

CONTENIDO DE AZÚCARES SOLUBLES EN HOJAS E INFLORESCENCIAS DE TRES CULTIVARES DE AGUACATERO (*Persea americana* Mill.)

G. Delgado-Camacho¹; A. M. Castillo-González.¹; E. Avitia-García¹; M. Rubí-Arriaga²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. C.P.56230, Chapingo, Edo. de México. México.

²Fundación Salvador Sánchez Colín. Coatepec Harinas, Edo. de México. C.P. 51700. México.

RESUMEN

Se determinó el contenido de azúcares reductores y totales en inflorescencias determinadas (otoño) de aguacatero 'Colín V-33'; y en hojas e inflorescencias indeterminadas (invierno) de 'Colín V-33', 'Hass' y 'Fuerte', con la finalidad de saber si existen diferencias en la concentración de azúcares entre los tipos de inflorescencias, partes de la inflorescencia y cultivares. El estudio se realizó en Coatepec Harinas, México. En 'Colín V-33' la concentración de azúcares totales fue mayor en las hojas e inflorescencias de otoño. Las inflorescencias determinadas presentaron mayor contenido de azúcares totales en la base ($50.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p.f.); mientras que las indeterminadas lo presentaron en el brote ($64.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p.f.). Sólo el brote de 'Colín V-33' presentó el mayor contenido de azúcares solubles totales con respecto al resto de su inflorescencia. En la comparación de los tres cultivares, se observó que 'Fuerte' presentó la mayor concentración de azúcares reductores en hojas y brotes (29.9 y $15.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p.f., respectivamente).

PALABRAS CLAVE: Aguacate, azúcares totales, azúcares reductores, inflorescencia indeterminada, inflorescencia determinada, brote, floración.

SOLUBLE SUGAR CONTENT IN LEAVES AND INFLORESCENCES OF THREE CULTIVARS OF AVOCADO (*Persea americana* Mill.)

SUMMARY

Total and reducing sugar content was quantified in determinate inflorescences (autumn) of 'Colin V-33' avocado, in leaves, and in indeterminate inflorescences (winter) of 'Colin V-33,' 'Hass,' and 'Fuerte,' in order to determine whether sugar content is different among inflorescences, parts of the inflorescences and cultivars. The research was carried out in Coatepec Harinas, Mexico. The total sugar content was highest in 'Colin V-33' autumn leaves and inflorescences. The total sugar content was higher in the shoot of 'Colin V-33' indeterminate inflorescence. 'Colin V-33' determinate inflorescences had more total sugar content in their basal part ($50.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ f.w.), while the shoot of indeterminate inflorescences had the highest content ($64.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ f.w.). Comparing the three cultivars, it can be observed that 'Fuerte' had more reducing sugars in leaves and shoots (29.9 and $15.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ f.w., respectively).

KEY WORDS: Total sugars, reducing sugars, indeterminate inflorescence, determinate inflorescence shoot, flowering.

INTRODUCCIÓN

México destaca como primer productor mundial de aguacate con una producción aproximada de 1'148,547 toneladas en 1997, lo que significa el 54% del total mundial, teniendo alrededor de 124,823 ha dedicadas al cultivo de aguacatero, de las cuales poco más de 90,000 ha se concentran en el estado de Michoacán, con predominio casi absoluto del cultivar Hass, cuya producción se presenta prácticamente durante todo el año, alcanzando los mayores niveles entre los meses de agosto a mayo (Sánchez, 1993; Sánchez *et al.*, 1997).

Los árboles de aguacatero son sobresalientes con respecto al gran número de flores que producen (1 a 2 millones por árbol) y al número tan bajo de frutos que se cosechan, lo que representa sólo el 0.001% de amarre de fruto (Moncur, 1988).

La distribución de fotosintatos dentro de la planta es regulada por la interacción fuente-demanda. Las fuentes son los exportadores de fotosintatos y las demandas o vertederos son los importadores netos de los mismos (Ho, 1988). El orden de prioridad entre las demandas es

una función de la tasa de crecimiento (actividad de la demanda) y el tamaño de las demandas. El orden es usualmente: semillas > partes de frutos frescos = ápices de brotes y hojas > cambium > raíces > tejidos de almacenamiento (Canell; citado por Wolstenholme, 1990). Las hojas jóvenes en desarrollo tienen altas tasas metabólicas y de expansión, y por lo tanto, son demandas fuertes y compiten con otros órganos demandantes de la planta (Ho, 1988). El fruto como estado final de crecimiento de un órgano reproductor es comúnmente una demanda fuerte por fotosintatos (Wolstenholme, 1990). Se ha observado que el fruto en desarrollo puede atraer fotosintatos a expensas del crecimiento vegetativo (Bollard, 1970). Sin embargo, la flor generalmente tiene una prioridad menor que el fruto en atraer fotosintatos. De hecho, el desarrollo inicial de la flor puede ser retrasado por una competición severa del crecimiento vegetativo. Una vez que los frutos comienzan a desarrollar, la dirección del transporte de fotosintatos cambia en favor del crecimiento del fruto (Ho, 1992).

En aguacatero, la competición vegetativa-reproductora a principios de la primavera limita el potencial de producción, especialmente en cultivares vigorosos, tales como 'Fuerte' (Blumenfeld *et al.*, 1983). En las inflorescencias indeterminadas, las hojas compiten con las flores y el fruto en desarrollo por fotosintatos hasta que alcanzan 2/3 de su expansión total (Whiley, 1990).

Estudios recientes en aguacatero 'Colín V-33', realizados por Castillo-González *et al.* (1998), mostraron que el contenido más alto de azúcares totales en hojas se presentó en septiembre, el descenso en los meses posteriores coincidió con la floración de invierno y el crecimiento vegetativo de invierno-primavera.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se planteó con los objetivos de determinar si hay diferencias en el contenido de azúcares solubles entre las inflorescencias determinadas e indeterminadas de aguacatero 'Colín V-33', así como en hojas e inflorescencias indeterminadas de los cultivares Colín V-33, Hass y Fuerte, y determinar si hay mayor atracción de azúcares por alguna de las partes de la inflorescencia (apical, basal y brote).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del huerto

La investigación se llevó a cabo en las parcelas Terrazas 1 y 2, Chirimoyo y Bodega 3 del predio La Cruz, perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C., situada aproximadamente a 1 km al sureste de la cabecera municipal de Coatepec Harinas, en el Estado de México. Geográficamente ubicada en los 18°46'38" de latitud norte y 99°46'38" de longitud oeste, a una altitud de 2,140 m.

Material vegetal utilizado

Se utilizaron cuatro árboles de aguacatero cv. Colín V-33 de 23 años de edad, establecidos en marco real a una distancia de 5x5 m, cuatro árboles de aguacatero cv. Hass de cinco años de edad, establecidos en marco real a una distancia de 5x5 m y cuatro árboles del cv. Fuerte de 30 años de edad, establecidos en marco real a una distancia de 10x10 m, a los cuales se les realizó una poda de rejuvenecimiento, teniendo brotes de dos años cuando se colectaron las muestras; todos los cultivares injertados sobre portainjertos de semilla de la raza Mexicana.

Toma de muestras

Se hicieron dos muestreos de hojas e inflorescencias en 'Colín V-33', una en otoño (noviembre de 1996) y la otra en invierno (enero de 1997). En los cultivares Hass y Fuerte únicamente se realizó un muestreo en invierno (febrero de 1997). Las muestras de hojas se tomaron entre las 9:00 y 11:00 a.m., se colocaron en bolsas de plástico negro y se metieron en una hielera portátil, en la cual se transportaron al laboratorio.

Manejo de muestras

Hojas. Se colectaron 20 hojas maduras y sanas de cada árbol marcado (unidad experimental), las cuales se cortaron en pedazos muy pequeños; se tomaron 5 g de este triturado y se pusieron a hervir durante 5 minutos en etanol al 80% para extraer los azúcares solubles. Posteriormente, las muestras se molieron y filtraron, el extracto alcohólico obtenido se utilizó para la determinación de azúcares.

Inflorescencias. Las inflorescencias determinadas fueron divididas en su parte basal y apical, y las indeterminadas en basal, apical y brote, manejando por separado cada una de las partes; de aquí se tomaron 10 g de peso fresco de cada muestra, los cuales se manejaron igual que las hojas para la extracción y cuantificación de los azúcares.

Determinación de azúcares

Se determinaron los azúcares solubles totales y los azúcares reductores, para lo cual del extracto alcohólico obtenido de la forma ya descrita, se tomó 1 ml el cual se evaporó en baño maría (80°C), el residuo se recuperó en 50 ml de agua destilada.

Azúcares reductores

Esta determinación se hizo por el método colorimétrico de Somogyi (1952), la absorbencia se registró a 565 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy. Cada muestra se trabajó por triplicado y la concentración

de azúcares se estimó a partir de una curva patrón que contenía glucosa de 15 a 150 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

Azúcares solubles totales

Esta determinación se hizo por el método de antrona, descrito por Witham *et al.* (1971). La absorbencia se registró a 600 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy. Cada muestra se trabajó por triplicado y la concentración de azúcares se estimó a partir de una curva patrón que contenía glucosa de 20 a 200 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados, se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), con el que se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de azúcares en hojas e inflorescencias de aguacatero 'Colín V-33'

Hojas. La concentración de azúcares reductores en las dos épocas de muestreo (otoño e invierno) no presentó diferencias estadísticas. En tanto que los azúcares totales se observaron más concentrados en las hojas de otoño (Cuadro 1). Castillo *et al.* (1998) también encontraron mayor concentración de estos azúcares en otoño, debido a que en esta época hay menos traslape de eventos fenológicos (floración, crecimiento vegetativo y amarre inicial de fruto) que en invierno.

CUADRO 1. Contenido de azúcares solubles en hojas de aguacatero 'Colín V-33', en dos fechas.

Época	Azúcares Reductores (mg.g de p. f.)	Azúcares Totales (mg.g ⁻¹ de p. f.)
Otoño	12.17 a ^z	72.60 a
Invierno	10.41 a	62.58 b
DMS	4.67	9.08

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).
DMS = Diferencia mínima significativa

Inflorescencias. Con respecto al contenido de azúcares en inflorescencias determinadas, no se encontraron diferencias entre la parte apical y basal (46.74 y 50.74 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p.f. de azúcares totales y 11.03 y 11.83 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p.f. de azúcares reductores, respectivamente). En las inflorescencias indeterminadas el contenido de azúcares totales fue superior en sus brotes (Cuadro 2); lo que hace suponer que éstos tienen mayor actividad metabólica, por

lo que demandan mayor cantidad de azúcares de transporte. La distribución de fotosintatos dentro de la planta está regulada por la interacción fuente-demanda. La flor generalmente tiene una prioridad menor que el fruto y brote en atraer fotosintatos. De hecho, el desarrollo inicial de la flor puede ser retrasado por una competición severa del crecimiento vegetativo. Una vez que los frutos comienzan a desarrollar, la dirección del transporte de fotosintatos cambia en favor del crecimiento del fruto (Ho, 1992).

Al comparar los dos tipos de inflorescencias se observó que la determinada acumuló más azúcares en su parte basal; en tanto que en la indeterminada se observó un gradiente, en el cual la concentración de azúcares totales fue aumentado hacia el brote de la inflorescencia.

CUADRO 2. Contenido de azúcares en inflorescencias indeterminadas de aguacatero 'Colín V-33'.

Parte de la Inflorescencia	Azúcares Reductores (mg.g ⁻¹ de p. f.)	Azúcares Totales (mg.g ⁻¹ de p. f.)
Brote	9.07 a ^z	64.51 a
Apical	12.22 a	51.78 b
Basal	13.48 a	46.93 b
DMS	6.80	6.40

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).
DMS = Diferencia mínima significativa

Comparación entre cultivares

Hojas. El contenido de azúcares reductores en hojas de 'Colín V-33' y 'Hass' fue similar, en tanto que el de 'Fuerte' fue mayor (Cuadro 3). El contenido de azúcares solubles totales fue similar en los tres cultivares, lo que sugiere que presentan una actividad fotosintética semejante. Sin embargo, 'Hass' y 'Colín V-33' retuvieron en sus hojas menos azúcares que 'Fuerte', en cuyo cultivar, del total de azúcares totales registrados, el 43.8% correspondió a azúcares reductores que se utilizan en las hojas para su metabolismo; en tanto que 'Colín V-33' y 'Hass' apenas retuvieron entre el 15 y 16% de sus azúcares totales. Esto refleja diferencias metabólicas importantes entre las hojas de los cultivares y por lo tanto, diferencias en la cantidad de azúcares que se exportan de las hojas fuente hacia las demandas. Como lo mencionan Bryce y Thornton (1996), para conocer el uso del carbono en la planta, en relación con su productividad, es necesario conocer la composición química y las vías biosintéticas de los tejidos de la planta; así como considerar los flujos de carbono dentro de la misma. Por lo que se hace necesario determinar, mediante investigaciones posteriores, si hay diferencias importantes entre las hojas de los tres cultivares de aguacatero, que nos permitan comprender sus diferencias en producción.

CUADRO 3. Contenido de azúcares solubles en hojas de tres cultivares de aguacatero.

Cultivar	Azúcares Reductores (mg.g ⁻¹ de p. f.)	Azúcares Totales (mg.g ⁻¹ de p. f.)
Colín V-33	10.41 b ^z	2.58 a
Hass	9.79 b	65.31 a
Fuerte	29.93 a	68.25 a
DMS	9.60	11.04

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa

Inflorescencias. En la parte basal de la inflorescencia no se encontraron diferencias estadísticas entre los tres cultivares, en cuanto al contenido de azúcares reductores y totales; aunque, el cv. Fuerte presentó una concentración ligeramente más alta de ambos tipos de azúcares (Cuadro 4). En la parte apical, se presentó una mayor concentración de azúcares reductores en el cv. Fuerte, lo que hace suponer que ésta presenta una mayor actividad metabólica. No obstante, la concentración de azúcares totales fue similar en los tres cultivares y muy parecida a la de la parte basal, lo que indica que existe una distribución homogénea de azúcares dentro de la inflorescencia (sin considerar al brote) a pesar de su desarrollo acropetal (Davenport, 1986). Resultados similares encontraron Castillo-González *et al.* (1998) en inflorescencias de aguacatero 'Colín V-33'. El contenido de azúcares reductores en los brotes fue mayor en el cv. Fuerte; mientras que el de azúcares totales fue mayor en 'Colín V-33' (Cuadro 4), en el cual se observó un gradiente de concentración de estos azúcares en donde el brote parece tener una fuerza mayor de demanda que la inflorescencia, con posibilidad de limitar con ello el amarre de fruto en este cultivar. Las hojas jóvenes de brotes en crecimiento tienen alta tasa metabólica, por lo que son demandas fuertes (Ho, 1988) compitiendo con la flor en desarrollo, la cual tiene menor fuerza de atracción de fotosintatos (Bollard, 1970); lo que parece no suceder en los cultivares Hass y Fuerte, aspecto que puede explicar, en parte, el mayor porcentaje de amarre de frutos en estos dos cultivares. De hecho, la preferencia de los agricultores de Michoacán por 'Hass' se debe a su productividad sostenida, alternancia poco marcada y buena calidad del fruto (Aguilera, 1994). Por lo que en 'Colín V-33' debe evaluarse el efecto de prácticas como despunte, aplicación de retardantes del crecimiento o anillado, sobre la disminución de la competencia del brote y el amarre de fruto. De los resultados obtenidos, se desprende la observación de que la competencia vegetativa-reproductora en aguacatero, que limita la producción (Blumenfeld *et al.*, 1983), puede variar considerablemente entre cultivares.

CUADRO 4. Contenido de azúcares solubles totales y reductores en inflorescencias indeterminadas de tres cultivares de aguacatero.

Cultivar	Inflorescencia Basal (mg.g ⁻¹ de p.f.)		Inflorescencia Apical (mg.g ⁻¹ de p.f.)		Brote (mg.g ⁻¹ de p.f.)	
	Reductores	Totales	Reductores	Totales	Reductores	Totales
Colín V-33	13.48 a ^z	46.93 a	12.22 b	51.78 a	9.07 b	64.51 a
Hass	12.03 a	48.33 a	13.58 ab	50.84 a	5.20 b	48.84 ab
Fuerte	22.21 a	56.69 a	18.89 a	58.26 a	15.81 a	43.66 b
DMS	13.05	17.10	6.43	9.30	5.47	15.82

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS = Diferencia mínima significativa

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que las inflorescencias determinadas e indeterminadas de 'Colín V-33' presentan diferente comportamiento en cuanto a la atracción de azúcares. La acumulación de azúcares totales en el brote es mayor a la de las flores en las inflorescencias indeterminadas de 'Colín V-33', lo que puede ser un factor limitante para el amarre de fruto. La diferencia entre los tres cultivares radica en la proporción de azúcares reductores que se encuentra en las hojas. Los brotes de las inflorescencias indeterminadas de los cultivares Hass y Fuerte no presentan mayor atracción de azúcares que el resto de su inflorescencia.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA M., J.L. 1994. Guía para el cultivo del aguacate. Guía Técnica Núm. 5. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Uruapan, Michoacán, México. pp. 9-10.
- BLUMENFELD, A.; GAZIT, S.; ARGAMAN, E. 1983. Factors involved in avocado productivity. Volcani Center, Israel. Special Publication. No. 222:84-85.
- BOLLARD, E. G. 1970. The physiology and nutrition of developing fruits, pp. 387-425. *In: The Biochemistry of Fruits and their Products.* A.C. Hulme (ed.). Academic Press. London, UK.
- BRYCE, J. H.; THORNTON, J. M. 1996. Respiration and growth metabolism, pp. 43-61. *In: Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source-Sink Relationships.* E. Zamski, and A. A. Schaffer (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M.; COLINAS-LEÓN, M. T.; ORTEGA-DELGADO, M. L.; MARTÍNEZ-GARZA, A.; AVITIA-GARCÍA, E. 1998. Variación estacional de carbohidratos en hojas e inflorescencias de aguacatero (*Persea americana* Mill.). Revista Chapingo Serie Horticultura 4(1): 13-18.
- DAVENPORT, T. L. 1986. Avocado flowering. Horticultural Reviews 8: 257-289.

- HO, L. C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 39: 355-378.
- HO, L. C. 1992. Fruit growth and sink strength, pp. 101-124. *In: Fruit and Set Production: Aspects of Development, Environmental Physiology and Ecology.* C. Marshall, and J. Grace (eds.). Cambridge Univ. Press. UK.
- MONCUR, M. W. 1988. Floral Development of Tropical and Subtropical Fruit and Nut Species. An Atlas of Scanning Electron Micrographs. CSIRO. Australia. 181 p.
- SÁNCHEZ P., J.L. 1993. Marco de referencia del comercio internacional del aguacate de Michoacán, México. Folleto Técnico No. 9. SARH. Uruapan, Michoacán, México. 35 p.
- SÁNCHEZ, C., S.; ZAPATA A., G.; CAMPOS R., E. 1997. Producción nacional de aguacate y su comercialización. Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp. 17-24.
- SOMOGYI, M. 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195: 19-23.
- WHILEY, A. W. 1990. CO₂ assimilation of developing shoots of cv. Hass avocado (*Persea americana* Mill.) a preliminary report. *S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yrbk.* 13: 28-30.
- WITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA. 245 p.
- WOLSTENHOLME, B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Hort.* 275: 451-459.