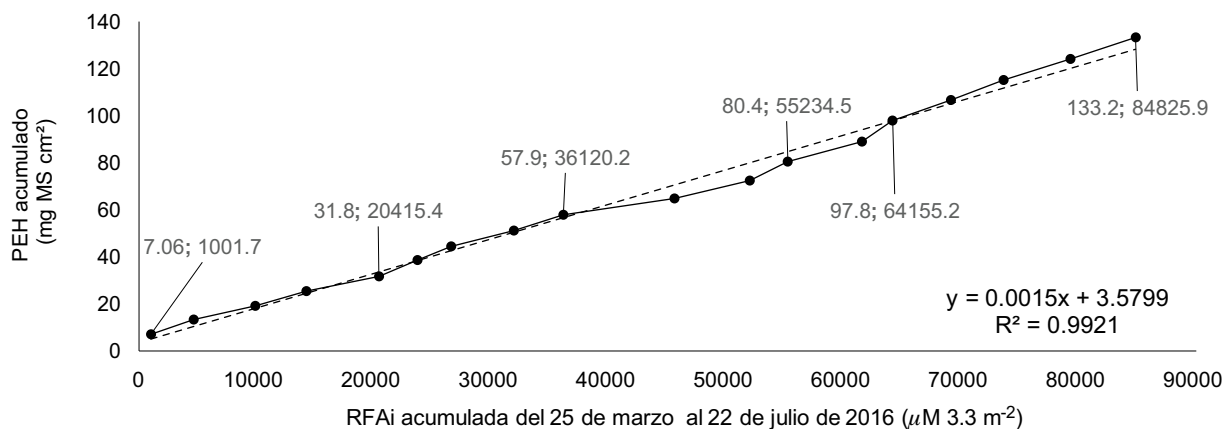


**Figura 4.** Valores reales (—) y estimados (- -) de la relación entre PEH (y) y RFAi (x), en ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo Mirobolano durante abscisión foliar del ciclo productivo 2015 en Texcoco, Estado de México (EUR=0.0015 mg MS μM<sup>-1</sup>) (los valores identificados en cada punto de la recta, identifican el valor de PEH y de RFAi, respectivamente).

los productos degradados hacia órganos de crecimiento activo, o bien, hacia órganos de reserva (Simón y Moysset, 2006), además de que la materia seca es el resultado de la interceptación y utilización de la RFAi por el dosel del cultivo durante su ciclo ontogénico (Lee y Tollenaar, 2007). El valor numérico de la regresión muestra que la RFAi por el cultivo fue transformada en biomasa foliar (Sinclair y Muchow, 1999) de manera constante, hecho importante, debido a que entre un 85 y 90% de la materia seca es fotosintetizada (Milthorpe y Moorby, 1982), y, en consecuencia, la interceptación y utilización de la radiación a nivel huerto influye en el rendimiento (Contreras et. al. 2012).

En el ciclo productivo 2016, del 25 de marzo (hojas maduras) al 22 de julio (un mes después del inicio de abscisión foliar), se mantuvo una EUR a razón de 0.0015 mg μM<sup>-1</sup> (Figura 5), lo que además de indicarnos niveles similares de EUR a través del ciclo, corrobora la importancia que la RFAi tiene como fuente de energía para procesos biológicos, de la cual dependen los árboles para elaborar carbohidratos mediante fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2002), durante los periodos de crecimiento y desarrollo vegetativo y reproductivo. Haber observado durante la mayor parte el ciclo productivo 2016, una EUR similar a

la observada durante la abscisión foliar en 2015, se explica con base en que del 25 de marzo al 22 de julio, sucedieron las subfases fenológicas plena y fin de floración, así como las fases fenológicas de crecimiento y desarrollo de frutos, crecimiento foliar y madurez de cosecha, que en conjunto representaron la demanda y competencia de fotoasimilados y determinaron la repartición de biomasa entre los diferentes órganos de las plantas, dependiente de la posición y distancia a las fuentes, de su capacidad para atraer, acumular y utilizar fotoasimilados (Taiz y Zeiger, 2006), lo que además evidencia el eficiente funcionamiento de las ho-

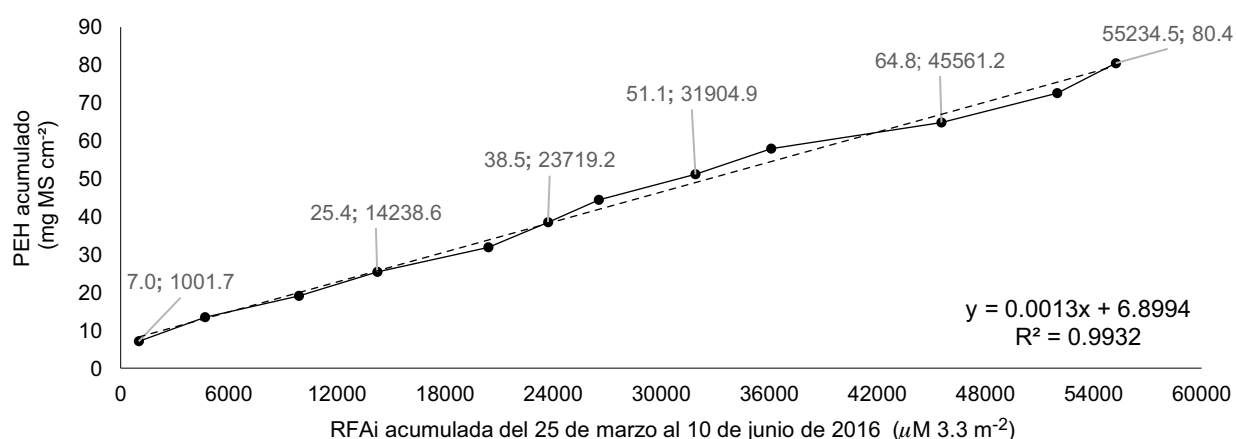


**Figura 5.** Valores reales (—) y estimados (- -) de la relación entre PEH (y) y RFAi (x), en ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo Mirobolano durante el crecimiento vegetativo y reproductivo 2016 en Texcoco, Estado de México (EUR=0.0015 mg MS μM<sup>-1</sup>). (los valores identificados en cada punto de la recta, identifican el valor de PEH y de RFAi, respectivamente).

jas durante su ciclo ontogénico, sustentado en niveles equivalentes de dosel.

Además de abastecer nutrimentos a los órganos durante el ciclo fenológico, las hojas fueron capaces de seguir sintetizando MS semanalmente para el mantenimiento de su integridad y tamaño. Los 84825.936  $\mu\text{M}$  de fotones de RFAi acumulados durante el transcurso de fases fenológicas en 2016, realizaron efectos fotoenergéticos (involucran la fotosíntesis) y fotoestimulantes (relacionados con el crecimiento y los movimientos násticos) (Salisbury y Ross, 1994), que junto con la densidad de población, impactaron, tanto el desarrollo vegetativo y reproductivo, como el uso directo de los recursos que incluyeron los niveles de captura y utilización de la radiación solar, agua y nutrimentos (Cárcova, et. al., 2003).

Por otra parte, la EUR durante el crecimiento y desarrollo de frutos (24 de marzo - 10 de junio de 2016, tiempo en que ocurrió el último día de plena floración, fin de floración, crecimiento de hojas y ramas, y acumulación radical), disminuyó en comparación con la EUR general observada durante el periodo de crecimiento vegetativo y reproductivo 2016, mostrando la dominancia de la demanda de fotosintatos por parte del desarrollo de frutos, sobre la demanda para desarrollo foliar, permitiendo reiterar, las diferencias que introducen las fases fenológicas; la Figura 6, muestra la EUR durante fructificación, producto de la complejidad y balance de las interacciones que ocurren entre hojas raíces, tallos, flores y frutos (Zmaski, 1996), aunado a que la duración de ciclos ontogénicos impacta la producción de MS vegetativa y de frutos (rendimiento) (Otegui et. al., 1995).



**Figura 6.** Valores reales (—) y estimados (- - -) de la relación entre PEH (y) y RFAi (x), en ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo Mirobolano durante el crecimiento y desarrollo de frutos en 2016 en Texcoco, Estado de México (EUR=0.0013 mg MS  $\mu\text{M}^{-1}$ ). (Los valores identificados en cada punto de la recta, identifican el valor de PEH y de RFAi, respectivamente).

## CONCLUSIONES

En 2015, la disminución del AF ocurrió desde antes del inicio de abscisión foliar y fue simultánea a la disminución del crecimiento de los flujos vegetativos, tiempo en que el sistema radical comenzó su máxima acumulación general; existió síntesis de materia seca, aún durante abscisión foliar, así como una correlación altamente significativa de Spearman = -1 entre la disminución de la tasa de crecimiento de flujos vegetativos y la RFAi.

En 2016, el crecimiento foliar comenzó a ser significativo a partir de la maduración de las hojas e iniciada la fructificación, tiempo en que la acumulación de raíces de crecimiento y nutrición aumentó y la de raíces intermedias y conductoras disminuyó. La mayor AF ocurrió a fines de la segunda etapa del crecimiento y desarrollo de frutos y al inicio de madurez fisiológica. Desde que las hojas eran maduras y hasta un mes después del inicio de la expansión de AF existió síntesis de materia seca foliar, fecha en que la AF se mantiene constante; la AF y la RFAi, así como la AF y el desarrollo de frutos, tuvieron correlaciones significativas de Spearman, de 0.76 y de 0.66, respectivamente.

La EUR observa un mayor valor durante la etapa de crecimiento vegetativo y reproductivo, en tanto, que el valor disminuye cuando ocurre el desarrollo de frutos.

## LITERATURA CITADA

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. pp. 33, 62-63, 280-281, 284-285.
- Bellini, E., Bini, G. 1978. La fertilità nelle piante da frutto. Consilio Nazionale Ricerdu. Regione Emilia-Romagna. Società Orticola Italian. Milano, Italian. pp. 403-422.

- Birch, C. J., Hammer, G. L., Rucker, K. G. 1999. Dry matter accumulation and distribution in five cultivars of maize (*Zea mays*): relationships and procedures for use in crop modeling. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50:513-527.
- Boote, K., Kropff, M., Bindraban, P. 2001. Physiology and modeling of traits in crop plants: Implications for genetic improvement. *Agricultural Systems*, 70:395-420.
- Cárcova, J., Borrás, L., Otegui, M. E. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. *In: Producción de Granos. Bases Funcionales para su Manejo*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina, pp. 132-157.
- Chaumont, M., Morot-Gaudry, J. F., Foyer, C. H. 1994. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. *Journal of Experimental Botany*, 278: 1235-1243.
- Climate-data.org. 2015. Clima: Texcoco. Disponible en: <http://es.climate-data.org/location/28088/> Consultado el 17 de diciembre de 2015.
- Contreras, R. A., Martínez, R. C. G., Estrada, C. G. 2012. Eficiencia en el Uso de la Radiación por híbridos de maíz de Valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2):161-169.
- Cossío, V. L. E., Salazar, G. S., González, D. I. J. L., Medina, T. R. 2008. Fenología del Aguacate 'Hass' en el Clima Semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3): 325-330.
- Ditutor.com. 2014. Correlación estadística. Tomado el 25 de octubre de 2015. Disponible en: [http://www.ditutor.com/estadistica\\_2/correlacion\\_estadistica.html](http://www.ditutor.com/estadistica_2/correlacion_estadistica.html)
- Fishler, M., Goldschmidt, E. E., Monselise, S. P. 1983. Leaf area and Fruit size on Girdled Grapefruit Branches. *Journal American Society Horticultural Science*, 108(2):218-221.
- Fitzjarrald, D. R., Acevedo, O. C., Moore, K. E. 2001. Climatic consequences of leaf presence in the eastern United States. *Journal Climate*, 14: 598-614.
- Gu, L., Post W. M., Baldocchi D., Black T. A., Verma S. B., Vesala T., Wofsy S. C. 2003 Phenology of vegetation photosynthesis. *In Phenology: an integrative environmental science* (ed. Schwartz M. D.), Dordrecht, The Netherlands: Kluwer. pp. 467-485.
- Gallo, W. P., Daughtry, C. S. T. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in crop canopies. *Agronomy Journal*, 78:752-756.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema Climático de Köppen. 4ta ed. Instituto de Geografía. UNAM. pp. 79-86.
- Horsley, S. B., and Gottschalk, K. W. 1993. Leaf area and net photosynthesis during development of *Prunus serotina* seedlings. *Tree Physiology*, 12: 55-69.
- Lee, E. A., Tollenar, M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Science*, 47(Suppl. 3): S202-S215.
- Millard, P. 1995. Internal cycling of nitrogen in trees. *Acta Horticulturae*, 383: 3-14.
- Millard, P., Proe, M. F. 1991. Leaf demography and the seasonal internal cycling of nitrogen in sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seedlings in relation to nitrogen supply. *New Phytologist*, 117: 587-596.
- Milthorpe F.L., Moorby J. 1982. *An Introduction to Crop Physiology*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 244 p.
- Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 281:277-294.
- Muñoz, N., J. Guerri, F. Legaz and E. Primo-Millo. 1993. Seasonal uptake of 15N-nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees. *Plant Soil*, 150: 263-269.
- Neilsen, D., P. Millard, G. H. Neilsen and E. J. Hogue. 1997. Sources of N for leaf growth in a high-density apple (*Malus domestica*) orchard irrigated with ammonium nitrate solution. *Tree Physiol*, 17: 733-739.
- Otegui, M. E., Nicolini, M. G., Ruiz, R. A., Dodds, P. 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agronomy Journal*, 87: 29-33.
- Ramírez, D. J. M. 1991. Efecto del clima en la calidad de los cítricos. 1er Congreso Internacional de Citricultura. Martínez de la Torre, Veracruz, México. 8 p.
- Rocha A., J. L., Salazar-García, S., Barcenás-Ortega, A. E., González-Durán, I. J. L., Cossío-Vargas, L.E. 2011. Phenology of 'Hass' Avocado in Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3): 303-470.
- Salazar, G. S. 2010. Desarrollo floral de la palta. Consultado el 13 de septiembre de 2015. Disponible en: [http://www.paltahass.cl/presentaciones/dp2010/s\\_salazar\\_desarrollo\\_floral\\_de\\_la\\_palta.pdf](http://www.paltahass.cl/presentaciones/dp2010/s_salazar_desarrollo_floral_de_la_palta.pdf)
- Schwartz, M. D., Crawford, T. M. 2001. Detecting energy balance modifications at the onset of Spring. *Physical Geography*, 22: 394-409.
- Simón, M. E., Moysset, A. M. L. 2006. *Prácticas de crecimiento y desarrollo de los vegetales*. Ed. Universitat Barcelona. 96 p.
- Sinclair, T. R., Muchow, R. C. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*, 65: 215-265.
- Vega, N. R., Aceves N, L. A., Trujillo, A. J., Arriaga, R. R. 1990. Generación y aplicación de modelos agroclimáticos a la fenología de la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), en Canatlán, Durango. *Agrociencia*, 24: 89-100.
- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., Gutiérrez, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de cañote. *Agronomía Tropical*, 56(1): 21-42.