

Título:

DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO DE AGUACATE ‘HASS’ EN EL CLIMA TROPICAL DE COLOMBIA.

Autor principal: Luz María Mejía Jaramillo.

E-mail: lmejia@cartama.com.co

Dirección: Carrera 33 # 7-41 oficina 502 Edificio Bianco, El Poblado, Medellín (Antioquia-Col)

Teléfono: (057-4-4447570)

DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO DE AGUACATE 'HASS' EN EL CLIMA TROPICAL DE COLOMBIA

DYNAMICS OF 'HASS' AVOCADO FRUIT GROWTH IN THE TROPICAL CLIMATE OF COLOMBIA

L.M. Mejía-Jaramillo¹, S. Saavedra-Porras¹, A. Henao-Rojas¹, A. Quintero-Montoya¹ y S. Salazar-García².

¹Equipo Técnico y de Investigación y Desarrollo del Grupo Cartama. Medellín, Antioquia, Colombia.

²Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México.

Resumen

El aguacate 'Hass' es uno de los cultivos con mayor crecimiento en la fruticultura moderna y se proyecta como uno de los más importantes a mediano plazo. Para generar un programa de manejo nutricional basado en la fenología del cultivo, es necesaria más investigación sobre el comportamiento de 'Hass' en los diferentes agroecosistemas en los que se ha establecido en Colombia. El objetivo de este estudio fue conocer la dinámica de crecimiento del fruto de 'Hass' en dos zonas agroecológicas. Se registró el crecimiento (peso fresco, diámetro y longitud) de 56 frutos en cada uno de 50 árboles para cada uno de dos huertos: i) Anserma (Caldas; altitud: 2000 m, clima: Bosque húmedo montano bajo, temperatura promedio anual: 14.5 °C, precipitación media anual: 1670 mm), ii) Rionegro (Antioquia; altitud: 2200 m, clima: Bosque muy húmedo montano bajo, temperatura promedio anual: 16 °C, precipitación promedio anual: 2248 mm). En el huerto de Anserma el fruto requirió 217 días desde el estado aceituna (diámetro 20-30 mm) hasta cosecha (diámetro >70 mm; $\geq 24\%$ peso seco en mesocarpio), mientras que en Rionegro fueron necesarios 249 días. Las diferencias estuvieron marcadas por la altitud y las condiciones de temperatura y precipitación. Los frutos acumularon materia seca (MS) hasta el momento de la cosecha. Entre la Etapa 1 (diámetro 35-45 mm) y Etapa 3 (diámetro 60-70 mm) ocurrió la mayor tasa de acumulación de MS, desde 1.7 g día⁻¹ hasta 1.2 g día⁻¹ para Anserma y Rionegro, respectivamente. Los resultados indican que el suministro de nutrientes al cultivo debe ser permanente durante el desarrollo del fruto, reforzando las aplicaciones en las etapas de mayor ganancia de peso.

Palabras clave: *Persea americana* Miller, materia seca, piel, mesocarpio, testa, semilla

Abstract

The 'Hass' avocado is one of the crops with the highest growth in the Colombian fruticulture and it is projected as one of the most important in the mid-term. In order to formulate phenology-based nutrition program more research is necessary on the performance of this cultivar in the different agroecosystems in which it has been established in Colombia. The objective of this study was to establish the dynamics of 'Hass' avocado fruit growth in two agroecological regions. The growth (fresh weight, diameter and length) of fruit from 50 trees in each of two orchards was recorded: i) Anserma (Caldas, altitude 2,000 m, climate low montane humid forest, annual mean temperature 14.5 °C, annual mean precipitation 1,670 mm); ii) Rionegro (Antioquia, altitude 2,200 m, climate

low montane very humid forest, annual mean temperature 16 °C, annual mean precipitation 2,248 mm). In the Antioquia orchard, fruit required 249 days from the olive stage (20-30 mm diameter) to harvest (> 70 mm diameter, \geq 24% mesocarp dry weight), while in Caldas, there were necessary only 217 days. The differences were marked by altitude and environmental conditions such as temperature and precipitation. The fruit accumulated dry matter (DM) until the time of harvest. Between Stages 1 (35-45 mm diameter) and Stage 3 (60-70 mm diameter) occurred the highest rate of DM accumulation, from 1.7 g day⁻¹ to 1.2 g day⁻¹ for Anserma and Rionegro, respectively. The results indicate that nutrient supply must be permanent, reinforcing the applications in moments of greater weight gain.

Key words: *Persea americana* Miller, dry matter, skin, mesocarp, testa, seed

Introducción

El cultivo de aguacate cv. Hass (*Persea americana* Miller) en Colombia ha tenido un crecimiento acelerado de tal forma que en los últimos años las áreas plantadas se han incrementado 49%. Esto ubica al país en el tercer lugar mundial durante 2017 con un área cosechada de 35,114 ha, lo que equivale al 6% de la superficie mundial con aguacate (Granados y Valencia, 2018).

El cultivo de aguacate en Colombia tiene un rendimiento promedio entre 8.8-9.5 ton ha⁻¹ (Granados y Valencia, 2018). Sin embargo, en huertos de alta densidad manejados con poda y reguladores de crecimiento es posible que se obtengan 32.5 ton ha⁻¹ de aguacate ‘Hass’ (Wolstenholme, 1986), lo que para Colombia puede representar incrementos de rendimiento de hasta 70%.

Los nutrientes cumplen funciones esenciales que afectan el desempeño de la planta y pueden determinar el potencial de producción (Tamayo y Osorio, 2014). El momento de aporte de los nutrientes es importante debido a la función que cumple cada uno de los elementos dentro de la planta dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo. Al conocer y entender la duración e intensidad de las distintas fases fenológicas y sus interrelaciones en el tiempo, se pueden mejorar las prácticas de manejo de los huertos, como fertilizaciones, podas y riegos, entre otras, así como modificar la fecha de ocurrencia e intensidad de los flujos vegetativos y reproductivos para mejorar la productividad de los huertos (Rocha-Arroyo et al., 2011).

Entre los retos que tiene Colombia para consolidar su posicionamiento en el mercado internacional son: mejorar la productividad de los huertos, la calidad del fruto, e incrementar la proporción de fruto de calibres comerciales. Para ello, es necesaria la investigación ya que por la ubicación geográfica, Colombia presenta características tropicales, variaciones en tipos de clima y suelos, los organismos del suelo y la configuración del terreno (Sanchez, 2013). Como estas condiciones no están presentes en otros países productores, la tecnología de producción debe ser validada y/o generada.

El objetivo del estudio fue conocer la dinámica de crecimiento del fruto de aguacate ‘Hass’, en dos zonas agroecológicas de Colombia y establecer las fechas de ocurrencia de las etapas clave de desarrollo del fruto, desde tamaño aceituna hasta cosecha.

Materiales y Métodos

Zona de estudio

Se seleccionaron dos unidades productivas (UP) del grupo Cartama con condiciones edafoclimáticas contrastantes: UP La Escondida, ubicada en el municipio de Rionegro (Antioquia), vereda Cabeceras (Coordenadas: 6° 5' 58.274" N; 75° 26' 30.48" O), altitud 2,200 msnm, precipitación pluvial anual 2,248 mm, categorizada como zona de vida Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (Holdridge, 1967); UP El Sinaí, ubicada en el municipio de Anserma (Caldas), vereda Bellavista (Coordenadas: 5° 16' 57.12" N 75° 47' 59.23" O). altitud 2,000 msnm, precipitación pluvial anual 1,670 mm, categorizada como zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Holdridge, 1967).

Selección y marcación de árboles

En cada UP se eligieron 50 árboles de aguacate 'Hass' de 14 a 19 años (UP La Escondida) y 7 años (UP El Sinaí) injertados sobre portainjertos provenientes de semilla de aguacate criollo de origen desconocido, y que al momento de la selección tenían más de 200 frutos árbol⁻¹ en etapa aceituna y con altura, etapa fenológica, sanidad y manejo agronómico similar.

Se realizaron muestreos de fruto de la floración principal, según sus etapas de desarrollo. La cantidad de frutos colectados varió con la etapa de desarrollo del fruto (*Tabla 1*; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 1. Especificación del tamaño y cantidad de frutos colectados en cada etapa de desarrollo.

Etapas	Diámetro (mm)	Frutos/árbol
Aceituna (E-A)	20 - 34	25
Etapa 1 (E-1)	34.1 - 45	15
Etapa 2 (E-2)	45.1 - 60	10
Etapa 3 (E-3)	60.1 - 70	4
Cosecha (E-C)	24% materia seca	2

El fruto en E-A se procesó completo y a partir de la E-1 se separó en cada uno de sus tejidos (piel, mesocarpio, testa y semilla). En cada fecha de muestreo se obtuvo el peso fresco, diámetro y longitud de cada fruto con calibrador digital. Los tejidos se pesaron en fresco y se deshidrataron en horno eléctrico con aire forzado a 60 °C hasta peso constante para luego registrar el peso seco.

El análisis de la información consistió en caracterizar y describir la dinámica de crecimiento del fruto en dos zonas aguacateras diferentes. El análisis se realizó con el programa estadístico R versión 1.1.456 (2009-2018) a través de un ANOVA con un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$) y el test pos-hoc de Tukey.

Resultados

El fruto presentó dimensiones muy similares en las dos zonas de estudio y no se observaron diferencias significativas ($p = 0.05$) en el tamaño (longitud y diámetro) que alcanzó el fruto en la etapa de cosecha (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y 2). La ligera variación entre las dos UP radicó en el tiempo transcurrido entre las etapas de desarrollo del fruto (Tabla 2),

principalmente entre E-2 y E-3, donde La Escondida demoró casi el doble de tiempo en obtener el mismo tamaño y peso que el fruto de El Sinaí. De E-A a E-C, en El Sinaí transcurrieron 217 d mientras que en La Escondida fueron 249 d, lo que corresponde a 10 y 11 meses de floración a cosecha, respectivamente.

La precipitación y temperatura registrada en las dos zonas de estudio presentó variaciones. En El Sinaí la precipitación fue mayor (2,502 mm) y mejor repartida que en La Escondida (2,441 mm). Respecto a temperatura, La Escondida presentó temperaturas promedio inferiores.

Los frutos ganaron peso durante todo su desarrollo. Entre E-A y E-1 los frutos acumularon en promedio 0.66 g día^{-1} en ambas UP. Entre E-1 y E-2 la ganancia fue entre 1.17 y 1.51 g día^{-1} , entre E-2 y E-3 la ganancia fue de 1.12 y 1.72 g día^{-1} , entre E-3 y E-C la ganancia fue 0.53 y 0.63 g día^{-1} para La Escondida y El Sinaí, respectivamente. El contenido de agua en el fruto varía a lo largo de su desarrollo, pasando de 88% en E-A a 72% en E-C (Figura 4 y Figura 5).

El fruto de aguacate distribuyó la materia seca en sus tejidos (piel, mesocarpio, testa y semilla) de manera similar en las dos zonas de estudio y no se presentaron diferencias significativas ($p = 0.05$). Durante todas las etapas de crecimiento acumuló entre 65 y 68% en el mesocarpio, mientras que en la piel al inicio del desarrollo acumuló 27%, este contenido disminuyó progresivamente hasta alcanzar entre 9.6 y 12.1% al momento de la cosecha. De igual forma, la acumulación promedio de materia seca en la testa decreció de 2.35% a 0.65%. La semilla fue uno de los tejidos en los cuales ocurrió un notorio incremento en la MS pasando de 2.5% en E-1 a 24.7 % en E-C (Figura 6).

Discusión

El desarrollo del fruto en las dos unidades productivas fue afectado por las condiciones climáticas presentes durante el estudio. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En La Escondida la temperatura fue más baja que en El Sinaí (Figura 3). Esto pudo haber causado el atraso de 32 días en el desarrollo del fruto en La Escondida. Según Orozco y Ayala (2012), la temperatura modifica las fases fenológicas de las plantas y esto conlleva a tener ciclos más cortos o más largos, como es el caso de La Escondida donde a menor temperatura se obtuvo un ciclo más largo de crecimiento del fruto.

El incremento de la altitud causa una disminución en la temperatura de 0.6 °C por cada 100 m de elevación. De las alteraciones climatológicas que ocurren con la altitud, la temperatura es la que afecta en mayor grado la tasa de crecimiento de las plantas (Fischer y Orduz-Rodríguez, 2012), esto explica que la ganancia de peso en todos los estados de desarrollo fue mayor en El Sinaí que está ubicada a 2,000 msnm mientras que La Escondida está ubicada a 2,200 msnm.

En El Sinaí la precipitación (2,502 mm) superó por sólo 61 mm a La Escondida (2,441 mm) y también tuvo una mejor distribución durante el año. Esta pequeña diferencia puede explicar que en El Sinaí el fruto a la cosecha alcanzó un mayor peso promedio (228.12 g) y MS. Esto coincide con lo encontrado por Salazar-García *et al.* (2011) en Michoacán, donde el peso total del fruto y su contenido de MS estuvieron relacionados con el clima (precipitación), ya que el aguacate 'Hass' obtuvo un mayor peso en climas húmedos que en subhúmedos.

El fruto de la floración principal acumuló peso durante todas las etapas de desarrollo (Figura 4 y 5). Para mejorar su nutrición, será necesario aportar nutrientes de manera continua, teniendo en cuenta que al mismo tiempo hay llenado de fruto de la floración “traviesa”, ya que, en Colombia, por sus características climáticas, se presentan dos floraciones y dos cosechas al año. Resultó notorio que el mayor desarrollo de fruto ocurrió entre E-1 y E-3, razón por la cual dentro de los planes de nutrición se debe priorizar en esta etapa la aplicación de nutrientes como potasio, magnesio y boro, que según Salazar-García (2002), son demandados en altas cantidades durante la etapa de llenado de fruto y que al mismo tiempo determinan su calidad postcosecha.

El crecimiento del fruto de aguacate se caracteriza por seguir una curva sigmoidea simple con división y elongación celular durante todo el ciclo de crecimiento del fruto (Wolstenholme et al., 1985). Aunque ligeramente, esta dinámica de crecimiento fue observada en el presente estudio (Figura 5). La división celular es rápida en las primeras semanas después de anthesis y se vuelve lenta al acercarse a la maduración (Cossio-Vargas et al., 2007), razón por la cual se encontró que la tasa de acumulación de MS pasó de 1.17 y 1.51 g día⁻¹ en E-2 a 1.12 y 1.72 g día⁻¹ en E-3 a 0.53 y 0.63 g día⁻¹ antes de la cosecha para La Escondida y El Sinaí respectivamente.

Respecto a la distribución porcentual de la materia seca acumulada en los diferentes tejidos del fruto no se encontró efecto de las variables climáticas registradas. La MS acumulada en piel, mesocarpio, testa y semilla en las dos regiones no mostró diferencias significativas (Figura 6). Es posible que esta forma de distribuir los fotoasimilados a cada tejido puede estar asociada a la genética de la variedad de aguacate.

Los resultados de distribución de fotoasimilados hacia el mesocarpio (65 a 68%) son consistentes con lo obtenido por Márquez et al. (2014) donde al momento de la cosecha el mesocarpio concentró entre 69.8% y 64.8% de la MS para el municipio del Carmen de Viboral y El Retiro respectivamente. Estos valores fueron superiores a lo establecido por la Norma Técnica Colombiana (NTC, 5209) de 55.7% e inferiores a lo determinado por Parra y Hernández (2005) de 72%.

El contenido promedio de MS en la semilla al momento de la cosecha fue 24.7%. Esta cifra es superior al 15.1% y 16.8% para los dos municipios arriba mencionados por Márquez *et al.* (2014). Así mismo, afirma que la MS en la piel fue de 18.9% para Carmen de Viboral y 21.5% para El Retiro. Los datos para la piel contrastan con el 9.6 y 12.1 % obtenido en esta investigación para La Escondida y El Sinaí respectivamente.

La presente investigación documentó las diferencias en la dinámica de crecimiento del fruto de aguacate ‘Hass’ en dos zonas agroecológicas de Colombia. La presencia de temperaturas más cálidas en El Sinaí (Caldas) aceleró 32 d la madurez comercial del fruto, respecto al de La Escondida (Antioquia). En este trabajo por primera vez se establecen las fechas de ocurrencia de etapas clave de desarrollo del fruto, desde tamaño aceituna hasta cosecha y que serán útiles para futuras investigaciones con el propósito de aumentar la eficiencia de la fertilización para mejorar el rendimiento y calidad del fruto de ‘Hass’.

Agradecimientos

Al Grupo Cartama por el apoyo de todo el equipo de trabajo y patrocinio de la investigación.

A la Universidad Católica de Oriente y a la Universidad Eafit por su disposición y apoyo.

Referencias

- Cossio-Vargas, L.E., Salazar-García, S., González-Durán, I.J.L. y Medina-Torres, R. (2007). Algunos aspectos reproductivos del aguacate 'Hass' en clima semicálido. VI Congreso Mundial de la Palta-Aguacate-Avocado. Viña del mar, Chile, Noviembre. 3d-151, 11 p.
- Fischer, G., & Orduz-Rodríguez, J. (2012). Manual para el cultivo de frutales en el trópico: Ecofisiología en frutales. Bogotá: Produmedios. p. 54-72.
- Granados, W., & Valencia, J. (2018). Cadena de Aguacate. Indicadores e Instrumentos. Retrieved from <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S2071-Aguacate Junio>.
- Holdridge, L. R. (1967). Life Zone Ecology. Tropical Science Center., 206 p.
- Jarma Orozco, A., Cardona Ayala, C., & Araméndiz Tatis, H. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 15(1), p. 63–76, 2012.
- Márquez, C. J., Yepes, D. P., Sanchez, L., & Osorio, J. A. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. Temas Agrarios, 19(1), p. 32, 2014.
- Parra, C., & Hernández, H. (2005). Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p. 66.
- Rocha-Arroyo, J.L., Salazar-García, S., Bárcenas-Ortega, A. E., Gonzalez-Durán, I. J. L., & Cossio-Vargas, L. E. Phenology of 'Hass' avocado in Michoacan. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(3), p. 303–316, 2011.
- Salazar-García, S. (2002). Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. INPOFOS e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Querétaro, México. 165 p.
- Salazar-García, S., González Durán, I.J.L., Tapia-Vargas, L.M. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 17(2), p. 183–194, 2011.
- Sanchez-Espinosa, J. A. (2013). Los Suelos de Colombia. In H. Burbano Orjuela & F. Silva Mojica (Eds.), Ciencia del suelo principios básicos. Bogotá. p. 485–550.
- Wolstenholme, B. N. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. Acta Horticulturae 175, p. 121–126, 1986.
- Wolstenholme, B.N., Hofman, P. J., Cutting, J. G., & Lishman, A. W. Theoretical and practical implications of plant growth substance trends in developing 'Fuerte' avocado fruits. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. v. 8. p. 92-96, 1985.

Tabla 2. Detalle de las fechas de muestreo en cada una de las etapas de desarrollo del fruto y días transcurridos entre una etapa y la siguiente en las dos zonas de estudio.

Unidad Productiva	Fecha de muestreo				
	Aceituna	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Cosecha
El Sinaí	7/05/2018	21/06/2018	1/08/2018	6/09/2018	11/12/2018
Días transcurridos de una etapa a la siguiente		45	41	36	95
Total			217 días		
La Escondida	20/05/2018	4/07/2018	25/08/2018	25/10/2018	23/01/2019
Días transcurridos de una etapa a la siguiente		45	52	61	91
Total			249 días		

|

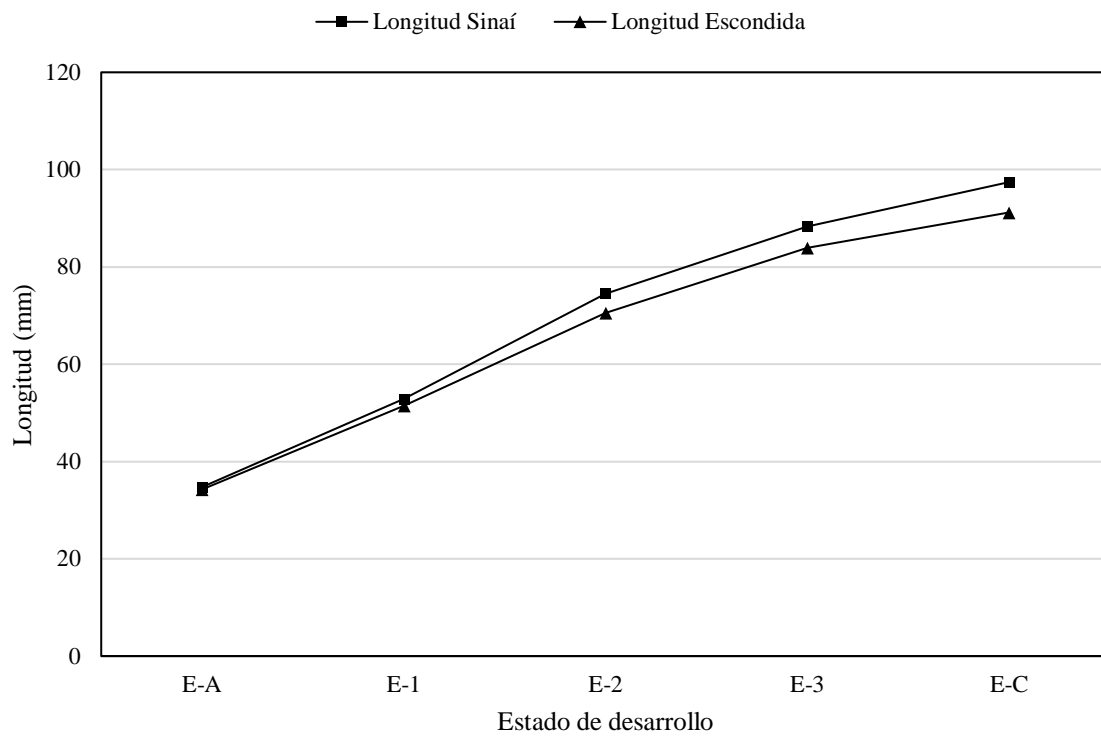


Figura 1. Longitud promedio de los frutos evaluados en cada etapa de desarrollo en las dos zonas de estudio. Etapas de desarrollo: E-A = Aceituna, E-1= Etapa 1, E-2 = Etapa 2, E-3 = Etapa 3, E-C = Cosecha.

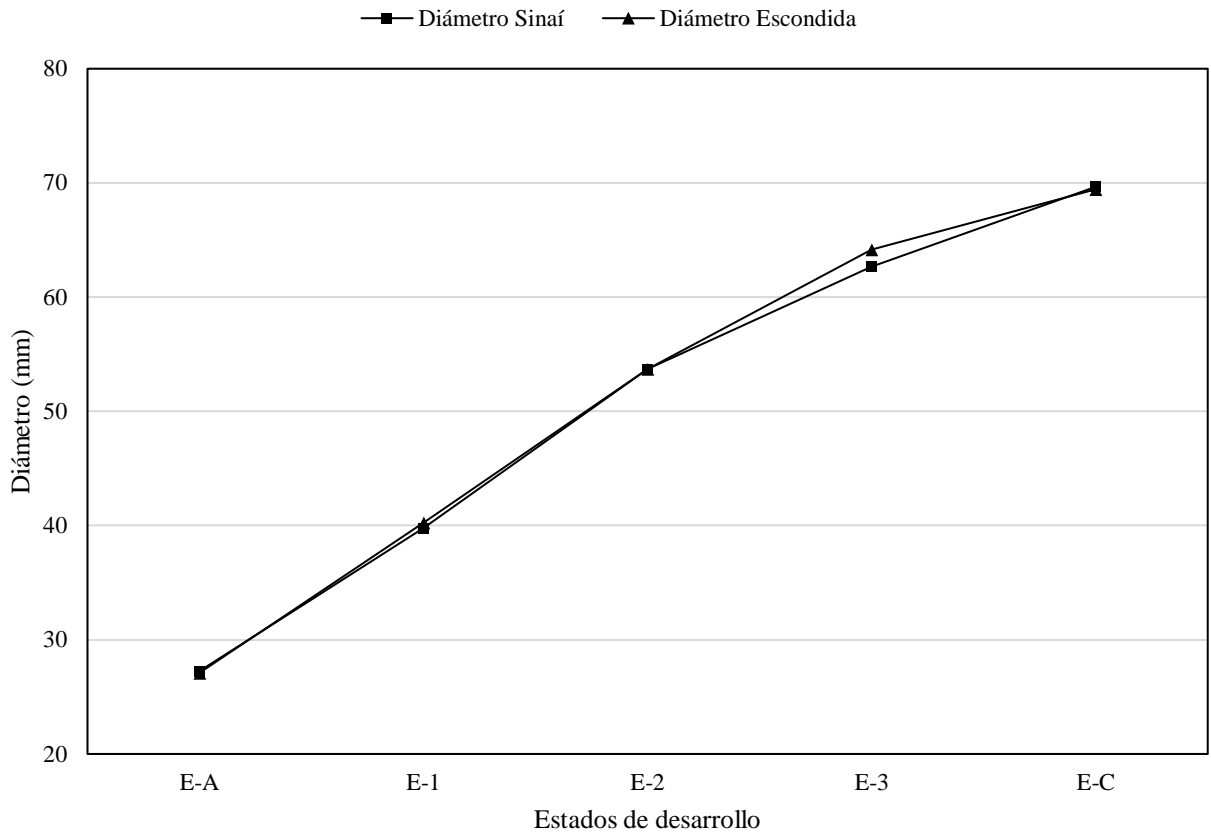


Figura 2. Diámetro promedio de los frutos evaluados en cada etapa de desarrollo en las dos zonas de estudio. Etapas de desarrollo: E-A = Aceituna, E-1= Etapa 1, E-2 = Etapa 2, E-3 = Etapa 3, E-C = Cosecha.

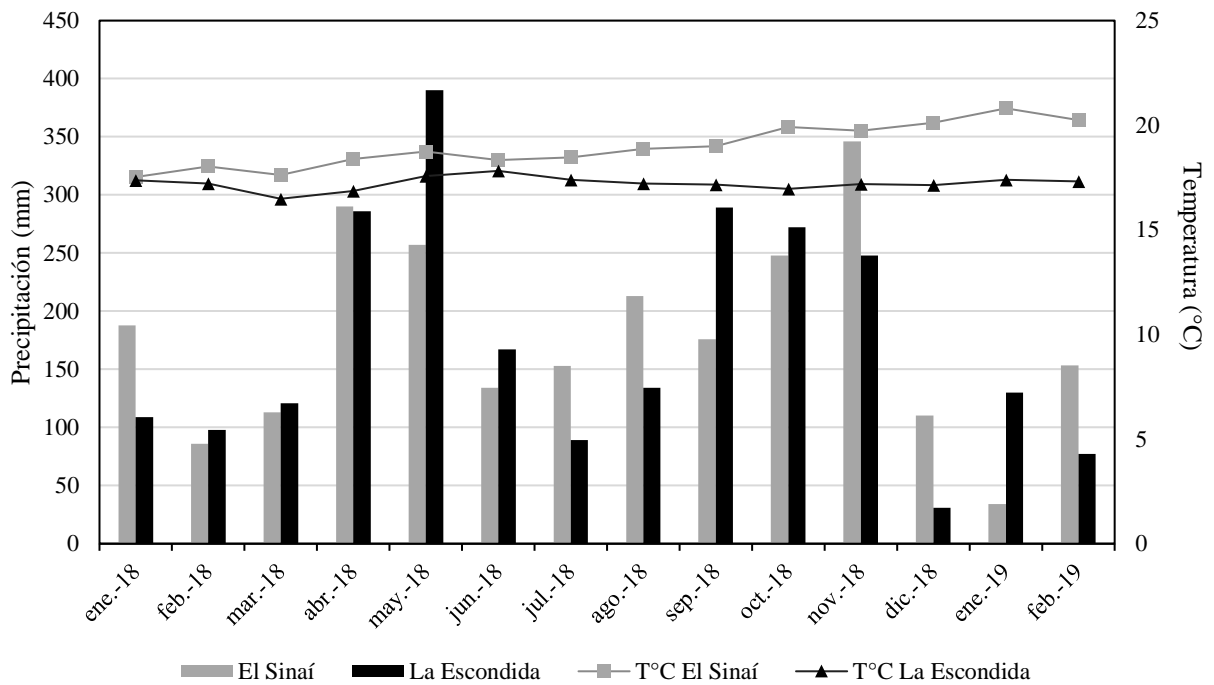


Figura 3. Precipitación mensual (Barras) y temperatura media mensual (líneas) en las dos zonas de estudio, desde enero 2018 (Floración) hasta febrero 2019 (Cosecha).

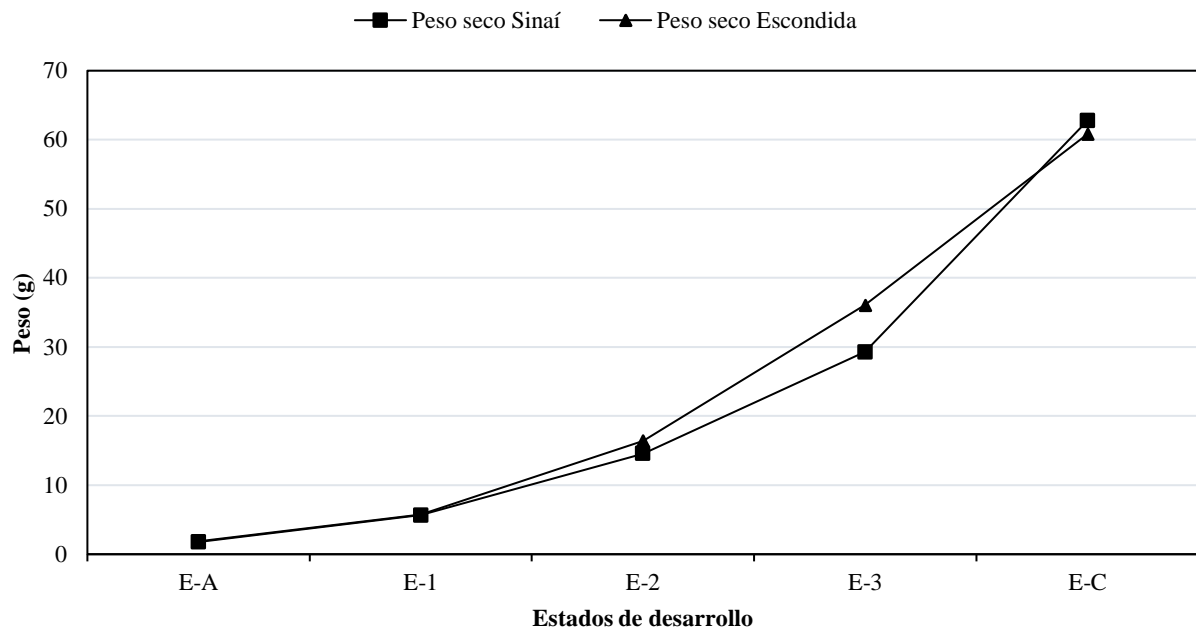


Figura 4. Peso seco (g) acumulado por el fruto en cada una de las etapas de crecimiento en las dos zonas de estudio. Etapas de desarrollo: E-A = Aceituna, E-1= Etapa 1, E-2 = Etapa 2, E-3 = Etapa 3, E-C = Cosecha.

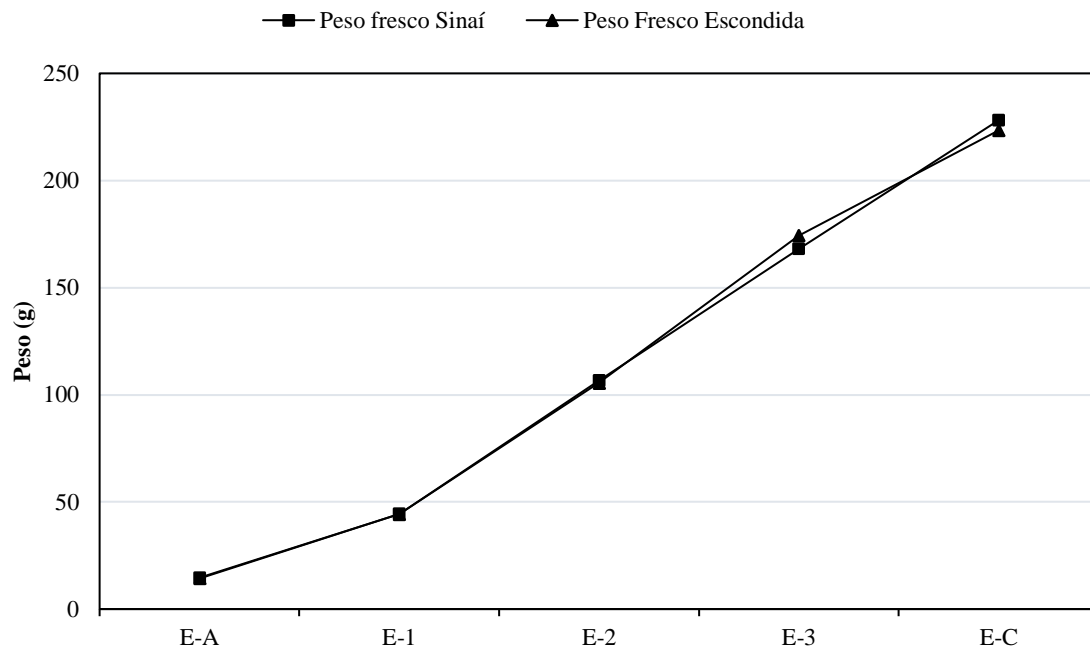


Figura 5. Peso fresco acumulado por el fruto en cada etapa de desarrollo en las dos zonas de estudio. Etapas de desarrollo: A = Aceituna, E1= Etapa 1, E2 = Etapa 2, E3 = Etapa 3, C = Cosecha.

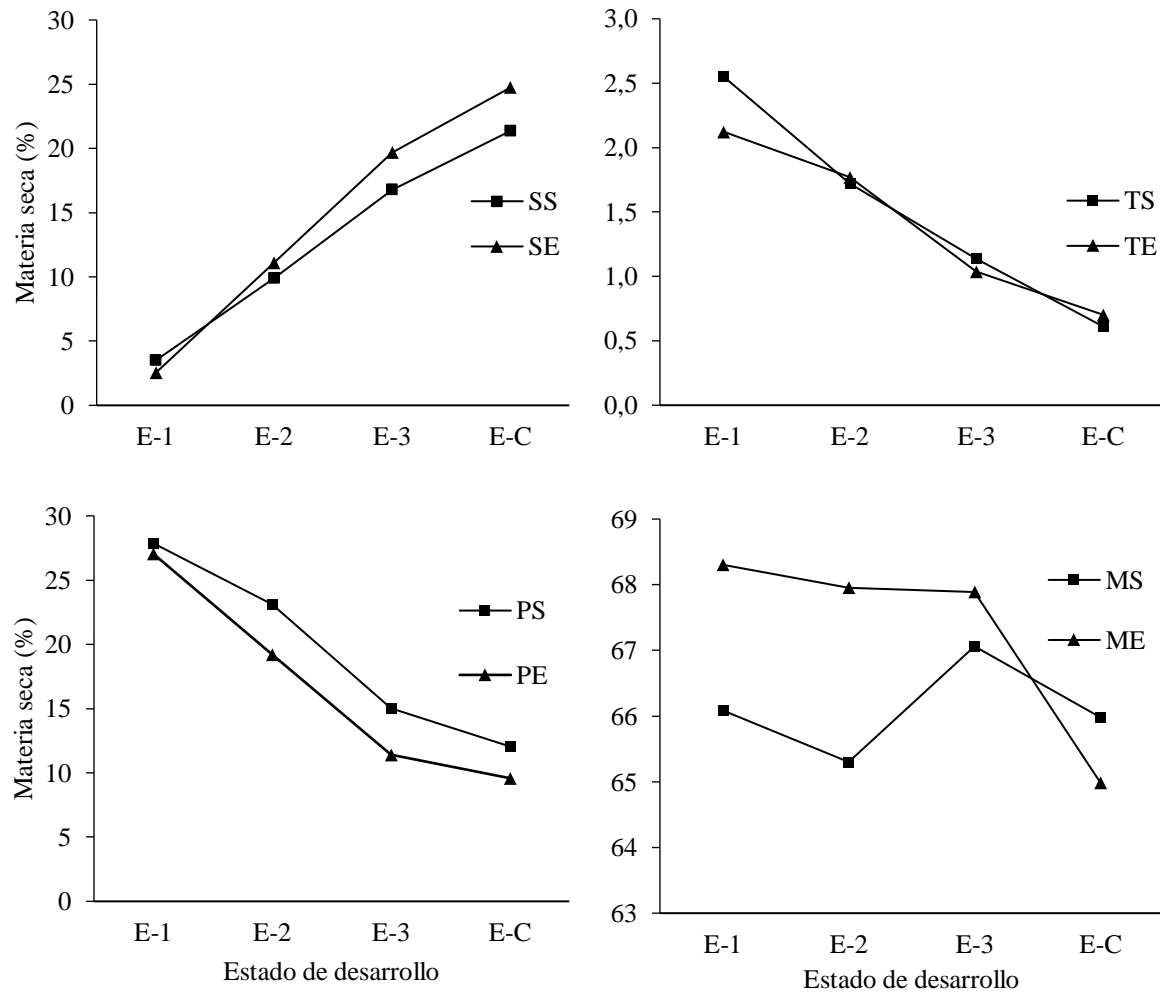


Figura 6. Distribución porcentual de la acumulación de materia seca en los tejidos del fruto de aguacate ‘Hass’ en sus etapas de desarrollo: E-1= Etapa 1, E-2 = Etapa 2, E-3 = Etapa 3, E-C= Cosecha. Tejidos: SS= Semilla Sináí, SE= Semilla Escondida, TS= Testa Sináí, TE= Testa Escondida, PS= Piel Sináí, PE= Piel Escondida, MS= Mesocarpio Sináí, ME= Mesocarpio Escondida.