

ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL AGUACATE 'HASS' EN CLIMA SEMICÁLIDO¹

L.E. Cossio-Vargas¹, S. Salazar-García^{2¶}, I.J.L. González-Durán² y R. Medina-Torres³

¹ Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780. México. E-mail: lalo_cossio@yahoo.com.mx.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300. México. E-mail: samuelsalazar@prodigy.net.mx

³ Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780. México.

El objetivo de este estudio fue obtener información sobre algunas características reproductivas (producción de brotes florales, flores y frutos) del aguacate 'Hass' cultivado sin riego (lluvia anual = 1,300 mm) y localizado en el clima semicálido subhúmedo (temp. media anual = 21 °C) de Venustiano Carranza, Mpio. de Tepic, Nayarit. En un huerto comercial de 17 años de edad se seleccionaron al azar 10 árboles y en cada uno de ellos se identificaron 40 brotes florales en anthesis a las que se les dio seguimiento hasta la cosecha de fruto. El aguacate 'Hass' produjo de 3,495 a 6,958 brotes florales por árbol y de 1,102,689 a 2,280,857 flores por árbol. Todos los brotes florales producidos fueron del tipo indeterminado, cada uno con 228 a 545 flores y compuestos por 9 a 18 ejes secundarios. El promedio del amarre inicial de fruto (frutos/flor⁻¹) a los 58 días después de anthesis fue de 0.04%. La caída de fruto de junio tuvo una magnitud de 61.9%. El promedio de frutos/flor⁻¹ que llegaron a la cosecha fue de 0.01%. La producción de fruto fue de 150.4 kg árbol⁻¹. Se obtuvieron tres modelos de predicción del tamaño final del fruto, basados en su longitud inicial: fruto pequeño ($R^2 = 0.972$), fruto mediano ($R^2 = 0.989$) y fruto grande ($R^2 = 0.980$).

Palabras clave: *Persea americana*, floración, amarre de fruto, caída de fruto, fenología.

¹ Se reconoce el financiamiento parcial del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit (2003-CO1-9307) y de la Fundación Produce Nayarit, A.C. Se agradece a Alberto Ante por facilitar su huerto para la investigación.

SOME REPRODUCTIVE ASPECTS OF 'HASS' AVOCADO UNDER SEMIWARM CLIMATE*

L.E. Cossio-Vargas¹, S. Salazar-García^{2¶}, I.J.L. González-Durán² and R. Medina-Torres³

¹ Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780. México. E-mail: lalo_cossio@yahoo.com.mx.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300. México. E-mail: samuelsalazar@prodigy.net.mx

³ Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780. México.

The objective of this study was to obtain information on certain reproductive characteristics (production of flower shoots, flowers and fruits) of the 'Hass' avocado cultivated under rainfed conditions (annual rain = 1,300 mm) in the temperate and subhumid climate (avg. annual temp. = 21 °C) of Venustiano Carranza, county of Tepic, Nayarit. In a 17-year-old commercial avocado orchard, a set of 10 trees were randomly selected. Forty floral buds at anthesis were selected in each tree and monitored until fruit harvest. The 'Hass' avocado produced from 3,495 to 6,958 floral shoots per tree, whereas 1,102,689 to 2,280,857 flowers per tree. All floral shoots belonged to the indeterminate type, each one with 228 to 545 flowers, and were composed by 9 to 18 secondary axes. Initial fruit set (fruit/flower) 58 days after anthesis was 0.04%. June fruit drop reached 61.9%. Fruit present at harvest (fruit/flower) was 0.01%. Average fruit yield was 150.4 kg tree⁻¹. Three prediction models for final fruit size, based on initial fruit length, were obtained: small fruit size ($R^2 = 0.972$), medium fruit size ($R^2 = 0.989$), and big fruit size ($R^2 = 0.980$).

Key words: *Persea americana*, flowering, fruit set, fruit drop, phenology.

1. INTRODUCCIÓN

El estado de Nayarit es el segundo productor de aguacate en México, con 2,315 ha y el cv. Hass es el de mayor importancia económica. Los principales municipios productores son Tepic y Xalisco, en donde más del 90% de los huertos son cultivados sin riego, con lluvia promedio anual de 1,220 mm distribuida de Junio a Octubre (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003).

El árbol de aguacate puede producir miles de brotes florales cada temporada, cada uno con más de 100 flores, de tal manera que un árbol puede producir millones de flores (Sedgley y Alexander, 1983; Bekey, 1986). Una característica

* The partial financing from Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT (Mixed Fund for the Promotion of Scientific and Technological Research - National Council of Science and Technology) and Foundation Produce Nayarit, A.C are here acknowledged. Thanks to Alberto Ante for providing his orchard to this research.

del aguacate es que puede producir dos tipos de brotes florales: determinados (el meristemo del eje primario forma una flor terminal; Schroeder, 1944), e indeterminados (en el ápice del eje primario se forma una yema que continúa el crecimiento del brote; Reece, 1942). En California, se encontró que la mayoría de los brotes florales de aguacate 'Hass' fueron indeterminados y sólo del 5 al 20% fueron determinados (Schroeder, 1944). En otro estudio realizado en California, no se encontraron diferencias significativas en el número de flores producidas por brotes florales indeterminados (120.4) y determinados (105.2) del cv. Hass (Salazar-García y Lovatt, 1998). En Quillota, Chile, se encontró que el aguacate 'Hass' produjo 200 flores por brote floral (Silva, 1997).

No obstante que el aguacate florece abundantemente, el bajo amarre inicial de fruto limita la producción del árbol. Diversos investigadores coinciden que en aguacate el amarre de fruto es entre 0.02 y 0.1% (Bekey, 1986; Gardiazabal y Rosenberg, 1991).

Adicional al bajo amarre inicial de fruto, el aguacate suele presentar caídas de fruto que reducen su rendimiento potencial. En Australia, el cv. Hass presentó una caída de fruto después del amarre inicial y otra, de mayor importancia e intensidad, temprano en el verano. Estas caídas marcaron los dos períodos de competencia entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo del fruto y afectaron directamente la productividad (Whiley et al., 1988). En Nayarit, el aguacate 'Hass' cultivado sin riego presentó una caída importante de fruto en Junio, que varió de 47% a 66% (Salazar-García et al., 2006a).

El crecimiento del fruto de aguacate se caracteriza por seguir una curva sigmoidea simple (Blumenfeld y Gazit, 1974; Jackson, 1999). Durante todo el ciclo de crecimiento del fruto hay un proceso de división y elongación celular (Chandler, 1962; Wolstenholme et al., 1985). La división celular es rápida en las primeras semanas después de antesis y se vuelve lenta al acercarse a la maduración (Jackson, 1999). Los frutos sanos se mantienen firmes en el árbol y continúan creciendo por meses después de la maduración (Blumenfeld y Gazit, 1974). En California, se encontró que los frutos del cv. Hass presentaron el mayor desarrollo de Noviembre a Febrero (Arpaia, 1998). Posteriormente, el crecimiento fue más lento (Marzo a Septiembre). En Quillota, Chile el crecimiento del fruto del cv. Hass fue rápido de Diciembre a Abril; de ahí en adelante el desarrollo fue lento (Hernández, 1991).

La estimación de la producción de los árboles o huertos de aguacate comúnmente se basa en la intensidad de su floración, la cantidad de flores producidas, o el amarre inicial del fruto. Sin embargo, en la región aguacatera de Nayarit no se dispone de esta información la cual pudiera servir de base para estimar el rendimiento potencial de los huertos. El objetivo de este estudio fue obtener información sobre algunas características reproductivas (producción de brotes florales, flores y frutos) del aguacate 'Hass' cultivado sin riego.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Características del huerto.

El estudio se realizó durante el 2005 en un huerto comercial de aguacate 'Hass' de 17 años de edad, en Nayarit, México. El huerto no disponía de riego y se localizó en Venustiano Carranza (21° 32' N, 104° 59' W; 900 msnm; lluvia media anual = 1,300 mm; temperatura media anual = 21 °C). Se seleccionaron al azar 10 árboles injertados sobre portainjertos originados por semilla de híbridos naturales de raza Antillana x Guatemalteca, establecidos a 8 x 8 m.

2.2. Producción de brotes florales.

La copa de cada árbol fue dividida en cuatro secciones para realizar conteos semanales de brotes florales. Las evaluaciones se realizaron del 15 de Enero 2005 (primeros brotes florales) al 25 de Febrero 2005 (últimos brotes florales). El total de brotes florales por árbol se obtuvo con la suma de las cuatro secciones del árbol.

2.3. Producción de flores.

El 2 de Marzo 2005 fueron cortados al azar 10 brotes florales alrededor de la copa de cada árbol marcado. En cada brote floral se contó el número de ejes secundarios y flores presentes.

2.4. Amarre y caída de fruto.

En cada brote floral se cuantificó el fruto presente a los 58 días (17 Abril) después de antesis; un conteo similar fue realizado en Mayo y Agosto para cuantificar la caída de fruto de junio. El último conteo de fruto se hizo en Octubre, para determinar los frutos que llegaron a la cosecha. El porcentaje de frutos amarrados por flor se obtuvo considerando el número de frutos y flores por árbol.

2.5. Crecimiento de fruto.

El 15 de Marzo 2005 se marcaron 10 frutos en cada árbol seleccionado y a cada fruto se le midió la longitud mensualmente. Las mediciones iniciaron en Marzo, un mes después de la floración, y continuaron hasta Noviembre, cuando el fruto fue cosechado.

Una hipótesis de trabajo fue que en cualquier fecha de medición el tamaño de los frutos estaba correlacionado con el tamaño observado, tanto con el mes anterior como con el siguiente. Entonces, el tamaño final de los frutos estaría asociado con su tamaño inicial. Para probar esta hipótesis, se realizó un análisis de correlación del tamaño del fruto medido cada mes. En caso de existir esta correlación, los tamaños de frutos serían agrupados, según su peso individual final, en tamaño pequeño (<135 -169 g), mediano (170-210 g) y grande (211->266 g) para analizar su crecimiento mediante regresión. La variable

dependiente fue tamaño y la independiente fue el mes de evaluación (Marzo = 3, Noviembre = 11) con el procedimiento Stepwise SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2005).

3. RESULTADOS

3.1. Producción de brotes florales y flores.

La producción de estructuras reproductivas mostró una variación amplia entre los árboles evaluados. Se cuantificaron entre 3,495 y 6,958 brotes florales/árbol y entre 1,102,689 y 2,280,857 flores/árbol (Cuadro 1). Todos los brotes florales fueron indeterminados y estuvieron compuestos por 9 a 18 ejes secundarios, cada uno con 228 a 545 flores (Cuadro 2).

3.2. Amarre y caída de fruto.

El promedio inicial de amarre de fruto a los 58 días (17 Abril) después de antesis fue 0.0448% (Cuadro 3). La caída de fruto de Junio inició con las primeras lluvias de verano y tuvo una intensidad de 61.9%. El amarre final de fruto (frutos cosechados/flores producidas) fue de 0.0115%. La producción promedio de fruto por árbol fue de 150.4 kg.

3.3. Crecimiento de fruto.

El tiempo transcurrido desde antesis hasta cosecha fue de nueve meses. En general, la longitud del fruto presentó un rápido crecimiento de Marzo a Julio. Posteriormente, el crecimiento fue más lento (Agosto a Noviembre).

El análisis de correlación determinó que los tamaños de fruto en cualquier mes de evaluación estuvieron correlacionados con el tamaño de fruto en los meses contiguos ($r > 0.92$). El tamaño de fruto en el mes tres (Marzo) presentó una alta correlación ($r = 0.966$) con el tamaño en el mes once (Noviembre) (Cuadro 4).

Con la información anterior se dividió el conjunto de datos en tres grupos, de acuerdo a la longitud observada en Noviembre: frutos pequeños, medianos y grandes y se realizaron análisis de regresión. Los modelos resultantes para predecir el tamaño del fruto se muestran en las Figs. 1, 2 y 3 y presentaron un coeficiente de determinación aceptable: fruto pequeño ($R^2 = 0.972$), fruto mediano ($R^2 = 0.989$) y fruto grande ($R^2 = 0.980$).

4. DISCUSIÓN

Es común que en la literatura se mencione que el aguacate florece prolíficamente (Sedgley y Alexander, 1983). Sin embargo, pocas publicaciones puntualizan sobre dicha "abundancia" de floración, aunque los estudios de Lahav y Zamet (1975) y Bekey (1986) se menciona que un árbol de aguacate produce

un millón de flores. En el presente estudio, el aguacate 'Hass' produjo de 1,102,689 a 2,280,857 flores.

Todos los brotes florales producidos por el aguacate 'Hass' fueron de tipo indeterminado. Esto coincide con un estudio previo realizado en esta región (Salazar-García et al., 2006b) y difiere de lo encontrado en el sur de California, donde el 10.3% de los brotes florales fueron determinados (Salazar-García y Lovatt, 1988). Es probable que el breve invierno benigno que se presenta en el clima semicálido de Nayarit no favorezca que el meristemo apical del brote floral se diferencie hacia flor, como ha sido observado en yemas florales que han alcanzado el estado de desarrollo floral S-5 (microscópicamente, las yemas presentan las escamas separadas. Microscópicamente, se observa la elongación de los ejes secundarios más viejos y hay presencia de ejes terciarios. Hay desarrollo inicial del periantio de las flores terminales de los ejes secundarios y terciarios; Salazar-García et al., 1998) y continúan expuestas a temperaturas que promueven floración (Salazar-García y Lovatt, 1999).

Es conocido que el aguacate 'Hass' presenta un bajo amarre de fruto. En el presente estudio, el amarre inicial y final fue de 0.04% y 0.01%, respectivamente. Estas proporciones estuvieron dentro de los valores mencionados para otras regiones productoras. En California, este mismo cultivar produjo aproximadamente un millón de flores por árbol, con un amarre inicial de fruto (frutos/flor) de 0.02% (Bekey, 1986). En Hijuelas, Chile, Gardiazabal y Rosenberg (1991), encontraron un mayor amarre inicial de fruto en el cv. Hass, que fue de 0.12% a 0.13%. En California, el amarre final de fruto en brotes florales indeterminados fue de 0.05% (Salazar-García y Lovatt, 1998).

Del total de fruto presente en el árbol en Mayo, se cayó el 61.9% debido a la caída de fruto de Junio. Esta caída está asociada al descenso progresivo en la humedad del suelo durante la época de estío (Octubre-Mayo). Existe la teoría de que la caída de Junio es debida a una competencia por carbohidratos, agua y/o hormonas vegetales (Bower y Cutting, 1992). La reducción en la magnitud de esta caída de fruto, lograda con la aplicación de biorreguladores vegetales al aguacate 'Hass', coincide con dicha teoría (Salazar-García et al., 2006a).

En la presente investigación fueron desarrollados tres modelos de predicción que permitirán predecir el tamaño final del fruto, partiendo de la medición de la longitud del fruto desde tempranas etapas de su desarrollo: fruto pequeño ($R^2 = 0.972$), fruto mediano ($R^2 = 0.989$) y fruto grande ($R^2 = 0.980$). Lo anterior, permitirá a los productores de aguacate el conocer con anticipación la cantidad de fruto de los diferentes tamaños comerciales que será producido. También, se podrá decidir sobre la necesidad de aplicación de biorreguladores vegetales que estimulen el crecimiento del fruto, como el 2,4-D (Salazar-García et al., 2006a).

5. CONCLUSIONES

El aguacate 'Hass' produjo de 3,495 a 6,958 brotes florales por árbol y de 1,102,689 a 2,280,857 flores por árbol. Todos los brotes florales producidos fueron del tipo indeterminado, con 228 a 545 flores y compuestos por 9 a 18 ejes secundarios.

El promedio del amarre inicial de fruto (frutos/flor) a los 58 días después de anthesis fue de 0.0448%. La caída de fruto de Junio tuvo una magnitud de 61.9%. El promedio de frutos/flor que llegaron a la cosecha fue de 0.0115%. La producción de fruto fue de 150.4 kg/árbol.

Se obtuvieron tres modelos de predicción para pronosticar el tamaño final del fruto, según su tamaño inicial: fruto pequeño ($R^2 = 0.972$), fruto mediano ($R^2 = 0.989$) y fruto grande ($R^2 = 0.980$).

6. LITERATURA CITADA

- ARPAIA, M.L. 1998. California Avocado Grower. Vol. 2 (April), p. 1.
- BEKEY, R. 1986. Pollination of avocado: some new insights with special reference to the 'Hass' variety. California avocado Soc. Yrbk. 70:91-97.
- BLUMENFIELD, A. AND S. GAZIT. 1974. Development of seeded and seedless avocado fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:442-228.
- BOWER, J.P. AND J.G.M. CUTTING. 1992. The effect of selective pruning on yield and fruit quality in 'Hass' avocado. Acta Hort. 296:55-58.
- GARDIAZABAL, F. AND G. ROSENBERG. 1991. Cultivo del palto. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 201 p.
- HERNÁNDEZ, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass, para la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p.
- JACKSON, D. 1999. Temperate and subtropical fruit production. Second Edition. CABI publishing. 332 p.
- LAHAV, E. AND D. ZAMET. 1975. Abscission of flowers, fruitlets and fruits in avocado. (In Hebrew). Alon Ha'Notea 29:556-562.
- REECE, P.C. 1942. Differentiation of avocado blossom buds in Florida. Bot. Gaz. 104:458-476.
- SALAZAR-GARCÍA, S. AND C.J. LOVATT. 1998. GA₃ application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:791-797.
- SALAZAR-GARCÍA, S. AND C.J. LOVATT. 1999. Winter trunk injections of gibberellic acid₃ altered the fate of 'Hass' avocado buds: effects on inflorescence type, number and rate of development. J. Hort. Sci. & Biotech. 74:69-73.
- SALAZAR-GARCÍA, S. AND I. LAZCANO-FERRAT. 2003. Site specific fertilization increased yield and fruit size in 'Hass' avocado. Better Crops International 17(1):12-15.

- SALAZAR-GARCÍA, S., E.M. LORD, AND C.J. LOVATT. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:537-544.
- SALAZAR-GARCÍA, S., L.E. COSSIO-VARGAS, C.J. LOVATT, I.J.L. GONZÁLEZ-DURÁN, AND R. MEDINA-TORRES. 2006a. Effect of foliar-applied plant bioregulators on "June fruit drop", yield and fruit size of 'Hass' avocado. *Acta Horticulturae* 727:197-202.
- SALAZAR-GARCÍA, S., L.E. COSSIO-VARGAS, C.J. LOVATT, I.J.L. GONZÁLEZ-DURÁN, AND M.H. PÉREZ-BARRAZA. 2006b. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. *HortScience* 41:1541-1546.
- SAS INSTITUTE INC. 2005. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- SCHROEDER, C.A. 1944. The avocado inflorescence. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 28:39-40.
- SEDGLEY, M. AND ALEXANDER, D.M. 1983. Avocado breeding research in Australia. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 67:129-135.
- SILVA, M. 1997. Evaluación del efecto de un producto de origen aminoacídico aplicado en floración sobre la cuaja y retención de fruta del palto cultivar Hass, en la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 79 p.
- WHILEY, A.W., K.R. CHAPMAN, AND J.B. SARANAH. 1988. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte, during flowering. *Aust. J. Agric. Res.* 39:457-467.
- WOLSTENHOLME, B.N., P.J. HOFMAN, J.G. CUTTING, AND A.W. LISHMAN. 1985. Theoretical and practical implications of plant growth substance trends in developing 'Fuerte' avocado fruits. *South African Avocado Growers' Assn. Yrbk.* 8:92-96.

Cuadro 1. Producción de brotes florales, flores y frutos por el aguacate 'Hass'.
Table 1. Production of floral shoots, flowers, and fruit by 'Hass' avocado.

Característica	Núm. de árboles	Media	Error estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Brotes florales/árbol	10	4,883	± 384	3,495	6,958
Flores/árbol	10	1,751,054	± 124,173	1,102,689	2,280,857
Frutos/árbol	10	744	± 46.671	570	950

Cuadro 2. Composición de los brotes florales en aguacate 'Hass'.
Table 2. Composition of floral shoots in 'Hass' avocado.

Característica	No. de brotes florales	Media	Error estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Ejes secundarios/brote floral	100	13.8	± 0.952	9.3	18.3
Flores/brote floral	100	371.1	± 99.7	228.3	545.2

Cuadro 3. Frutos amarrados por flor en aguacate 'Hass'.
Table 3. Fruit set per flower in 'Hass' avocado.

Fecha de evaluación (2005)	Long. del fruto (cm)	% amarre de fruto/flor			
		Media	Error estándar	Valor mínimo	Valor máximo
17 Abril	1 - 2	0.0448	± 0.0048	0.0294	0.0870
20 Mayo	2 - 4	0.0424	± 0.0035	0.0249	0.0680
29 Agosto	5 - 9	0.0166	± 0.0023	0.0096	0.0362
02 Octubre	7 - 12	0.0115	± 0.0014	0.0050	0.0181

Cuadro 4. Análisis de correlación de la longitud de fruto final vs. inicial en aguacate 'Hass'.

Table 4. Correlation analysis of final vs. initial fruit length in 'Hass' avocado.

Meses	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Abril	0.960							
Mayo	0.898	0.926						
Junio	0.869	0.897	0.985					
Julio	0.944	0.946	0.961	0.955				
Agosto	0.910	0.943	0.967	0.961	0.959			
Septiembre	0.827	0.867	0.964	0.978	0.926	0.953		
Octubre	0.925	0.963	0.965	0.955	0.965	0.966	0.946	
Noviembre	0.966	0.980	0.938	0.916	0.965	0.951	0.889	0.977

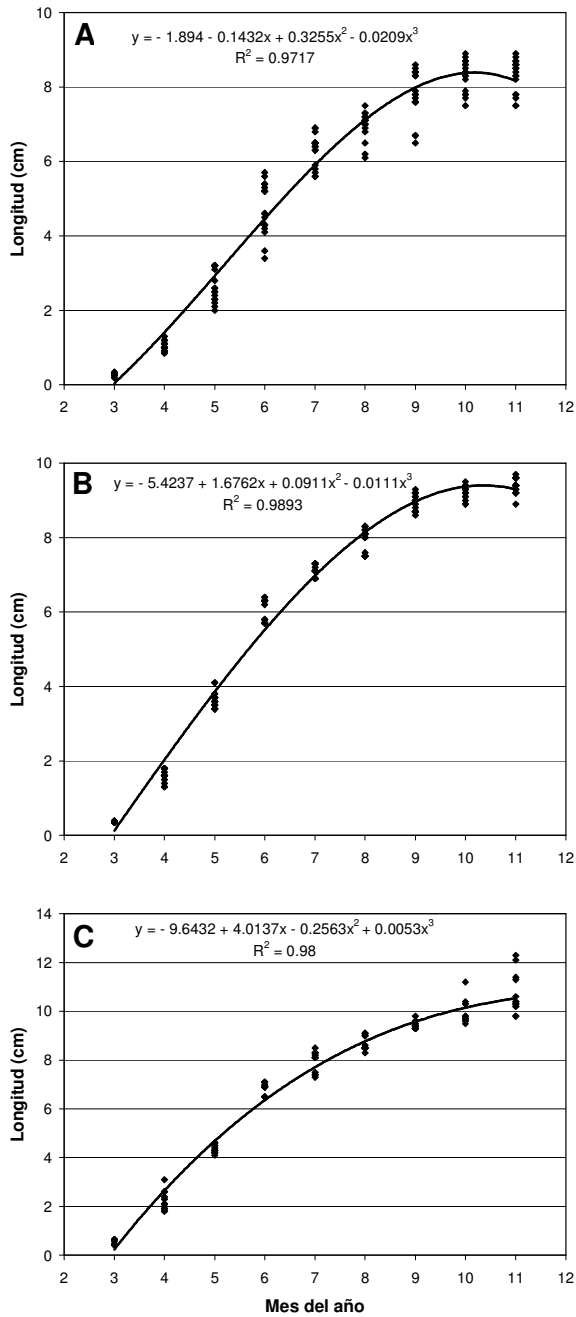


Figura 1. Dinámica de crecimiento de frutos de aguacate 'Hass' según su tamaño: (A) pequeño (<135 -169 g), (B) mediano (170-210 g) y (C) grande (211- >266 g).

Figure 1. Growth dynamics of 'Hass' avocado fruit according their size: (A) small (<135 -169 g), (B) medium (170-210 g), and (C) large (211- >266 g).