

Cartilla de estados fenológicos-tipo en aguacate Hass para la localidad de Roldanillo, Valle del Cauca

Herney Darío Vásquez Amarillos
Raúl Saavedra
Elida Marín Beitia
Johanna Guerrero Cobos
Camila Sánchez

Financian



Apoyan



Organiza



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Cartilla de estados fenológicos-tipo en aguacate Hass para la localidad de Roldanillo, Valle del Cauca

Herney Darío Vásquez Amarilles
Raúl Saavedra
Elida Marín Beitia
Johanna Guerrero Cobos
Camila Sánchez

Financian



Apoyan



Organiza



© Universidad Nacional de Colombia
© Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente
Primera edición, marzo del 2022
Bogotá, D. C., Colombia

ISBN impreso: 978-958-794-806-6
ISBN digital: 978-958-794-807-3

Preparación editorial
Editorial Universidad Nacional de Colombia
Av. El Dorado 44A 4o
Hemeroteca Nacional Universitaria
Bogotá D.C., Colombia
(+57 1) 316 5000 Ext. 20040
direditorial@unal.edu.co

Coordinación editorial
Angélica María Olaya Murillo

Corrección de estilo
Juliana Monroy

Diseño de la colección y diagramación
Juan Carlos Villamil

Colaboradores
Carlos Cifuentes
Ana Milena Caicedo

Fotografías
Raúl Saavedra
Camila Sánchez
Johanna Guerrero
Pedro Arango Dussan

Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente. Código BPIN 2014,000100010, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Cra 32 # 12-00 vía Candelaria
Teléfono: (+602) 286 88 88
Punto focal: Profesor Herney Darío Vázquez Amariles
Correo electrónico: ladera_pal@unal.edu.co
Página web: <https://ladera.palmira.unal.edu.co/>

Este documento hace parte de una serie de volúmenes estratégicos desarrollados en el marco de proyecto "Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente", financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. La mención de algunos productos comerciales en esta publicación no constituye compromiso de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con ellos ni tampoco con otros que se excluyan.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual
CC BY-NC-SA



Presentación

De acuerdo con los estudios realizados por la Secretaría de Agricultura en el Plan frutícola para el Valle del Cauca, fueron seleccionadas 23 especies frutícolas, de las cuales se priorizaron tres: piña (*Ananas comosus*), mora (*Rubus spp*) y aguacate (*Persea americana*), con el fin de realizar proyectos productivos por medio de trabajos participativos de investigación, que incentivaron planes de estudio acerca de las brechas tecnológicas, lo que favorece principalmente a los agricultores, y en los que participaron todos los actores de las cadenas productivas. Los trabajos seleccionados estuvieron liderados por profesionales adscritos al proyecto en

cumplimiento de los objetivos de formación. Estos trabajos involucraron jóvenes investigadores, estudiantes de maestría y doctorado, así como las labores realizadas con las universidades e instituciones de investigación vinculadas mediante los convenios de cooperación participativa. La edición de cartillas y otros documentos técnicos corresponde al cumplimiento de la presentación de los resultados obtenidos en las investigaciones del proyecto. En este sentido, la presente publicación tiene como objetivo la transferencia de conocimiento de los temas de investigación más relevantes desarrollados en el proyecto Incremento de la competitividad y sostenibilidad en la agricultura de ladera en todo el departamento del Valle del Cauca.

Contenido

Presentación.....	3
Introducción.....	7
Generalidades del aguacate.....	7
Flujos de crecimiento vegetativo y reproductivo	8
Floración e inducción floral	10
Ciclo floral	11
Zona de estudio.....	13
Método de estudio	14

Estados fenológicos-tipo del aguacate Hass y flujos de crecimiento	15
Condiciones climáticas de la zona de estudio	23
Ciclo floral	24
Traslape	28
Conclusiones.....	30
Referencias	30

Introducción

La fenología determina en forma cronológica el inicio y la finalización de eventos biológicos que ocurren en las plantas. De esta forma se caracteriza el comportamiento de una especie vegetal bajo diferentes condiciones ambientales, lo cual es útil para orientar el manejo agronómico de la plantación. En aguacate Hass (*Persea americana* Mill.), se presenta flujo vegetativo y reproductivo, características esenciales para estudiar el comportamiento floral de este cultivar y su relación con los factores climáticos (Cossio *et al.*, 2008; Salazar *et al.*, 2018).

En Colombia, se han realizado estudios sobre fenología del aguacate Hass en departamentos como Antioquia, Cauca y Tolima (Rebolledo y Dorado, 2017). El Valle del Cauca es uno de los departamentos que ha incrementado significativamente el área sembrada con en este cultivar durante los últimos años y, sin embargo, no cuenta con estudios similares. Por tanto, se propuso

conocer los estados fenológicos-tipo del aguacate Hass en el municipio de Roldanillo, Valle del Cauca (Colombia).

Este documento presenta una revisión de literatura sobre el tema para ampliar la información relacionada con la descripción de la flor, el ciclo floral y los grupos de floración en el aguacate Hass. También presenta, como resultados de investigación, nueve subestados fenológicos, desde la yema en latencia hasta el fruto tierno; el estado de floración F con nueve subestados, en los que se muestra el proceso dicogámico de la flor; y los registros climáticos de la estación meteorológica, los cuales facilitaron la caracterización climática de la zona de estudio.

Generalidades del aguacate

El aguacate (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia *Lauraceae* y es originario de la zona geográfica que se extiende desde el centro y oriente de México y Guatemala hasta Centroamérica. En esta

región, los materiales fueron mejorados y dieron origen a tres razas ecológicas denominadas raza mexicana, guatemalteca y antillana. La raza mexicana es tolerante a bajas temperaturas, los frutos son pequeños, con alto contenido de aceite y las hojas expiden olor a anís cuando se frotan. La raza guatemalteca es de origen subtropical, los frutos son grandes y tienen un menor contenido de aceite que la mexicana. La raza antillana es originaria de regiones tropicales de México y Centroamérica, está adaptada a tierras cálidas húmedas y presenta menor contenido de aceite que las dos otras razas (Bernal y Díaz, 2020).

Respecto al aguacate Hass, es de tipo guatemalteco en 90 % y 10 % de tipo mexicano. Proviene de una semilla de padres desconocidos y fue seleccionado por Rudolf Hass por presentar un índice de mayor productividad, calidad en la pulpa y madurez más tardía que la variedad Fuerte (Bernal y Díaz, 2020). El árbol es de tamaño mediano a grande, de

crecimiento erecto y copa redondeada. Su grupo de floración es A y es autofértil. El fruto es ovado, sin cuello y pesa entre 140 y 400 g. La cáscara es coriácea, de textura rugosa, superficie granulosa y de color verde que se oscurece al madurar. El fruto maduro se conserva bien en el árbol, su pulpa tiene sabor nogado y el contenido de grasas insaturadas oscila entre 17 y 21 % (Newett *et al.*, 2007, citado en Bernal y Díaz, 2020). Se recomienda sembrar este cultivar en condiciones de clima frío moderado, con alturas que varían entre 1700 y 2200 m s.n.m. (Rondón *et al.* 2020).

Flujos de crecimiento vegetativo y reproductivo

El aguacate exhibe un crecimiento rítmico, con dos o más oleadas de crecimiento de brotes por año, alternando con períodos cortos de descanso. Los flujos de crecimiento pueden ser vegetativos o reproductivos. La brotación vegetativa permite al árbol aumentar o renovar su

capacidad fotosintética y también generar yemas nuevas que, posteriormente, originan flujos reproductivos. La ocurrencia de los flujos vegetativos está asociada con los meses de mayor precipitación (Avilán *et al.*, 2007). Por ejemplo, en Colombia se reporta el crecimiento de dos flujos vegetativos durante un año (Bernal *et al.*, 2017). Los flujos reproductivos son aquellos brotes o crecimientos que dan lugar a la floración, pueden ser indeterminados o determinados (Alcaraz *et al.*, 2013). Los indeterminados están constituidos por la inflorescencia y sus correspondientes hojas, mientras que los determinados carecen de hojas (ver figura 1).



Figura 1. A. Inflorescencias indeterminadas; B. Inflorescencias determinadas de *P. americana* var. Hass
Fuente: Alcaraz *et al.* (2013).

Floración e inducción floral

La flor del aguacate es completa y bisexual, con órganos femeninos y masculinos completamente desarrollados. El diámetro de la flor abierta es aproximadamente de 1 cm y presenta un cáliz de 6 tépalos amarillo-verdosos. La parte masculina de la flor está constituida por estructuras trímeras de 12 estambres (9 funcionales y 3 estaminodios), divididos en cuatro grupos, en los que los dos externos poseen anteras con dehiscencia

interna. Luego se encuentran tres estambres internos cuyas anteras tienen dehiscencia externa, cada una presenta en la base un par de nectarios de color anaranjado, que segregan néctar durante la apertura masculina. Los tres estaminodios restantes son cortos, sagitados y secretan néctar durante la apertura femenina. La flor en su estructura femenina presenta un estigma lobulado, un pistilo simple con un ovario súpero y un solo óvulo (ver figura 2).

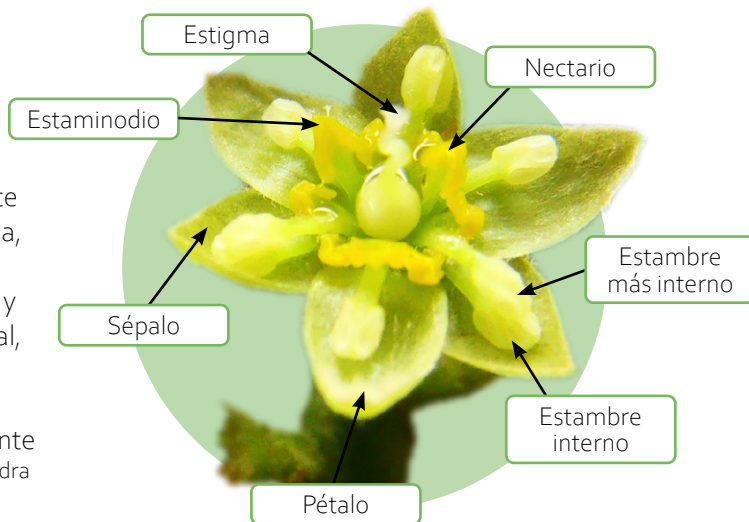


Figura 2. Flor del aguacate Hass en apertura femenina, en la que se observan sus características completas y el hecho de que es bisexual, debido a la presencia de estructuras masculinas y femeninas simultáneamente
Fuente: fotografías de R. Saavedra (2020).

Se sabe que un árbol de aguacate puede producir un millón de flores (ver figura 3), de las cuales cuajan de 100 a 500 frutos. Una flor permanece en el árbol hasta dos días y luego, de no ser fecundada, cae (Avilán *et al.*, 1992).

Ciclo floral

La flor del aguacate presenta un comportamiento único, denominado “dicogamia

protogínea sincronizada”, en el que la flor abre dos veces y cada apertura está separada por una noche. En la primera apertura, la flor es femenina, el pistilo es erecto y el estigma es receptivo, mientras que los estambres están doblados y los sacos polínicos cerrados. En la segunda apertura, la flor es masculina, los sacos polínicos están abiertos, pero el estigma ya no es receptivo. Con base

Figura 3. Árbol de aguacate Hass en plena floración. Se aprecia cerca de un millón de flores organizadas en inflorescencias
Fuente: fotografías de R. Saavedra y J. Guerrero (2020).



en este comportamiento, los cultivares de aguacate se clasifican en dos grupos de floración: grupo A: la primera apertura (femenina) se inicia en las horas de la mañana y termina antes del mediodía, mientras que la segunda apertura (masculina) se presenta en la tarde del día siguiente. Este ciclo demora entre 30 y 36 horas. En los cultivares del grupo B, la apertura femenina ocurre por la tarde y la masculina a la mañana siguiente. El ciclo floral se extiende entre 20 y 24 horas (ver figura 4).

La presencia en cultivos de aguacate de los grupos de floración A y B (ver figura 5) se consideraba necesaria para el establecimiento de plantaciones con cultivares adaptados en proporción 4:1, en los que la mayor población representaba el cultivar comercial y la menor, el material polinizador.

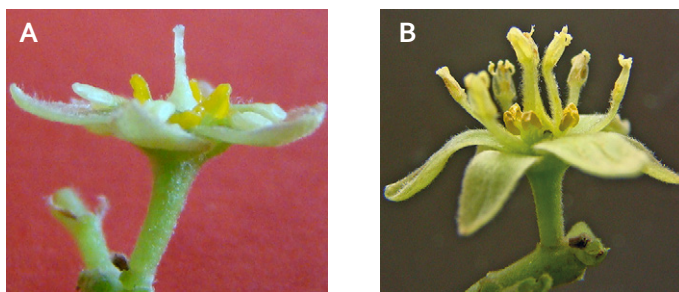


Figura 4. A. Flor de aguacate Hass en primera apertura (femenina). El pistilo está erecto, el estigma es receptivo y los estambres están doblados hacia el exterior.

B. Flor de aguacate Hass en segunda apertura (masculina). Los estambres están en posición vertical y las anteras son dehiscentes

Fuente: fotografías de R. Saavedra (2019).

Figura 5. Grupos de floración A y B del aguacate Hass, con base en el comportamiento de la “dicogamia protogínea sincronizada”

Fuente: adaptado de Avilán *et al.* (1992) por R. Saavedra (2019).

Período de tiempo		Grupo floral	
		A	B
Primer día	Mañana		
	Tarde		
	Noche		
Segundo día	Mañana		
	Tarde		
	Noche		
		Estado femenino de la flor	Estado masculino de la flor

Esta teoría fue revaluada, pues se encontró que la sincronización no ocurre con exactitud y que la mayoría de los cultivares de aguacate son autofértiles, es decir, que los árboles de un mismo cultivar se polinizan a sí mismos y que un cultivo se puede establecer únicamente con la variedad deseada, como en el caso del aguacate Hass: cultivar autofértil y del grupo de floración A.

Zona de estudio

El estudio se realizó entre abril y noviembre de 2020 en un huerto ubicado en la zona de ladera del corregimiento El Retiro, municipio de Roldanillo, Valle del Cauca. El cultivar está localizado a 1790 m s.n.m., con temperaturas entre 20 y 24 °C y precipitaciones entre 1000 y 1500 mm. La zona presenta un régimen bimodal con

épocas lluviosas entre marzo-mayo y septiembre-noviembre, y épocas secas entre diciembre-febrero y junio-agosto. La clasificación climática del área es templada-semihúmeda y pertenece al ecosistema bosque húmedo tropical.

Método de estudio

Para la investigación, se seleccionaron 10 árboles con porte y tamaño similar. En cada árbol se marcaron cuatro ramas de la parte media en dirección a los puntos cardinales y con mínimo cinco brotes cada una. Los brotes existentes en cada rama se etiquetaron, así como los brotes nuevos que surgían, para llevar el seguimiento, tal como se observa en la figura 6.

Para la biología floral, se utilizó la escala de Cabezas, Hueso y Cuevas (2003), teniendo en cuenta que considera con mayor precisión las fases masculina y femenina desde la apertura de la flor hasta el cierre.




Figura 6. Seguimiento de brotes y ramas. A. Yema en reposo. B. Ramas con botones florales. C. Formación y abscisión de frutos

Fuente: fotografías de C. Sánchez (2020).

Asimismo, se obtuvo registro diario de precipitación, temperatura media, temperatura máxima media, temperatura mínima media, humedad relativa, radiación solar y evapotranspiración. Los datos obtenidos se promediaron y se obtuvieron acumulados semanales, que antecedían a cada fecha de evaluación, desde junio hasta noviembre de 2020.

Estados fenológicos-tipo del aguacate Hass y flujos de crecimiento

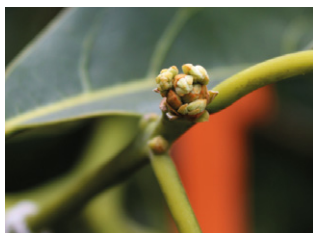
Bajo las condiciones climáticas del corregimiento El Retiro, municipio de Roldanillo, Valle del Cauca, se registraron los estados fenológicos-tipo del aguacate Hass entre abril y noviembre del año 2020, como se muestra en la figura 7.

ESTADO	DESCRIPCIÓN
	<p>Estado A: Yema en latencia Las yemas están cerradas, son de forma aguda, cubiertas de escamas pubescentes y siempre están cercanas a la yema terminal.</p>
	<p>Estado B: Yema hinchada Las escamas oscurecidas de las yemas se separan. La yema se hincha y se redondea en respuesta a la forma de la inflorescencia. La brotación de la yema ha iniciado.</p>

Continúa

ESTADO

DESCRIPCIÓN



Estado C: Aparece la inflorescencia
Las brácteas de la inflorescencia se han abierto. Los botones florales se aprecian entre las brácteas que protegen los racimos de la panícula y los botones florales. La inflorescencia ha comenzado a emerger.



Estado D1: Botón floral emergiendo y eje secundario visible
El eje primario y los ejes secundarios de la inflorescencia son visibles. Los botones florales, visibles individualmente, están agrupados en la panícula.



Estado D2: Botones florales con ejes terciarios visibles
Ocurre elongación de los ejes terciarios de la inflorescencia. Los botones florales se separan y se reconocen los racimos de la panícula.



Estado F: Floración
Se produce en forma escalonada y sincronizada. El estado F se divide en 10 subestados fenológicos en los que la flor realiza dos aperturas: una en estado femenino y otra en estado masculino. Entre ambas fases se produce un cierre intermedio y, por último, un cierre definitivo.

ESTADO	DESCRIPCIÓN
	<p>Estado G: Marchitez de tépalos Los tépalos se marchitan desde el ápice hasta la base. Las flores toman forma cónica y las piezas internas permanecen agrupadas.</p>
	<p>Estado H: Cuajado del fruto El ovario, de color verde, se engrosa en el centro de las flores que han sido polinizadas y fecundadas. El estigma y el estilo secos aparecen en la parte superior. Las demás piezas florales se marchitan y se abren para dar paso al ovario.</p>
	<p>Estado I: Fruto tierno Los restos de tépalos y androceo han desaparecido, el pedúnculo ha engrosado y se presenta una baya de forma piriforme o globosa con lenticelas en su epidermis.</p>

Figura 7. Presentación de los 9 estados fenológicos-tipo del aguacate Hass, identificados desde la yema en latencia (A) hasta el fruto tierno (I)

Fuente: adaptado de Cabezas, Hueso y Cuevas (2003) por R. Saavedra. Fotografías: R. Saavedra y C. Sánchez (2020).

Con la frecuencia de cada estado, se calculó el porcentaje de intensidad relativa a partir de la ecuación de Bernal *et al.* (2017).

$$\text{Intensidad relativa (IR)} = \frac{\text{Número de estructuras registradas por lectura}}{\text{Valor máximo de estructuras registradas}} \times 100$$

Bajo las condiciones climáticas de la zona y siguiendo la escala fenológica de Cabezas, Hueso y Cuevas (2003), se encontró que la mayor frecuencia de yemas latentes se presentó en la primera semana de abril, cuando se registró un IR de 90 % (ver figura 8).

Para el estado de yema hinchada, se presentaron los mayores porcentajes de

frecuencia en junio, comprendiendo las semanas 10 a 15 desde la aparición de las primeras yemas latentes a comienzo de abril. En esta fase, aunque se inició el registro de las variables climáticas (precipitación, evapotranspiración, temperaturas, radiación solar), no se observó una relación clara de estas con el IR de yema hinchada (ver figuras 8 y 9).

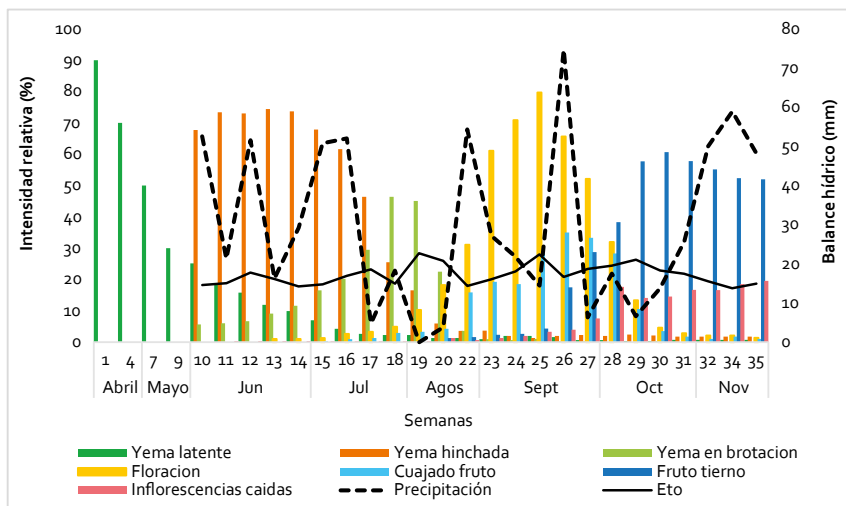


Figura 8. Comportamiento fenológico del aguacate Hass vs precipitación y evapotranspiración entre abril y noviembre de 2020 en la Finca El Encanto, municipio de Roldanillo, Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

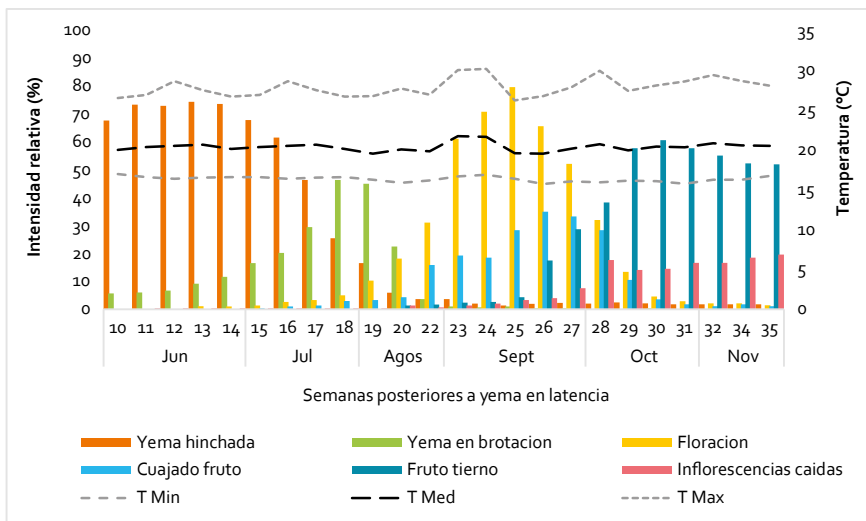


Figura 9. Comportamiento fenológico del aguacate Hass vs temperatura entre junio y noviembre de 2020 en la Finca El Encanto, municipio de Roldanillo, Valle del Cauca
Fuente: elaboración propia.

Durante la última semana de julio y la primera semana de agosto, que correspondió a las semanas 18 y 19, se presentó la mayor producción de yemas en brotación, con pico máximo de 46 %, coincidiendo con un período de déficit hídrico (o balance hídrico negativo), en el que la precipitación solo alcanzó 20 mm en la semana 18,

superando solo 3 mm a la evapotranspiración. Contrastando con los resultados presentados por Rebolledo y Dorado (2017), quienes encontraron que este estado coincidía con el aumento de la precipitación, tanto en la localidad de Rionegro (Antioquía) como en Morales (Cauca), sitios donde desarrollaron la investigación.

La fase de floración, aunque inició la primera semana de julio, alcanzó su máxima frecuencia (80 % de IR) en la tercera semana de septiembre, que correspondió a la semana 25. Esta etapa de mayor floración, al igual que el estado de yemas en brotación, coincidió con un balance hídrico negativo, pues

se presentó baja precipitación y valores altos de evapotranspiración (ver figura 8), temperatura (ver figura 9) y radiación solar (ver figura 10), por lo que se observó una reducción de la floración a partir de la semana 26, cuando aumentó la precipitación, hasta alcanzar valores constantes en la semana 30.

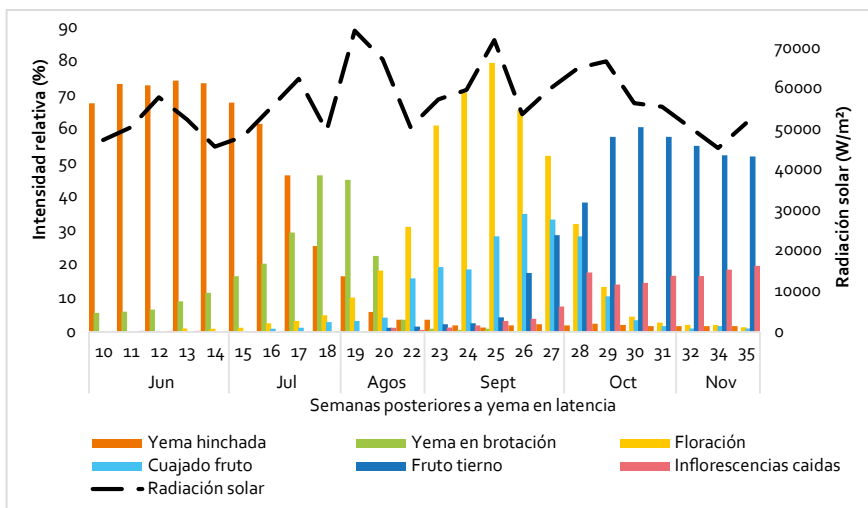


Figura 10. Comportamiento fenológico del aguacate Hass vs radiación solar entre junio y noviembre de 2020 en la Finca El Encanto, municipio de Roldanillo, Valle del Cauca. Fuente: elaboración propia.

Los porcentajes más altos de IR en floración también coincidieron con el inicio de la fase de mayor cuajado del fruto, estado que registró una frecuencia mayor en la última semana de septiembre, que correspondió a la semana 26 después del estado de yema latente. Este período se caracterizó por presentar el valor más alto de precipitación en el semestre (74 mm), así como una correlación inversa con la temperatura, tal como sucedió en la floración.

Respecto al estado de fruto tierno, este alcanzó su máximo valor de IR (61%) durante la última semana de octubre, disminuyendo a 52 %, valor que se mantuvo hasta la última fecha evaluada (ver figura 8). Paralelamente, se observó el aumento de la caída de inflorescencias (brotes reproductivos determinados, sin hojas) y el incremento de la IR de brotes vegetativos en crecimiento, los cuales correspondieron a brotes reproductivos indeterminados, en los que las hojas

continuaron su crecimiento tras la caída de las inflorescencias.

De esta manera, se observó que los flujos vegetativos se presentaron paralelos a los reproductivos, aunque con una intensidad muy baja (cerca al 1%), aumentando durante la floración y, especialmente, en el estado fruto tierno. Estos resultados fueron similares a los reportados por Rosales *et al.* (2003), quienes observaron una coincidencia entre los máximos de desarrollo de la brotación vegetativa y floral. Sin embargo, contrastan con lo señalado por Gazit y Degani (2002), quienes indican que hubo disminución del crecimiento vegetativo durante la floración.

En el caso del flujo reproductivo observado durante el segundo semestre del año, este coincide con los registros de Rebolledo y Dorado (2017), en los municipios de Rionegro (Antioquia) y Morales (Cauca), donde encontraron dos flujos florales en el año.

Este estado fenológico difiere del descrito para países como México, donde el número de flujos vegetativos y reproductivos puede llegar a cuatro en un año (Cossio *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 2011).

Con relación a la ocurrencia de brotación de la yema, esta también coincidió con los reportes de Rebolledo y Dorado (2017) para la localidad de Rionegro, pero difirió con los de Morales, en los que la brotación ocurrió entre marzo y julio. Por el contrario, el estado de botón floral coincidió con la ocurrencia en Morales, pero contrastó con Rionegro, donde el botón floral se presentó a finales de septiembre.

Adicionalmente, la concurrencia de la floración y cuajado del fruto, bajo condiciones de alta evapotranspiración y radiación solar, no son suficientes para indicar que los valores altos de evapotranspiración estimularon la floración. Se sabe que en ciertos lugares del trópico, en los que las bajas temperaturas son breves o irregulares, el estrés hídrico es

el factor que más incide (Gazit y Degani, 2002; Wolstenholme, 2002). Investigadores como Chaikiattiyos, Menzel y Rasmussen (1994) sugieren que el déficit hídrico por sí solo no induce la floración en aguacate, de hecho, es necesaria la ocurrencia de un estrés térmico causado por temperaturas bajas inferiores o iguales a los 25 °C. Otros autores, no obstante, reportan que el estrés hídrico inductor se da entre uno y tres meses antes de la floración. Por ejemplo, Avilán *et al.* (2005) mencionan que 90 días antes de la iniciación floral se presentó una precipitación abundante.

De igual manera, los estados de yema hinchada y yema en brotación, asociados a temperaturas mínimas entre 16 y 17 °C (ver figura 9), sirven de soporte a la idea de que son necesarias temperaturas bajas para la inducción de la floración. Sobre el tema, Avilán *et al.* (2009) inciden para que la sincronía floral se cumpla de acuerdo a lo establecido para los tipos 'A' y 'B' en el

período de reposo. Salazar-García *et al.* (1998) reportan que las temperaturas mínimas entre 19 °C y 20 °C fueron las de mayor frecuencia en los tres meses que precedieron la iniciación floral.

Condiciones climáticas de la zona de estudio

Durante la realización del estudio, la temperatura media fue de 20,3 °C, con variaciones entre 18 y 22,8 °C. La temperatura más baja fue 14,6 °C y la máxima 32,8 °C. La evapotranspiración promedio fue de 2,5 mm y la humedad relativa de 77 % (ver tabla 1).

De acuerdo con la precipitación mensual acumulada, promedio del período 1982-2019, se corroboró que el régimen de lluvias de esta zona es bimodal. Los meses de marzo y mayo, que se caracterizan por ser parte de la primera temporada lluviosa, junto con abril, mostraron un déficit superior al 50 %. Por el contrario, entre junio y agosto se presentó un exceso de lluvias de 52, 93 y 61 %, respectivamente (ver figura 11).

En septiembre se presentó la menor variación porcentual de precipitación con respecto al promedio mensual (12 %), mientras que en octubre se presentó

Tabla 1. Valor mínimo, promedio y máximo de parámetros meteorológicos, durante el tiempo de evaluación en la finca El Encanto

	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	ETO (mm)	Humedad relativa (%)
Máximo	22,8	18,5	32,8	6,6	88
Promedio	20,3	16,3	27,9	2,5	77
Mínimo	18,0	14,6	21,7	1	63

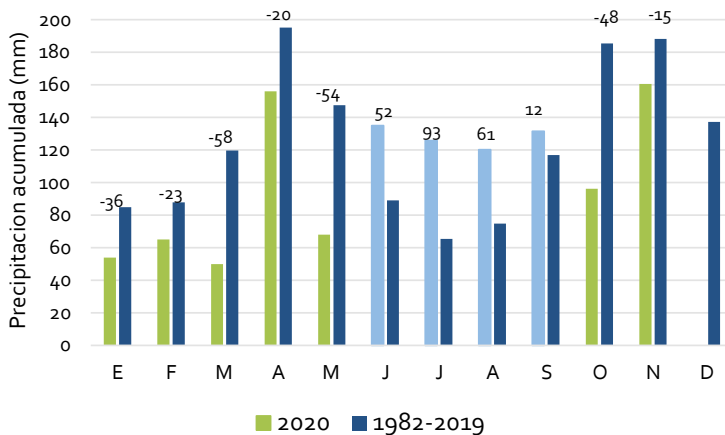


Figura 11. Precipitación acumulada mensual durante el año 2020 y el promedio mensual del período 1982-2019, se muestra la diferencia porcentual
Fuente: elaborado por C. Sánchez (2020).

un valor negativo de 48 %. Noviembre, con un déficit de lluvias de 15 %, fue el segundo mes menos variable del año. La precipitación acumulada entre enero y noviembre de 2020 fue de 1163 mm, y el promedio de precipitación en el mismo período (1982-2019) fue de 1355 mm, en general llovió 22 % menos.

La precipitación acumulada semanalmente (días que antecedieron a cada fecha de muestreo) también presentó valores tanto negativos como positivos,

en comparación con el promedio histórico semanal (ver figura 11), mostrando una gran variabilidad de este parámetro en el tiempo.

Ciclo floral

La evaluación del ciclo floral se realizó al inicio de la época de floración, durante la primera semana de agosto, en la que se observó un total de 1471 flores e inflorescencias con 74 flores en promedio.

La antesis de la flor inició alrededor de las 7:25 a. m., cuando se observó el subestado F1f: flor abriendo en fase femenina. Alrededor de las 10:00 a. m. se presentó el subestado F2f: flor abierta en fase femenina, estado que permaneció

hasta las 11:30 a. m., hora en que las primeras flores comenzaron a cerrarse (subestado F3f). A las 14:00 p. m. todas las flores femeninas se habían cerrado en forma definitiva (ver figura 12).

ESTADO	DESCRIPCIÓN
	<p>Subestado F1f: Flor abriendo en fase femenina Se observó alrededor de las 7:25 a. m. Los tépalos abren hasta un ángulo de 45° y los estambres están apoyados y protegidos por los tépalos.</p>
	<p>Subestado F2f: Flor abierta en fase femenina Se registró alrededor de las 10 am. La flor está completamente abierta, los estambres y tépalos se disponen perpendiculares al pistilo, que se encuentra erecto, y el estigma fresco y receptivo permaneció así hasta las 11:30 a. m.</p>
	<p>Subestado F3f: Flor cerrando en fase femenina Se inició luego de las 11:30 a. m. También se observan flores abriendo en fase masculina: Subestado F1m.</p>

Continúa

ESTADO**DESCRIPCIÓN**

Subestado F1c: Flor completamente cerrada al final de la fase femenina
Se observó a las 14:00 p. m.



Subestado F1m: Flor abriendo en fase masculina
La segunda apertura de la flor se registró alrededor de las 10:30 a. m. El pistilo continúa erecto, pero su estigma comienza a oscurecerse. Las anteras aún no están dehiscentes



Subestado F2m: Flor abierta en fase masculina
El proceso de apertura continúa y a las 12:00 m ya se observan flores completamente abiertas en fase masculina, en las que los tépalos alcanzan la perpendicular al eje de la flor, los estambres del verticilo exterior quedan a un ángulo de 45° y los del verticilo interior permanecen unidos al pistilo.



Subestado F3m: Flor abierta en fase masculina
Se observa a partir de las 13:00 p. m. y se caracteriza por presentar la dehiscencia de las anteras del primer grupo de estambres.

ESTADO	DESCRIPCIÓN
	<p>Subestado F_{4m}: Flor abierta en fase masculina Se observa a partir de las 14:00 p. m. y se caracteriza por presentar dehiscencia completa.</p>
	<p>Subestado F_{5m}. Flor cerrando en fase masculina</p>
	<p>Subestado F_{2c}: Flor cerrada en forma definitiva Los tépalos largos y con marcas de las aperturas.</p>
	<p>Subestado G: Marchitez de tépalos</p>

Continúa

ESTADO	DESCRIPCIÓN
	Subestado H: Cuajado del fruto
	Subestado I: Fruto tierno

Figura 12. Escala fenológica en aguacate Hass con su fase del proceso dicogámico de la flor. Municipio de Roldanillo, Valle del Cauca

Fuente: adaptado de Cabezas, Hueso y Cuevas (2003) por R. Saavedra. Fotografías R. Saavedra, J. Guerrero y C. Sánchez (2020); Pedro Arango Dussan (2021).

Traslape

Corresponde al tiempo en que los órganos masculinos y femeninos están abiertos dentro del mismo árbol, es decir, que el estigma es receptivo y las anteras son dehiscentes para que ocurra la polinización (ver figuras 13 y 14).



Entre 10:30 a. m. y 14:00 p. m., se evidencia un traslape entre los estados femenino y masculino por tres horas y media. Sin embargo, la polinización efectiva ocurre entre las 13:00 p. m. y las 14:00 p. m. Durante este tiempo la flor femenina está cerrándose, pero aún tiene el estigma receptivo, mientras que la flor masculina presenta dehiscencia de las anteras. Como el traslape ocurre entre dos flores del mismo árbol, la ruta de polinización corresponde a polinización cerrada o geitonogamia.

Figura 13. Traslape entre dos flores en estados femenino y masculino dentro del mismo árbol de aguacate Hass

Fuente: fotografías R. Saavedra y C. Sánchez (2020).

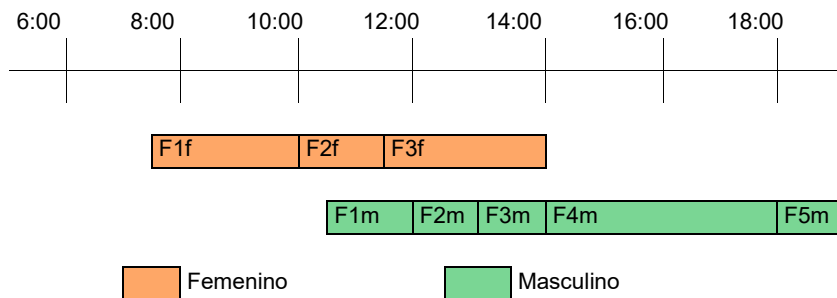


Figura 14. Representación gráfica del tiempo de ocurrencia del traslape en aguacate Hass y de la polinización efectiva. F1f: flor abriendo en fase femenina; F2f: flor abierta en fase femenina; F3f: flor cerrando en fase femenina; F1m: flor abriendo en fase masculina; F2m, F3m y F4m: flores abiertas en fase masculina; F5m: flor cerrando en fase masculina

Fuente: elaborado por C. Sánchez (2020).

Conclusiones

La investigación permitió visualizar los estados fenológicos-tipo del aguacate Hass en uno de los dos ciclos que ocurren en el municipio de Roldanillo, Valle del Cauca. Para la región es importante conocer el proceso de floración de este frutal durante todo el ciclo de producción, por lo cual se recomienda contemplar un período desde la brotación hasta la cosecha.

Los resultados mostraron que hubo traslape efectivo durante una hora entre flores en fase femenina y flores en fase masculina. Por la forma como se observa la ubicación y apertura de las flores dentro del mismo árbol, se podría asumir que en la región predomina la ruta de polinización cerrada o geitonogamia. Además, es posible que se presente otra forma de fertilización denominada autogamia, como expresión de la autofertilidad que caracteriza al aguacate Hass.

No se encontró una correlación marcada entre las variables climáticas y los estados fenológicos, posiblemente

por el período de investigación. Se recomienda realizar las evaluaciones en otro ciclo reproductivo del cultivo para validar las relaciones intrínsecas entre el estado fenológico del aguacate Hass y variables climáticas en esta zona del Valle del Cauca.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a los profesores Carlos Germán Muñoz Perea, Héctor Fabio Ramos Rodríguez, John Albeiro Ocampo Pérez y Sandro Nolan Ipaz Cuastumal, de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, quienes participaron como miembros del Comité Científico del Proyecto. De igual manera, a la profesional Ana Milena Caicedo en su rol de revisora técnica del Proyecto.

Referencias

Alcaraz, M.; Thorp, T. and Hormaza, J. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*,

- 164, 434-439. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.051>
- Avilán, L.; Leal, F. y Batista, D. (1992). Lauraceae. En *Manual de fruticultura, Principios y Manejo de la producción*, 2da ed. (pp. 666-776). Caracas: Editorial América.
- Avilán, L.; Soto, E.; Pérez, M.; Marín, C.; Rodríguez, M. y Ruiz, J. (2005). Comportamiento fenológico híbridos guatemalteca por antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 55(4), 535-551. <http://ve.scielo.org/pdf/at/v55n4/art05.pdf>
- Avilán, L.; Soto, E.; Pérez, M.; Rodríguez, M. y Ruiz, J. (2007). Fenología de cultivares e híbridos de aguacate de la raza mexicana en la región centro-norte costera de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 57(2), 89-98. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000200002
- Avilán, L.; Soto, E.; Pérez, M.; Marín, C.; Rodríguez, M. y Ruiz, J. (2009). Comportamiento fenológico de la raza antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 59(1), 5-14.
- Bernal, J.; Vásquez, L. y Valenzuela, J. (2017, septiembre 4-7). *Fenología del aguacate cv. Hass plantado en diversos ambientes del departamento de Antioquia, Colombia*. [Resumen de ponencia]. V congreso Latinoamericano del Aguacate, Ciudad Guzmán, Jalisco, México. http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_292.pdf
- Bernal, J. y Díaz, C. (2020). Generalidades del cultivo. En J. Bernal y C. Díaz (Comps.). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*, 2da edición (pp. 77-328). Mosquera: Agrosavia.
- Cabezas, C.; Hueso, J. y Cuevas, J. (2003). *Estados fenológicos-tipo del Aguacate*. Documentos técnicos. Cajamar: Almería. <https://publicacionescajamar.es/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/estados-fenologicos-tipo-del-aguacate>

- Chaikiattiyos, S.; Menzel, C. y Rasmussen, T. (1994). Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. *Journal of Horticultural Science*, 69(3), 397-415.
- Cossio, L.; Salazar, S.; González, I. y Medina, R. (2008). Fenología del Aguacate "Hass" en el clima semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3), 319-324. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2007.04.022>
- Gazit, S. y Degani, C. (2002). Reproductive Biology. En A. W. Wiley; B. Schaffer and B. N. Wolstenholme (Eds.), *Avocado: Botany, Production and Uses* (pp. 101-134). Cambridge, MA: CABI Publishing. https://books.google.com.co/books/about/The_Avocado.html?id=Cxm- vpAYkL54C&redir_esc=y
- Rebolledo, A. y Dorado, D. (2017). *Criterios para la definición de planes de fertilización en el cultivo de aguacate Hass con un enfoque tecnificado*. Mosquera: Corpoica. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-237-7>
- Rocha, L.; Salazar, S.; Bárcenas, A.; González, I. y Cossio, L. (2011). Fenología del aguacate "Hass" en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 303-316.
- Rondón, T.; Builes, S.; Casamitjana, M., Duque, M.; Rodríguez, A.; Vega, C., Ruiz, D. y Rodríguez, G. (2020). Perspectiva del ordenamiento productivo del aguacate cv. Hass en Antioquia. En J. y C. Díaz (Comps.), *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*, 2da edición (pp. 715-756). Mosquera: Agrosavia.
- Rosales, J.; Parodi, G. y Carlini, B. (2003). Evaluación del ciclo fenológico del palto (*Persea American Mill*) CV. Hass para la zona de la irrigación Santa Rosa, Perú. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. http://www.avocadosource.com/wac5/papers/wac5_p311.pdf
- Salazar, S.; Ibarra, M. y González, J. (2018). Fenología del aguacate 'Méndez' en el sur de Jalisco, México. *Agrociencia*, 52, 991-1003.


Wolstenholme, B. (2002). Ecology: Climate and the Edaphic Environment. En A. W. Wiley; B. Schaffer and B. N. Wolstenholme (Eds.). *Avocado: Botany, Production and Uses* (pp. 71-100). Cambridge, MA: CABI Publishing.

Cartilla de estados fenológicos-tipo en aguacate Hass para la localidad de Roldanillo, Valle del Cauca

Hace parte del Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente.

Se editó en la Editorial Universidad Nacional de Colombia, en su composición se utilizaron caracteres Gobold y Corbel, formato de 16,5 x 17 centímetros. Se terminó de imprimir en XXXXX, propalmate de 115 g.

Se publicó en marzo de 2022
Bogotá, D. C., Colombia.



Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a los productores de las zonas de ladera del Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña MD2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN 978-958-794-806-6



9 789587 948066