

EFECTO DE LA POSICIÓN CARDINAL SOBRE LA FENOLOGÍA FLORAL Y RETENCIÓN INICIAL DE FRUTO DEL AGUACATE 'HASS' EN DOS ZONAS DEL TRÓPICO ANDINO DE CALDAS, COLOMBIA

Arias-García, Juan Sebastián¹; Salazar-García, Samuel²; Zamorano-Montañez Carolina¹; Ceballos-Aguirre, Nelson¹; Hurtado-Salazar, Alejandro³

¹Programa de Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad de Caldas. 170004, Manizales, Caldas, Colombia. Correo-e: juansebastian.arias@ucaldas.edu.co

²INIFAP- Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km 6 entronque carretera Internacional a Santiago. Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México.

³Programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Pamplona. Colombia

Resumen

Uno de los principales factores limitantes en la producción de aguacates es la disponibilidad de radiación solar útil en las diferentes regiones del dosel, estudios previos han mostrado una fuerte relación entre el progreso de las fases fenológicas del aguacate y la temperatura, y la radiación interceptada. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la posición cardinal de las inflorescencias del aguacate 'Hass' en la fenología de la floración y retención inicial de frutos en dos zonas contrastantes del trópico andino en Colombia, ubicadas a 1950 m y 2400 m, respectivamente. Las evaluaciones se llevaron a cabo en cuatro árboles de 'Hass' de cinco años por cada zona. El seguimiento se realizó sobre yemas reproductivas, inflorescencias y frutos en cada punto cardinal del árbol. Se registraron los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) y temperatura en diferentes etapas del estudio. Se empleó un diseño experimental completamente al azar y comparación de medias de Tukey. Se encontraron diferencias significativas en la fenología de la floración, la retención inicial de frutos y la incidencia de la radiación PAR y la temperatura según la ubicación cardinal de las flores en el árbol.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., PAR, Retención de frutos, Ecofisiología, Fenología, Temperatura.

EFFECT OF THE CARDINAL POSITION ON THE FLORAL PHENOLOGY AND INITIAL RETENTION OF THE FRUIT ON 'HASS' AVOCADO IN TWO AREAS OF THE ANDEAN TROPICS OF CALDAS, COLOMBIA

Abstract

One of the main limiting factors in avocado production is the availability of useful solar radiation in the different regions of the canopy. Previous studies have shown a strong relationship between the progress of avocado phenological phases and temperature and intercepted radiation. The objective of this research was to determine the effect of the cardinal position of 'Hass' avocado inflorescences on flowering phenology and initial fruit retention in two contrasting zones of the Andean tropics in Colombia, located at 1950 m and 2400 m, respectively. The evaluations were carried out on four five-year-old 'Hass' trees in each zone. The monitoring was carried out on reproductive buds, inflorescences and fruits at each cardinal point of the tree. Photosynthetically active radiation (PAR) and temperature values were recorded at different stages of the study. A completely randomized experimental design and Tukey's comparison of means were used. Significant differences were found in flowering phenology, initial fruit retention and the incidence of PAR radiation and temperature according to the cardinal location of the flowers on the tree.

Key words: *Persea americana* Mill., PAR, Fruit retention, Eco physiology, Phenology, Temperature

Introducción

Desde el 2020 la producción mundial de aguacate presentó un incremento anual de 4.1 % (Arias et al., 2018). En Colombia, la producción de aguacate ‘Hass’ ha crecido en más de 45 % en los últimos años (MADR, 2018; Ramírez-Gil et al., 2018). Sin embargo, para satisfacer la demanda del mercado es necesario tener conocimientos consolidados para acompañar técnicamente el incremento de nuevas áreas y salvaguardar las actuales (Bernal, 2016). Los principales problemas de producción que presenta el aguacate ‘Hass’ se han asociado a una polinización deficiente, así como a una importante caída de flores y de la mayor parte de los frutos en fases iniciales de desarrollo (Alcaraz, 2009). La disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés) en las diferentes zonas del dosel de la copa del árbol es otra limitante de consideración (Hadari, 2004). Diversos estudios han mostrado la influencia que la radiación y la temperatura generan en la fenología de la floración y la retención de frutos en el aguacate ‘Hass’ (Davenport, 1986; Salazar-García et al., 1999; Bender, 2002; Aounallah et al., 2015). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la posición cardinal de las flores de aguacate ‘Hass’ en la fenología de la floración y la retención inicial de frutos, determinando la influencia de la radiación PAR y la temperatura en cada cara del árbol en dos huertos establecidos en zonas contrastantes del trópico andino en Colombia.

Materiales y Métodos

Material vegetal

La fase de campo se realizó durante seis meses en dos huertos comerciales de aguacate ‘Hass’ con cinco años de edad, injertados sobre patrones criollos originados de semilla y con un manejo determinado por los lineamientos del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) en las resoluciones 448 y 30021 para predios exportadores (ICA, 2016). En cada huerto (localidad) se eligieron cuatro árboles en un diseño experimental completamente al azar. En cada árbol se marcaron ramas de aproximadamente 1.5 m de longitud ubicadas en la parte media del árbol con orientación en los cuatro puntos cardinales, donde a su vez se marcaron en promedio 80 inflorescencias por huerto (Salazar-García et al., 2009; Aounallah et al., 2015).

Fenología de la floración

Para documentar el proceso de floración se marcaron en cada rama y en cada cara del árbol yemas apicales reproductivas en estado (510) según la escala fenológica de Alcaraz et al. (2013). Este seguimiento finalizó cuando ocurrió antesis de las flores determinando el tiempo transcurrido entre estados de desarrollo.

Unidades de calor acumuladas

Para cuantificar las unidades de calor acumuladas (UCA), se consideraron las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el tiempo de seguimiento, obtenidas de estaciones climáticas automáticas ubicadas en cada huerto. Para el cálculo se empleó la ecuación: $UCA = T_{max} + T_{min} / 2 - T_b$, donde: $T_b = 10$

Retención inicial de frutos

Para determinar el porcentaje inicial de frutos retenidos se marcaron cinco inflorescencias por cada cara del árbol y se hizo el conteo correspondiente del total de flores en cada inflorescencia. Se realizó seguimiento durante 90 días después de antesis, haciendo conteos periódicos para verificar la permanencia de los frutos según el número inicial de flores.

PAR y la temperatura en cada punto cardinal

Para estudiar la influencia de estas variables en cada cara del árbol, periódicamente se tomaron datos de PAR en diferentes horas del día con un medidor de espectro completo (Apogee PAR MQ-serie 300) con tres sensores. La temperatura y humedad relativa en cada cara del árbol se registraron con un datalogger (RC-51H de Elitech).

Análisis estadístico

Se usó un diseño completamente al azar, considerando el árbol como unidad experimental, cuatro réplicas por huerto, y cuatro subréplicas correspondientes a las ramas marcadas en cada punto cardinal. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se empleó el programa estadístico S.A.S (SAS Inst, Cary N.C. Versión 9.1)

Resultados y Discusión

Fenología de la floración

El tiempo transcurrido entre el estado 510 (yemas reproductivas latentes), y el estado 610 (primeras flores abiertas) según la escala fenológica de (Alcaraz et al., 2013) (Figura 1), tuvo diferencias para los dos huertos (localidades), registrando 110 días para antesis en el municipio de Aranzazu (1950 m), y 132 días en el municipio de Villamaría (2400 m). Esto concordó con lo reportado por Davenport (1982), Salazar-García et al. (1999), Henderson et al. (2003), quienes indicaron que el tiempo de desarrollo floral varía según las condiciones ambientales que se presenten en un lugar específico. Aunque los descensos en la temperatura juegan un papel importante en la transición del estado vegetativo al reproductivo (Bender, 2002; Rocha-Arroyo et

al., 2010), la duración del desarrollo floral aumenta cuando la temperatura es más baja (Sedgley, 1977; Ish-Am y Eisikowitch, 1991; Pattemore et al., 2018). En este sentido, es importante mencionar que, para las dos zonas estudiadas, el lado este (E) y norte (N) de los árboles, fueron los que en su mayoría alcanzaron primero la antesis, esto coincidió con el hecho que estos lados del árbol tuvieron los valores más altos de PAR.

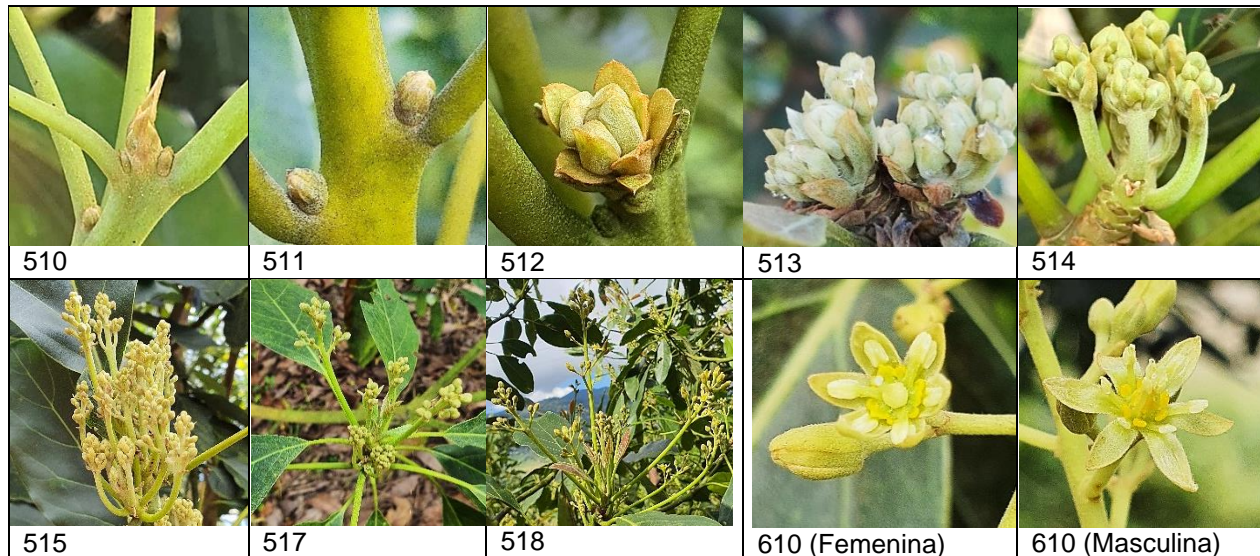


Figura 1. Escala fenológica reproductiva del aguacate 'Hass' basado en Alcaraz et al. (2013). Fotos: Arias-García et al. (2021)

Así, la diferencia de 22 días entre los huertos establecidos en las dos localidades para alcanzar la antesis (Figura 2.) puede explicarse considerando los valores promedio de temperatura durante el tiempo de observación, ya que para la zona de Aranzazu se registró una temperatura promedio de 21.4 °C, mientras en Villamaría la temperatura promedio fue de 17.8 °C.

Incidencia de PAR

Las horas con valores más altos de PAR fueron entre las 11:00 y las 13:00 horas para las dos localidades y las caras del árbol con mayor incidencia de PAR fueron este, oeste y norte, tanto en Villamaría como en Aranzazu. Por su parte, la cara sur fue la de menor incidencia de PAR en las dos zonas de estudio (Figura 3). Es importante considerar que en las zonas cercanas al Ecuador la duración del día no parece cambiar apreciablemente (Yeang, 2007), y en cuanto a la radiación solar, Renner (2007) afirmó que cuando el sol pasa directamente sobre el ecuador dos veces al año, se da lugar a un cambio cíclico bimodal en la radiación solar entrante (insolación) que se experimenta en las regiones ecuatoriales. En este sentido, se estima que los valores más

altos de radiación en el Ecuador se pueden presentar justo en estas épocas del año, y esto coincide con las observaciones hechas en este estudio precisamente en el primer semestre del año.

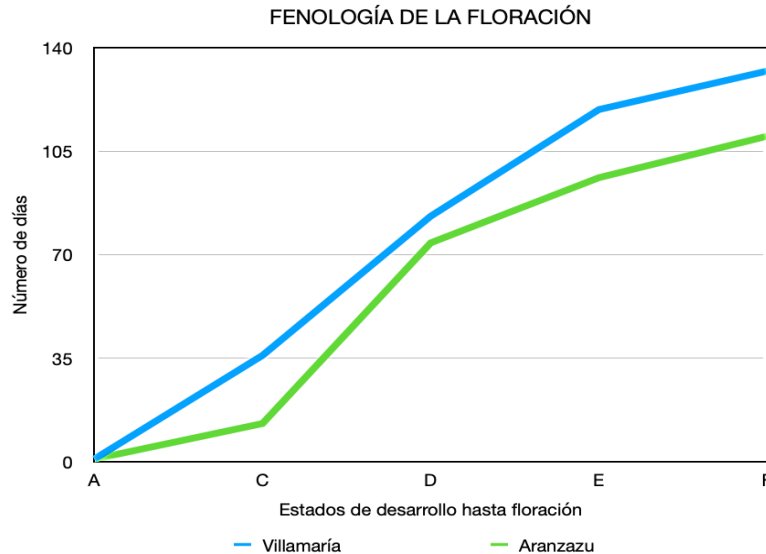


Figura 2. Fenología de la floración de aguacate ‘Hass’ a través del tiempo en dos zonas contrastantes del trópico andino de Caldas, Colombia.

Los valores de PAR obtenidos en este estudio son altos considerando el punto de saturación lumínica que se ha reportado para el aguacate. Para California, Israel y Australia, se ha mencionado valores de 500, 660 y hasta 1100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente para alcanzar punto de saturación lumínica (Scholefield et al., 1980; Bower, 1978; Whiley, 1994). En esta investigación se registraron valores máximos de PAR por encima de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y dentro de los valores promedio que se observaron se alcanzó un poco menos de 1400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 3). Esto indicó una muy buena oferta de PAR en las zonas de estudio y plantea la oportunidad para estudiar el efecto de esta alta radiación solar sobre la fisiología y productividad de los árboles.

Finalmente, la incidencia de menor radiación sobre el lado sur del árbol en las dos zonas estudiadas difiere con lo encontrado por (Hadari, 2004), donde un cultivo de aguacate establecido en Israel mostró 68 % más de flujo de radiación en el lado sur frente al lado norte. En estos resultados influye no solamente la latitud sino también la orientación del cultivo. Adicionalmente, es de resaltar que tanto en Aranzazu como en Villamaría, es frecuente que después de las 14:00 horas, se presente nubosidad y con esto, la reducción en los niveles de radiación (Hadari, 2004), justo cuando el sol, cae por el lado sur-oeste del árbol.

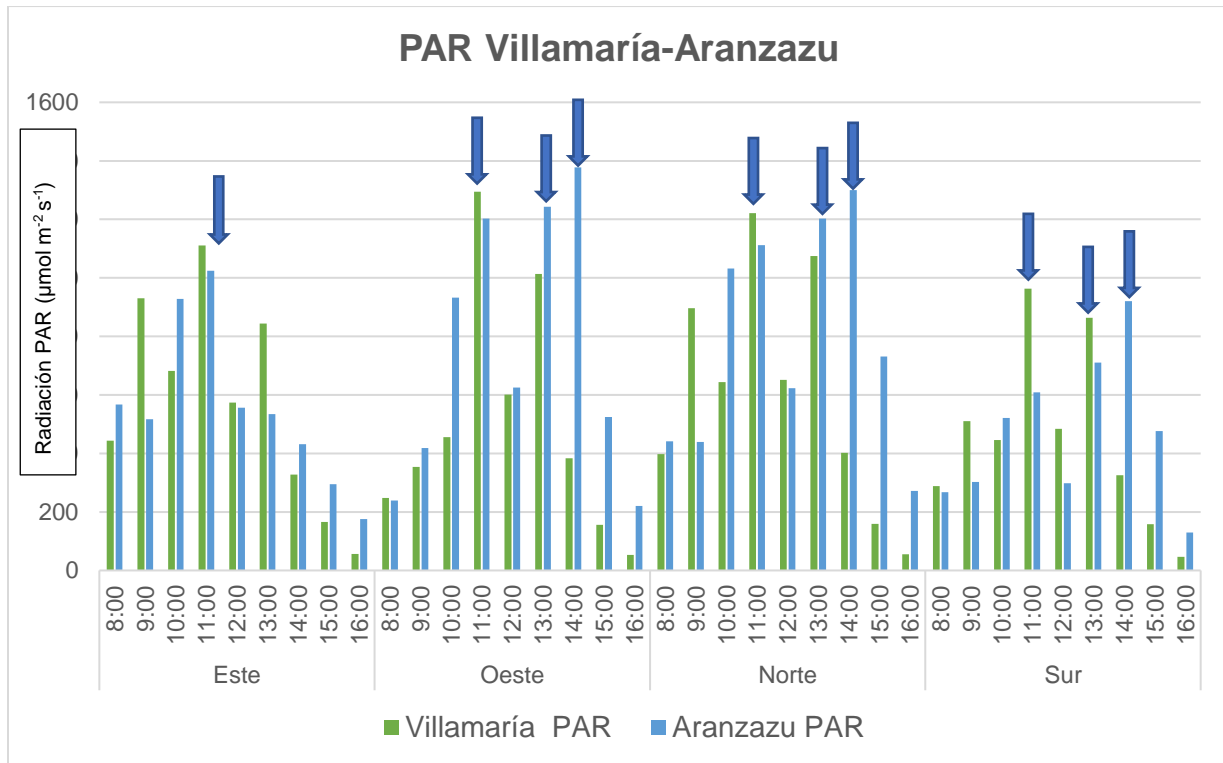


Figura 3. Valores promedio de radiación fotosintéticamente activa (PAR) por cara del árbol de aguacate 'Hass' y por horas en la zona de Villamaría y Aranzazu, Caldas, Colombia. Las flechas sobre las barras indican las horas de máxima radiación para las dos zonas.

Unidades de calor acumuladas (UCA)

Las UCA mostraron diferencias entre los huertos establecidos en las dos localidades. En Aranzazu (1950 m) las UCA para lograr la antesis fueron 2,119; por su parte, en Villamaría (2400 m) las unidades de calor fueron 2,348. Esto concuerda con lo reportado por Chávez-Bárceñas et al. (2008), quienes determinaron que los árboles ubicados en huertos de clima semicálido húmedo requirieron menos UCA para alcanzar antesis que los huertos en clima templado húmedo.

En la presente investigación las UCA fueron más altas en Villamaría, aunque un estado de floración alcanzado en menor tiempo en Aranzazu (Cuadro 1). Estos resultados ligados seguramente a la diferencia de temperatura media entre una zona y otra, donde la zona de Aranzazu muestra una temperatura media más alta (21.4 °C) que la zona de Villamaría (18.8 °C).

Cuadro 1. UCA en la fenología de la floración de aguacate 'Hass' en dos zonas contrastantes del trópico andino de Caldas, Colombia.

Estados de desarrollo hasta floración	Días transcurridos		Grados día de desarrollo (°d)	
	Villamaría	Aranzazu	Villamaría	Aranzazu
A-C	36	13	650.22	235.16
C-D	46	61	823.47	1187.00
D-E	37	22	644.63	426.15
E-F	13	14	230.06	271.62
Total	132	110	2348.4	2119.7

A-C: desde yema reproductiva en latencia (510), hasta yema próxima a brotar (512). C-D: desde (512) hasta eje secundarios visibles en la inflorescencia (514). D-E: desde (514) hasta botón amarillo (515). E-F: desde (515) hasta antesis (610).

Temperatura y humedad relativa según la orientación cardinal

Las temperaturas más altas se registraron en el lado oeste y las más bajas en el lado sur (25.5 y 23.4 °C, respectivamente). En el caso de la humedad relativa, los valores más bajos se registraron en el lado oeste y los más altos al lado sur, con 54.7 y 59.6 %, respectivamente (Figura 4).

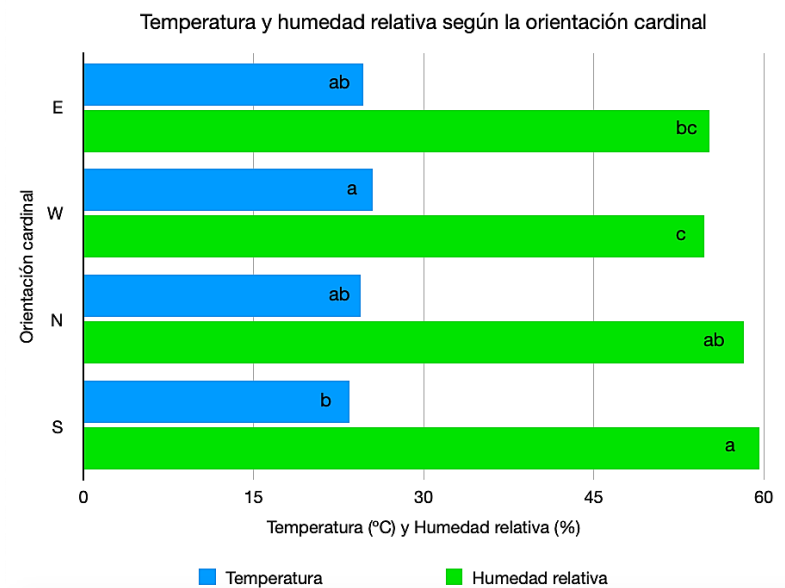


Figura 4. Temperatura y humedad relativa según la orientación cardinal de las ramas de aguacate cv. Hass, en el trópico andino de Caldas, Colombia. Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas.

Un estudio realizado en aguacate cv. Edranol en Sudáfrica, mostró que la temperatura del aire para la máxima fotosíntesis neta fue entre 20 y 24 °C, ya que siempre que la temperatura de las hojas se mantenga bastante cerca de la temperatura ambiente, la tasa de intercambio neto de

CO₂ no se altera de forma apreciable con el aumento de la densidad de radiación entrante, dentro del intervalo de temperatura de 10 a 30 °C (Bower et al., 1977). La temperatura y la humedad relativa fueron medidas en este estudio como parte del microclima circundante en las hojas por cada cara del árbol, esto nos permite ratificar que el lado con menos incidencia de radiación solar posee los valores más bajos en temperatura; sin embargo, esto no tendría por qué afectar drásticamente la tasa fotosintética si se considera que los valores no son extremos. Así mismo, se entiende por qué las yemas que menos tardaron en llegar a floración se ubicaron en las caras norte y este, pues a mayor temperatura, menor tiempo transcurrido para alcanzar la floración (Sedgley, 1977; Ish-Am y Eisikowitch, 1991; Pattermore et al., 2018).

Retención inicial de frutos

Si bien los resultados para esta variable no muestran diferencias estadísticamente significativas, la zona de Aranzazu y la cara sur del árbol (S) reflejan los valores más altos en la retención inicial de frutos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Retención inicial de frutos en aguacate 'Hass' para las dos zonas de estudio.

Zona	Cara árbol	N	Frutos retenidos 1		Frutos retenidos 2	
			Media	Desv std	Media	Desv std
Aranzazu	E	4	3.25	3.94	4.25	6.55
Aranzazu	N	4	0.75	0.95	0.50	0.57
Aranzazu	S	4	7.25	11.20	4.75	8.18
Aranzazu	W	4	5.25	6.02	3.50	4.72
Villamaría	E	4	0.50	1.00	0.00	0.00
Villamaría	N	4	0.75	0.95	0.00	0.00
Villamaría	S	4	1.50	1.00	1.25	0.95
Villamaría	W	4	0.50	0.57	0.25	0.50

E: Este W: Oeste N: Norte S: Sur

Frutos retenidos 1: Muestreo realizado a los 60 días después de antesis. Frutos retenidos 2: Muestreo a los 90 dda.

Pruebas comparativas de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), no indicaron diferencias. Los valores marcados con verde corresponden a los valores finales más altos reflejados en la cara sur.

Desv std: Desviación estándar.

Considerando que el lado sur del árbol en las dos zonas de estudio fue el que mostró menor incidencia de PAR, llama la atención que esta cara del árbol fue la que tuvo valores más altos de retención inicial de frutos. Sin embargo, las tasas relativamente bajas de fotosíntesis a las que se produce la saturación indican que el follaje del aguacate presenta características de una planta

de sombra (Bower, 1978; Scholefield et al., 1980; Márquez, 2017), lo que implica que el árbol puede comportarse bien productivamente independiente de no recibir radiación solar permanente durante el día. En este sentido, se tienen reportes de que un árbol de aguacate que crece con sombra inducida, puede mejorar la eficiencia del fotosistema II y la eficiencia en el uso del agua (Jia et al., 2013; Márquez, 2017; Mditshwa et al., 2019), así mismo, estudios hechos en aguacate (*Persea americana* Mill.), cítricos (*Citrus* sp.) y mango (*Mangifera indica*), indicaron que un elevado cuajado de frutos en los árboles sombreados podría atribuirse a la reducción de las temperaturas del dosel durante la inducción de la floración y el cuajado de los frutos (Germaná et al., 2002; Juntamanee et al., 2008; Blakey et al., 2016).

Conclusiones

Los lados este, oeste y norte de los árboles mostraron mayor incidencia de radiación fotosintéticamente activa y los mayores valores de temperatura, 24.7, 25.5 y 24.4 °C respectivamente; esto redundó en un menor tiempo para alcanzar antesis. El lado sur del árbol registró los menores valores de PAR; sin embargo, fue la cara del árbol con mayor retención inicial de frutos. En Aranzazu (UCA 2119.7) antesis ocurrió 22 días antes que en Villamaría (UCA 2348.4).

Literatura citada

- Alcaraz, M. 2009. Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill.). Implicaciones para la optimización del cuajado. Tesis doctoral. Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. Málaga, España. 219 p.
- Alcaraz, M. L., T. G. Thorp, and J. I. Hormaza. 2013. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.* 164:434-439.
- Aounallah, M. K., S. B. M. Hammami, R. Farah, A. Sahli, and T. Bettaieb. 2015. Flower development and timing of avocado (*Persea americana*) growing under Tunisian conditions. *Acta Hortic.* 1160:397-402.
- Arias, F., C. Montoya, and O. Velásquez, 2018. Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Rev. Virtual. Univ. Catol. Norte* 55:30-48.
- Bender, G. S. 2002. Avocado flowering and pollination. pp. 33-44. In: Bender, G. S. (Ed.). *Avocado Production in California: A Cultural Handbook for Growers (book 1)*. The University of California Cooperative Extension, San Diego County and The California Avocado Society.
- Bernal, E. J. 2016. Estudios ecofisiológicos en aguacate cv. Hass en diferentes ambientes como alternativa productiva en Colombia. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 296 p.

- Blakey, R. J., Z. Van Rooyen, J. S. Köhne, K. C. Malapana, E. Mazhawu, S. F. Tesfay, and J. M. Savage. 2016. Growing avocados under shadenetting – Year 3. S. A. Avocado Growers' Assoc. Yearb. 32:80-83.
- Bower, J. P. 1978. The effects of shade and water relations in the avocado cv. Edranol. S. A. Avocado Growers' Assoc. Res. Rep. 2:59-61.
- Chávez-Bárceñas, A., S. Aguirre-Paleo, A. Bárcegas-Ortega, A. Moreno-Ávila, and S. Salazar-García. 2008. Efecto del clima y condiciones de humedad sobre el desarrollo de yemas florales de aguacate 'Hass' en Michoacán. pp. 18-26. In: Guillén-Andrade H., B. N. Lara-Chávez, and M. Gutiérrez-Contreras (Eds.). IV Reunión Científica de la DES-Agropecuarias Uruapan. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán.
- Davenport, T. L. 1982. Avocado growth and development. In Proc. Fla. State Hort. Soc (Vol. 95, pp. 92-96).
- Davenport, T. L. 1986. Avocado flowering. Horticultural reviews, 8 (257), 89. Disponible en:
- Germanà, C., A. Continella, and E. Tribulato. 2002. Net shading influence on floral induction on citrus trees. Acta Hort. 614:527-533.
- Hadari, M. 2004. A three-dimensional model of the light regime in an avocado orchard. Master of Science thesis, Israel Institute of Technology. Haifa, Israel. 98 p.
- Henderson, I. R., C. Shindo, and C. Dean. 2003. The need for winter in the switch to flowering. Annu. Rev. Genet. 37(1), 371-392.
- ICA 2016. Normas ICA. Resoluciones. Consultado en <https://www.ica.gov.co/getattachment/d2dea6cc-b4b0-4e76-85b3614da4761fe4/2016R448.aspx>
- Ish-Am, G., and D. Eisikowitch. 1991. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. Calif. Avocado Soc. Yearb. 75:125-137.
- Jia, H., B- Förster, W. S. Chow, B. Pogson, and C. B. Osmond. 2013. Decreased photochemical efficiency of photosystem II following sunlight exposure of shade-grown leaves of avocado: Because of, or in spite of, two kinetically distinct xanthophyll cycles? Plant Physiol. 161(2):836-852.
- Juntamane, K., S. Onnom, S. Yingjajaval, and S. Sangchote. 2008. Leaf photosynthesis and fruit quality of mango growing under field or plastic roof condition. Acta Hort. 975:415-420.
- MADR. 2018. Cadena de instrumentos - Cadena del Aguacate. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. Consultado en <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1232Bullets%20aguacate%20Septiembre.pdf>
- Márquez Niño, F. G. 2017. Caracterización ecofisiológica de plantas juveniles de aguacate 'Hass' (*Persea americana* var. 'Hass') bajo distintas condiciones de luz solar. Tesis de Maestría, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 77 p.
- Mditshwa, A., L. S. Magwaza, and S. Z. Tesfay. 2019. Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. Sci. Hortic. 256:108556.
- Pattemore, D., M. N. Buxton, B. T. Cutting, H. McBrydie, M. Goodwin, and A. Dag. 2018. Low overnight temperatures associated with a delay in 'Hass' avocado (*Persea americana*) female flower opening, leading to nocturnal flowering. Journal of Pollination Ecology, 23(14):127-135.



- Ramírez-Gil, J., J. Morales, and A. Peterson. 2018. Potential geography and productivity of 'Hass' avocado crops in Colombia estimated by ecological niche modeling. *Sci. Hortic.* 237:287-295.
- Renner, S. S. 2007. Synchronous flowering linked to changes in solar radiation intensity. *New Phytol.* 175(2):195-197.
- Rocha-Arroyo, J. L., S. Salazar-García, and A. E. Bárcenas-Ortega. 2010. Determinación irreversible a la floración del aguacate 'Hass' en Michoacán. *Rev. Mexicana Cienc. Agríc.* 1(4):469-478.
- Salazar-García, S., E. M. Lord, and C. J. Lovatt. 1999. Inflorescence development of the 'Hass' avocado: Commitment to flowering. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(5):478-482.
- Salazar-García, S., L. Cossio-Vargas, and I. Gonzalez-Durán. 2009. Validación de modelos de predicción del desarrollo floral del aguacate 'Hass' desarrollados para Nayarit, en varios climas de Michoacán. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 15(3):281-288.
- Scholefield, P. B., J. J. Walcott, P. E. Kriedemann, and A. Ramadasan. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. *Calif. Avocado Soc. Yearb.* 64:93-105.
- Sedgley, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in the avocado. *J. Hortic. Sci.* 52(1), 135-141.
- Whiley, A. W. 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximization of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). Doctoral dissertation thesis, Department of Horticultural Science, University of Natal. Pietermaritzburg, South Africa. 179 p.
- Yeang, H. Y. 2007. Synchronous flowering of the rubber tree (*Hevea brasiliensis*) induced by high solar radiation intensity. *New Phytol.* 175(2):283-289.