

## FLUCTUACIÓN DE CARBOHIDRATOS DURANTE EL DESARROLLO DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima* Willd) EN DOS LOCALIDADES

### CARBOHYDRATE FLUCTUATION DURING DEVELOPMENT OF POINSETTIA (*Euphorbia pulcherrima* Willd) IN TWO LOCALITIES

María Teresa Colinas León<sup>1\*</sup>, Irán Alia Tejacal<sup>2</sup>,  
Cecilio Bautista Bañuelos<sup>1</sup> y Luis Alonso  
Valdéz Aguilar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Usos Múltiples, Departamento de Fitotecnía, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5, Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México. Tel. 9121500 Ext. 5224. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad Núm. 1001. 62209, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos.

\*Autor para correspondencia (lozcol@prodigy.net.mx)

#### RESUMEN

Se evaluaron carbohidratos totales solubles, reductores y almidón en hojas de dos estratos de la planta (superior e inferior), en tres cultivares de Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd): 'Freedom marble', 'Supjibi' y 'Gutbier V-17 Angelika', en plantas desarrolladas en Cuautla, Morelos y Texcoco, Estado de México; en Texcoco se aplicaron noches artificiales largas para la inducción floral. Se hicieron muestreos a los 84, 114, 140 y 155 d después del trasplante. En Cuautla la concentración promedio de azúcares totales fue de 27.5 mg g<sup>-1</sup> peso fresco (PF), mientras que en Texcoco fue de 17.7 mg g<sup>-1</sup> PF, diferencias relacionadas con la mayor temperatura y radiación de Cuautla, Mor. Los cultivares 'Gutbier V-17 Angelika' y 'Supjibi' presentaron mayor concentración promedio de azúcares solubles (25.4 mg g<sup>-1</sup> PF). Las hojas del estrato superior presentaron entre 20 y 37 % más azúcares totales, azúcares reductores y almidón que el estrato inferior. El almidón representó la máxima proporción de azúcares no estructurales en nochebuena. Es decir, las condiciones ambientales y la inducción de noches largas afectaron el comportamiento de los carbohidratos en las hojas de nochebuena.

**Palabras clave:** *Euphorbia pulcherrima*, azúcares totales, azúcares reductores, almidón.

#### SUMMARY

Reducing and total soluble sugars as well as starch were evaluated in leaves from two plant positions (upper and lower), in three poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cultivars: 'Freedom marble', 'Supjibi' and 'Gutbier V-17 Angelika', from plants grown at two locations, Cuautla, Morelos and Texcoco, State of México. Artificial flower induction by long nights were applied in Texcoco. Leaf

samples were taken at 84, 114, 140 and 155 d after transplant. In Cuautla the average concentration of total soluble sugars was of 27.5 mg g<sup>-1</sup> FW, while in Texcoco was 17.7 mg g<sup>-1</sup> FW. These differences are associated to higher temperature and radiation in Cuautla, Mor. Cultivars 'Gutbier V-17 Angelika' and 'Supjibi' showed the highest mean concentration of soluble sugars (25.4 mg g<sup>-1</sup> (FW)). Upper leaves exceeded lower leaves by 20 to 37 % in total, reducing sugars, and starch. Starch represented the highest proportion of non structural sugars in poinsettia leaves. Thus, the environmental conditions and flower induction by artificial long nights affect carbohydrate behavior in poinsettia leaves.

**Index words:** *Euphorbia pulcherrima*, total sugars, reducing sugars, starch.

#### INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) es una especie nativa de México utilizada en el mundo como planta ornamental durante las fiestas decembrinas. En fechas recientes su producción se ha incrementado en varios estados de la República Mexicana (Galicia *et al.*, 2001), y ha adquirido importancia económica pues cada año se comercializan cerca de 8.5 millones de plantas en distintas presentaciones (SIACON, 2004). Además, su cultivo requiere de gran cantidad de mano de obra, desde el enraizamiento y hasta la venta. En el país hay varias zonas de alta producción, entre las cuales se encuentran Cuautla, Morelos y Texcoco, Estado de México; en esta última zona se aplican noches largas de forma artificial, con plástico negro, para dar el fotoperíodo requerido e inducir la floración y la pigmentación de las brácteas. En contraste, en Cuautla no se realiza esta práctica. En Texcoco, Estado de México se requieren de 12.5 h de oscuridad cuando menos por 15 noches para inducir la floración, y para obtener una planta de mejor calidad se requieren 30 noches largas (Villagas, 1998. Com. personal)<sup>1</sup>.

Entre los factores metabólicos importantes para la pigmentación de la flor se encuentra el contenido de carbohidratos, tanto solubles como de almidón (Rolland *et al.*, 2002); en nochebuena existe poca información al respecto. El carbono fijado por las plantas mediante la fotosíntesis es transformado a carbohidratos, especialmente sacarosa, que es la principal forma de transporte, y a almidón que es el polisacárido de almacenamiento dominante y puede ser convertido a sacarosa para translocarse (Kruger, 1997). Debido a que los carbohidratos no estructurales son importantes en el crecimiento y desarrollo vegetal, el objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios en estos compuestos en tres cultivares de nochebuena, durante el crecimiento y el proceso de pigmentación, bajo malla sombra (Morelos) y bajo invernadero (Texcoco); sin y con noches

<sup>1</sup> M.C. María de Lourdes Villegas Rodríguez. Programas de Gobierno, en Acatzingo, Puebla.

largas artificiales, respectivamente. Esta información es necesaria para generar conocimiento básico acerca del comportamiento de los carbohidratos en respuesta a las condiciones ambientales y prácticas de cultivo, para que posteriormente puedan ser manipulados y mejorar la calidad de la planta.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron esquejes de tres cultivares de nochebuena: 'Freedom Marble', 'Supjibi', y 'Gutbier V-17 Angelika', adquiridos en la empresa PLANTEC, en Puente de Ixtla, Morelos. Los esquejes se transportaron a invernaderos del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. El 3 de Julio del 2003 se trasplantaron a macetas de 15.2 cm de diámetro, llenadas con un sustrato compuesto por una mezcla de polvo de coco/tepojal (piedra pómez)/composta en proporciones de 40:40:20; adicionalmente, se agregaron 3 kg de Osmocote® (14-14-14) por cada metro cúbico de sustrato. El día de transplante se aplicó un riego a saturación del suelo. Un día después del transplante se eliminó el ápice de la planta y se dejaron, entre 5 y 7 yemas por planta. Las plantas crecieron en condiciones de invernadero en Texcoco, Estado de México (14.6 °C, 61.6 % HR y 19 ° 31' LN y 19° 53' LO; 2310 msnm) y bajo malla sombra en Cuautla, Morelos (24.6 °C, 74 % RH, 99° 01' LN, 18°49' LO; 1300 msnm), por lo cual debieron transportarse previamente las plantas correspondientes a esta localidad (10 d después del transplante).

El manejo del cultivo se hizo de acuerdo con Martínez (1995), y al inicio del experimento se usó el fertilizante soluble Peters Professional Poinsettia Peat-Lite Special® (15 N-05 P-25 K) a dosis de 2 g L<sup>-1</sup>, dos veces por semana; tal aplicación se alternó con otra de 2 g L<sup>-1</sup> de nitrato de calcio aplicada en el riego. En Texcoco, las plantas se cubrieron con un plástico negro de las 18:00 a las 8:00 horas, a partir de los 74 y hasta 132 días después del trasplante (ddt), para inducir la floración y la pigmentación de las brácteas. En Morelos, las plantas se desarrollaron bajo malla sombra y no se realizó la práctica de tapado. De esta manera, las diferencias principales se proporcionaron por las condiciones del ambiente donde se desarrollaron y por la inducción de noches largas artificiales. Los días cortos en forma natural ocurren a partir del 20 y 25 de septiembre (Ecke *et al.*, 2004).

A los 84, 114, 140 y 155 ddt se tomaron muestras de hojas (10 g) de la parte superior e inferior en cada una de cinco plantas; en total se muestrearon 20 ejemplares por cultivar y localidad. Las muestras se transportaron al Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento de Fitotec-

nia donde se tomó 1 g de tejido de cada estrato por planta y se colocó en un matraz con alcohol etílico a 80 % y se llevó a ebullición durante 5 min. Las muestras se filtraron, la solución alcohólica y el residuo vegetal se separaron y mantuvieron en refrigeración hasta su utilización. A partir de la solución alcohólica se tomó 1 mL, se evaporó en baño maría (60 °C), y el residuo se disolvió en 20 mL de agua destilada para determinar la concentración de azúcares totales mediante el método propuesto por Witham *et al.* (1971). Los azúcares reductores se determinaron por colorimetría mediante el método Nelson-Somogyi como lo indican Camacho *et al.* (1999), mediante la misma solución alcohólica a 80 %. El almidón se hidrolizó a partir del residuo vegetal con diastasa según Rodríguez y Ortega, (1976) y los azúcares solubles reductores y totales liberados se cuantificaron por el mismo método antes mencionado. La cuantificación de azúcares totales y reductores se hizo con una curva patrón de glucosa. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial, donde los factores fueron: localidad, cultivar y estrato de la planta. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de azúcares solubles totales fueron afectadas significativamente por la localidad (L) y por el cultivar (V) en todas las fechas de muestreo ( $P \leq 0.05$ ), en tanto que el estrato (E) de la planta sólo presentó efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) a los 114 ddt; las interacciones más importantes fueron L x V y L x E (Cuadro 1). En Cuautla, Mor. Las plantas presentaron mayor contenido de azúcares solubles totales que en Texcoco, Méx. ( $P \leq 0.05$ ) (Figura 1A), y en ambas localidades los azúcares disminuyeron después del inicio de los días cortos que es cuando se induce la formación de flores. En Cuautla la disminución varió de 42 % a 44 %, mientras que en Texcoco fue de 25 % a 50 % (Figura 1A). La mayor temperatura y radiación que se presenta en Cuautla, puede ser la razón por la que las plantas de nochebuena desarrolladas en esta localidad hayan resultado con mayor contenido de azúcares. El efecto de ambos factores ambientales sobre la tasa fotosintética es ampliamente conocido (Taiz y Zieger, 2002). De acuerdo con Snipen *et al.* (1999), la temperatura promedio diaria, la intensidad luminosa y la densidad de plantas influyen en la floración de plantas pinchadas de nochebuena.

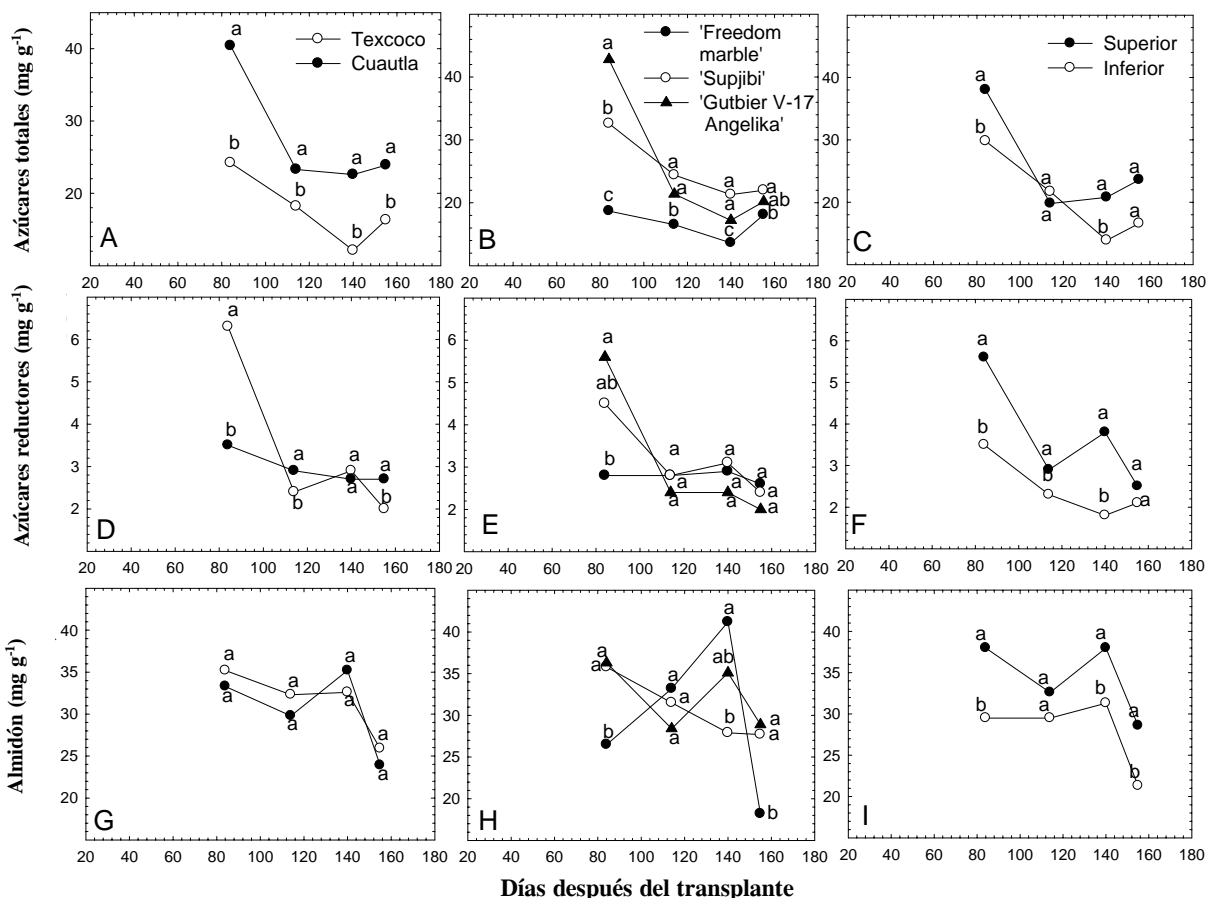


Figura 1. Concentraciones de azúcares totales, reductores y almidón (mg g<sup>-1</sup>) en hojas de dos diferentes estratos de la planta (C, F, I) de tres cultivares de nochebuenas (B, E, H) cultivadas en Texcoco, Estado de México y Cuautla, Morelos (A, D, E). Cada punto representa la media de cinco observaciones.

Cuadro 1. Significancia estadística de los factores e interacciones de la localidad, cultivar y estrato en la concentración de azúcares totales en las hojas de nochebuena.

| FV            | Días después del trasplante |     |     |     |
|---------------|-----------------------------|-----|-----|-----|
|               | 84                          | 114 | 140 | 155 |
| Localidad (L) | ***                         | **  | *** | *** |
| Cultivar (V)  | ***                         | *** | *** | *   |
| Estrato (E)   | *                           | ns  | *** | *** |
| L x V         | **                          | *   | ns  | **  |
| L x E         | **                          | **  | *   | *** |
| V x E         | **                          | ns  | ns  | *   |
| L x V x E     | ns                          | ns  | ns  | ns  |

\*, \*\*, \*\*\* Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. ns = No significativo a una probabilidad de 0.05.

En términos generales, los cvs. 'Gutbier V-17 Angelika' y 'Supjibi' tuvieron una mayor concentración de azúcares que el cv 'Marble' (Figura 1B). Aunque los tres cultivares mostraron la misma tendencia, la disminución de

azúcares solubles totales varió en función del cultivar; la disminución fue más drástica en 'Gutbier V-17 Angelika' (49 % a 60 %) y 'Supjibi' (27 % a 32 %), que en 'Freedom Marble' (11 % a 31 %) (Figura 1B). Tanto 'Gutbier V-17 Angelika' como 'Supjibi' son considerados cultivares de porte alto, en tanto que 'Freedom Marble' es un cultivar de porte bajo (Ecke *et al.*, 2004). El mayor vigor de los dos primeros cultivares podría deberse a una mayor eficiencia en la síntesis de carbohidratos, pues les permitiría contar con una mayor concentración de azúcares solubles totales.

En el estrato superior de hojas se observó el mayor contenido de azúcares solubles totales, excepto a los 114 ddt (Figura 1C). Ello puede deberse a que en la parte superior la planta recibe mayor radiación luminosa, lo que favorece la fotosíntesis y acumulación de carbohidratos. También hubo disminución de azúcares después de haber

iniciado los días cortos, similar a la observada por el efecto del cultivar (Figura 1A-C).

La formación de brácteas de transición ocurre poco después del inicio de los días cortos, en tanto que la formación de brácteas verdaderas ocurre posteriormente (Ecke *et al.*, 2004). En el presente experimento se detectó que esto ocurrió alrededor de los 114 ddt (datos no mostrados). La formación de brácteas de transición y verdaderas supone el inicio de la síntesis de pigmentos como antocianinas y flavonoides (Kannangara y Hanson, 1998). Para la síntesis de antocianinas, una molécula de antocianidina debe unirse a una molécula de azúcar (Taiz y Zieger, 2002). Este fenómeno pudiere explicar la reducción en la concentración de azúcares solubles totales que se presenta a los 114 ddt, una vez iniciados los días cortos. Según Dey y Harborne (1997), la síntesis de metabolitos secundarios relacionados con la pigmentación de brácteas ocurre en la hojas del estrato superior del dosel, lo cual explicaría el que en el estrato superior haya habido mayor reducción de azúcares solubles totales; tal disminución también podría

deberse a que los azúcares, particularmente la sacarosa, afectan la transición floral al activar o inhibir genes que intervienen en dicho proceso (Ohto *et al.*, 2001), lo que implica movilización de azúcares hacia los órganos en formación.

Las interacciones localidad x cultivar y localidad x estrato fueron predominantemente significativas en la mayoría de los muestreos realizados ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 1). Ambas interacciones se deben en gran parte a la alta concentración de azúcares solubles totales en plantas de ‘Gutbier V17 Angelika’ y ‘Supjibi’ desarrolladas en Cuautla, Mor., sobre todo en el estrato superior del dosel (Figura 2). Estos resultados indican que los cultivares de porte más alto acumulan más azúcares al ser desarrollados en un ambiente con mayor temperatura y radiación, como Cuautla, y que el estrato superior es favorecido por la mayor radiación que incide.

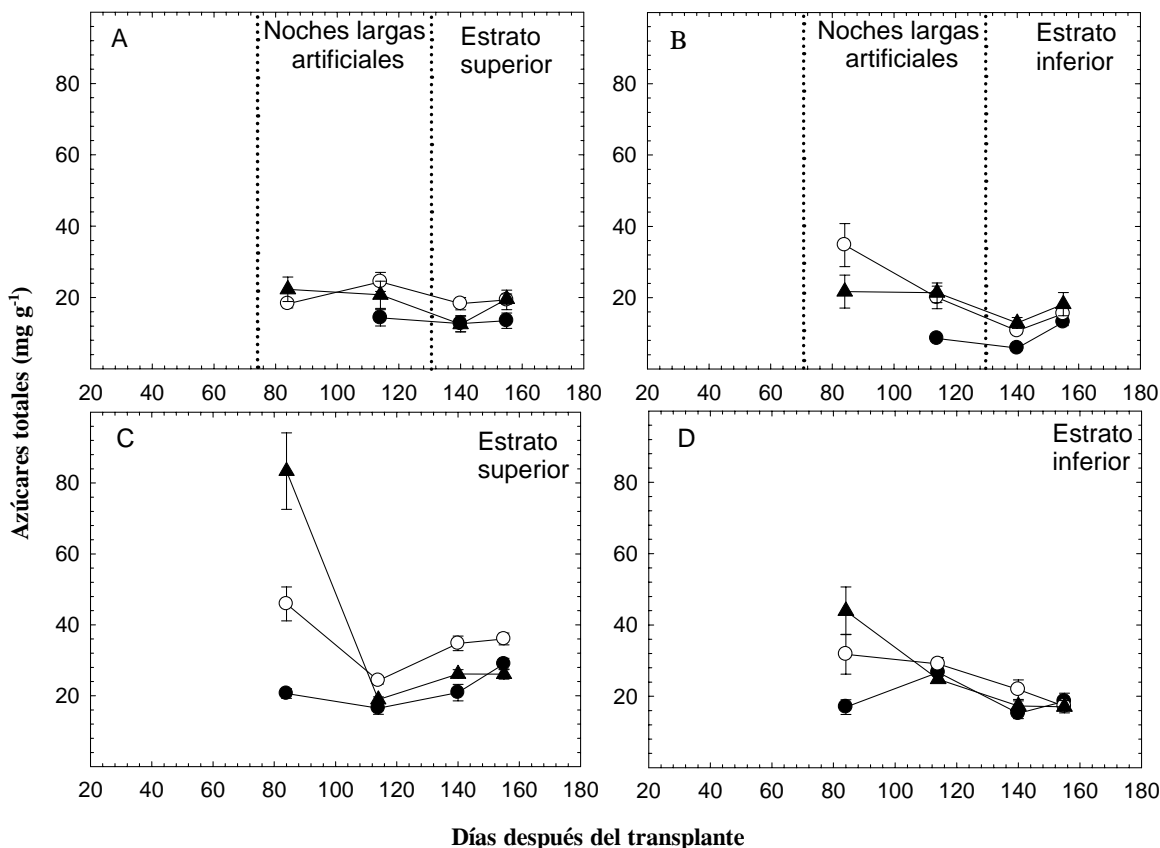


Figura 2. Concentraciones de azúcares totales en hojas de tres cultivares de nochebuena: ‘Freedom marble’ (●), ‘Supjibi’ (○) y ‘Gutbier V-17 Angelika’ (▲), desarrolladas Texcoco, Estado de México (A y B) y Cuautla, Morelos (C y D). Cada punto representa la media de cinco observaciones ± error estándar.

Los azúcares reductores representaron una proporción muy baja (18 %) de los azúcares totales, lo que indica que la mayor proporción son azúcares no reductores. El azúcar no reductor de mayor proporción probablemente sea sacarosa, ya que es el más usado para transporte en los vegetales, además de que puede participar en la regulación y expresión de muchos genes (Lalonde *et al.*, 1999). No se detectaron diferencias significativas entre cultivares en cuanto a la concentración de azúcares reductores, con excepción del muestreo realizado a los 84 ddt (Cuadro 2; Figura 1E), lo que sugiere que la diferencia varietal en azúcares totales (Figura 1A) es debida a la concentración de sacarosa. Los factores localidad y estrato tuvieron efectos significativos en la concentración de azúcares reductores en la mayoría de las fechas muestreadas, con excepción de los 140 y 155 ddt (Cuadro 2). En este caso, la mayor concentración de azúcares reductores se presentó en Texcoco, Méx. (Figura 1D), aunque sólo en el primer muestreo y en el estrato superior del dosel (Figura 1F). La concentración de azúcares reductores también tendió a disminuir después del inicio de los días cortos (Figura 3), similar a lo ocurrido en azúcares totales (Figura 2).

Cuadro 2. Significancia estadística de los factores e interacciones de la localidad, cultivar y estrato en la concentración de azúcares reductores en hojas de nochebuena.

| FV            | Días después del transplante |     |     |     |
|---------------|------------------------------|-----|-----|-----|
|               | 84                           | 114 | 140 | 155 |
| Localidad (L) | **                           | **  | ns  | *   |
| Cultivar (V)  | *                            | ns  | ns  | ns  |
| Estrato (E)   | **                           | **  | *** | ns  |
| L x V         | **                           | ns  | *   | ns  |
| L x E         | ns                           | ns  | ns  | *   |
| V x E         | ns                           | ns  | ns  | ns  |
| L x V x E     | ns                           | ns  | **  | *   |

\*, \*\*, \*\*\* Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. ns = No significativo a una probabilidad de 0.05.

La concentración de almidón superó a la de azúcares totales solubles, lo que muestra que en las hojas de nochebuena el almidón es un carbohidrato no estructural abundante, seguido por los azúcares no reductores y reductores (Figura 1). Es decir, se confirma que las hojas son importantes órganos de almacenamiento de carbohidratos de reserva como señalaron Dey y Harborne (1997). Dado que la concentración de almidón fue similar en las dos localidades en todas las fechas de muestreo (Cuadro 3; Figura 1G), se infiere que las plantas son capaces de mantener una base de carbohidratos de reserva en las dos localidades. La concentración de almidón tendió a disminuir a los 114 ddt pero luego hubo una ligera recuperación a los 140 ddt, para

finalmente presentar una marcada disminución al final del estudio (Figura 1G).

Cuadro 3. Significancia estadística de los factores e interacciones de la localidad, cultivar y estrato en la concentración de azúcares totales en hojas de nochebuena.

| FV            | Días después del transplante |     |     |     |
|---------------|------------------------------|-----|-----|-----|
|               | 84                           | 114 | 140 | 155 |
| Localidad (L) | ns                           | ns  | ns  | ns  |
| Cultivar (V)  | *                            | ns  | **  | *** |
| Estrato (E)   | **                           | ns  | *   | *** |
| L x V         | **                           | ns  | ns  | **  |
| L x E         | ns                           | **  | ns  | **  |
| V x E         | ns                           | ns  | **  | ns  |
| L x V x E     | **                           | ns  | ns  | *** |

\*, \*\*, \*\*\* Significativo a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.0001, respectivamente. ns = no significativo a una probabilidad de 0.05.

El factor cultivar tuvo un efecto significativo en la concentración de almidón ( $P \leq 0.05$ ), con excepción del muestreo realizado a los 114 ddt (Cuadro 3). No se detectó una tendencia clara entre cultivares en cuanto al almidón, aunque en los cvs. 'Freedom Marble' y 'Gutbier V-17 Angelika' se observó un repunte a los 140 ddt, y una disminución drástica a los 155 ddt (Figura 1H). Hubo diferencias significativas en la concentración de almidón entre estratos del dosel en la mayoría de los muestreos (Cuadro 3), y las hojas superiores fueron las de mayor concentración (Figura 1I), similar a lo observado para azúcares totales (Figura 1C) y no reductores (Figura 1F). La tendencia de la concentración de almidón en los estratos (Figura 1I) es similar a la mostrada por efecto de las localidades (Figura 1G).

## CONCLUSIONES

Las concentraciones de azúcares totales, reductores y almidón de las hojas de nochebuena, son influenciadas por las condiciones climáticas donde se desarrollan, el cultivar y la posición de las hojas en el dosel vegetal. La mayor concentración de azúcares totales se encontró en las plantas desarrolladas en Cuautla, Mor., aunque los azúcares reductores fueron más abundantes en Texcoco. El almidón fue similar en ambas localidades. Los azúcares totales y reductores disminuyeron en concentración durante los días cortos en asociación con la pigmentación de las brácteas. El almidón es un carbohidrato no estructural de gran proporción en las hojas de nochebuena, de modo que la hoja constituye un importante órgano de almacenamiento. Las cultivares de mayor porte presentaron mayores concentraciones de azúcares totales y reductores.

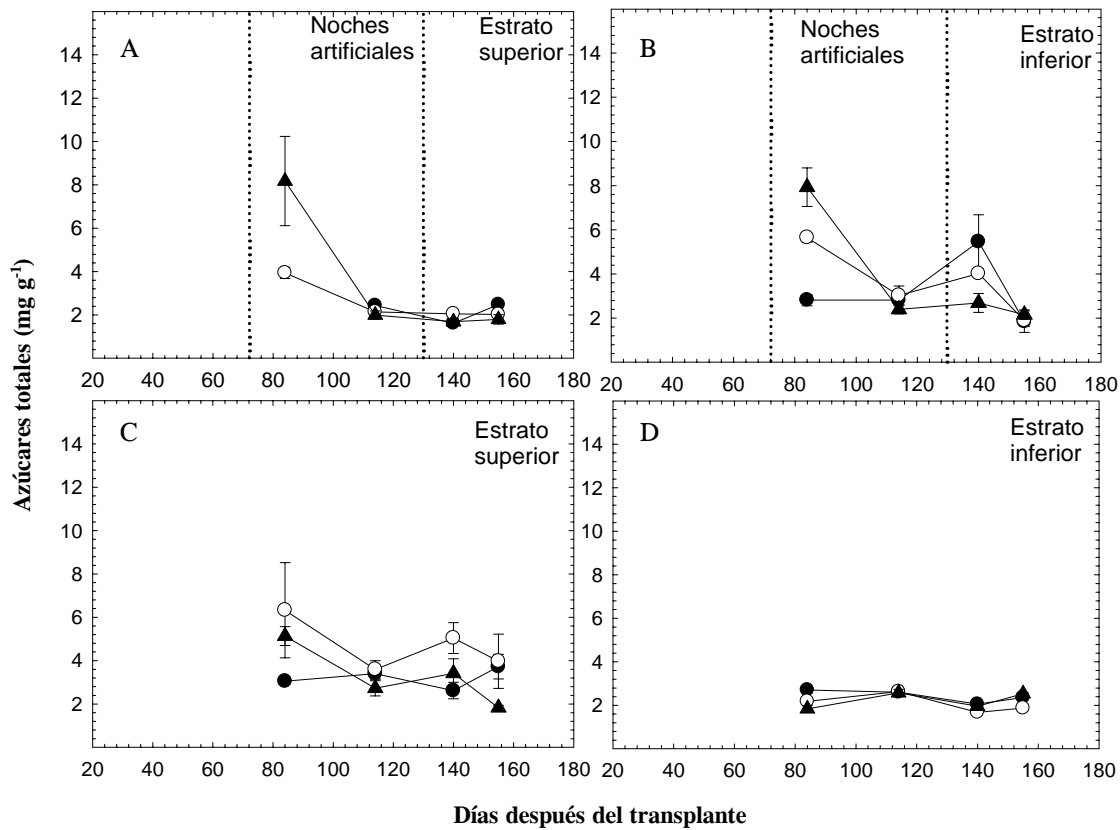


Figura 3. Concentraciones de azúcares reductores en hojas de tres cultivares de nochebuena: 'Freedom marble' (●), 'Supjibi' (○) y 'Gutbier V-17 Angelika' (▲), desarrolladas Texcoco, Estado de México (A y B) y Cuautla, Morelos (C y D). Cada punto representa la media de cinco observaciones ± error estándar.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de CONACYT, a través del proyecto 38340B

BIBLIOGRAFÍA

Camacho D G, A M G Castillo, E G Avitia, M A Rubí (1999) Contenido de azúcares solubles en hojas e inflorescencias de tres cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.). Rev. Chapingo S. Hort. 5:77-81

Dey P M, J B Harborne (1997) Plant Biochemistry. Academic Press. Nueva York. pp:400-409.

Ecke P, J E Faust, A Higgins, J Williams (2004) The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing. Batavia, Illinois. USA. 287 p.

Galicia A B J, C Trejo, L, A A Valdez, M T Rodríguez G, C B Peña V (2001) Shade intensity and its effect in morphology and physiology of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). Rev. Chapingo S. Hort. 7:143-149.

Kannangara G C, M Hansson (1998) Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. Plant Physiol. Biochem. 36:843-848.

Kruger J N (1997) Carbohydrate synthesis and degradation. In: Plant Metabolism. Dennis D T, D B Layzell, D D Lefebvre, D H Turpin (eds). Longan. Essex, England. pp:83-104.

Lalonde S, E Boles, H Hellman, L Barker, J W Patrick, W B Frommer, J M Wand (1999) Membrane structure and function. The dual function of sugar carriers: transport and sugar sensing. Plant Cell 11:707-726.

Martínez M (1995) Manual Práctico de Producción de Nochebuena. Consultoría OASIS, Morelos, México. 87 p.

Ohto M, K Onai, Y Furukawa, E Aoki, T Arakai, K Nakamura (2001) Effects of sugar on vegetative development and floral transition in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 127:252-261.

Rodríguez C C, M L Ortega D (1976) Determinación de azúcares y almidón en frijol mecentral. Agrociencia 4:76-88.

SIACON Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (2004) <http://w3.siap.sagarpa.gob-mx:8080/siapp-app/>. (Consultado el 23 de dic. 2005).

Rolland F, B Moore, J Sheen (2002) Sugar sensing and signaling in plants. The Plant Cell 14:185-205.

Snipen L G, R Moe, J Soreng (1999) Influence of potential growth factors in predicting time to flowering in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*). Sci. Hort. 81:345-359.

Taiz L, E Zeiger (2002) Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Massachusetts, USA. 690 p.

Witham F F, D F Blaydes, R M Devlin (1971) Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold. New York, USA. 245 p.