

# PESO ESPECÍFICO DE HOJA Y CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO DURANTE LA FENOLOGÍA DEL CIRUELO JAPONÉS CV. METHLEY

## SPECIFIC LEAF WEIGHT AND LEAF NITROGEN CONCENTRATION DURING THE PHENOLOGY OF JAPANESE PLUM CV. METHLEY

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, D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Hidalgo No. 1213, Colonia Centro, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

\*Autor por correspondencia: [becerril@colpos.mx](mailto:becerril@colpos.mx)

### ABSTRACT

**Aim:** To determine the tendencies and effects of Specific Leaf Weight and Leaf Nitrogen Concentration during the phenology of Japanese Plum cv. Methley.

**Design/methodology/approach:** Twenty healthy trees with excellent general structure were selected through a quota sampling. The dates of beginning and end of the phenological phases were determined. Statistical correlations were made between Specific Leaf Weight and Leaf Nitrogen Concentration with phenological phases that 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 in SAS\_studio University Version 2016 for Windows.

**Results:** The highest Specific Leaf Weight in 2015 and 2016 occurred during harvest maturity, and in both years decreased during the last period of vegetative growth; this index is significantly correlated with the vegetative and fruit growth. In 2015 and 2016, the highest Leaf Nitrogen Concentration occurred during harvest maturity; in both years the lowest Leaf Nitrogen Concentration occurred during the last stage of fruit growth and development; this index has a significant negative correlation with the vegetative and fruit growth.

**Study limitations/implications:** Such Specific Leaf Weight as Leaf Nitrogen Concentration decreased during fruit growth and development, affecting fruit percentage.

**Findings/conclusions:** Radical accumulation influences the decrease of Specific Leaf Weight and Leaf Nitrogen Concentration in Japanese plum cv. Methley.

**Key words:** *Prunus salicina*, *Prunus cerasifera*, Spearman, photosynthesis, dry matter.

## RESUMEN

**Objetivo:** Conocer las tendencias y efectos del Peso Específico de Hoja y Concentración de Nitrógeno en Hojas en la fenología del ciruelo japonés cv. Methley.

**Diseño/metodología/aproximación:** A través de un muestreo por cuotas fueron seleccionados veinte árboles sanos con íntegra estructura general. Se determinaron las fechas de inicio y fin de las fases fenológicas. Se realizaron correlaciones estadísticas del Peso Específico de Hoja y Concentración de Nitrógeno en Hojas con fases fenológicas que supusieron una lógica relación entre variables y una distribución bivariada. El grado y tipo de asociación entre variables fue analizado a través de coeficientes de correlación de Spearman mediante el procedimiento SAS|CORR en SAS\_studio University Version 2016 para Windows.

**Resultados:** El mayor Peso Específico de Hoja en 2015 y 2016 ocurrió durante madurez de cosecha, y en ambos años disminuyó durante el último periodo del crecimiento vegetativo; este índice está significativamente correlacionado con el crecimiento vegetativo y de frutos. En 2015 y 2016, la mayor Concentración de Nitrógeno en Hojas ocurrió durante madurez de cosecha; en ambos años la menor Concentración de Nitrógeno en Hojas ocurrió durante la última etapa del crecimiento y desarrollo de frutos; este índice tiene una significativa correlación negativa con el crecimiento vegetativo y de frutos.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Tanto el Peso Específico de Hoja como la Concentración de Nitrógeno en Hoja disminuyeron durante el crecimiento y desarrollo de frutos, afectando el porcentaje de amarre de estos.

**Hallazgos/conclusiones:** La acumulación radical influye en la disminución del Peso Específico de Hoja y Concentración de Nitrógeno en Hojas en ciruelo japonés cv. Methley.

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

fenológica, debido a la acumulación de almidón y su efecto sobre el desplazamiento del agua (Hansen *et al.*, 1982). Asimismo, existen diferencias del PEH en cultivares con diferentes patrones, asociadas a variaciones en las tasas fotosintéticas (Nava y Villegas, 1994). Por otra parte, la concentración de nitrógeno en la hoja (CNH) es un factor determinante en la tasa fotosintética por unidad de Área Foliar (Calderón *et al.*, 1997), siendo el N el elemento de mayor importancia en el crecimiento de los árboles (Zekri y Obreza, 2003). La disponibilidad del N contenido en hojas determina la cantidad de producción de frutos (Lewis *et al.*, 1964; Monselise *et al.*, 1983), y, el suministro foliar de N es benéfico, si el obtenido y transportado desde las raíces es insuficiente para el requerimiento vegetal general (Weinbaum *et al.*, 1984). El objetivo de la investigación fue determinar las tendencias y efectos del PEH y CNH en la fenología del ciruelo japonés cv. Methley, así como el grado de correlación de ambos índices con determinadas fases fenológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio experimental y material vegetal

La investigación se realizó de septiembre de 2015 a agosto de 2016, en el Colegio de Postgraduados (19° 29' L. N., 98° 54' L. O., altitud de 2252 m), clima semiseco, templado de altura, con verano cálido, temperatura media anual de 15.2°C, precipitaciones 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 un migajón-arenoso, 1.95% de materia orgánica y pH=6.68.

## INTRODUCCIÓN

Las fases fenológicas son expresiones externas de procesos fisiológicos internos que operan bajo condiciones ambientales cambiantes (Gu *et al.*, 2003). Estos procesos revelan conocimiento subyacente de cambios de masa y energía entre las plantas y su ambiente (Fitzjarrald *et al.* 2001; Schwartz y Crawford, 2001), por lo que son importantes en el estudio de la fenología (Gu *et al.*, 2003). En este contexto, el Peso Específico de Hoja (PEH) y Concentración de Nitrógeno en Hoja (CNH) son índices que estiman la fotosíntesis y actividad del N (Warnock *et al.*, 2006) durante la fenología, a través de evaluaciones sencillas, rápidas y representativas (Reyes *et al.*, 2000).

El peso específico de hoja (PEH) evidencia actividad fotosintética para el alcance de una máxima Área Foliar (AF) y crecimiento vegetativo (Secor *et al.*, 1982). En ciruelo europeo, las hojas en fases fenológicas lejanas a letargo tienen PEH más altos, que aquellas temporalmente cercanas a esta fase

El huerto es 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 retiro de hijuelos y deshierbes con desbrozadora manual y de cuchillas, riego por goteo (gasto de agua de 16 L h<sup>-1</sup> por árbol), mantenimiento de coberturas orgánicas y enalado de troncos a inicio del endoletargo.

### Selección del material vegetal

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, notable sanidad, libres de síntomas visuales de trastornos nutricionales e íntegra estructura general.

### Variables respuesta

**Fases fenológicas.** Con el método de Otero *et al.* (2005), fue registrado el inicio y fin de las fases fenológicas propuestas por Meier (1997). La determinación de la acumulación del crecimiento radical se realizó mensualmente, de acuerdo con la modificación de la metodología de Cossio *et al.* (2008).

**Peso específico de hoja.** Desde que las hojas eran maduras (Taiz y Zeiger, 2006) y hasta senescencia foliar, etapa en la que toma lugar 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); posteriormente, las hojas se secaron en estufa de aire forzado (Napco<sup>®</sup>, modelo 620, EUA) a 70 °C por 72 h, se obtuvo su peso seco con una balanza digital (Aslep<sup>®</sup>, modelo EY-2200<sup>®</sup>, EUA) y fue calculado el PEH=Peso seco(mg)/área foliar (cm<sup>2</sup>).

**Concentración de nitrógeno en hojas.** Las hojas secas utilizadas en la variable PEH, fueron molidas con un mortero para determinar su concentración de N, mediante la metodología de Kjeldahl (Chapman y Pratt, 1961).

**Análisis estadístico.** Se analizó el grado y tipo de asociación existente entre variables fisiológicas y fases fenológicas, que supusieron una lógica relación entre variables y una distribución bivariada, a través de coeficientes de correlación de Spearman mediante el procedimiento SAS|CORR en SAS\_studio University Version 2016 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fechas de ocurrencia de las fases fenológicas se muestran en el siguiente Cuadro 1.

**Peso Específico de Hoja.** En 2015, el mayor PEH ocurrió el 11 de junio durante el último lapso del crecimiento vegetativo (Figura 1). Se evidenció la actividad fotosintética (Secor *et al.*, 1982) que provocó tanto la máxima AF ocho días después (Figura 2), como el último crecimiento vegetativo significativo (Figura 3). El PEH fue constante del 18 de junio al 23 de julio, únicamente ocurría crecimiento vegetativo y acumulación radical.

La posterior disminución del índice, provocó la detención del crecimiento vegetativo previo al inicio de abscisión foliar, y se debió a la movilización de almidón foliar por el agua (Hansen *et al.*, 1982), como parte del flujo reverso de savia para acumular carbohidratos en órganos permanentes (Reid, 1985), y sostener la siguiente floración, foliación y fructificación (Ramírez, 1991). Esta tendencia de PEH fue similar a la observada en ciruelo

**Cuadro 1.** Fases fenológicas, del ciruelo japonés cv. Methley injertado sobre ciruelo Mirobolano.

Fase fenológica	Fecha de ocurrencia en 2015	Fecha de ocurrencia en 2016
Crecimiento vegetativo (flujos)	18 de junio-3 de septiembre	7 marzo- 4 de octubre
Acumulación del crecimiento radical	21 de septiembre-31 de diciembre	1 de enero-5 de agosto
Floración	18 de febrero-9 de marzo	3-30 de marzo
Crecimiento y desarrollo de frutos	3 de marzo-28 de mayo	24 de marzo-10 de junio
Amarre y caída de frutos	Existió una caída de frutos en cada fase del desarrollo de éstos.	Existió una caída de frutos en cada fase del desarrollo de éstos.
Madurez fisiológica	19-28 de mayo	31 de mayo-10 de junio
Madurez de cosecha	25 de mayo-23 de junio	6-23 de junio
Abscisión foliar	26 de junio-21 de septiembre	22 de junio-18 de septiembre
Ecoletargo	22 de septiembre-22 de octubre	19 de septiembre-no determinado
Endoletargo	23 de octubre (2015)-7 de febrero (2016)	No determinado

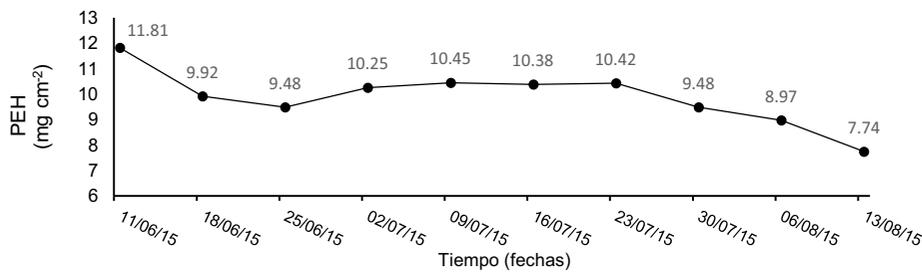


Figura 1. Peso Específico de Hoja (PEH) durante el ciclo productivo 2015.

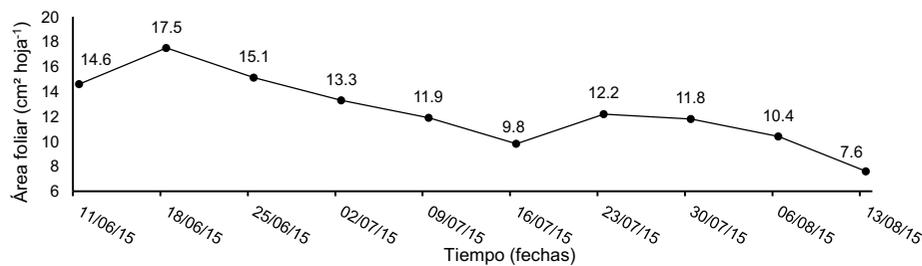


Figura 2. Evolución del área foliar (AF) del 11 de junio al 13 de agosto de 2015.

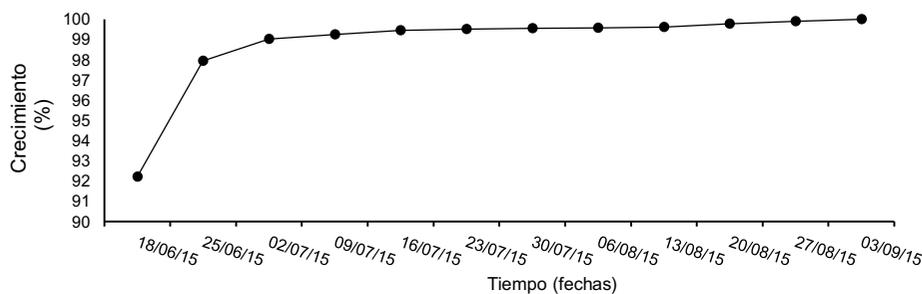


Figura 3. Crecimiento vegetativo (flujos) en el ciclo productivo 2015.

europeo, cuyas hojas, en fases fenológicas lejanas a letargo, tuvieron pesos específicos más altos, que en hojas temporalmente cercanas a éste (Hansen *et al.*, 1982).

Durante el ecoletargo hubo acumulación radical, lo que corrobora la disminución del PEH debido a relaciones de repartición de biomasa (Ovando *et al.*, 1993), para su almacenamiento en raíces (Becerril *et al.*, 2009), como un proceso fisiológico que opera bajo condiciones ambientales cambiantes (Gu *et al.*, 2003).

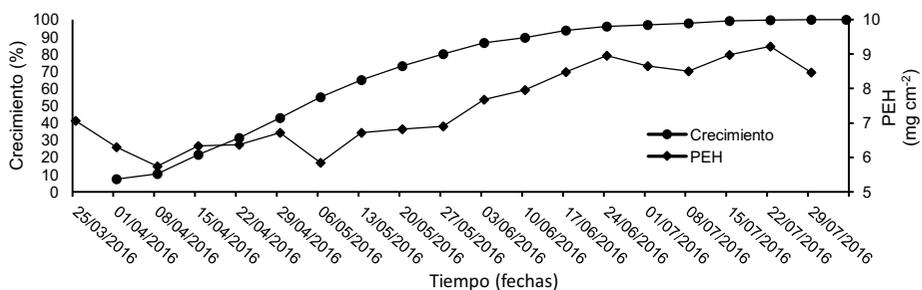


Figura 4. Correlación temporal entre crecimiento vegetativo (flujos) y PEH en 2016.

En el ciclo fenológico 2016, el PEH disminuyó a inicio del crecimiento vegetativo (Figura 4), fin floración (26-30 de marzo) e inicio de la etapa uno del crecimiento y desarrollo de frutos. El mayor porcentaje de caída de frutos (14.03), ocurrió durante la primera etapa de su crecimiento, lo que supone un efecto perjudicial del descenso de PEH a fructificación. Este índice incrementó del 8 al 28 de abril, mientras ocurría parte de la segunda etapa del crecimiento y desarrollo de frutos (22 de abril - 13 de mayo); ocurrió una segunda caída de menor severidad (1.58%) durante esta segunda etapa de crecimiento.

Esta tendencia se debió al abastecimiento de nutrimentos que las hojas hicieron a sí mismas, a frutos (Ramírez, 1991), ramas y raíces, y a la movilización de carbohidratos desde órganos permanentes (Reid, 1985). En otros frutales, la disminución de PEH se atribuye al crecimiento vegetativo, floración, amarre y desarrollo de frutos (Castillo, 1996).

El incremento del PEH (6 de mayo-23 de junio), concomitante a la tercera etapa del crecimiento de frutos (14 de mayo - 10 de junio) (Figura 5) y madurez fisiológica (31 de mayo - 10 de junio) y de cosecha (6 - 23 de junio), atenuó el porcentaje de la tercera caída de frutos (0.76%). Existe dependencia de almidón almacenado en hojas por parte de los frutos (\*Spearman=0.93, Figura 6), debido a que la división y expansión celular del pericarpio dependen de la importación de carbohidratos fotosintetizados y transportables que entran al pericarpio por haces vasculares (Moore-Gordon, 1997).

El incremento del PEH hasta el 4 de agosto (Figura 4), simultáneo al

crecimiento vegetativo y acumulación radical (Figura 6), se debió a la maduración de hojas y acumulación de fotoasimilados (Castillo, 1996), que sucede en los árboles frutales previo a la abscisión foliar (6 de agosto-18 de septiembre) (Caffarra et al., 2011), fase provocada por la temperatura otoñal (Heide, 2008; Penfield, 2008), que promueve la detención de crecimiento de la parte aérea, con la consecuente acumulación de carbohidratos (Chang, 1981). Estos carbohidratos son útiles para el crecimiento vegetativo, diferenciación floral y fructificación (Marini y Sowers, 1990) del siguiente ciclo fenológico. Fue determinado un significativo coeficiente de correlación de \*Spearman=0.94 entre el PEH y crecimiento de ramas. En este aspecto, las podas de formación evitan el crecimiento desordenado de ramas de los árboles y permiten una elevada fotosíntesis, en razón de mantenerse una alta eficiencia de captación de energía lumínica, que, a su vez, genera más ramas, estableciendo un mutuo beneficio, debido a que el crecimiento foliar y la diferenciación de yemas se produce a medida que el meristemo apical progresa (Agustí, 2004).

**Concentración de Nitrógeno en Hojas.** En 2015, durante madurez de cosecha (6-23 de junio), ocurrió un incremento y reducción de CNH (11-25 de junio) determinado por la producción de frutos (Lewis et al., 1964; Monselise et al., 1983). La mayor CNH coincidió con el máximo crecimiento vegetativo (Figura 7) y mayor AF (Figura 2), porque este elemento contribuye a la síntesis de biomasa (Nelson y Cox, 2009), a través del crecimiento de tallos (Pearman et al., 1977) y tamaño de hojas

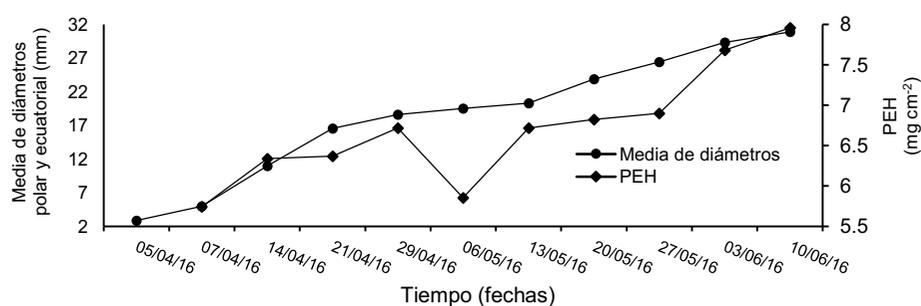


Figura 5. Correlación temporal entre PEH y diámetro de frutos en 2016.

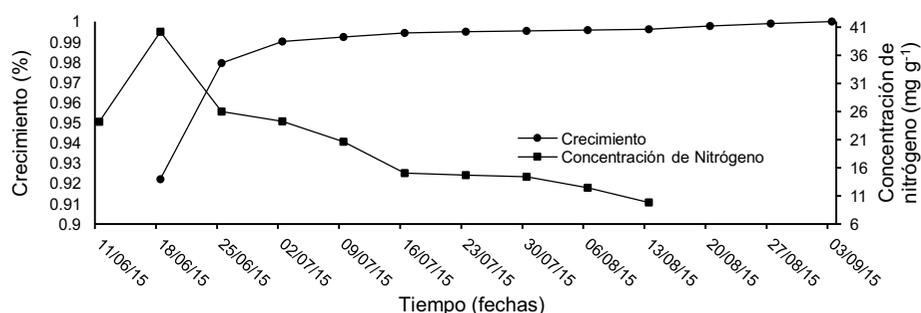


Figura 6. Correlación temporal entre crecimiento vegetativo (flujos) y contenido de nitrógeno en 2015.

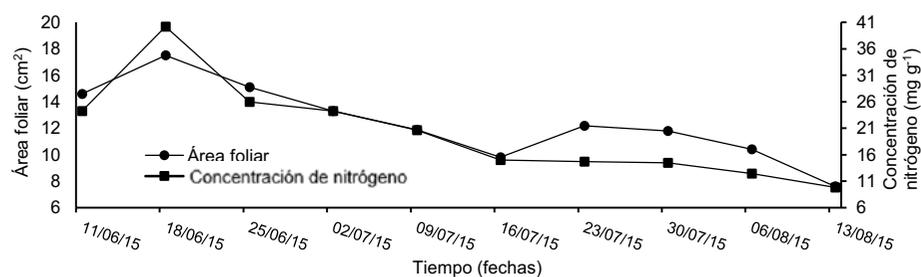
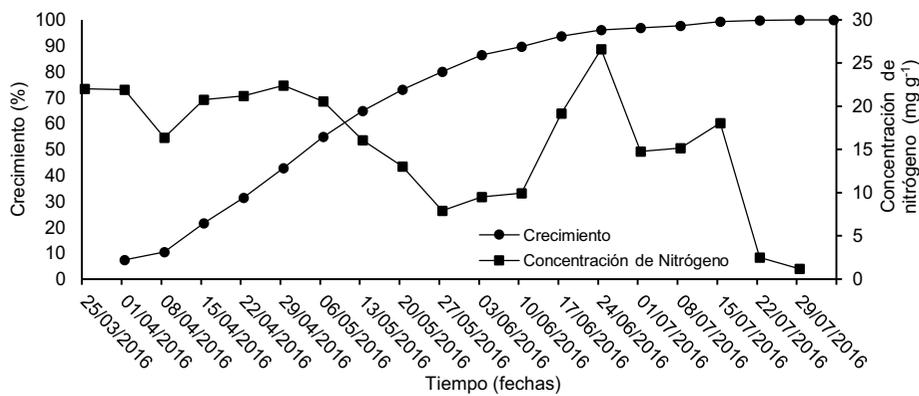


Figura 7. Correlación temporal entre área foliar y concentración de nitrógeno en 2015.

(McCullough et al., 1994). El CNH y AF tuvieron una significativa correlación de \*Spearman=0.89 (Figura 8). Siete días antes de la máxima CNH ocurrió el mayor PEH; mientras que el almidón acumulado en hojas puede ser movilizado (Hansen et al., 1982), el N permanece constante, debido a la estricta economía que las plantas hacen del uso de macromoléculas sintetizadas con este elemento (Nelson y Cox, 2009).

El paulatino descenso de CNH después del 26 de junio, fue simultáneo a la disminución del crecimiento vegetativo y previo a abscisión foliar. Esto se debió a que el N es movilizado de la savia foliar a órganos permanentes (Reid, 1985), para almacenarlo durante letargo, ya que, el crecimiento foliar temprano y floración del siguiente ciclo fenológico, usan N re-movilizado desde órganos de almacenamiento (Sánchez, 2002). La movilización de N foliar a raíces durante abscisión foliar, coadyuvó para la mayor acumulación radical general observada, principalmente, en el letargo (21/10/2015–21/02/2016), debido al almacenamiento de N en la madera y corteza de raíces de los árboles (Millard y Gwen-aelle, 2010).

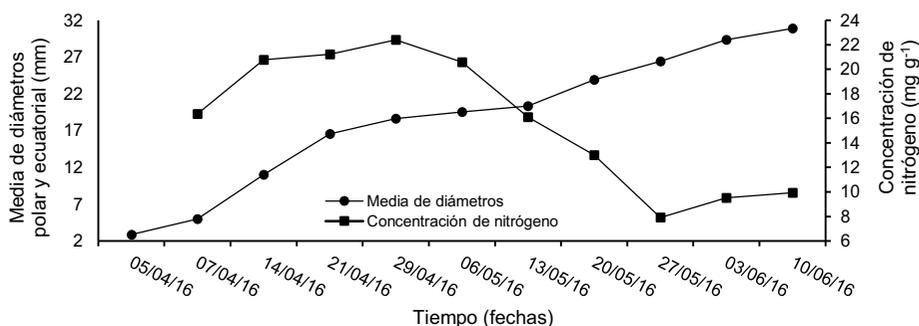


**Figura 8.** Correlación temporal entre crecimiento vegetativo (flujos) y concentración de nitrógeno en 2016.

Del 24 al 31 de marzo de 2016, ocurrió el primer periodo estable de CNH (Figura 9), fue simultáneo a los dos últimos días de plena floración (14 - 25 de marzo) y fin de floración (26 - 30 de marzo), y se debió a que la floración hizo uso del N derivado de la re-movilización desde órganos de almacenamiento (Sánchez, 2002). El descenso de la concentración de N, el 7 de abril, ocurrió a inicio del crecimiento de hojas, ramas y frutos, porque estas fases fenológicas demandan de N foliar cuando el nitrógeno transportado desde raíces, es insuficiente para el requerimiento vegetal general (Weinbaum et al., 1984).

Del 8 al 28 de abril, la CNH incrementó solamente en un 10%, simultáneamente al inicio de la segunda etapa de crecimiento de frutos, crecimiento vegetativo e incremento de AF y PEH, asociado a la disminución del crecimiento de frutos, durante la lignificación del endocarpio y crecimiento del endospermo y embrión (Jackson y Coombe, 1966), y al abastecimiento de nutrimentos por parte de hojas en su papel de órganos fuente (Taiz y Zeiger, 2006).

Durante la tercera etapa del crecimiento y desarrollo de frutos, madurez fisiológica y de cosecha, crecimiento vegetativo y acumulación radical, disminuyó el CNH, y la AF y el PEH variaron (5 de mayo - 14 de julio). Las oscilaciones de los valores de los índices fisiológicos fueron afectadas por la simultaneidad de fases fenológicas y la relación entre la fotosíntesis y CNH, ya que, en condiciones de campo, la fotosíntesis fluctúa durante el día, mientras que



**Figura 9.** Correlación temporal entre crecimiento y desarrollo de frutos y concentración de nitrógeno en hojas en el ciclo productivo 2016.

el N foliar y clorofila permanecen prácticamente constantes (Ryugo, 1988). También existió influencia por parte del portainjerto sobre el PEH (Nava y Villegas, 1994). La definitiva disminución del CNH redujo la tasa de crecimiento vegetativo y la duración de adherencia de hojas en los árboles (Novoa y Loomis, 1981), previo a abscisión foliar.

En 2015 y 2016, los coeficientes de correlación entre el crecimiento vegetativo y CNH fueron  $-1$  (significativo) y  $-0.55$  (N.S.), respectivamente, hecho que muestra la dependencia que el crecimiento vegetativo tiene del N. La detención de flujos vegetativos está asociada a la disminución del N en hojas (Chandler, 1951), por esto es importante el N almacenado en los órganos perennes (Millard y Proe 1991, Neilsen et al. 1997) y el suministrado por raíces en la primavera (Millard, 1997). Además, los primordios foliares crecen y la diferenciación de yemas axilares se produce, a medida que el meristemo apical progresa (Agustí, 2004). Una correlación  $*\text{Spearman} = -0.78$ , mostró la dependencia que el crecimiento de frutos tiene del N contenido en hojas, debido a la contribución en aminoácidos y nucleótidos (Nelson y Cox, 2009), promoviendo un mayor número y tamaño de células (Hewitt, 1963), que propician un mayor volumen de órganos (McCullough et al., 1994).

## CONCLUSIONES

En el ciclo productivo 2015, el PEH descendió simultáneamente con la detención del crecimiento vegetativo, disminución del AF y abscisión foliar. En el ciclo productivo 2016, el mayor PEH ocurrió durante la finalización de floración e inicio de la etapa uno del crecimiento de frutos,

y descendió durante la segunda etapa del crecimiento de frutos. El PEH está significativamente correlacionado con el crecimiento vegetativo y de frutos.

En 2015, la CNH ascendió y descendió con la presencia de frutos; en 2016 disminuyó simultáneamente con el inicio de crecimiento de frutos, hojas y ramas, e incrementó durante la segunda fase del crecimiento y desarrollo de frutos, favoreciendo la reducción de la caída de éstos. El conocimiento de la CNH, permitiría prevenir un bajo porcentaje de amarre de frutos, a través de la realización oportuna de fertilizaciones nitrogenadas.

## LITERATURA CITADA

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. pp. 33, 62-63, 280-281, 284-285.
- Becerril R. A. E., Jaén C. D., Parra Q. R. A., Ibáñez M. A., Rebolledo M. A., Gutiérrez R. N. 2009. El sistema radical, ¿'héroe desconocido' en la agricultura sostenible (especies frutales)?'. Agricultura Sostenible vol. 6. Ed. Universidad Autónoma de Chiapas y Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible. 12 pp.
- Bellini, E., Bini, G. 1978. La fertilità nelle piante da frutto. Consiglio Nazionale Ricerche. Regione Emilia-Romagna. Società Orticola Italian. Milano, Italian. pp. 403-422.
- Caffarra, A., Donnelly, A. y Chuine, I. 2011. Modelling the timing of *Betula pubescens* budburst. II Integrating complex effects of photoperiod into process-based models. *Climate Research*, 46:159-170.
- Calderón Z., Rodríguez, A. J. G., Becerril R. A. E., Livera, M. M., Colinas, L. M. T. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo de durazno en producción forzada. *Agrociencia*, 31: 291-296.
- Castillo G. A. M. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos y nutrimentos en relación al amarre de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Colín V-33. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 137 pp.
- Chandler, W. H., Brown, D. S. 1951. Deciduous orchards in California winters. *California Agricultural Extension Service Circ*, 179: 1-38.
- Chang, J. 1981. Corn yield in relation to photoperiod, night temperature, and solar radiation. *Agricultural Meteorology*, 24:253-262.
- Chapman, H. D., Pratt, P. F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences. Berkeley, CA. 243 pp.
- Chen, K., Hu, G.Q., Lenz, F. 1997. Training and shading effects on vegetative and reproductive growth and fruit quality of apple. *Gartenbauwissenschaft* 5: 207-213.
- Cossio, 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.
- 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.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema Climático de Köppen. 4ta ed. Instituto de Geografía. UNAM. 217 pp.
- 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. 467-485 pp.
- Hansen, P., Ryugo, K., Ramos, D. E., Larry, F. 1982. Influence of Cropping on Ca, K, Mg and Carbohydrate Status of "French" Prune Trees Grown on Potassium Limited Soils. *Journal American Society of Horticultural Science*, 107(3): 511-515.
- Heide, O.M. 2008. Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species. *Scientia Horticulturae*. 115: 309-314.
- Hewitt, E. J. 1963. The essential nutrient elements requirements and interaction in plants. In: F.C. Steward (ed.). *Plant physiology* Vol. III. Academic Press, New York. U.S.A. 137-362 pp.
- Jackson, D. I., Coombe, B. G. 1966. Morphological changes during development and the effects of various tree factors. *Australian Journal of Agricultural Research*, 17: 465-477.
- Lewis, L. N., Coggins, C. W., Hield, H. Z. 1964. The effect of biennial bearing and NAA on the carbohydrate and nitrogen composition of Wilking Mandarin leaves. *Proceedures of American Society for Horticultural Science*, 84: 147-51.
- Marini, R. P., Sowers, D. L. 1990. Net photosynthesis, specific leaf weight and flowering of peach as influenced by shade. *HortScience*, 25: 331-334.
- McCullough, D. E., Girardin, P., Mihajlovic, M., Aguilera, A., Tollenaar, M. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid. *Canadian Journal of Plant Science*, 74: 471-477.
- Millard, P. 1995. Internal cycling of nitrogen in trees. *Acta Horticulturae*, 383: 3-14.
- Millard, P., Gwen-aelle, G. 2010. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. *Tree Physiology*, 30(9): 1083-1095.
- 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.
- Monselise, S. P., Goldschmidt, E. E., Golomb, A., Rolf, F. 1983. Alternate bearing in citrus: long term autonomy of individual 'Michal' tangerine branches after one single girdling treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108: 373-376.
- Moore-Gordon, C. S. 1997. Aspects of avocado fruit growth and development: towards an understanding of the small fruit syndrome. Ph. D. Thesis, University of Natal. Durban, Sudáfrica. 284 pp.
- Nava, A., J., Villegas, M. A. 1994. Comportamiento en vivero de portainjertos tolerantes a la tristeza de los cítricos. *Proceedures of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, 38: 86-89.
- Millard, P., Neilsen G. H., and Hogue, E. J. 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.
- Nelson, L. D., Cox, M. M. 2009. Lehninger. Principios de Bioquímica. 5ta edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 682-683, 851-852.
- Novoa, R., Loomis, R. S. 1981. Nitrogen and plant production. In: J. Monteith and C. Webb (eds). *Soil water and nitrogen in Mediterranean-type environments*, Martinus- Nijhoff/Dr. W. Junk, The Hague. pp. 177-204.

- Otero S.M.A., Ruiz P.L.M., Becerril R.A.E., Michel A.A.C., Barrios A.A., Ariza, F.R. 2005. Fenología, fisiología y producción de llama (*Annona diversifolia* Saff.). *Agroproductividad* 8(2): 12-19.
- Ovando C., Becerril R. A. E., Mosqueda V. R., Serrano A. V. 1993. Análisis del crecimiento de tres portainjertos y dos cultivares de limón mexicano en vivero. *Agrociencia Serie Fitociencia* 4(4): 59-70.
- Pearman, I., Thomas, S. M., Thorne, G. N. 1977. Effects of nitrogen fertilizer on growth and yield of spring wheat. *Annals of Botany*, 41: 93-108.
- Penfield, S. 2008. Temperature perception and signal transduction in plants. *New Phytologist*. 179: 615-627.
- 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. 7-17 pp.
- Reid, S. M. 1985. Ethylene and abscisión. *HortScience*, 20(1): 45-50.
- Reyes, S. M. I., Villegas, M. A., Teresa, C. M., Calderón, Z. G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia*, 34: 49-55.
- 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.
- Ryugo, K. 1988. *Fruit Culture, Its Science and Art*. John Wiley & Sons. New York. 344 pp.
- Sánchez, E. E. 2002. Nitrogen nutrition in pear orchards. *Acta Horticulturae*, 596: 653-657.
- Schwartz, M. D., Crawford, T. M. 2001. Detecting energy balance modifications at the onset of Spring. *Physical Geography*, 22: 394-409.
- Secor, J., McCarty, D. R., Shibbes, R., Green, D. E. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generation of soybean. *Crop Science*, 22: 255-258.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2006. *Fisiología vegetal*. 3ra edición. Universitat Jaume I. Castelló de la Plana, España. 400, 764, 961,976 pp.
- Thorup, K. K., Kirkegaard, J. 2016. Root system-based limits to agricultural productivity and efficiency: the farming systems context. *Annals of Botany*, 118: 573-592.
- 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 caraota. *Agronomía Tropical*, 56(1): 21-42.
- Watada, A. E., Herner, A. A., Kader, R. J., Romani, R. J. y Staby, G. L. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural. *Crops*. *HortScience*, 19:20-21.
- Weinbaum, S. A., Klein, I., Broadbent, F. E., Micke, W. C., Muraoka, T. T. 1984. Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of isotopically labeled fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative tissue of mature almond trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109: 339-343.
- Zekri M., Obreza T.A. (2003): *Plant Nutrients for Citrus Trees*. Extension Service Fact Sheet SL 200. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville. 5 pp.

