

CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS EN HOJAS E INFLORESCENCIAS DE TRES CULTIVARES DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.)

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

Gerardo Delgado Camacho,¹ Ana María Castillo González,² Edilberto Avitia García² y Martín Rubí Arriaga.³

RESUMEN

Se determinó el contenido de carbohidratos en hojas e inflorescencias de aguacate ‘Colín V-33’, ‘Hass’ y ‘Fuerte’. Se evaluó la competencia por carbohidratos entre el crecimiento del brote vegetativo apical y las flores de la inflorescencia. El contenido de azúcares totales fue mayor en el ápice vegetativo que en las flores, lo que implica una fuerte competencia por carbohidratos entre estos órganos en ‘Colín V-33’ ‘Fuerte’ alcanzó mayores niveles de azúcares reductores en hojas y brotes en comparación con los otros cultivares.

Palabras Clave: Aguacate, azúcares totales, azúcares reductores, brotes.

ABSTRACT

The carbohydrates content was determined in leaves and inflorescences of avocado ‘Colin V-33’, ‘Hass’, and ‘Fuerte’. Carbohydrate competition between the vegetative apical shoot growth and the flowers of the inflorescence was evaluated. The apical shoot total sugar content of the inflorescence was higher than in the flowers. This implies that in these organs of ‘Colin V-33’, achieved higher reducing sugar in leaves and shoots in comparison with the other two cultivars.

Key Words: Avocado, total sugars, reducing sugars, shoots.

INTRODUCCION

¹ Artículo de tesis presentado por el primer autor para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 56230.

² Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 56230.

³ Fundación Salvador Sánchez Colín. Coatepec Harinas, Estado de México. 51700. Fax (714) 5 02 79 E-mail Cictamex@Toluca.teesa.com

México destaca como primer productor de aguacate con una producción aproximada de 838 000 toneladas, teniendo alrededor de 90 000 ha dedicadas al cultivo, de las cuales poco más de 73 000 se concentran en el estado de Michoacán, (SAGAR, 1996), 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).

Los árboles de aguacate se caracterizan por el gran número de flores que producen (1 a 2 millones por árbol) y el número tan bajo de frutos que se cosechan, lo que representa sólo el 0.001% de amarre de fruto (Berg, 1985; citado por Lovatt, 1994).

En base a la problemática anterior, el presente trabajo se planteó con los objetivos siguientes: Determinar si hay diferencias en el contenido de azúcares solubles en inflorescencias determinadas e indeterminadas de aguacate 'Colín V-33'; si hay dominancia apical en las inflorescencias por alguno de los azúcares evaluados; si hay diferencias en el contenido de azúcares solubles en hojas e inflorescencias de los cultivares Colín V-33, Hass y Fuerte; y finalmente si existe competición entre los órganos reproductores y el brote vegetativo en crecimiento, por alguno de los azúcares evaluados, que limite el amarre de fruto.

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 tienen altas tasas metabólicas y de expansión, 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, comúnmente es una demanda fuerte de 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 en 'Colín V-33', realizados por Castillo *et al.* (1996), mostraron que el contenido más alto de azúcares totales en hojas se presentó en septiembre, el descenso posterior coincidió con la floración de invierno y el crecimiento vegetativo de invierno-primavera.

MATERIALES Y METODOS

Localización del huerto

La investigación se llevó a cabo en las parcelas Terrazas 1 y 2, Chirimoyo y Bodega 1 del Centro Experimental “La Cruz”, perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., situado aproximadamente a 1 km al sureste de la cabecera municipal de Coatepec Harinas, Estado de México. Geográficamente ubicado en los 18°46’38” de latitud norte y 99°46’38” de longitud oeste, a una altitud de 2 140 msnm.

Material vegetal utilizado

Se utilizaron cuatro árboles de aguacate cv. Colín V-33 de 23 años de edad establecidos en marco real a una distancia de 5X5 m, cuatro árboles de aguacate 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 estos últimos se les realizó una poda de rejuvenecimiento, teniendo brotes de dos años cuando se colectaron las muestras; todos los cultivares están injertados sobre portainjertos de semilla de la raza mexicana.

Toma de muestras

Se hicieron dos muestreos de hojas e inflorescencias de ‘Colín V-33’, una en otoño (noviembre de 1996), otra en invierno (enero de 1997) y otra más en invierno (febrero de 1997) de los cultivares Hass y Fuerte. Las muestras de hojas se tomaron entre las 9:00 y 11:00 a.m., las muestras se colocaron en bolsas de plástico 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%, de esta manera se realizó la extracción de los azúcares. 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, manejándolas por separado; 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 carbohidratos

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 que se evaporó en baño maría, 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 leyó 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 de 15 a 150 μg de glucosa $\cdot\text{ml}^{-1}$.

Azúcares solubles totales

Esta determinación se hizo por el método de antrona, descrito por Witham *et al.* (1971). La absorbencia se leyó 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 de 20 a 200 μg de glucosa $\cdot\text{ml}^{-1}$.

Análisis estadístico

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

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido de carbohidratos en hojas e inflorescencias de aguacate ‘Colín V-33’

Hojas. El contenido 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.* (1996) también encontraron mayor concentración de estos azúcares en otoño, debido a que en esta época hay menos traslape de eventos fenológicos que en invierno.

Cuadro 1. Contenido de azúcares solubles en hojas de aguacate ‘Colín V-33’.

Epoca	Azúcares reductores ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de p. f.)	Azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 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 estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P\leq 0.05$).

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.,

respectivamente, de azúcares totales y 11.03 y 11.83 mg.g⁻¹ de p.f., respectivamente, de azúcares reductores). En las inflorescencias indeterminadas el contenido de azúcares totales fue superior en sus brotes (Cuadro 2), lo que hace suponer que los brotes por su alta actividad metabólica están demandando mayor cantidad de azúcares de transporte, observándose un gradiente. 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).

Cuadro 2. Contenido de azúcares en inflorescencias indeterminadas de aguacate ‘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 estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0.05).

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.

Cuadro 3. Contenido de azúcares solubles en hojas de tres cultivares de aguacate.

Cultivar	Azúcares reductores (mg.g ⁻¹ de p. f.)	Azúcares totales (mg.g ⁻¹ de p. f.)
Colín V-33	10.41 b ^z	62.58 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 estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0.05).

Inflorescencias. En la parte basal de la inflorescencia no se encontraron diferencias 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. Resultados similares encontraron Castillo *et al.* (1996) en inflorescencias de aguacate ‘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 flor, como lo mencionó Ho (1992), limitando con ello el amarre de fruto de este cultivar, lo que no sucede con los cultivares Hass y Fuerte, aspecto que puede explicar en parte, el mayor porcentaje de amarre de frutos en estos dos cultivares. 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.

Cuadro 4. Contenido de azúcares solubles totales y reductores en inflorescencias indeterminadas de tres cultivares de aguacate.

Cultivar	Inflorescencia basal		Inflorescencia apical		Brote	
	Reductores (mg.g ⁻¹ de p.f.)	Totales (mg.g ⁻¹ de p.f.)	Reductores (mg.g ⁻¹ de p.f.)	Totales (mg.g ⁻¹ de p.f.)	Reductores (mg.g ⁻¹ de p.f.)	Totales (mg.g ⁻¹ de p.f.)
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 estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0.05).

CONCLUSIONES

La fuerza de demanda del brote es mayor a la de las flores en las inflorescencias indeterminadas de ‘Colín V-33’, lo que puede ser un factor limitante del amarre de fruto; en tanto que, la de las flores de las inflorescencias de otoño (determinadas) e invierno (indeterminadas) son similares.

La diferencia entre los tres cultivares radicó en la proporción de azúcares de transporte que exportaron las hojas hacia el brote en crecimiento de las inflorescencias indeterminadas.

Los cultivares Hass y Fuerte no tienen competencia por azúcares entre crecimiento vegetativo y floración.

LITERATURA CITADA

- Blumenfeld, A., S. Gazit, and E. Argaman. 1983. Factors involved in avocado productivity. Volcani Center, Israel. Spec. Publ. No. 222:84-85.
- Bollard, E. G. 1970. The physiology and nutrition of developing fruits. pp. 387-425. *In*: A.C. Hulme (ed.). The Biochemistry of fruits and their products. Academic Press. London.
- Castillo G., A., M. T. Colinas L., M. L. Ortega D. y A. Martínez G. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos en aguacate (*Persea americana* Mill.) cultivar Colín V-33. Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, Méx. pp. 45-55.
- 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*: C. Marshall, and J. Grace (eds.). Fruit and set production: Aspects of development, environmental physiology and ecology. Cambridge Univ. Press. Great Britain.
- Lovatt, C. J., Y. Bertling, and M. Blanke. 1994. Comparison of determinate vs. indeterminate inflorescences to determine the roles of PGRs, carbohydrate, nitrogen, and other nutrients in fruit set of the 'Hass' avocado. California Avocado Society, *Yrbk.* 78:183-186.
- SAGAR, 1996. Centro de Estadística Agropecuaria. Producción Agrícola Aguacate. p.1.
- Sánchez P., J.L. 1993. Marco de referencia del comercio internacional del aguacate de Michoacán, México. Folleto Técnico No. 9. SARH. Uruapan, Mich. 35 pp.
- 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., D. F. Blydes, and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 245 pp.
- Wolstenholme, B. N. 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Hort.* 275: 451-459.