

**FENOLOGIA DE LA FLORACIÓN DEL AGUACATE cv. HASS EN EL
MUNICIPIO DE VILLAMARÍA, CALDAS.**

José Luis Carreño Pérez

Wenndy Tatiana López Orozco

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
MANIZALES CALDAS

2023

**FENOLOGIA DE LA FLORACIÓN DEL AGUACATE cv. HASS EN EL
MUNICIPIO DE VILLAMARÍA, CALDAS.**

José Luis Carreño Pérez

Wenndy Tatiana López Orozco

Trabajo de grado para optar al título de INGENIERO AGRONOMO

Director

JUAN SEBASTIÁN ARIAS GARCÍA I. A M.Sc.

Codirector

ALEJANDRO HURTADO SALAZAR I.A MSc. PhD.

UNIVERSIDAD DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
MANIZALES, CALDAS

2023

RESUMEN EJECUTIVO

Para el año 2021 se reportaron en Colombia 31.518 hectáreas sembradas con aguacate ‘Hass’, 5.000 hectáreas más que lo registrado en 2020, así mismo, Colombia aumentó sus exportaciones en más del 50% en este mismo periodo de tiempo, indicando el gran potencial del cultivo en el país. Pese a estas cifras, el país no cuenta aún con un acompañamiento técnico adecuado que favorezca la conservación de las áreas existentes y ayude a potencializar las áreas futuras, debido a la escasa información que se tiene sobre el comportamiento ecofisiológico del aguacate ‘Hass’ en las condiciones en las que se cultiva en Colombia; por tanto, se hace necesario adelantar investigaciones que permitan avanzar y aportar en este aspecto. Este estudio se llevó a cabo en la finca el Tronío en el municipio de Villamaría (Caldas) a 2.300 m de altura, en árboles de aguacate ‘Hass’ de 8 años de edad. Para las evaluaciones se eligieron seis árboles de forma aleatoria, se marcaron 4 ramas por árbol considerando su orientación cardinal. En cada rama se marcaron tanto inflorescencias como flores para el seguimiento fenológico y otras variables asociadas. Así mismo, se llevó un registro de las variables climáticas más influyentes en el desarrollo del cultivo durante el tiempo de estudio. La información obtenida contó con análisis de varianza y pruebas de promedio tipo Duncan ($p \leq 0.05$) por medio del software estadístico PROG GLM de SAS (SAS Institute. Cary N. C. 1992) versión 9.4. No se encontraron diferencias estadísticas para las variables fenología de la floración, tipo de inflorescencia, retención de frutos entre los puntos cardinales. Las unidades de calor acumuladas tuvieron valores más altos en los cuadrantes sur (S) y norte (N), así mismo, se destaca que las aperturas florales tuvieron un traslape entre ellas y que la temperatura ambiental influyó en el tiempo transcurrido para el cambio de etapas fenológicas. Estos resultados revelan la necesidad de ahondar en

investigaciones que permitan un mejor acompañamiento técnico para el aguacate 'Hass', en las condiciones actuales en las que se cultiva en Colombia.

Palabras clave: ecofisiología, inflorescencia, dicogamia, productividad, retención de frutos.

ABSTRACT

For the year 2021, 31.518 hectares planted with 'Hass' avocado were reported in Colombia, 5.000 hectares more than what was registered in 2020, likewise, Colombia increased its exports by more than 50% in this same period of time, indicating the great potential of the cultivation in the country. Despite these figures, the country still does not have adequate technical support that favors the conservation of existing areas and helps potentiate future areas, due to the scant information available on the ecophysiological behavior of the 'Hass' avocado in the conditions in which it is grown in Colombia; therefore, it is necessary to carry out investigations that allow progress and contribute in this aspect. This study was carried out at the El Tronío farm in the municipality of Villamaría (Caldas) at an altitude of 2,300 m, on 8-year-old 'Hass' avocado trees. For the evaluations, six trees were chosen randomly, 4 branches per tree were marked considering their cardinal orientation. In each branch, both inflorescences and flowers were marked for phenological monitoring and other associated variables. Likewise, a record of the most influential climatic variables in the development of the crop was kept during the study time. The information obtained counted with analysis of variance and Duncan type average tests ($p \leq 0.05$) through the statistical software PROG GLM of SAS (SAS Institute. Cary N. C. 1992) version 9.4. No statistical differences were found for the variables phenology of flowering, type of inflorescence, fruit retention, the accumulated heat units had higher values in the southern (S) and northern (N) quadrants,

likewise, it stands out that the floral openings had an overlap between them and that the environmental temperature influenced the time elapsed for the change of phenological stages.

Keywords: Ecofisiología, inflorescencia, dicogamia, productividad, retención de frutos.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	8
General.....	8
Específicos	9
MARCO TEÓRICO.....	9
GENERALIDADES DEL CULTIVO	9
CONSIDERACIONES GENÉTICAS	11
Raza Mexicana (<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i>)	11
Raza Guatemalteca (<i>Persea americana</i> var. <i>guatemalensis</i>).....	13
Raza Antillana (<i>Persea americana</i> var. <i>Americana</i>)	14
IMPORTANCIA ECONÓMICA	15
VARIEDADES	17
Booth 8:.....	18
Collinred:	18
Trinidad:	19
Lorena:	19
CULTIVAR HASS	19
CONDICIONES AGROECOLÓGICAS	21
FENOLOGÍA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ÁRBOL DE AGUACATE	22
Floración en aguacate	25
Dicogamia sincronizada.....	26
PROBLEMAS ASOCIADOS EN LA BAJA RETENCIÓN DEL FRUTO	26
Receptividad estigmática	26
Abscisión de estructuras	27
Tipo de Inflorescencia	27

Alternancia productiva.....	27
SISTEMA PRODUCTIVO DE AGUACATE 'HASS' EN COLOMBIA.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Ubicación.....	29
Marcado de los árboles y muestreo.....	30
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
VARIABLES EVALUADAS	31
Fenología de la floración	31
Receptividad del estigma	31
Dicogamia sincronizada.....	32
Identificación de inflorescencias.....	33
Retención inicial de frutos.....	34
Variables climáticas.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Fenología de la floración	35
Receptividad del estigma	42
Dicogamia sincronizada.....	44
Identificación de inflorescencias.....	45
Retención inicial de frutos.....	47
ANÁLISIS CLIMÁTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	48
Humedad relativa.....	48
Brillo solar.....	49
Unidades de calor acumuladas (UCA).....	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA.....	53

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Colombia está posicionado como el segundo productor de esta fruta y el quinto exportador a nivel mundial con 79.832 hectáreas sembradas de aguacate de diferentes variedades, de las cuales 40.000 hectáreas pertenecen al cultivar ‘Hass’ (ICA, 2022). De otra parte, el 95% del aguacate que Colombia exporta corresponde a este mismo cultivar llegando en el 2021 a producir 979.617 toneladas (Rico, 2022). En los últimos 5 años se observa un incremento significativo en cuanto a la cosecha y producción del aguacate, pasando esta última de 490.266 toneladas en el año 2017 a 661.237 toneladas en el año 2021. A nivel departamental, Caldas cuenta con un área sembrada de 12.698 ha para una producción de 108.014 toneladas y un rendimiento de 11 t/ha (Minagricultura,2021).

Una de las ventajas que tiene Colombia como exportador de aguacate ‘Hass’ es su desempeño logístico y su ubicación, permitiéndole poseer ventajas comparativas gracias a la biodiversidad que tiene en pisos térmicos y así establecer una producción la mayor parte del año, con picos entre octubre y marzo, favoreciendo la producción constante a diferencia de otros países competidores (Giraldo *et al.*, 2020).

Los factores ambientales con mayor incidencia durante las etapas de desarrollo y la producción en el cultivo de aguacate son la temperatura, el viento y las precipitaciones, así como la calidad del aire y los efectos posicionales, tanto dentro del huerto como dentro del árbol. Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores, lo que proporciona gran variación en las respuestas del cultivar en cuanto a productividad y calidad de la fruta (DANE, 2016).

Sin embargo, los principales problemas de producción que presenta el cultivo se han atribuido a una polinización deficiente así como a una importante caída de flores y de la mayor parte de los pequeños frutos en fases iniciales de desarrollo (Alcaraz, 2009), problemas asociados a factores externos como las condiciones climáticas desfavorables de la zona en la que se encuentra el cultivo que afectan la continuidad, regularidad y secuencia del ciclo floral (Ferwerda *et al.*, 1969). De acuerdo con la variación de climas, la composición, la formación de metabolitos secundarios y cualidades nutricionales de los frutos son muy variables y están influenciados por factores como el clima, el suelo, temperatura, humedad relativa, la cantidad de lluvia durante el desarrollo del fruto y las diferencias genóticas entre cultivares (Thomas *et. al* 2008). Aunque Colombia cuenta con condiciones agroambientales adecuadas para el establecimiento y producción del aguacate, actualmente el país no tiene la suficiente información que le permita contar con conocimientos desarrollados y aplicados con éxito para acompañar técnicamente el incremento de nuevas áreas y salvaguardar las actuales, esto ha traído como consecuencia la adopción de prácticas procedentes de otras latitudes, las cuales deben ser validadas debido al potencial riesgo de pérdidas de dinero y tiempo (Bernal, 2016).

En este sentido, ¿Existen diferencias en el comportamiento floral del aguacate ‘Hass’ en las condiciones de Villamaría, Caldas, frente al comportamiento reportado en otras latitudes?

OBJETIVOS

General

- ✓ Estudiar la fenología de la floración del aguacate ‘Hass’ bajo las condiciones ambientales del municipio de Villamaría, Caldas.

Específicos

- ✓ Registrar el proceso de desarrollo floral desde yema reproductiva hasta antesis considerando los cuadrantes por punto cardinal del árbol.
- ✓ Verificar el fenómeno de la dicogamia sincronizada a través del tiempo en flores de aguacate 'Hass'.
- ✓ Calcular las unidades de calor acumuladas desde yema en latencia hasta antesis.
- ✓ Estudiar el efecto de las variables climáticas sobre la fenología de la floración en la zona de estudio.

MARCO TEÓRICO

El origen y domesticación del aguacate tuvo lugar en las partes altas del centro y este de México y Guatemala. Entre los años 8.000 y 7.000 antes de Cristo (Barrientos *et al.*, 1999). Las variedades que actualmente conocemos de aguacate (*Persea americana* Mill) se han producido por hibridaciones de distintos materiales trasladados desde sus centros de origen (Whiley *et al.*, 2002), por lo que se clasifica en tres subespecies: americana, guatemalensis y drymifolia; estas razas también son conocidas como antillana, guatemalteca y mexicana, respectivamente (ICA, 2012).

GENERALIDADES DEL CULTIVO

Nombre científico: *Persea americana* Mill.

Nombre común: Aguacate, palto, aguacatero.

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

El aguacate y su composición genética ha determinado la formación de tres razas: la mexicana, la guatemalteca y la antillana, estas fueron las que en el proceso evolutivo se desarrollaron en diferentes condiciones edafoclimáticas. Cada raza posee distintas variedades dadas a las diferentes condiciones ambientales existentes en cada territorio, por su naturaleza tiene mecanismos que maximizan su cruzamiento con otros tipos incrementando la variabilidad genética y adaptación a un mayor número de ambientes (Esguerra, 2016).

Debido a las cualidades del aguacate, considerado un superalimento por sus diversos atributos nutritivos y sensoriales, como el alto contenido de aceite, grasas saludables, 20 vitaminas y minerales y elementos como hierro, sodio, potasio entre otros, han hecho crecer la demanda de este frutal (Abello *et al.*, 2018). Así mismo, es un fruto de gran valor para la obtención de productos alimenticios, farmacéuticos, grasas, colorantes, fibra, proteínas y minerales (Ozdemir *et al.*, 2003). El aguacate se presenta en los mercados internacionales como un producto con un potencial alto por “su excelente sabor, mayor consistencia, larga vida poscosecha, además de sus elevadas propiedades nutritivas” (Yahia *et al.*, 1992).

Debido a su creciente popularidad, la demanda de aguacate a nivel mundial se ha disparado drásticamente y se estima que tan solo en 2017 creció 350% comparada con la reportada en el año anterior (Juárez, 2020). Este cultivo se produce en más de 60 países, donde los principales productores son: México, Chile, República Dominicana, Indonesia, Perú, Colombia, Brasil y Estados Unidos de América. En conjunto estos países aportan más del 60 % de la producción mundial. Con una tercera parte de la producción del mundo, México destaca como el principal país productor, consumidor y exportador de aguacate (INTAGRI, 2018).

CONSIDERACIONES GENÉTICAS

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un miembro de la antigua y numerosa familia vegetal de las Lauráceas, la cual comprende poco más de 50 géneros entre los que se encuentra *Persea*, este género *Persea* tiene un número desconocido de especies, aunque algunos autores aseguran que son unas 80 las reconocidas como válidas (De la Luz, 1999). Los ambientes variados en los que el aguacate ha evolucionado y las diversas formas en que ha sido manejado por diferentes culturas, han producido la gran diversidad de genotipos que actualmente se conocen (Haofeng *et al.*, 2008).

Las múltiples hibridaciones ocurridas en diferentes ambientes ecológicos de México y Centroamérica dieron origen al aguacate comestible que se consume hoy en día, de este modo, en las regiones americanas en donde el aguacate se cultiva desde tiempos precolombinos, la producción proviene de fuentes distintas de árboles nativos o criollos y cultivares selectos reproducidos asexualmente, en los cuales el sabor y los valores nutritivos varían según el tipo ecológico (Gutiérrez, 2018). Para esta especie se han descrito ocho variedades, de las cuales tres son ampliamente conocidas como razas hortícolas: la Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*) y la Antillana (*Persea americana* var. *americana*) (Chanderbali *et al.*, 2008).

Raza Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*)

Originaria de los valles y altiplanos de México Central, con clima subtropical a templado y alturas de 1,500 hasta más de 2,000 m (Avelar, 2003). La corteza de la baya es delgada y lisa de color verde o casi negro; es la raza más resistente a las bajas temperaturas, presenta cierta incompatibilidad para injertarse con patrones Antillanos (Ramírez, 2009). Sus frutos maduran a los siete meses después de la floración; y su conservación después de separado del árbol es de 10 días. Estos son relativamente pequeños, cuyo peso oscila entre los 80 y 250 gramos. Las

variedades más importantes son el Fuerte, Puebla, Bacon y Zutano, entre las tres razas es la que mejor contenido de grasa posee, hasta un 30% y la de menor contenido de azúcar con un 2% (Esguerra2016. Su característica principal es que las hojas despiden un olor a anís al triturarlas (Colorado, 2018).



Figura 1. Variedad Bacon de la raza mexicana. **Fuente:** (Infoaguacate, 2021)

Raza Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*)

Originaria del Centro - Occidente de Guatemala, con alturas entre 1,000 y 2,000 m, presenta cáscara gruesa, resistente al transporte del fruto. La semilla es pequeña y la pulpa abundante, con un sabor a almendra o nuez, pedúnculo cónico y brotes tiernos rojizos (Avelar, 2003). El árbol de esta raza llega a medir 30 m de altura y puede mantener los frutos hasta por 6 meses después de su madurez fisiológica, crece en zonas de clima cálido húmedo, aunque también se puede encontrar en condiciones subtropicales en bosques mesófilos de montaña, con tolerancia intermedia al frío (INTAGRI, 2018). El tamaño y peso del fruto son muy variados, oscilando entre los 150 y 2000 gramos, forma esférica, ovalada o piriforme, su color es verde opaco, el contenido de grasa está entre el 20%, el tiempo transcurrido entre floración y cosecha puede tener una duración hasta de 15 meses y después de que han madurado los frutos, el árbol puede retenerlos hasta por 6 meses, debido a que los frutos no se caen con facilidad como ocurre en otras razas. Las variedades más comerciales son el 'Hass', 'Nadal', 'Lula', 'Orotova', 'Thomson', 'Booth' y 'Taylor' (Esguerra, 2016).



Figura 2. Cultivar de la raza guatemalteca, Hass.

Fuente: (Dane, 2016)

Raza Antillana (*Persea americana* var. *Americana*)

Originaria de la costa del Pacífico de Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, en alturas menores a 1,000 m, susceptible al frío, resistente a salinidad y clorosis (Avelar, 2003). Se sitúa en lugares de menos de los 500 metros cálidos y con alta humedad relativa, los nuevos brotes tienen al principio una coloración rojiza sin vellosidad y es la raza con mayor tamaño de baya, pericarpio coriáceo y liso presenta pecas pequeñas y se suelta en la madurez (Ramírez, 2009). El fruto separado del árbol madura rápidamente en 4 ó 5 días. Las variedades de mayor fama son ‘Lorena’, ‘Trapica’, ‘Santana’, ‘Paterson’, ‘Trinidad’ y ‘Pollock’ (Ferro, 2001).



Figura 3. Cultivar de la raza antillana, Lorena.

Fuente: (Dane,2015)

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Esta fruta tropical es la quinta en importancia a nivel mundial, medida en términos de volumen y área cultivada exportando para el 2018, 30.009 toneladas de la variedad “Hass” y para el año 2019 se contó con aproximadamente 18.000 hectáreas de aguacate sembradas (Rojas, 2020). De la producción mundial de aguacate, un porcentaje significativo proviene de América Central y el Caribe, producto de la participación de México y República Dominicana sobre el total de la producción. En cuanto a los países con mayor área cosechada están: México, Perú, Colombia, Chile e Indonesia. Así mismo, los países con mayor producción en toneladas son: México, República Dominicana, Perú y Colombia (Gonzales *et al.* 2018). En esta línea, una de las ventajas que tiene Colombia frente a las exportaciones de Chile y Perú es que estos dos países tardan de 23 a 25 días para llevar su producto a Europa, mientras que Colombia demora 11 días (Vasquez *et al.*, 2019), además, la oferta de aguacate colombiano se presenta durante casi todo el año gracias a las condiciones agroambientales que el país presenta.

En Colombia entre el 2014 y 2018 las exportaciones de aguacate ‘Hass’ se incrementaron exponencialmente, pasando de 1.408 a 35.000 toneladas, entrando a participar la economía colombiana y haciéndola competitiva en los mercados internacionales (Alvarez *et al.*, 2019). Para el año 2021 Colombia exportó cerca de 99.000 toneladas del producto y esto representó un aumento del 20% con relación al año 2020 (MADR, 2022). Para el mercado de los Estados Unidos se deben tener ciertas características físicas en la fruta, tales como su color verdoso, su corteza gruesa y dura, su tallo pequeño debe ser de color café y debe desprenderse de la parte posterior de la fruta con facilidad. Según el DANE, de enero a noviembre del 2019 se

registraron exportaciones a Estados Unidos por un valor cercano a los 83 millones de dólares que, comparadas con el mismo periodo de 2018, representa un crecimiento del 42% (ANALDEX, 2020).

Tabla 1. Área, producción y rendimiento nacional del aguacate ‘Hass’ entre 2015 y 2021

Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2015	13.530	7.429	52.003	7
2016	16.640	9.435	70.761	8
2017	17.474	11.322	90.574	8
2018	19.221	12.907	116.162	9
2019	20.182	14.843	148.429	10
2020	26.045	15.531	155.310	10
2021	31.518	20.446	214.678	11

Fuente: Cadena productiva aguacate (Minagricultura, 2021)

Los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca, y Quindío, representan el 86% del total del área sembrada de aguacate en el país. Así mismo, Tolima es el departamento con mayor producción con una participación del 18% del total nacional (Minagricultura, 2020), con diferentes variedades dentro de las que se incluye el aguacate ‘Hass’.

Según datos del Sistema para la Planificación Rural Agropecuaria (SIPRA), puede verse que los departamentos con mayor aptitud para el cultivo de la variedad ‘Hass’ son Antioquia (694.359 ha), Cauca (469.628) y Boyacá (361.233). Esto, sin embargo, no se ve reflejado en las cifras de producción de la fruta, pues el análisis de las evaluaciones municipales agropecuarias revela que los cinco departamentos con mayor producción fueron, en su orden, Antioquia, Caldas, Tolima, Valle del Cauca y Santander (Mesa, 2020).

Considerando las características y los beneficios nutritivos que contiene el aguacate, Colombia desea impulsar y fortalecer la exportación, con este propósito, los cultivadores han tenido que organizarse, capacitarse y adaptarse a una cadena logística para suplir las necesidades técnicas, sanitarias y fitosanitarias del mercado internacional (Cortés, 2020). El país se ha afianzado en políticas y estrategias como las certificaciones para la exportación de aguacate ‘Hass’. A 2018 se tenían 241 hectáreas certificadas pasando al 2019 a un valor aproximado de 1000 hectáreas con la certificación Rainforest Alliance (Procolombia, 2020). Según la Asociación Hortícola de Colombia (ASOHOFRUCOL) con la ayuda del Programa de Transformación Productiva del Gobierno Nacional de Colombia para el año 2030 se alcanzará una producción de más de 404.700 t de aguacate de las cuales 165.820 t serán de la variedad ‘Hass’ (Arias *et. al* 2021).

VARIEDADES

Actualmente el aguacate se está cultivando en distintas regiones del país desde el nivel del mar hasta los 2.500 m en zonas de cordillera, y las variedades utilizadas se distribuyen entre las razas mexicana, guatemalteca, antillana y sus híbridos (Tabla 2) (Rojas *et al.*, 2020). Estas variedades tienen un comportamiento diferenciado por la temperatura. La raza antillana es poco resistente al frío, mientras que las variedades de la raza guatemalteca presentan mayor resistencia y las mexicanas más tolerantes al frío (FINAGRO, 2018). Tradicionalmente para Colombia se comercializan en el mercado interno las variedades de mayor tamaño como ‘Lorena’, ‘Trapica’, ‘Trinidad’ y ‘Choquette’, mientras que, para mercados más especializados, agroindustria o exportación, se opta por ‘Booth 8’, ‘Collinred’, ‘Reed’, ‘Fuerte’, ‘Gwen’ y ‘Hass’ (Ríos *et al.*, 2003).

Tabla 2. Características de tres cultivares de aguacate de importancia económica en Colombia.

Características	Variedad		
	Choquette	Lorena	Hass
Cruce	Guatemalteca x Antillana	Antillana	Guatemalteca x Mexicana
Tipo de flor	A	A	A
Altitud (m)	0 - 1.500	400 - 1.400	1.500 - 2.900
Peso del fruto (g)	680 - 1.130	430 - 750	170 - 400
Corteza (%)	3.0	2.9	8.5
Pulpa (%)	80.0	87.2	72.0
Semilla (%)	17.0	9.0	11.5
Grasa (%)	13.0	8.2	17.8
Forma del fruto	Ovalada	Oblonga	Oval - periforme

Fuente: El cultivo de aguacate. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. (Amórtegui *et al.* 2001)

Las variedades comerciales más cultivadas en Colombia, además de las llamadas criollas, pertenecen a las razas antillana y guatemalteca y cruces entre ellas (Ferro, 2001). Entre ellas se destacan las siguientes:

Booth 8: Es un híbrido de los grupos Antillano y Guatemalteco, cruzado por William Booth en Homestead, Florida (Avelar, 2003). El árbol es de crecimiento lento, de polinización abierta, prolífico, de producción alta, pero alterna, con tendencia a sobrecargarse. El fruto se da en racimos de corteza verde y ligeramente rugosa, pulpa crema claro, semilla mediana, adherida a la pulpa y es de flor tipo B (Ferro, 2001). Se adapta a las condiciones de costa y bocacosta del Pacífico centroamericano y se recomienda para alturas desde los 250 hasta los 1.000 m. Es precoz, ya que inicia la producción a partir del tercer año. Los rendimientos son de 0.5, 4.5, 9 y 12 toneladas por hectárea, en los años 3, 5, 7 y 10 respectivamente (Avelar, 2003).

Collinred: Variedad Guatemalteco x Antillano. Los frutos son de corteza lisa a ligeramente corrugada, de color morado al llegar a la madurez, con el 12% de aceite y el 75% de pulpa,

con semillas de tamaño mediano a pequeñas (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017). Es un árbol alto, de buena producción todos los años. El fruto es periforme, de corteza rugosa a causa de puntos profundos y bien separada de la pulpa; esta es de un amarillo intenso, verde en la parte cercana a la corteza, su semilla es pequeña y su tipo de floración es tipo A (Ferro, 2001).

Trinidad: Esta variedad fue introducida de Panamá a Colombia en 1957 y descrita en 1961 (Ríos *et al.*, 2005). Es una variedad líder para el desarrollo del cultivo del aguacate para zonas medias y cálidas del país, por su buena adaptación, excelente producción y gran aceptación en el mercado (Bernal *et al.*, 2020). Es un árbol de buen desarrollo y abundante follaje. El fruto tiene forma globosa elipsoide, la corteza es gruesa de textura blanda, de un verde intenso uniforme, de superficie papilada y lustrosa. La pulpa es amarilla clara y verde clara hacia la corteza. Se adapta muy bien a la zona cafetera y su flor es tipo A (Ferro, 2001).

Lorena: Se comporta muy bien en bajas altitudes; sin embargo, ha tenido buen comportamiento en las zonas cafeteras de Colombia, hasta los 1.500 m.s.n.m. Dentro del país a una selección de la variedad lorena se le conoce como papelillo, el cual posee un buen mercado interno. Sus frutos son de forma alargada, corteza lisa con un peso aproximado de 400 gramos. Posee un contenido de grasa del 8% y fue originada en la finca Lorena, en Palmira (Valle del Cauca) en el año 1957 (Esguerra, 2016).

CULTIVAR HASS

En la actualidad, uno de los materiales más sembrados en el mundo es el cultivar Hass, descubierto por Rudolph Hass, en La Habra Heights-California en 1926 patentada en 1935 e introducida al mercado global en 1960 (Fasecor, 2018). Originado a partir del cruzamiento de la raza mexicana (*Persea americana* var. *Drymifolia*) con una participación del 10 a 15%

y la raza guatemalteca (*Persea nubigena* var. *Guatemalensis*) con 85 a 90% (Whiley *et al.*, 2002).

El fruto del cultivar Hass es muy apreciado en el mercado mundial por su consistencia suave, similar a la de la mantequilla, su alto valor nutritivo y por sus amplias posibilidades de uso, no solo en la culinaria, sino en procesos industriales. Se estima que contiene un fuerte componente vitamínico (A, C y E), además de extraordinarias propiedades para reducir el colesterol, por contener lipoproteínas de baja densidad (Sandoval *et al.*, 2014).

Produce frutos esféricos, ovalados, con corteza gruesa y quebradiza; la pulpa es cremosa, con excelente sabor y sin fibra; la semilla es pequeña (bien pegada a la cavidad) y se pela fácilmente. De acuerdo con el estado de madurez, presenta un color que va desde verde opaco hasta morado oscuro (Bernal *et al.*, 2008).

El cultivar Hass posee algunas características que lo diferencian de otras variedades. Confiere una cáscara con una textura rugosa y gruesa a diferencia de otros cultivares, que al ser cosechado toma un color oscuro casi negro, esta condición es normal en el proceso de maduración que antes se veía como una característica negativa. Tiene un tamaño considerablemente pequeño que puede llegar a pesar hasta 400 g. Tiene dos picos de cosecha, una de mayo a septiembre y la otra de octubre a enero siendo esta última la más importante por su alto volumen de producción, encontrándose cosechas tempranas en climas cálidos y tardías en climas fríos (Procolombia, 2018).

Se cultiva en alturas un poco mayores frente a otras variedades, entre 1.500 a 2.600 m y la calidad del fruto es muy homogénea si se compara con el aguacate criollo. El aguacate 'Hass' demanda mucha agua para su rendimiento y es poco tolerante a las sales lo que requiere de

cuidado al momento de la fertilización. Además, un mal manejo de la cantidad de agua que requiere el árbol puede producir frutos con menos cantidad de aceites o con una maduración más prolongada (Rincón, 2021).

CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

En general las regiones tropicales presentan condiciones únicas enmarcadas en una gran variación de suelos y climas. Para la región tropical andina de Colombia estos cambios sobresalen y se deben a la fisiografía y en especial a la altitud; características que dan origen a una gran biodiversidad. Las temperaturas de 17,9-19,7°C con condiciones ambientales templadas, estables y libres de estrés, son consideradas como las mejores condiciones para la producción de aguacate ‘Hass’, mientras que las temperaturas límite para lograr un desempeño razonable de este cultivar son de 19,5-21°C, que corresponden a los climas subtropicales cálidos y húmedos (Newett *et al.*, 2007). En cuanto a la pluviosidad el aguacate tiene una amplia adaptación, se cultiva sin riego en zonas con precipitaciones que varían entre 665 mm y más de 2.000 mm de lluvia anuales (Galán, 1990). Las precipitaciones altas 1200-1600 mm no son factor limitante en suelos muy permeables como los andisoles, considerados como los más cercanos al ideal para la producción de este frutal (Ben- Ya’acov *et al.*, 1995). La alta humedad relativa y temperaturas templadas durante la estación de crecimiento producen un nivel mínimo de estrés ambiental y excelente desarrollo del cultivar Hass (Wolstenholme, 2007). Por otro lado, el pH ideal para las plantas de aguacate debe ser ligeramente ácido entre 5,5 y 7,0, para que se lleve a cabo de manera más fácil la absorción de nutrientes y el desarrollo radicular se debe llevar a cabo de manera eficiente, ya que los altos índices de alcalinidad, afectan la absorción de calcio y sodio (Anguiano *et al.*, 2003).

Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores; esto proporciona gran variación en las respuestas de los cultivares en cuanto a comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad de la fruta (DANE, 2016).

Los estudios ecofisiológicos pueden determinar las condiciones más adecuadas para el desarrollo de un cultivo (Solarte *et al.*, 2010), esto debido a la influencia de todos los aspectos del crecimiento del aguacate que determinan la magnitud con la que se puede expresar su potencial genotípico (Newett *et al.*, 2007).

FENOLOGÍA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ÁRBOL DE AGUACATE

Se entiende la fenología como la correlación entre el clima en el cual se encuentra el cultivo, y la serie de cadenas sucesivas que se presentan biológicamente (Whiley *et al.*, 1998). Esta especie presenta mucha variación fenológica, ya que cuenta con características diversas como árboles de gran tamaño, presencia de crecimiento vegetativo al mismo tiempo en que se presenta la floración, altos niveles de floración (irregular y prolongada), bajos porcentajes de cuaje y semilla muy grande (Granados, 2013). Por ser nativo de América Central, lugar donde existen zonas selváticas, las diferentes especies han debido competir por luz y espacio, alcanzando fácilmente los 12 metros de altura, por lo que se dice que está genéticamente determinada para crecer continuamente (Lemus *et al.*, 2010).

El aguacate es una planta con crecimiento rítmico que presenta dos o más flujos de crecimiento vegetativo al año. Los flujos vegetativos (FV) y reproductivos son de intensidad y duración variables y su ocurrencia es influenciada por factores ambientales, prácticas de manejo y la cantidad de fruto presente en el árbol (Salazar *et al.*, 2007).

El aguacate se caracteriza por tener un crecimiento rítmico monopodial, es decir, un crecimiento de una yema vegetativa terminal del eje central de cada brote que permanece y continúa su desarrollo año tras año. El tronco forma ramas que son morfogénicamente idénticas al tronco y las flores se originan lateralmente sin tener un efecto sobre el crecimiento de los brotes, aunque en algunos brotes existen flores en posición terminal, siendo el crecimiento subsecuentemente simpodial (Thorp *et al.*, 1992). El árbol crece principalmente desde las yemas apicales, debido a que las yemas axilares se desprenden o permanecen en estado latente (Calabrese, 1992). El vigor del crecimiento completo del árbol y la producción de fruta dependen del tiempo y extensión de los eventos fenológicos (Wolstenholme *et al.*, 1989).

En el aguacate el tiempo transcurrido desde que los brotes vegetativos terminan su crecimiento e inician su desarrollo floral hasta antesis es variable y depende principalmente del cultivar y del clima en que se desarrolle (Salazar *et al.*, 2002). A lo largo del año puede tener uno o más ciclos vegetativos seguidos de un periodo de crecimiento radicular. Las raíces comienzan su crecimiento cuando el primer crecimiento vegetativo comienza a declinar. Posteriormente, comienza un segundo periodo de crecimiento vegetativo, restableciéndose de esta manera el equilibrio entre una fase de crecimiento radicular y otra vegetativa (Hernández, 1991).

Por otro lado, las flores del aguacate están dispuestas en panículas o inflorescencias que se forman en la parte terminal de las ramas (Calabrese, 1992), estas inflorescencias pueden darse de dos tipos: determinadas, donde el meristemo del eje primario forma una flor terminal, e indeterminadas, donde se forma una especie de yema en el ápice del eje primario de la inflorescencia que continúa con la formación de un brote (Salazar *et al.*, 2000).

Hasta la década de 1990, la mayoría de los estados fenológicos de los cultivos frutales se describían con base en la escala de Fleckinger (Fleckinger, 1948), que incluye solo inflorescencia y desarrollo floral. Bleiholder *et al.*, (1989) introdujo un sistema de codificación decimal de dos dígitos para las angiospermas, la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) y, más recientemente, se ha propuesto una escala revisada específica para las plantas leñosas (Finn *et al.*, 2007). Para las plantas que exhiben un crecimiento rítmico con más de un ciclo de crecimiento por año, se usa una escala BBCH extendida de tres dígitos con el dígito del medio describiendo los brotes de crecimiento intermedio o mesoetapas (Figura 1) (Alcaraz *et al.*, 2013).



Figura 4. Principales estados fenológicos de crecimiento del aguacate ‘Hass’ según la escala BBCH extendida. **Fuente:** (Alcaraz *et al.*, 2013)

Floración en aguacate

Las flores del aguacate son hermafroditas, con órganos masculinos y femeninos funcionales, aunque su maduración está separada en el tiempo (Davenport, 1986). Un árbol de aguacate puede llegar a tener hasta un millón de flores, produciendo por cada inflorescencia de 200 a 900 flores. Donde se ha reportado que sólo de 1 a 3 frutos se cosechan por cada mil flores producidas (Intagri, 2018). Como resultado, el cuajado natural suele ser de alrededor del 0,15% de las flores inicialmente producidas (Garner *et al.*, 2008).

Dicogamia sincronizada

El aguacate posee flores masculinas y femeninas llevándolo a una dicogamia protoginia, es decir, que no se da una apertura simultánea de las flores. En este sentido, los cultivares de aguacate se clasifican en dos grupos: A y B. Las flores de los cultivares tipo A abren en la mañana en estado femenino y en la tarde del día siguiente la apertura es en estado masculino, por el contrario, las flores tipo B abren en estado femenino en la tarde del primer día, y en la mañana del día siguiente lo hacen en estado masculino (Mojica, 2017). El comportamiento de las flores del aguacate está sujeta a los cambios de temperatura que se puedan presentar, cuando la temperatura diurna es de 25°C y en la noche no es menor de 16°C, la flor tiene el comportamiento anterior. Sí en el día la temperatura está por debajo de los 21°C se describe un comportamiento inverso de la flor (Calabrese, 1992). El comportamiento floral peculiar del aguacate implica que los órganos masculinos y femeninos no son funcionales en el mismo momento, madurando estos últimos en primer lugar (Alcaraz, 2009).

PROBLEMAS ASOCIADOS EN LA BAJA RETENCIÓN DEL FRUTO

Receptividad estigmática

Entre las funciones que tiene el estigma podemos citar las siguientes: la adhesión del polen, que inicialmente depende de la interacción entre proteínas; la hidratación del polen, en la que la presencia de los lípidos juega un importante papel, la activación y germinación del polen. Por ello, las pruebas de receptividad estigmática se basan en la presencia de una actividad enzimática, que permita la germinación del polen y la capacidad de que tenga lugar la fecundación. En el caso del aguacate, el estigma es húmedo y produce un exudado rico en lípidos, carbohidratos, proteínas y minerales confiriendo las condiciones óptimas para que tenga lugar la germinación de polen (Sedgley *et al.*, 1978).

Abscisión de estructuras

La abscisión tanto de flores como de pequeños frutos está afectada por las condiciones ambientales y se ve afectada por el viento, por la temperatura y por la humedad relativa. La abscisión selectiva de frutos involucra factores como selección genética, sensibilidad a las condiciones ambientales y la habilidad para competir con el crecimiento vegetativo y con los frutos vecinos por las reservas nutritivas. Por otra parte, hay que tener presente que la limitación de recursos lleva consigo la abscisión de gran cantidad de frutos por competencia entre los distintos sumideros en la planta (Alcaraz, 2009).

Tipo de Inflorescencia

Las inflorescencias del aguacate pueden ser de dos tipos: determinadas, en las que el meristemo del eje primario forma una flor terminal, e indeterminadas, en las que se forma una yema en el ápice del eje primario de la panícula que continúa con el crecimiento de un brote. Con pocas excepciones las inflorescencias de tipo indeterminado son más abundantes mientras las inflorescencias determinadas tienen un mayor porcentaje de frutos cuajados por flor (0,1%) respecto a las indeterminadas (0,05%) por lo cual tienden a ser más productivas (Robello *et al.*, 2011).

Alternancia productiva

Los problemas de poco amarre de frutos y baja producción pueden ser incrementados por otro limitante que es común en la mayoría de las áreas productoras de aguacate, la alternancia productiva. La alternancia, vecería, añerismo o bianualidad productiva es un fenómeno que se caracteriza por un año de cosecha abundante (año “on”), seguido por un año de baja producción (año “off”) (Ordúz *et al.*, 2012). Un año “on” está determinado por una intensa

floración, alto porcentaje de cuajado y alto rendimiento, mientras que un año “off” se caracteriza por una baja floración, bajo porcentaje de cuajado y bajo rendimiento. La alternancia varía con las condiciones ambientales, el cultivar, el portainjerto y el manejo agronómico (Jiménez *et al.*, 2010).

SISTEMA PRODUCTIVO DE AGUACATE ‘HASS’ EN COLOMBIA

En Colombia el aguacate se viene cultivando hace ya varios años, dicho cultivo se ha extendido a diversas regiones del país y actualmente es una de las apuestas productivas de mayor relevancia. La producción nacional de aguacate ‘Hass’ se concentra principalmente en departamentos como Antioquia, Tolima, Caldas, Quindío y Risaralda liderando en área sembrada el 61,4% del total del área sembrada de aguacate en el territorio nacional, siendo Antioquia el departamento que registró mayor producción con 137.179 toneladas al 2020 (Alzate *et al.*, 2022).

Sin embargo, aunque Colombia tiene la oportunidad de convertirse en uno de los principales exportadores de aguacate ‘Hass’, existe una problemática en cuanto al índice de rendimiento (t/ha) si se compara con otros países exportadores (Lozano *et al.*, 2019), entre ellos se destacan, República Dominicana con 46,3 t/ha, Brasil con 16,5 t/ha, Perú con 12,6 t/ha y México con 10,6 t/ha, frente a Colombia con un rendimiento de 10 t/ha para el año 2018. Colombia cumple con unas buenas condiciones agroecológicas, posee gran potencial productivo gracias a la variedad de recursos naturales como la biodiversidad, el agua y las condiciones climáticas tropicales que permiten cosechar durante todo el año (Ramírez, 2018). Así mismo, el valor agregado que tiene la producción del aguacate colombiano, es la

habilidad de estar apto para exportar todo el año; puede convertirse en una ventaja para alcanzar altos estándares de calidad y convertirse en un buen país exportador de este producto, especialmente, a los Estados Unidos (Arévalo *et al.*, 2019).

Para darle cumplimiento a estas expectativas, se hace necesario adelantar investigaciones que aporten al mejoramiento del rendimiento y la sostenibilidad del sistema productivo teniendo presente la conservación del agroecosistema de las zonas, específicamente el cuidado de las fuentes hídricas, ya que el aguacate ‘Hass’ ha sufrido un proceso de estigmatización por malas prácticas del cultivo que evidencian malas decisiones por parte de los productores y una planeación deficiente del desarrollo del cultivo (Agrosavia, 2021). Para el año 2021 Colombia contaba con un área sembrada de 31.518 Ha, una producción de 214.678 Ton y un rendimiento de 11 Ton/Ha de aguacate “Hass” abarcando el mercado nacional e internacionales a países como Países Bajos, España, Reino Unido, Bélgica, Estados Unidos, entre otros; manejando precios nacionales e internacionales promedios de \$2.991/kg y \$7.334/kg, respectivamente (Minagricultura, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la finca El Tronío (5°01’26’’ latitud norte y 75°29’43’’ longitud oeste), ubicada en la vereda la Florida del municipio de Villamaría (Caldas) a una altura de 2275 m. El material vegetal fue aguacate cv. Hass de 8 años de edad, injertado sobre un patrón proveniente de semilla criolla. El predio posee registro exportador y el manejo del cultivo está determinado por las directrices de las Buenas Prácticas Agrícolas para frutales de exportación implementadas por el ICA resolución No.082394.

Marcado de los árboles y muestreo

Se seleccionaron 6 árboles de forma aleatoria en un lote de 8 años de edad sembrado a una distancia de 6 m x 5 m. Se consideró un diseño experimental completamente al azar con 6 repeticiones y 4 sub réplicas. En cada uno de los árboles marcados se tomaron 4 ramas de 1.0 a 1.5m de longitud considerando los 4 puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste) para un total de 24 ramas (Cossio, 2008). Se documentó periódicamente el desarrollo de las yemas apicales y se llevó un registro fotográfico con el fin de visualizar el tiempo transcurrido entre una etapa y otra, este seguimiento tuvo como base la tabla de estados fenológicos tomada de (Cabezas *et al.*, 2003).



Figura 5. Brotes marcados considerando el árbol y el cuadrante.
Foto. (Carreño & López, 2020)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para este estudio se consideró un diseño completamente al azar (DCA), con 6 réplicas y 24 sub réplicas. El análisis de los datos se hizo mediante el uso de herramientas descriptivas, se

hizo un análisis de varianza y una prueba de promedio de DUNCAN ($p \leq 0.05$) a través del programa S.A.S (SAS Inst. Cary N.C. Versión 9.1).

VARIABLES EVALUADAS

Fenología de la floración

Periódicamente se visitaron los árboles marcados para determinar el proceso de desarrollo de las yemas, y conocer el estado fenológico en el que se encontraban haciendo un registro fotográfico. En el momento en el que las flores comenzaron su antesis se inició la medición de otras variables dependientes de este estado.



Figura 6. Monitoreo de yema marcada.
Foto. (Carreño & López, 2020)

Receptividad del estigma

Una vez las flores presentaron la antesis en estado femenino, se hizo la prueba del peróxido de hidrógeno para determinar la receptividad del estigma, es decir, la capacidad que tiene la flor de recibir el polen, adherirse, hidratarse y germinar. Esta práctica se realizó durante dos días consecutivos. El primer día se tomaron datos a la 01:30 pm, 03:00 pm y 04:30 pm, al día siguiente a las 09:00 am, 10:30 am y 12:00 pm. Se dispuso de un copo de algodón

hidratado con el peróxido para hacer contacto con el estigma y verificar el burbujeo que se presenta en la flor (Rodríguez-Rojas *et al.*, 2015). Esta reacción se observó *in situ* usando un estereoscopio marca UNICO de referencia ZM18HF.



Figura 7. Observación *in situ* del estigma con el estereoscopio.
Foto. (Carreño & López, 2020).

Dicogamia sincronizada

Para la evaluación de esta variable se seleccionaron 3 árboles, 1 inflorescencia por cada cara del árbol y se evaluaron 4 flores por cada punto cardinal, durante dos días consecutivos se verificaron las aperturas en estado femenino y masculino. Las evaluaciones se hicieron a partir de las 8:00 am hasta las 4:00 pm, tomándose un registro fotográfico cada 2 horas del estado de las aperturas florales. Cada flor evaluada se etiquetó haciendo distinción entre flores masculinas y flores femeninas con el fin de identificar cada estado de manera óptima, y hacer un seguimiento más específico de los cambios que estas presentaban en cada apertura.



Figura 8. Panícula floral marcada para el seguimiento de las aperturas florales.
Foto. (Carreño & López, 2020)

Identificación de inflorescencias

En el momento en el que se presentaba la antesis en la mayoría de flores de la panícula, se determinó si el meristemo del eje primario formaba una flor terminal (determinada) o formaba una yema en el ápice que continúa con el crecimiento de un brote (indeterminada). La evaluación se realizó en las 24 ramas seleccionadas en los 6 árboles del estudio.



Figura 9. Estado 515 de la flor. **Foto.** (Carreño & López, 2020)

Retención inicial de frutos

Se registró el número de frutos retenidos por punto cardinal en los primeros 60 días después de antesis para determinar el porcentaje de retención inicial en la zona.

VARIABLES CLIMÁTICAS

Se obtuvo información climática de la zona asociada a la precipitación, temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa y brillo solar y se comparó con las variables evaluadas para conocer el efecto del clima en el desarrollo reproductivo del árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuadrantes para las variables fenología de la floración, tipo de inflorescencia y retención de frutos por punto cardinal, tampoco para la variable de receptividad del estigma. Sin embargo, al ampliar los resultados de retención de fruto y llevarlo a una hectárea, se pueden evidenciar diferencias importantes a nivel productivo donde el lado este (E) presentó 66% de retención de frutos por encima de los demás cuadrantes. Para la variable número de flores se obtuvo una mayor proporción en la cara Norte de los árboles con un 30% respecto de los demás cuadrantes.

Fenología de la floración

El seguimiento de las yemas se inició cuando estas se encontraban en la etapa 513 (yema reproductiva latente) hasta la etapa 610 donde se presenciaron las primeras aperturas florales, el tiempo promedio transcurrido entre estas dos etapas fue de 71 días para el sitio de evaluación (Tabla 4).

Tabla 4. Días transcurridos entre las cuatro etapas evaluadas en la zona de estudio.

Etapa Fenológica	Días
513 - 515	48
515 - 517	14
517 - 610	9

Fuente. Elaboración de los autores. **513-515:** 50% de la longitud final. **515-517:** Inflorescencias con un 70% de su longitud final. **517-610:** Apertura de las primeras flores.

Estudios realizados en localidades de la provincia de Pichincha en México, con temperatura promedio de 26°C, indicaron para el cambio de etapa en el cultivar ‘Hass’ un total de 20 días desde aparición inflorescencia a eje secundario visible, 6 días para eje secundario visible a botón amarillo y 7 días de botón amarillo a floración, para un total de 33 días (Flores, 2013). Lo que correspondería en la escala de BBCH tomada como referencia de Alcaraz a 513 a 610 respectivamente, según los días registrados para las condiciones de México anteriormente mencionadas, mostrando diferencias de 38 días menos respecto al lugar de evaluación. Teniendo en cuenta que la temperatura promedio para el municipio de Villamaría, Caldas, fue de 17,8°C (García *et al.*, 2022) y que esta se encuentra 8.2°C por debajo respecto a la temperatura registrada en el estudio anteriormente mencionado en la provincia de Pichincha, se atribuye dicha diferencia de días entre la etapa 513 a la 610, probablemente dada a los

factores medioambientales que influyen sobre todos los aspectos del crecimiento del aguacate y determinan la magnitud con la que se expresa su potencial genotípico (Gandolfo, 2008). Con frecuencia la actividad fotosintética es un indicador del crecimiento actual y futuro del cultivo y de su productividad, además de la cantidad de carbono acumulado y fijado en forma de carbohidratos, el crecimiento y la producción también dependen de la repartición espacial y temporal de los carbohidratos en los distintos órganos de la planta (Wolstenholme, 1990). Los factores ambientales tales como la luz, la temperatura y las concentraciones de CO₂ y O₂ atmosférico, no solo afectan la fotosíntesis y la respiración, sino que también tienen repercusión sobre la repartición de carbohidratos en diferentes órganos (Schaffer y Whiley, 2007).

Tabla 5. Días transcurridos entre etapas fenológicas de las yemas apicales de aguacate ‘Hass’ según el cuadrante, en la zona de Villamaría, Caldas.

Etapa fenológica	Punto cardinal			
	W	N	E	S
513 - 515	64	61	57	57
515 - 517	7	3	7	7
517 - 610	7	14	14	14

De la etapa 513 de yema reproductiva latente hasta la etapa 515 donde la inflorescencia tiene un 50% de la longitud final, se evidenció que el cuadrante que más tardó en llegar a esta etapa fue el oeste (W), mientras que el lado este (E) y sur (S) fueron los que menos tardaron entre etapas (Tabla 5). Para el cambio de etapa 515 a la 517 con inflorescencias con un 70% de la longitud final, la que menos tardó notablemente respecto a los demás cuadrantes evaluados fue el norte (N). Finalmente, para la etapa 610 que indica la apertura de las primeras flores

se registró que los cuadrantes N, E y S tardaron los mismos 14 días para pasar de etapa, mientras que la yema ubicada en el lado oeste (W) fue la que menos días registró con un total de 7 en la transición por etapas fenológicas, en algunas etapas predominó el sur con valores altos, puede asociarse a la nubosidad y por ende a menos temperatura a nivel de microclima.

Estudios realizados por Reyes *et al.* (2015) en la franja aguacatera del estado de México, permitieron observar una tendencia de mayor desarrollo de las estructuras florales en la parte sur, sin observar diferencia significativa en el número de panículas florales por orientación cardinal, sin embargo, sí un efecto en el adelanto en el desarrollo de la floración en la parte sur con respecto a la parte norte de la copa de los árboles de acuerdo a lo observado en un periodo de dos años .Por otro lado, estudios realizados por (Bernal, 2016) en Antioquia (Colombia) muestran flujos florales con una duración de 3 a 4 meses ratificando una vez más cómo influyen las variables climáticas en los flujos florales. Estudios realizados en Colombia, en el municipio de Pasca, Cundinamarca, mostraron que el desarrollo fenológico del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, fue desarrollado en un plazo de aproximadamente 200 días hasta su último estado vegetativo (elongación del tallo) según la escala BBCH, en el cual se describieron los diferentes estadios de crecimiento, basados en la tabla BBCH (Gonzalez *et al.*, 2015).

Tomando como referencia el diagrama fenológico ajustado por Alcaraz *et al.*, (2013), y considerando las observaciones realizadas en este estudio, se diseñó con imágenes propias una escala fenológica de la floración del aguacate ‘Hass’ desde el estado 510 (yemas latentes) hasta 610 (apertura de las primeras flores) (Figura. 10).

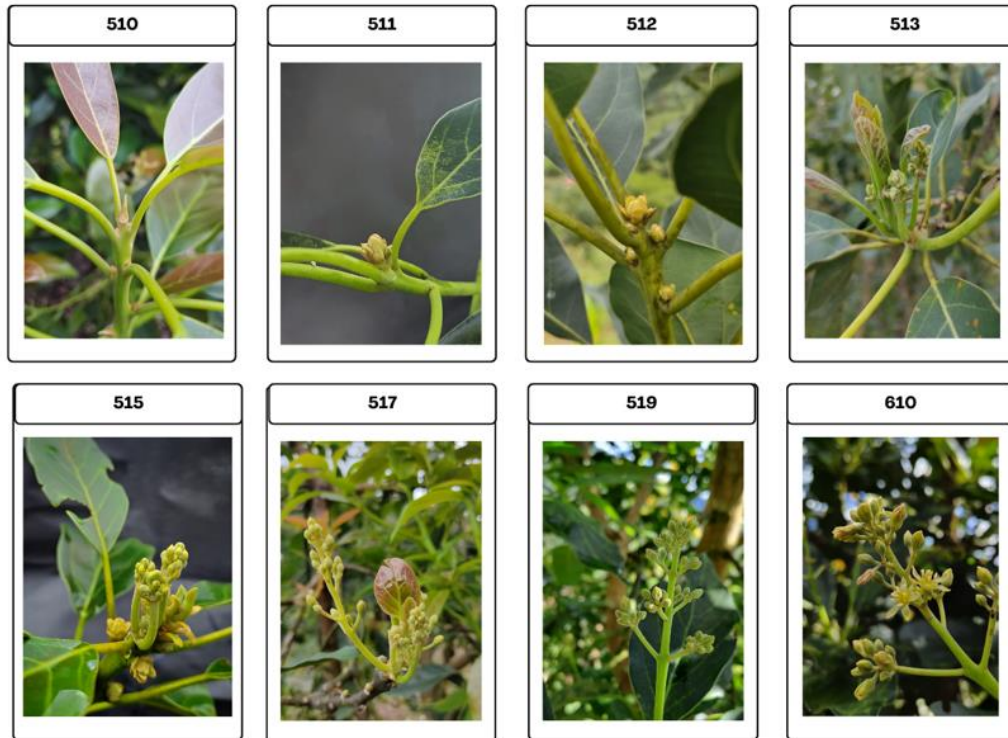
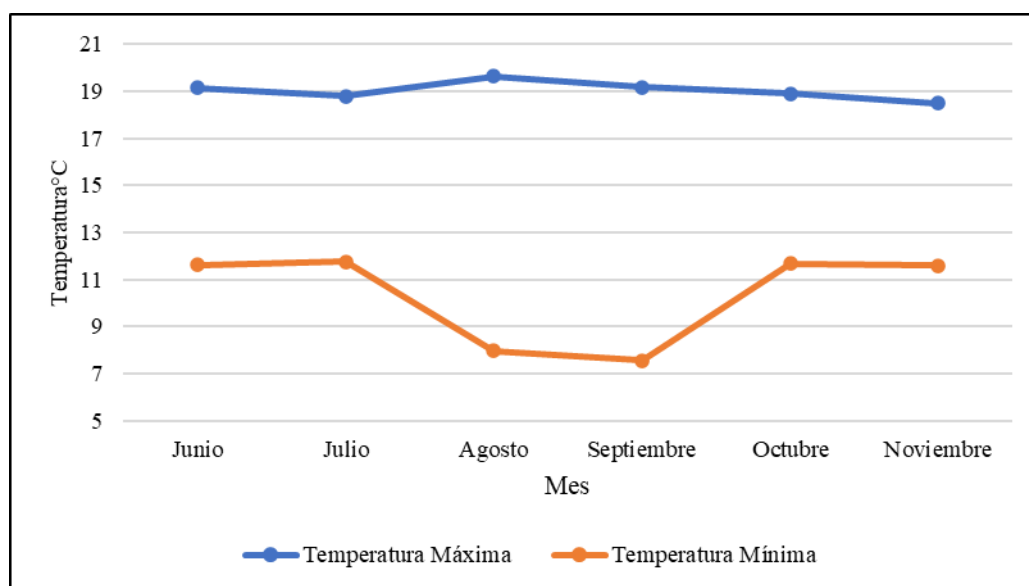


Figura 10. Etapas fenológicas de la floración en árboles de aguacate ‘Hass’ ubicados en el municipio de Villamaría, Caldas. **Fuente:** (Carreño & López, 2020)
 510 yemas reproductivas latentes. 511 Comienzo del hinchamiento de la yema reproductiva. 512 Fin de la expansión de las yemas reproductivas. 513 Erupción de yemas reproductivas. 515 Inflorescencias al 50%. 517 Inflorescencia al 70%. 519. Fin de la expansión de la inflorescencia. 610. Primera flor abierta.

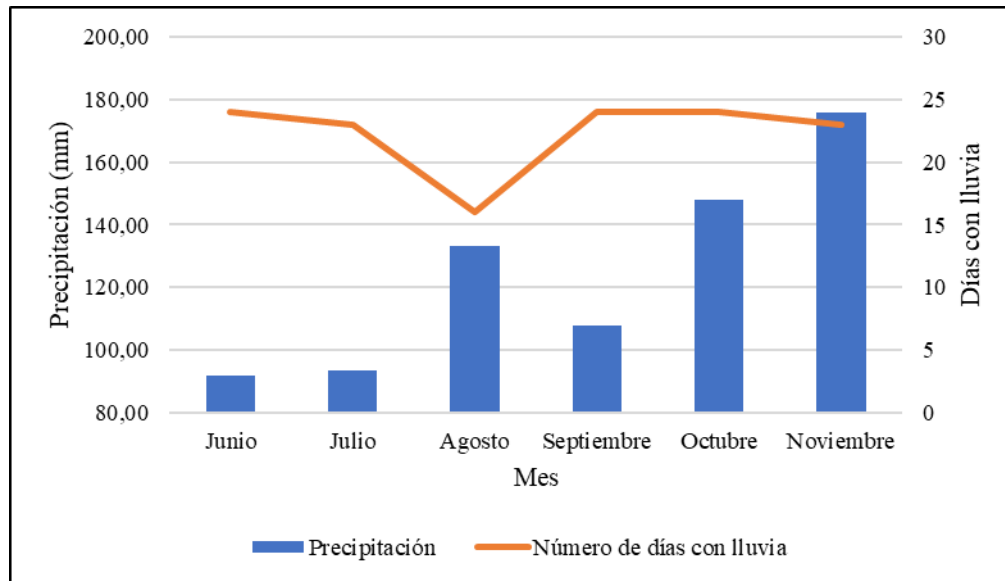
Salazar *et al.* (2002), demostraron que en regiones subtropicales y templadas la temperatura es el principal factor responsable de la transición de las yemas en latencia a fase reproductiva y es determinante en el inicio, duración e intensidad del proceso de floración en árboles de aguacate, según Gonzalez *et al.*, 2015, el periodo de flor a fruto, se torna más largo a medida que la temperatura disminuye, necesitando un rango entre 14 y 24°C de temperatura media anual, mientras que Whiley (1990) manifiesta que en regiones donde una disminución en la temperatura no es suficiente para lograr una detención completa del crecimiento vegetativo, en tanto que un déficit hídrico de corta duración (2 meses) es favorable para la inducción floral. Por lo tanto, en el lugar de evaluación tanto la temperatura como la humedad relativa condicionan la planta para aumentar los días de floración y determinar si su flujo es

reproductivo o vegetativo según un estudio realizado por (Salazar, 2015) en Perú. En aguacate, la principal limitante en el proceso fotosintético es la disponibilidad de radiación en las diferentes partes del dosel. Debido a la alta densidad y vigor de los flujos de crecimiento vegetativo, el manejo inadecuado de la copa puede causar en árboles de gran porte, un alto sombreado interno. La baja disponibilidad lumínica en la parte interna y en los estratos inferiores del árbol, genera una reducción en la eficiencia fotosintética de la planta y una disminución en el rendimiento y calidad del fruto (Schaffer *et al.*, 2002). Estudios realizados por Bernal (2016), reveló que la actividad fotosintética presentó variaciones, determinadas principalmente por el flujo fotónico incidente sobre la fronda del árbol, la temperatura y la humedad relativa ambiental. Para (Dussi, 2007) el crecimiento de la planta y la formación de frutos tienen una estrecha relación con el aprovechamiento lumínico. Así, una reducción de la intensidad lumínica afecta sobre todo la inducción del botón floral y su diferenciación, además del cuajado, tamaño, color y la calidad de los frutos y en menor grado el crecimiento.



Gráfica 1. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas a través del tiempo en la zona de estudio.

La amplitud térmica presentada durante los meses de estudio tuvo un promedio de 12,1 °C, sin embargo, estas cambian con las condiciones de radiación solar que ocurran (Jaramillo, 2005). A diferencia de estudios realizados por (Bernal, 2016), la variación de promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas del aire puede influir en las expresiones fenológicas presentadas en la planta. Las temperaturas máximas durante el desarrollo del estudio fluctuaron entre 19 °C y 22,3 °C , indicando una diferencia significativa respecto a lo referenciado por Cossio *et al.*, (2008), en Nayarit, México, donde la fluctuación entre las temperaturas máximas estuvo entre los 26,8 a 33,4 °C, siendo esta diferencia de 6,6 °C. Las temperaturas mínimas ambientales presentaron una menor variación que las máximas, fluctuando entre los 10,2 °C y los 12,3 °C. El comportamiento de dicogamia protoginia de la flor del aguacate, según estudios, se encuentra regulado por la temperatura ambiente. Cuando la temperatura diurna es de 25°C, la flor se comporta como se describe en la floración tipo A. Con días nublados o fríos, situación para la que la temperatura se mantiene por debajo de los 21°C, el comportamiento floral por la mañana es exactamente el inverso, el polen es liberado por la mañana y la parte femenina se presenta por la tarde (Calabrese, 1992).



Gráfica 2. Comportamiento de la precipitación y número de días con lluvia a través del tiempo en la zona de estudio.

Cuando se comparan los registros de precipitación acumulada durante el tiempo de estudio en el municipio de Villamaría, con los requerimientos del cultivo y la fenología de la floración, se observa que el mes de menor precipitación fue junio con 92 mm, mientras que el mes más lluvioso fue noviembre con 175,7 mm. El rango de precipitaciones anuales adecuadas para el cultivo de aguacate ‘Hass’ se encuentra entre los 1.200 y 2.000 mm/año (Bartoli 2008). Para el año en el cual coincidió el estudio, se registró un acumulado de 1.431 mm, encontrándose dentro del rango óptimo para el cultivar. Resultados obtenidos en otros estudios (García *et al.*, 2021) han demostrado que varios factores ambientales pueden estar asociados con la inducción floral del aguacate en las condiciones del trópico andino. En este caso la nubosidad puede jugar un papel importante ya que la presencia de altas precipitaciones aumenta este factor y por lo tanto hay una disminución de la misma. En cuanto a lo relacionado con las inflorescencias, la precipitación influye también notablemente al asociarse la ocurrencia de los flujos vegetativos, con los meses de mayor precipitación

(Avilán et al., 2007). Por ejemplo, presentándose para Colombia reporte de dos flujos vegetativos durante un año (Bernal et al., 2017).

Receptividad del estigma

El primer día de evaluación en horas de la tarde se tomaron tres datos (flor en estado femenino) como referencia, con un intervalo de hora y media donde las flores evaluadas fueron receptivas. Así mismo, para el segundo día, la evaluación se hizo en horas de la mañana (flor en estado femenino), con una diferencia aproximada de hora y media entre cada toma de datos, los cuales al igual que el día anterior arrojaron una receptividad del estigma del 100%.

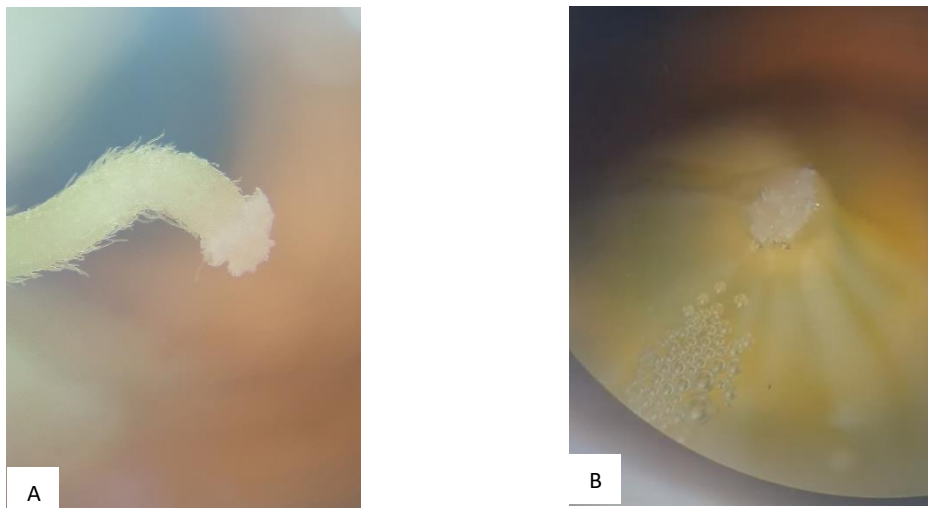


Figura 11. A. Estigma antes de la prueba del burbujeo. B. Burbujeo del estigma receptivo de una de las flores evaluadas. **Foto.** (Carreño & López, 2020)

Tabla 6. Receptividad del estigma a través del tiempo en dos días específicos.

Flor	Día 1						Día 2					
	Hora de evaluación											
	1:30 p.m.	3:00 p.m.	4:30 p.m.	9:00 a.m.	10:30 a.m.	12:00 p.m.						
1	+		+		+		+		+		+	
2	+		+		+		+		+		+	
3	+		+		+		+		+		+	
4	+		+		+		+		+		+	
5	+		+		+		+		+		+	

Fuente. Elaboración de los autores. (+) Flor con estigma receptivo.

La adopción de la dicogamia como estrategia reproductiva implica que, para una eficaz transferencia de polen, los insectos han de visitar las flores en ambas fases (Cabezas *et al.* 2003). Estudios realizados por Davenport *et al.*, (1994), indican que la desecación del estigma está influenciada por varios factores entre los que se encuentran la baja humedad, el viento y la radiación que impactan sobre las flores. Por su parte Sedgley (1980), vincula la extensión de la receptividad estigmática a una falta de adhesión de polen en el estigma durante las primeras 42 horas tras la primera apertura causando una prolongación de la fase femenina en flores vírgenes. Ambas circunstancias junto con unas adecuadas condiciones de cultivo parecen extender la receptividad estigmática (Cabezas *et al.* 2003). Teniendo en cuenta lo encontrado en estudios anteriores, se podría sospechar que la humedad relativa presentada en la zona (82%) es propicia para que el 100% de las flores evaluadas fueran receptivas dentro del cultivo. Según Lesley y Bringhurst (1951) existe una posible relación entre la humedad, la dehiscencia de las anteras y la liberación de granos de polen. Se atribuye una gran importancia al estado higrométrico de la atmósfera, como responsable del grado de receptividad del estigma (Calabrese, 1992). Así mismo lo indica Alcaraz (2009), donde en estudios realizados en España bajo condiciones de humedad relativa entre 75 y 95% y con

temperaturas promedio de 23°C, las condiciones de fecundación se ven favorecidas y por lo tanto, también las de cuajado.

Dicogamia sincronizada

Analizando los resultados y considerando variables como la temperatura, principal factor que puede influenciar la apertura floral, se encontró que en la zona de estudio no hay una sincronía en las aperturas florales del aguacate ‘Hass’ como lo indican algunos antecedentes de la literatura para las variedades con flor tipo A, diferentes autores indican que las flores deben abrir en estado femenino en la mañana del primer día y luego abrir en estado masculino en la tarde del siguiente día, en el presente estudio este patrón varió en los árboles evaluados mostrando unos cambios en las aperturas. Según Cabezas *et al.*, (2003) las condiciones ambientales más frías pueden favorecer este traslape, en España encontraron que, si bien en la primera apertura las flores se ajustaron al patrón teórico abriendo como femeninas, en los cultivares tipo B experimentaron la anulación del cierre intermedio entre las fases masculina y femenina ocurriendo la única apertura de estas flores en la mañana (Davenport *et al.*, 1994).

Tabla 7. Comportamiento de la apertura floral del aguacate ‘Hass’ a través del tiempo en la zona de estudio.

Día 1/ No. Flor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mañana	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tarde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día 2												
Mañana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

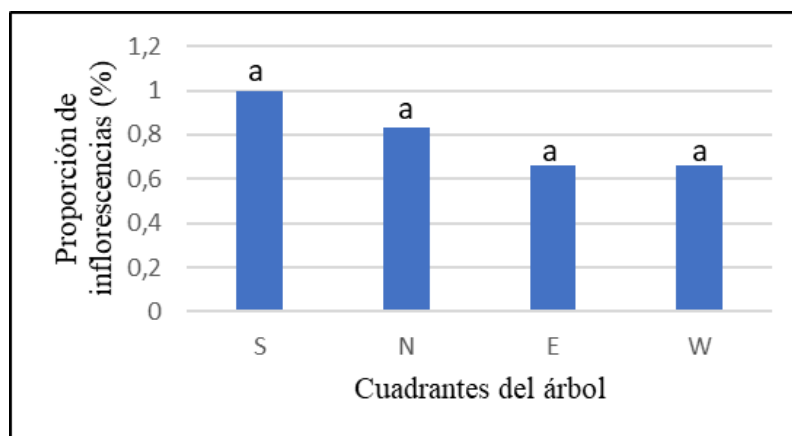
Fuente. Elaboración de los autores. (+): apertura en estado masculino. (-): Apertura en estado femenino

La sincronía de la floración es altamente sensible a las temperaturas (Rebolledo, 2011), superiores a 20°C son favorables para la polinización, mientras que las temperaturas bajas que normalmente se presentan en la noche retrasan e inhiben la fase femenina al punto de llegar a afectar la sincronía de las aperturas o también llamada dicogamia protoginia (Dixon *et al.*, 2002). En un estudio realizado por (Sedgley *et al.*, 1981), encontraron que en plantas de aguacate 'Hass', bajas temperaturas aumentaron el número de días de apertura floral; con una temperatura día/noche de 33/28 y 25/20°C la apertura floral tipo A no tuvo variación, mientras que a temperaturas 17/12°C, las flores abrieron femeninas en la tarde del primer día, permanecieron abiertas toda la noche y presentaron el cierre al siguiente día, dos días después las flores abrieron en fase masculina. Dicho lo anterior, la relación de temperatura día/noche en la zona de estudio fue de 22/10°C respectivamente, es decir, las noches con bajas temperaturas pudieron afectar la sincronía de las flores, haciendo que abriera femenina el primer día en la tarde y continuara abierta hasta la mañana del día siguiente. La adopción de la dicogamia como estrategia reproductiva implica entonces que, para una eficaz transferencia de polen, los insectos han de visitar las flores en ambas fases, de ahí la importancia de conocer su comportamiento según las condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo (Cabezas *et al.*, 2003)

Identificación de inflorescencias

Según (Cossio *et al.*, 2009) las inflorescencias de tipo indeterminado son más abundantes, mientras las inflorescencias determinadas tienen un porcentaje de frutos cuajados por flor del 0,1% respecto a las indeterminadas 0,05%, lo que implica que en términos de productividad, es más conveniente tener una mayor proporción de inflorescencias determinadas.

Los resultados de este estudio muestran que las inflorescencias indeterminadas tuvieron mayor presencia en la zona, según el análisis estadístico para la variable inflorescencias indeterminadas, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.



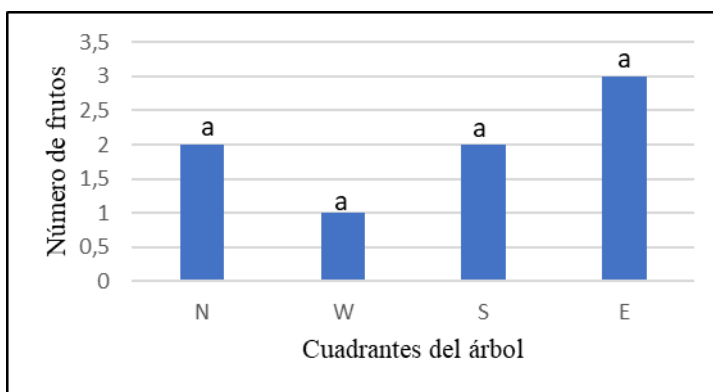
Gráfica 3. Proporción de inflorescencias indeterminadas en la zona de estudio. Sur (S), Norte (N), Este (E), Oeste (W).

*Las barras con la misma letra denotan que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Un estudio realizado en México determinó que en climas semicálidos o de temperaturas más altas se favorece la formación de inflorescencias determinadas mientras que en climas templados o más bajos predomina las inflorescencias indeterminadas, pero los frutos son de mayor tamaño en las inflorescencias indeterminadas (Reyes *et al.*, 2021). Así mismo, otro estudio adelantado en México demostró que todos los brotes florales tomados en evaluación fueron de tipo indeterminado relacionándolo con bajas temperaturas que no favorece que el meristemo apical del brote floral se diferencie hacia flor, teniendo en cuenta que la zona donde se realizó el estudio presenta lluvias de 1.300mm, sin riego, 900 m de altura y una temperatura media anual de 21°C (Cossio *et al.*, 2007). Sin embargo, difiere con estudios realizados en el Sur de California donde el 10,3% de los brotes florales fueron determinados siendo una región de clima subtropical templado (Salazar *et al.*, 1998).

Retención inicial de frutos

El árbol de aguacate puede generar de 1 a 2 millones de flores de las cuales sólo una proporción que oscila entre 0.01% (Davie *et. al* 1995) y 0.1% (Bergh, 1967) consigue el amarre del fruto. Este problema se ha atribuido a la competencia que hay por fotosintatos entre los órganos reproductivos y vegetativos (Blumenfield *et al.*, 1983). La caída del fruto también se puede ver acentuada cuando este ha alcanzado 2/3 o más del tamaño por la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados. El exceso de nitrógeno estimula un flujo vegetativo vigoroso, que aumenta este problema (Salazar, 2002).



Gráfica 4. Número de frutos retenidos (60 días después de antesis) por punto cardinal. Sur (S), Norte (N), Este (E), Oeste (W).

*Las barras con la misma letra denotan que no hubo diferencias estadísticas significativas.

Pese a no existir diferencias estadísticas significativas para el número de frutos retenidos 60 días después de antesis, analizar los resultados considerando el número de árboles por hectárea y estimando la relevancia de estos resultados en producción, resulta interesante; la gráfica 4 permite evidenciar que en los frutos evaluados se encontró un amarre del 0,72% desde antesis hasta cuajamiento (60 días), es decir, de conservar los frutos retenidos por árbol hasta la cosecha, se está haciendo referencia a 800g de fruta abortada por árbol con un peso promedio por fruto de 200g, es decir 4 frutos de diferencia por árbol, lo cual, extrapolando a

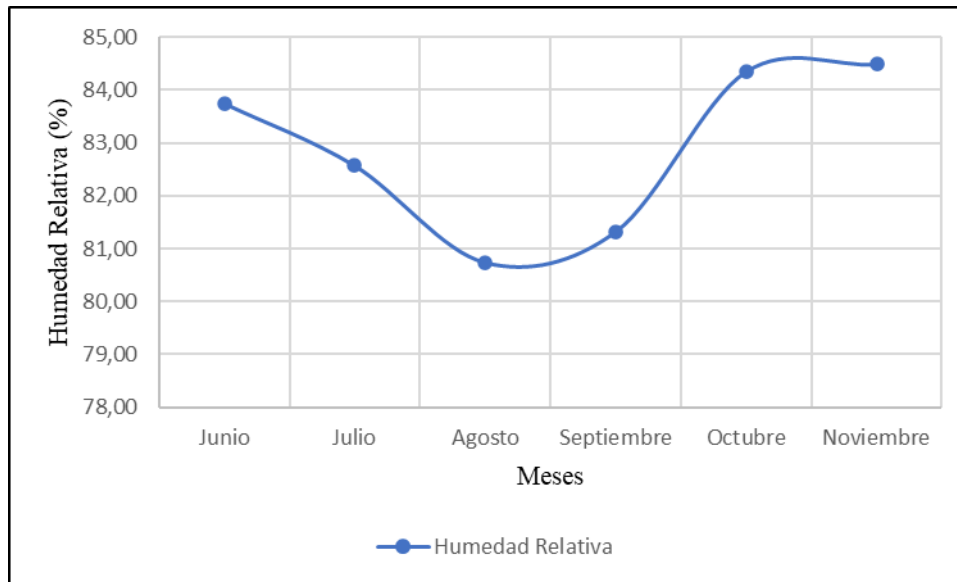
una hectárea con una densidad de 333 plantas, se está dejando de cosechar 266Kg de fruta, lo anterior nos puede ayudar a determinar el porcentaje de frutos inicial y los frutos que finalmente comienzan su proceso de cuajamiento teniendo en cuenta que, de 1 millón de flores que puede producir un árbol de aguacate, solo el 0,01% llega a amarre de fruto (Barquera *et al.*, 2008).

ANÁLISIS CLIMÁTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

El predio ubicado en Villamaría (Caldas) con una latitud de 5°01'26''N presenta una precipitación anual promedio de 2030mm, temperatura media de 17.5°C, humedad relativa del 80% y una altura de 2.300m según reportes de la estación meteorológica del IDEAM.

Humedad relativa

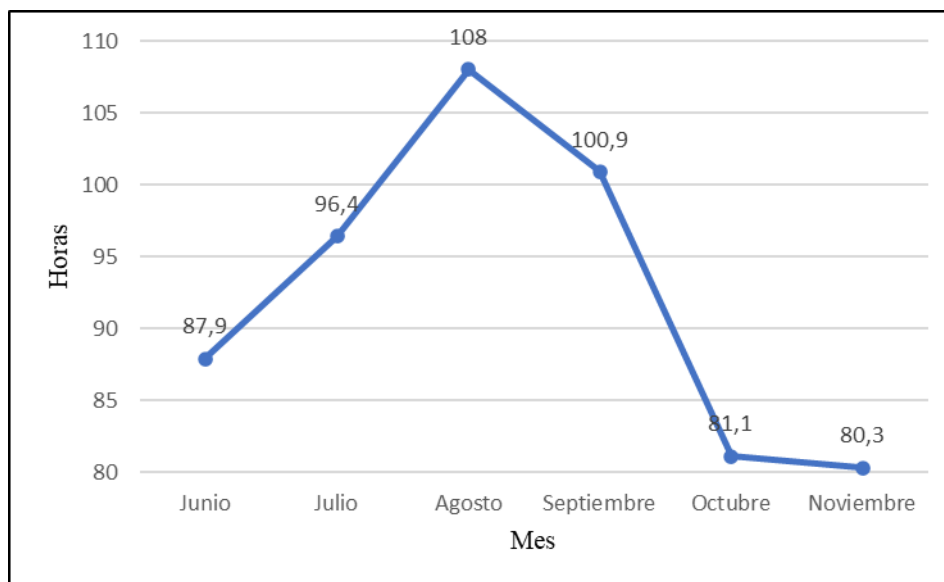
Analizando información climática registrada por una estación meteorológica contigua al predio, mostró que la humedad relativa durante los meses de evaluación comprendidos entre junio a septiembre, se mantuvo en un rango de 80 a 84%. Estas condiciones de humedad pueden ser favorables para el proceso de polinización, ya que humedades por debajo de 78% son nocivas. En Perú, por ejemplo, se registraron humedades relativas de 68,2%, 51,5% y 51%, en tres años consecutivos de estudio, creando un ambiente seco el cual provoca la muerte del polen con efectos negativos en la fecundación y, por ende, la formación del fruto (Manrique *et al.*, 2015). Dicho lo anterior, los resultados del estudio dan en el rango óptimo de HR para el establecimiento de aguacate 'Hass' siendo del 80 al 85% (Narváez, 2010).



Gráfica 5. Comportamiento de la humedad relativa a través del tiempo en la zona de estudio.

Brillo solar

Tomando datos de brillo solar diario, en el tiempo de evaluación se tuvo un registro de 2.7 horas/luz/día encontrándose por debajo respecto al óptimo para aguacate “Hass” (5.4 horas/luz/día) (Ortega, 2015). Estudios realizados en México sobre la influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate concluyeron que unidades de calor menores a las óptimas puede afectar los compuestos fenólicos totales, así como la clorofila en el fruto (Salazar *et al.*, 2016).



Gráfica 6. Comportamiento del Brillo solar a través del tiempo en la zona de estudio.

Unidades de calor acumuladas (UCA)

Se calcularon las unidades de calor acumuladas entre cada etapa fenológica de la floración, dando como resultado una acumulación de 14,9 UCA para la etapa 517-610 que indica la presencia de la primera flor abierta en un total de 9 días, para la etapa 515-517 se acumularon 14,26 UC en un periodo de 15 días y finalmente para la etapa de 513-515 mostró una acumulación de 15,29 UC en 48 días donde muestra inflorescencias al 50% con ejes secundarios alargados pero ejes terciarios todavía cerrados. Para la etapa evaluada se acumularon 44,5 UC. El óptimo para aguacate 'Hass' un acumulado de 1750 a 3250 UDC anual de 10 a 30°C (Fertilab, 2012)

Tabla 8. Unidades de calor acumuladas para cada etapa fenológica de la floración a través del tiempo.

Etapa	UDC	Días
513-515	15,29	48
515-517	14,26	14
517-610	14,99	9
Total	44,54	71

Fuente. Elaboración de los autores.

Estudios realizados en México demostraron que según la época del año depende el tiempo que transcurre de una etapa a otra, el proceso completo de desarrollo floral, de yema cerrada a antesis en brotes de flujo vegetativo de invierno y verano fue de 11.5 meses y 7.5 meses, respectivamente (Cossio *et al.*, 2008) o en California, en el clima subtropical templado, el desarrollo floral necesitó 6 meses desde el comienzo de la iniciación floral en brotes de flujo vegetativo de verano hasta antesis (Salazar *et al.*, 2007). Por otro lado, en Nayarit en el clima semicálido los brotes solo requirieron de 4 meses para pasar de la iniciación floral hasta antesis (Salazar *et al.*, 2006). En estudios realizados en el cultivo de aguacate en Michoacán (México), ubicado en el semitrópico en el tipo de clima templado subhúmedo de 1900 a 2300m de altura determinaron que en la etapa de floración normal (diciembre-enero) se requieren 270 UC y en la formación de fruto (enero-octubre), 1800 UC tomando como temperaturas base 10 y 30°C (Bernal, 2016).

CONCLUSIONES

- Hubo un traslape muy marcado en las aperturas florales de los árboles evaluados bajo las condiciones climáticas de la hacienda El Tronío del municipio de Villamaría (Caldas).
- No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la variable tiempo transcurrido entre las fases de la flor, tipo de inflorescencia, retención de frutos y receptividad del estigma.
- El tiempo promedio transcurrido entre la etapa 513 y 610 fue considerablemente mayor respecto a otros estudios realizados en aguacate “Hass” en otros países.
- Para la variable retención de frutos, del lado Este (E) se obtuvo un 66% más que los otros cuadrantes.

RECOMENDACIONES

- Para futuras evaluaciones se recomienda tomar mayor cantidad de muestras para evaluar, como mayor cantidad de árboles y flores para pruebas de receptividad.
- Aumentar el tiempo de evaluación hasta cosecha para hacer más completo el estudio.
- Se hace interesante crear réplicas de este trabajo contrastando otras zonas de Colombia.
- Se deben llevar a cabo más estudios que relacionen los factores climáticos del país con la fenología del aguacate “Hass” para llevar a cabo un adecuado manejo sobre el cultivo en Colombia.

BIBLIOGRAFIA

Abello María Juliana (2018). Estudio de mercado para mejorar las exportaciones de aguacate Hass colombiano hacia Estados Unidos [CESA]. Disponible en: <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/2076/ADM2018-00863.pdf?sequence=5&isAllowed=y> consultado: fecha

Alcaraz, L. (2009). Biología reproductiva del aguacate. Avocadosource.com. https://www.avocadosource.com/international/spain_papers/AlcarazML2009b.pdf

Alcaraz, M. L. A. (2009). Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* mill.). implicaciones para la optimización del cuajado [Universidad de Málaga]. https://www.avocadosource.com/international/spain_papers/AlcarazML2009b.pdf

Alcaraz, M. L., Thorp, T. G., & Hormaza, J. I. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 434–439. http://avocadosource.com/journals/elsevier/scientiahort_2013_164_434-439.pdf

Álvarez Carolina, Monsalve. A. (2019). Impactos sociales, ambientales y económicos a través de la producción, comercialización y exportación de aguacate Hass en el Oriente Antioqueño (Colombia) [Institución Universitaria Esumer]. https://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/1373/2/Esumer_aguacate.pdf

Alzate S. Chica Alexis, (2022). Estructuración financiera de un fondo de capital privado como estrategia de inversión para la producción de aguacate Hass en Colombia [EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30947/Santiago_AlzateRestrepo_JohnAlexis_ChicaGarces_2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Analdex. (2020.). La meta con el aguacate hass colombiano es conquistar el mercado Chino este año. Analdex - Asociación Nacional de Comercio Exterior. <https://www.analdex.org/2020/01/29/la-meta-con-el-aguacate-hass-colombiano-es-conquistar-el-mercado-chino-este-ano/>

Arias, J. S. G., da Silva, D. P., Hurtado, A. S., Iturrieta, R. A. E., & Ceballos, N. A. (2022). Fenología del aguacate hass en el trópico andino de Caldas, Colombia. *Revista Brasileira de Fruticultura* .

Avelar, V. H. B. (2003). Guía técnica del cultivo del aguacate. <http://repiica.iica.int/docs/B0218e/B0218e.pdf>

Avilán, L.; Soto, E.; Pérez, M.; Rodríguez, M. & 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

Barrientos Priego Alejandro F., L. L. L. (1998). Historia y genética del aguacate. Cictamex s.c . http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf

Bergh, B. O. (1967). Reasons for low yields of avocados. Avocadosource.com. http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_51_1967/CAS_1967_PG_161-172.pdf

Bernal E.(2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate. Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>

Bernal Estrada, J. A. (2016). Estudios ecofisiológicos en aguacate cv. Hass en diferentes ambientes como alternativa productiva en Colombia. 296. <http://www.bdigital.unal.edu.co/50844/>

Bleiholder, H., van den Boom, T., Langelüddeke, P., & Stauss, R. (1989). Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen. *Gesunde Pflanzen*, 41, 381–384.

Blumenfeld, A., Gazit, S., & Argaman, E. (1983). Factors involved in avocado productivity. Volcani Center, ISR.

Busquets, T. (2022). Cultivo del Aguacate Fuerte todo lo que necesitas saber. Fertilizantes Ecoforce. <https://fertilizanteseconforce.es/es/cultivo-del-aguacate-fuerte-todo-lo-que-necesitas-saber/>

Cabezas, C., Hueso, J. J., & Cuevas, J. (2003). Anomalías morfológicas y fisiológicas del ciclo floral del aguacate en la costa de almería. Avocadosource.com. https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p231.pdf

Cabezas, C., Hueso, J. J., & Cuevas, J. (2003). Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (persea americana mill.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate. https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p237.pdf

Calabrese, F. (1992). El aguacate. Mundi Prensa Libros.

Chanderbali André S, Albert Victor A, Ashworth Vanessa E T M, Clegg Michael T, Litz Richard E, Soltis Douglas E, Soltis Pamela S. (2008). Persea americana (avocado): bringing ancient flowers to fruit in the genomics era. BioEssays, 30(4), 386–396.

Cipriano, A., Díaz Díez, J., Alonso, B., & Estrada, Á. (2016). Ecofisiología del aguacate cv. Hass en el trópico andino colombiano. Capítulo II. Agrosavia.Co. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/162/146/1121-1?inline=1>

Colombia, M. (2021). Aguacate Hass: “El problema es el manejo que se le está dando al cultivo.” Más Colombia. <https://mascolombia.com/aguacate-hass-el-problema-es-el-manejo-que-se-le-esta-dando-al-cultivo/>

Colorado, C. A. D. (2018). Plan de manejo integrado de insectos, enfermedades y fisiopatías en aguacate hass. https://images.engormix.com/externalFiles/6_MIPE%20AGUACATE%20CADDC%20final.pdf

Cortés Rodríguez, J. P. (2020) Estudio de caso sobre los factores claves exitosos en la exportación de productos agrícolas hacia estados unidos “aguacate Hass colombiano”. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16985/3/2019_Estudio_caso_factores.pdf

Cossio-Vargas, L. E., Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., & Medina-Torres, R. (2007). Algunos aspectos reproductivos del aguacate “hass” en clima semicálido 1. Avocadosource.com. <https://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/3d-151.pdf>

Cossio-Vargas, L. E., Salazar-García, S., Medina-Torres, R., & González-Durán, I. J. L. (2008). Fenología del aguacate 'hass' en el clima semicálido de nayarit, México. *Revista Chapingo*. Serie: *Horticultura*, XIV(3), 319–324. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2007.04.022>

Cossio-Vargas, L. E., Salazar-García, S., Medina-Torres, R., & González-Durán, I. J. L. (2008). Fenología del aguacate 'hass' en el clima semicálido de nayarit, México. *Revista Chapingo*. Serie: *Horticultura*, XIV(3), 319–324. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2007.04.022>

DANE. (2015). El cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller.), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales (Primera parte). Gov.Co. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf

DANE. (2016). Cultivo del aguacate Hass (*Persea americana* Mill; *Persea nubigena* var. *Guatemalensis* x *Persea americana* var. *drymifolia*), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8414/1/Bol_Insumos_ago_2016.pdf

Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S., & Hughes, M. S. (1994). Evidence and Significance of Self-pollination of Avocados in Florida. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Tropical Research and Education Center, 119(6), 1200–1207.

Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S., & Hughes, M. S. (1994). Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. American Society for Horticultural Science, 119(6), 1200–1207. <https://doi.org/10.21273/jashs.119.6.1200>

Davie, S. J., Van Der, M., & Stassen, P. J. C. (1995). A study of avocado tree carbohydrate cycles to determine ways of modifying alternate bearing. 153.251. http://209.143.153.251/WAC3/wac3_p080.pdf

de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina pp. 200-241.

Díaz J, Ardila C., Guerra M. (2019). Estudio de caso sobre la admisibilidad del aguacate Hass colombiano en el mercado estadounidense: oportunidades en el Este de Asia. revista mundo asia pacífico, 8(14). <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/14783/document%20%2866%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Dinero. (2017). Aguacate, el oro verde de la economía latinoamericana. Revista Dinero. <http://www.marcotradenews.com/noticias/aguacate-el-oro-verde-de-la-economia-latinoamericana-64008>

Dixon, J., & Sher, D. (2002). Pollination of avocados. Avocadosource.com. https://www.avocadosource.com/Journals/NZAGA/NZAGA_2002/NZAGA_2002_01.pdf

Espíndola Barquera, M. de la C., Cano Medrano, R., Rodríguez Alcázar, J., & Sánchez García, P. (2008). Amarre de fruto en aguacate “Hass” con aplicaciones de AG3, N y anillado. *Agricultura técnica en México*, 34(4), 407–419. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000400004

Dussi, M.C. (2007). Intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Universidad

El árbol de Aguacate Bacon. (2021). Infoaguacate. <https://infoaguacate.com/aguacate-bacon/>

Esguerra, C., & Guarín, D. (2016). Guía técnica ambiental para la producción de aguacate “persea americana” en sus variedades lorena y choquette bajo un sistema de silvopastoreo en la vereda cerro gordo del municipio de mariquita en el departamento del tolima. Edu.Co. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3335/EsguerraYaraCristi%E1nNicol%E1s2016pdf?sequence=1>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2017). Aguacate Collinred. Proagrocafé. <http://proagrocafe.com/catalogo-de-arboles-frutales-vivero-valle-del-cauca/aguacates/aguacate-collinred/>

Ferro, I. A. (2001). El cultivo de aguacate. el poira. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El%20cultivo%20del%20aguacate.pdf>

Fertilab. (2012). El Aguacate Hass y Sus Requerimientos de Suelo. Com.Mx. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El-Aguacate-Hass-y-Sus-Requerimientos-de%20Suelo.pdf>

Ferwerda F. P, W. F. (1969). Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Miscellaneous Papers. <https://edepot.wur.nl/455436>

FINAGRO. (2018). Ficha de inteligencia aguacate. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_aguacate_version_ii.pdf

Finn, G. A., Straszewski, A. E., & Peterson, V. (2007). A general growth stage key for describing trees and woody plants. *Annals of Applied Biology*, 151, 127–131. <https://ucanr.edu/sites/Pomegranates/files/174073.pdf>

Fleckinger, J. (1948). Les stades végétatifs des arbres fruitiers, en rapport avec les traitements. *Pomologie Francaise*, 81–93.

Flores, J. L. P. (2013). Estudio fenológico de dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill.), en base a la determinación del tiempo de acumulación de unidades térmicas requeridas para completar los diferentes estados, en dos localidades de la provincia de Pichincha [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5064/6/UPS-YT00161.pdf>

flower development of the ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.) during “on”

Frutales. (2019). Guía técnica del cultivo de aguacate. Iica.int. http://repiica.iica.int/docs/B0218e/B0218e_13.html

Gandolfo, S.P. (2008). Factores ecofisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo floración y desarrollo de la fruta del aguacate. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Producción Vegetal. Valencia, España. 225 p.

García, J. S. A., Hurtado-Salazar, A., & Ceballos-Aguirre, N. (2021). Current overview of Hass avocado in Colombia. Challenges and opportunities: a review. *Ciencia Rural*, 51(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200903>

Giraldo, M. A. J., & Gonzales, C. L. O. (2020). Plan de exportación de aguacate Hass de Colombia a Estados Unidos de la empresa Imporfenix con base en parámetros de sostenibilidad ambiental. Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12495/T09337.pdf;jsessionid=5A53D539093E7140F0B0CE44A566554B?sequence=5>

González G., Figueroa C., Perdomo M., Ardila X. (2018). Producción de aguacate hass una alternativa para el departamento del Huila. Universidad Surcolombia. <https://journalusco.edu.co/index.php/cempresarial/article/download/1876/3449?inline=1>

Gonzalez, B., & Ochoa, E. (2015). Caracterización fenológica y ecofisiologica del cultivo de aguacate (persea americana mill.) en fase vegetativa (estado de plántula) bajo condiciones de campo del municipio de pasca, cundinamarca. Edu.Co. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1466/TRABAJO%20DE%20GRADO%202015.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Granados William, V. R. J. C. (2018). Cadena de aguacate. Indicadores e instrumentos. Minagricultura. <https://imgcdn.larepublica.co/cms/2018/09/26180443/Aguacate.pdf?w=auto>

Gutiérrez, G. P. C. (2018). Estudio de diversidad genética e identificación racial de ecotipos de aguacate (Persea americana Mill.) donadores de semilla para portainjertos en el Departamento de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia.

Haofeng Chen, Peter L. Morrell, Vanessa E.T.M Ashworth, Michael T. Clegg. (2008). Tracing the Geographic Origins of Major Avocado Cultivars. *Journal of Heredity Advance Access*. http://www.avocadosource.com/journals/jhered/jhered_2008_99_001-010.pdf

ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/->

ICA. (2022). Aguacate Hass colombiano a un paso de conquistar el mercado chileno. Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-aguacate-hass-colombiano-cerca-chile>

INTAGRI. (2018). Razas del Cultivo de Aguacate. Artículos técnicos INTAGRI. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/razas-del-cultivo-de-aguacate>

INTAGRI. 2018. El Cultivo de Aguacate en Latinoamérica: Parte I. México, Colombia y Perú. Serie Frutales, Núm. 45. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-aguacate-en-latinoamerica-parte-uno#:~:text=El%20cultivo%20de%20aguacate%20o,60%20%25%20de%20la%20producci%C3%B3n%20mundial.>

Jaramillo R., A. (2005). Clima andino y café en Colombia. 196. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/859>

Juárez, C. (2020, mayo 7). Crece demanda de aguacate a nivel mundial. The food tech. <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/crece-demanda-de-aguacate-a-nivel-mundial/>

López Jiménez, A., y Lovatt, C. (2007). Alternancia productiva del aguacate “hass”: identificación del mecanismo por el cual la carga de frutos influencia el retorno de floración. <http://www.avocadosource.com/wac6/es/Resumen/3d-119.pdf>

Manrique, S., & Jehiner, F. (2015). “Influencia de la temperatura y la humedad relativa en el periodo de floración y cosecha de palto (persea americana mill.) orgánico cv. hass en virú, la libertad.” Edu.Pe. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4126/SALAZAR%20MANRIQUE%20Frank.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mesa, L. V. (2020). De 3,3 millones de hectáreas aptas para el aguacate hass, solo están sembradas 0,75%. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/de-3-3-millones-de-hectareas-aptas-para-el-aguacate-hass-solo-estan-sembradas-0-75-3029556>

Minagricultura. (2020). Cadena productiva Aguacate. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Minagricultura. (2021). Cadena productiva Aguacate. Gov.Co. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Minagricultura. (2021). Cadena productiva Aguacate. Mnisterio de Agricultura. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MinAgricultura. (2021). El aguacate hass colombiano estará presente en la edición LV del ‘Super Bowl’ con más de 43 tonela. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/El-aguacate-hass-colombiano-estar%C3%A1-presente-en-la-edici%C3%B3n-LV-del-%E2%80%98Super-Bowl%E2%80%99-con-m%C3%A1s-de-43-toneladas.aspx>

Minagricultura. (2022). El aguacate Hass colombiano se mantiene como protagonista en el Súper Bowl, el más grande evento deportivo de Estados Unidos. Minagricultura. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-aguacate-Hass-colombiano-se-mantiene-como-protagonista-en-el-S%C3%BAper-Bowl,-el-m%C3%A1s-grande-evento-deportivo-de-Estados-Unido.aspx#:~:text=En%20Colombia%20hay%204.000%20productores,m%C3%A1s%20de%2048%20mil%20indirectos.&text=En%202021%20en%20Colombia%20se,%C3%A1rea%20sembrada%20de%2026.427%20hect%C3%A1reas>

Mojica, P. (2017). Efecto de la densidad de abejas (*Apis mellifera* L.) sobre la polinización y el cuajado de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59206/81754063.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montealegre, M. V. P. (2020). Aguacate Hass, para conquistar nuevos paladares (Vol. 17, Número 2). Revista Universitas Científica. <https://revistas.upb.edu.co/index.php/universitas/article/view/1500/1309>

Narváez, F. (2010). Manejo técnico para la producción de aguacate (*Persea americana miller*) variedad hass en la meseta de popayán. Edu.Co:8080. Retrieved January 28, 2023, from <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/744/MANEJO%20T%C3%89CNICO%20PARA%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20AGUACATE%20HASS%20EN%20LA%20MESETA%20DE%20POPAY%C3%81N.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20aguacate%20se%20desarrolla%20favorablemente,et%20al.%2C%201998>).

Nicolás, Q., Cabrera, S., Sincronizada, D., De, D., Flores, L., & Aguacate, D. (2000). Departamento de fruticultura tropical y subtropical. Ulpgc.Es. <https://mdc.ulpgc.es/utills/getfile/collection/xoba/id/58/filename/59.pdf>

Orduz Rodríguez J. O. Garzón C. D. L. (2012). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja ‘Valencia’ (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a03.pdf>.

Ortega, J. (2015). Aguacate Hass: cadena de valor para contribuir a la competitividad del departamento de Nariño. *Revista UNIMAR*, 33, 129–152. https://web.archive.org/web/20180413110812id_/http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/unimar/issue/viewFile/84/pdf_31#page=129

Ozdemir Feramuz, T. A. (2003). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. University of Akdeniz. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881460300428X#:~:text=Dry%20matter%20and%20oil%20content,the%20post%2Dharvest%20ripening%20period>.

Pérez, J. (1999). Recursos genéticos de aguacate (*persea americana mill.*) y especies afines en México. *Revista Chapingo*, 5, 7–18. https://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p007.pdf

Procolombia. (2018). El aguacate hass, segundo fruto más exportado de Colombia. Colombiatrade. <https://www.colombiatrade.com.co/noticias/el-aguacate-hass-segundo-fruto-mas-exportado-de-colombia>

Procolombia. (2020). Colombia apuesta por un aguacate hass cada vez más sostenible. Sala de Prensa | procolombia. <https://procolombia.co/noticias/colombia-apuesta-por-un-aguacate-hass-cada-vez-mas-sostenible>

Ramirez, F. R. H. (2009). El cultivo del aguacate (Palta), razas y variedades. Engormix. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/cultivo-aguacate-palta-razas-t27788.htm>

Rebolledo, A. (2011). Vista de Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) bajo condiciones subtropicales. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/220/227>

Reyes Alemán J.C, Montiagudo Rodríguez O.R, Urbina Sánchez, E., Aguilar, M. S., Mejía, C. J., & Espíndola Barquera M.C. (2015). Fenología del aguacate Hass, una herramienta para la planificación del cultivo en el estado de México. VIII Congreso Mundial de la Palta . http://www.avocadosource.com/wac8/section_04/reyesalemanjc2015.pdf

Reyes Alemán, J. C., Mejía Carranza, J., Monteagudo Rodríguez, O. R., Valdez Pérez, M. E., González Díaz, J. G., Espíndola Barquera, M. de la C., & Colín, F. S. S. (2021). Universidad Autónoma del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Phenology of the ‘Hass’ avocado in the State of Mexico, Mexico. *Revista Chapingo. Serie: Horticultura*, 27(2), 113–114. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.09.020>

Rico, A. (2022). El aguacate se posiciona en el quinto renglón de las exportaciones agrícolas del país. Agronegocios.co. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-aguacate-se-posiciona-en-el-quinto-renglon-de-las-exportaciones-agricolas-del-pais-3412745> and “off” crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:537-544.

Rincon, M. E. Proceso de producción del aguacate hass en colombia y sus impactos en la distribución física internacional. Edu.co. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38937/RinconGomezMichaelEduardo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rios Castaño D, T. R. R. (Ed.). (2003). variedades de aguacate para el trópico: caso colombia. Congreso Mundial del Aguacate.

https://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p143.pdf

Rivillas, D. (2021). exportacion de aguacate hass de colombia a estados unidos. <http://file:///C:/Users/Usuario/Documents/TESIS/Aguacate/Documentos/Hass%20Colombia/Exportaci%C3%B3n%20a%20USA.pdf>

Rojas Penagos Yilson Samir, F. F. Y. A. (2020). Análisis de cinco variedades de Aguacate (Lorena, Santana, Choquett, Semil 40 y Hass) en una misma zona climatológica, en sus niveles de productividad, estado fitosanitario y estado nutricional en la vereda Santa Bárbara del municipio de Timana del departamento del Huila. Universidad Nacional Abierta y A Distancia.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33533/ysrojasp.pdf?sequence=1>

Rojas, Y., & Flórez, Y. (2020). Análisis de cinco variedades de Aguacate (Lorena, Santana, Choquett, Semil 40 y Hass) en una misma zona climatológica, en sus niveles de productividad, estado fitosanitario y estado nutricional en la vereda Santa Bárbara del municipio de Timana del departamento del Huila. Edu.Co.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33533/ysrojasp.pdf>

Romero, A. M. S. (2012). Comportamiento fisiológico del aguacate (*Persea americana* mill.) Variedad Lorena en la zona de Mariquita, Tolima [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9437/790700.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Romero, A., & Antonio, M. (2011). Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) bajo condiciones subtropicales. Corpoica. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031004.pdf>

Rosales, J. J., Parodi, G., & Carlini, B. (Eds.). (2003). Evaluación del ciclo fenológico del palto (*persea americana* mill) cv. hass para la zona de la irrigacion santa rosa, Perú. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p311.pdf

Ruiz, J. (2017). Presente y futuro de la industria del aguacate en Colombia. Memorias Del V Congreso Latinoamericano Del Aguacate. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/memorias_vcla_2017?e=8490508/54350354

Salazar G., S.; Cossio V., L. E.; Lovatt, C. J.; González D., I. J. L.; Pérez B., M. H. 2006. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering. https://www.researchgate.net/publication/279444706_Crop_Load_Affects_Vegetative_Growth_Flushes_and_Shoot_Age_Influences_Irreversible_Commitment_to_Flowering_of_Hass'_Avocado

Salazar Garcia, S., & Lovatt, C. (2002). Flowering of avocado (*Persea americana* Mill.). I. Inflorescence and flower development. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 8(1), 71–75.

Salazar García, S., & Lovatt, C. J. (2000). Flowering of avocado (*Persea americana* Mill.): II. Manipulation with ga 3. *Avocadosource.com*. http://www.avocadosource.com/papers/research_articles/01026-7.pdf

Salazar Manrique, B., & Jehiner, F. (2015). “Influencia de la temperatura y la humedad relativa en el periodo de floración y cosecha de palto (*persea americana* mill.) orgánico cv. hass en virú, la libertad”. *Edu.pe*. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4126/SALAZAR%20MANRIQUE%20Frank.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salazar-García, & Cossio-Vargas (2006) Crop Load Affects Vegetative Growth Flushes and Shoot Age Influences Irreversible Commitment to Flowering of `Hass' Avocado. *Researchgate.net*. Retrieved January 28, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/279444706_Crop_Load_Affects_Vegetative_Growth_Flushes_and_Shoot_Age_Influences_Irreversible_Commitment_to_Flowering_of_Hass'_Avocado

Salazar-García, S., Cossio-Vargas, L. E., González-Durán, I. J. L., Lovatt, & C J. (2007). Desarrollo floral del aguacate “hass” en clima semicálido. parte II. generación y validación de modelos de predicción del desarrollo floral. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/pdf/609/60913113.pdf>

Salazar-García, S., E.M. Lord, and C.J. Lovatt. 1998. Inflorescence and

Salazar-García, S., Medina-Carrillo, R. E., & Álvarez-Bravo, A. (2016). Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate 'Hass.' *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE13), 2565–2575. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000902565

Schaffer Bruce, A. P. C. (1994). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops*. CRC Press, 1. https://www.researchgate.net/publication/256096396_Handbook_of_Environmental_Physiology_of_Fruit_Crops_Volume_I_Temperate_Crops

Schaffer, B. and Whiley, A.W. (2002). *Environmental physiology. Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. Oxon, U.K. pp. 135-160.

Schaffer, B. y Whiley, A.W. (2007). *Fisiología ambiental. El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp. 133-154.

Sedgley, M., & Alexander, D. M. (1983). *Avocado Breeding Research in Australia*. California Avocado Society Yearbook 67, 129–140.

Sedgley, M., & Annells, C. M. (1981). Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar 'Hass.' *Scientia Horticulturae*, 14(1), 27–33.

[https://doi.org/10.1016/0304-4238\(81\)90075-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(81)90075-3)

Sedgley, M., & Buttrose, M. S. (1978). Structure of the stigma and style of the avocado. *Australian Journal of Botany*, 26(5), 663. <https://doi.org/10.1071/bt9780663>

Sedgley, M. (1980). Anatomical Investigation of Abscised Avocado Flowers and Fruitlets. *Annals of Botany*, 46(6), 771–777.

Thomas, R. et al. Variación de cultivares en la actividad fisicoquímica y antioxidante de las moras cultivadas en Alabama. *Revista Pequeños Frutos*, v.4, n.2, p.57-71. 2005. Disponible en: <Disponible en: https://doi.org/10.1300/J301v04n02_07 >. Consultado: 12 de enero de 2020 doi: 10.1300/J301v04n02_07.» https://doi.org/10.1300/J301v04n02_07.

Whiley A.W, Schaffer B, Wolstenholme B.N. (2002). *The Avocado. Botany, production and uses*. CABI Publishing. https://www.euv.cl/archivos_pdf/palto.pdf

Whiley, A. (1990). Interpretación de la fenología y fisiología del palto para obtener mayores producciones.

http://www.avocadosource.com/Journals/civdmchile_1990/civdmchile_1990_pg_06.pdf

Wolstenholme B.N. 1990. Resource allocation and vegetative reproductive competition: Opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. *Acta Horticulturae* 275, 451-459.

Wolstenholme, B. N., & Whiley, A. W. (1999). Ecophysiology of the avocado (*persea americana* mill.) tree as a basis for pre-harvest management. . . *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 77–88.

Yahia Elhadi M., H. C. I. (1992). Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Limusa. [https://www.researchgate.net/profile/Elhadi-](https://www.researchgate.net/profile/Elhadi-Yahia/publication/300005173_1992_Yahia_Higuera_FISIOLOGIA_Y_TECNOLOGIA_P)

[Yahia/publication/300005173_1992_Yahia_Higuera_FISIOLOGIA_Y_TECNOLOGIA_P](https://www.researchgate.net/profile/Elhadi-Yahia/publication/300005173_1992_Yahia_Higuera_FISIOLOGIA_Y_TECNOLOGIA_P)
[OSTCOSECHA_Limusa/links/5707f19408aea66081331e5a/1992-Yahia-Higuera-FISIOLOGIA-Y-TECNOLOGIA-POSTCOSECHA-Limusa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elhadi-Yahia/publication/300005173_1992_Yahia_Higuera_FISIOLOGIA_Y_TECNOLOGIA_P)