

TÉCNICAS DE INDUCCIÓN FLORAL COMO MECANISMO PARA LA
PROGRAMACIÓN DE COSECHAS DE AGUACATE HASS PRODUCIDOS EN LA
ZONA MARGINAL ALTA CAFETERA

CESAR ADOLFO DUSSAN BARRERA

C.C 12.200.248

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
DOSQUEBRADAS - RISARALDA

2014

TÉCNICAS DE INDUCCIÓN FLORAL COMO MECANISMO PARA LA
PROGRAMACIÓN DE COSECHAS DE AGUACATE HASS PRODUCIDOS EN LA
ZONA MARGINAL ALTA CAFETERA

CESAR ADOLFO DUSSAN BARRERA

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de Agrónomo

Asesor

Manuel Francisco Polanco Puerta I.A. M.Sc.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
DOSQUEBRADAS - RISARALDA

2014

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Dosquebradas, mayo 2014

DEDICATORIA

*A mi hijo FEDRICO DUSSAN TRUJILLO,
para que sea un motivo de inspiración a
una nueva generación.*

*A mis padres Marconi Dussán y Marina Barrera,
Quienes me han dado fortaleza y todo su apoyo
Para salir adelante y vencer los obstáculos que
Se han presentado en el transcurso de los
años universitarios, a mis hermanos Juan Carlos ,
Adriana Consuelo, Julián Andrés y Luz Marina
Por el amor y el cariño que siempre me han brindado.*

*A mi esposa Leidy J. Trujillo M. quien ha sido la persona
que me ha enseñado a darle un sentido a la vida,
por su gran amor, compañía, paciencia
apoyo y colaboración.*

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Manuel Francisco Polanco Puerta, por la dirección del proyecto, sus valiosos aportes al trabajo realizado, sus enseñanzas y toda la confianza en mí.

Al Comité de Cafeteros del Quindío, al Doctor Guillermo Alejandro Zuluaga, quien confió en mis capacidades como profesional y me brindó la oportunidad de pertenecer a una institución de gran reconocimiento.

A los compañeros de trabajo por su colaboración y apoyo en la fase de campo, sin su ayuda en las largas jornadas no sería posible este trabajo.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente. Programa de Agronomía, Sede Dosquebradas.

Y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN _____	12
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	13
1.1 ANTECEDENTES _____	13
1.2 GENERACIÓN DEL INTERROGANTE PRINCIPAL. _____	14
1.3 JUSTIFICACIÓN _____	14
1.4 OBJETIVOS _____	16
1.4.1 Objetivo General _____	16
1.4.2 Objetivos específicos _____	16
2. DESARROLLO _____	16
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL AGUACATE HASS _____	16
2.2 IMPORTANCIA MUNDIAL DEL AGUACATE. _____	18
2.3 PRODUCCIÓN DEL AGUACATE EN COLOMBIA _____	19
2.4 CONTENIDO NUTRICIONAL DEL AGUACATE HASS. _____	20
2.5 CONDICIONES AGROECOLOGICAS _____	21
2.6 SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA ECORREGIÓN ZONA CAFETERA. _____	22
2.7 TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE AGUACATE _____	23
2.8 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE AGUACATE HASS. _____	23
2.8.1 Raíz _____	24
2.8.2 Tronco _____	25
2.8.3 Hojas _____	26
2.8.4 Inflorescencia _____	26
2.8.5 Flor _____	27
2.8.6 Ciclo floral. _____	29
2.8.7 Fruto _____	30
2.9 FISIOLOGÍA DEL ÁRBOL DE AGUACATE HASS _____	31
2.9.1 FASE VEGETATIVA _____	31
2.9.2 FASE REPRODUCTIVA _____	32
2.9.2.1 Floración _____	32
2.9.2.2 Fructificación _____	33

2.9.2.3 Desarrollo del fruto _____	33
2.10 FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN _____	33
2.10.1 Generalidades sobre la floración _____	33
2.10.3 Cinética de la maduración _____	34
3. INDUCCIÓN FLORAL _____	35
3.1 INDUCCION FLORAL POR LA TECNICA DEL ANILLADO _____	37
3.2 TÉCNICA DE LA PODA _____	40
3.3 INDUCCIÓN FLORAL CON PRODUCTOS HORMONALES _____	40
3.3.1 Auxinas _____	41
3.3.2 Citoquininas _____	41
3.3.3 Ácido abscísico _____	42
3.3.4 Etileno _____	43
3.3.5 Giberelinas _____	44
3.3.5.1 Efecto de la AG's en Aguacate Hass _____	45
3.4 Inducción floral por fertilización _____	47
3.5 TECNICAS ALTERNATIVAS DE INDUCCION FLORAL _____	48
3.5.1 Inducción floral por cambios de temperatura _____	48
3.5.2 Inducción floral por estrés hídrico _____	52
4. PROPUESTA DE INDUCCION FLORAL DEL AGUACATE HASS _____	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	58

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Principales países productores de aguacate.....	18
Figura 2. Tipo de árbol del aguacate Hass con podas dirigidas.....	24
Figura 3. Raíz del aguacate en estado de plántula.....	25
Figura 4. Tronco de la planta del aguacate.....	25
Figura 5. Hojas de la planta del aguacate.....	26
Figura 6. Características de inflorescencias de aguacate de la variedad Hass: (a) determinadas (b) indeterminadas.....	27
Figura 7. Flor de la planta del aguacate.....	28
Figura 8. Flor masculina y femenina.....	30
Figura 9. Formas y Colores del fruto del aguacate Hass.....	31
Figura 10. Color de la cascara y la pulpa del aguacate Hass.....	35
Figura 11. Proceso de formación floral.....	36
Figura 12. Anillo recién hecho y 8 semanas después.....	39
Figura 13. Comportamiento de la temperatura en la zona cafetera, estación la esperanza, Pijao Quindío a 1667 m.s.n.m.....	52
Figura 14. Comportamiento de la temperatura en la zona cafetera, estación el cedral, Pereira Risaralda a 2120 m.s.n.m.....	52
Figura 15. Estación la esperanza, Pijao Quindío a 1667 m.s.n.m.....	54
Figura 16. Estación el cedral, Pereira Risaralda a 2120 m.s.n.m.....	54

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Área plantada, área en edad productiva, producción y rendimiento.....	19
Tabla 2. Principales departamentos productores de aguacate.....	20
Tabla 3. Contenido nutricional del aguacate Hass.	21

RESUMEN

Colombia es el quinto productor de aguacate (*Persea americana*) en el mundo, para el 2012 había en el país 35.594 hectáreas plantadas y 19.934 hectáreas cosechadas. En el país existe poca información sobre las técnicas de inducción floral, por lo tanto se realizó una búsqueda de información actualizada y soportada científicamente de estudios realizados en diferentes países productores de aguacate. El objetivo del presente trabajo es verificar si la producción de aguacate Hass en la zona marginal alta cafetera pueda concentrarse en dos periodos de producción anual con la aplicación de técnicas de inducción floral y establezca la producción hacia los mercados internacionales. A través de la búsqueda se encontró que existen diferentes alternativas de inducción floral como lo es; Inducción floral por medio de la poda, Inducción floral por aplicación de productos hormonales, inducción por fertilización, inducción floral por medio del anillado, siendo esta práctica la más efectiva para inducir la floración, para llevar a cabo esta actividad se necesita de personal entrenado, la cual se realiza con un corte superficial en la parte exterior de una rama de un diámetro de 5 a 10 milímetros, causando una interrupción en el transporte de nutrientes entre la porción anillada y otras partes de la planta, además existen otras alternativas de inducción floral que no es viable aplicar en la zona marginal alta cafetera de la ecorregión Eje cafetera Colombiana por el régimen de lluvias y las temperaturas que se reporta según los anuarios de CENICAFE, estas alternativas son por cambios de temperaturas y el estrés hídrico.

Palabra clave: inducción floral, *Persea americana*

ABSTRACT

Colombia is the fifth largest producer of avocado (*Persea americana*) in the world, for the 2,012 in the country had planted 35,594 hectares and 19,934 hectares harvested. In the country there is little information on the techniques of floral induction, therefore a search for updates and scientifically supported studies in different avocado producing countries was conducted. The objective of this work is to verify whether Hass avocado production in the high marginal coffee can focus on two periods of annual production with the application of techniques of floral induction and set production to international markets. Through search found that there are different alternatives for floral induction as it is; Floral induction by pruning, floral induction by application of hormonal products, induction fertilization, flower induction through banding, this being the most effective to induce flowering practice to perform this activity requires trained personnel, which is made with a cut in the outer surface of a branch of a diameter of 5 to 10 mm, causing an interruption in the transport of nutrients between the ringed portion and other parts of the plant, there are also other alternatives for floral induction it is not feasible to apply in the high marginal coffee area ecoregion Axle Colombian coffee by rainfall and temperatures is reported as CENICAFE yearbooks , these alternatives are due to changes in temperature and water stress .

Keyword: floral induction, *Persea americana*

INTRODUCCIÓN

Con la creación del Consejo Regional del aguacate del Eje Cafetero, se da un paso importante en una nueva propuesta productiva socio-económica como alternativa por el desarrollo de la región a través del cultivo de una de las especies promisorias con mayor proyección para el mercado internacional. La variedad de aguacate con mayor aceptación en el mercado internacional es el Hass, lo cual conlleva a que se genere una propuesta productiva adecuada a la oferta ambiental de la zona cafetera marginal alta entre los 1500 msnm y los 1800 msnm, e inclusive desde los 1800 msnm y hasta los 2500 msnm, con el objetivo de atender los mercados con calidad y volumen, haciendo necesario implementar una tecnología integral apropiada para la inducción floral de acuerdo con la fisiología de la planta y al interés comercial por cuanto mediante este proceso se pretende concentrar las cosechas en determinadas épocas del año buscando los mejores resultados desde el punto de vista económico.

Con la presente investigación se busca ofertar una información actualizada y soportada científicamente con la compilación de estudios de diferentes zonas productoras de otros países, que permitan visualizar la aplicación de técnicas de inducción floral en los cultivos de aguacate Hass establecidos en la zona marginal alta de la ecorregión eje cafetero.

En la zona productora de aguacate Hass en Colombia, existe poca información científica al respecto, así como información por investigación generada a través de entidades del orden nacional; solamente se encuentran comentarios en publicaciones de encuentros regionales y nacionales, especialmente sobre técnicas de cultivo, agroecología y manejo poscosecha.

Para los empresarios productores de aguacate, los extensionistas, agricultores y algunos investigadores, la presente información sobre la inducción floral en el cultivo de

aguacate Hass reviste una gran importancia pues servirá como una invaluable base de datos para otros trabajos de investigación en el tema, especialmente para aquellos que profundizan en las técnicas de inducción floral, buscando generar una cultura de sincronización de la producción de acuerdo con el mercado.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES.

En el ámbito mundial, el área sembrada de aguacate Hass no ha mostrado una gran expansión y por lo tanto la oferta no ha cambiado de manera significativa. Además, el comercio es bajo con respecto a la producción, lo que indica que en cada país la mayor parte de la producción se dirige hacia el mercado interno, sobre todo porque se trata de productos perecederos y relativamente nuevos en el mercado. Sin embargo, con las nuevas tendencias del consumo mundial, donde las preferencias se dirigen hacia frutas frescas, sanas e inocuas que tengan un alto contenido de vitaminas, proteínas y fibra, esperándose que estos productos presenten una amplia expansión de su demanda.

Una de las especies que viene ganando un espacio en el mercado mundial de frutas y específicamente el europeo es el aguacate y preferencialmente la variedad Hass, lo que hace necesario que se adelanten acciones que garanticen la calidad y la inocuidad del producto pero igualmente la oferta de volúmenes representativos y en épocas de baja producción en otros países especialmente subtropicales.

La producción de aguacate por los aspectos climáticos del trópico se dan cosechas con volúmenes bajos durante todo el año, ante los compromisos que se adquieren en el mercado internacional es necesario que se tengan como máximo dos producciones al año por lo cual es necesario generar estrategias técnicas como la

inducción floral que permita concentrar la producción en periodos de dos a tres meses por tiempo de cosecha para alcanzar volúmenes de exportación.

1.2 GENERACIÓN DEL INTERROGANTE PRINCIPAL.

¿Es posible que la producción de aguacate Hass en la zona marginal alta cafetera de la Ecorregión Eje cafetero se pueda concentrar en dos periodos de producción anual mediante la implementación de técnicas de inducción floral?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Dada la creciente demanda de alimentos y los nuevos compromisos adquiridos a través de los tratados de libre comercio entre los países y el interés de estos por nuevas frutas entre ellos el aguacate, se abren nuevos espacios en los mercados nacionales e internacionales por lo que con estos compromisos y buscando ampliación hacia otros mercados es necesario generar sistemas productivos que permitan atender con calidad, volumen y producción concentrada, acorde a las necesidades de los consumidores especialmente europeos quienes son los mejores clientes para el aguacate Hass producido en los suelos de la zona cafetera.

El cultivo del aguacate y específicamente la variedad Hass, viene desarrollando una tecnología de producción de acuerdo con la experiencia lograda por empresarios antioqueños, la cual se ha adoptado y ajustado según la oferta agroecológica de la zona cafetera. Otra actividad que se observa y se trata con mucha expectativa es la inducción floral como herramienta que permita concentrar producciones y volúmenes para atender los mercados nacionales e internacionales.

La investigación sobre inducción floral es importante para los productores al permitir conocer, aplicar y programar el sistema productivo a través de técnicas que conlleven a la competitividad en el mercado nacional e internacional. El interés de los asistentes técnicos, productores y los comercializadores es visible debido a que en el

país se tiene poca experiencia en las técnicas de inducción floral en el cultivo de aguacate.

Los tratados de libre comercio, además de exigir excelente calidad, también solicitan el compromiso de producir volúmenes programados, siendo necesario concentrar la producción de aguacate en los tiempos en que los países subtropicales ya están terminando la producción y la respectiva exportación.

Las técnicas de inducción floral empleadas en Colombia aún se encuentran en la etapa de investigación, estas son más bien inquietudes de extensionistas y de algunos productores quienes por sus sistemas productivos comienzan a requerir de la programación y concentración de la producción.

Ante este panorama es necesario que instituciones de investigación, los mismos gremios de productores en el país, apoyen y aporten con personal profesional, la investigación necesaria a fin de profundizar en las técnicas más apropiadas para la zona cafetera donde se presenta este cultivo como promisorio ante la crisis que se presenta actualmente con el café por bajos precios, problemas sanitarios y la crisis gremial.

La investigación también es un aporte a los procesos de innovación a los empresarios, productores, y asistentes técnicos para generar ensayos de campo como medio de verificación y ajuste en cultivos comerciales y además permite la adopción y la revisión de las técnicas de inducción floral para aplicar en la zona cafetera teniendo en cuenta la condiciones de suelo y clima y condiciones de producción según mercados.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Revisar y analizar las principales investigaciones publicadas recientemente sobre aspectos de la producción e inducción floral en aguacate variedad Hass, que puedan ser aplicadas a producción de esta especie en la zona marginal alta cafetera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Revisar y analizar los diferentes sistemas y técnicas de inducción floral como mecanismo para la programación de cosechas de aguacate producidos en la zona marginal alta cafetera en la Ecorregión Eje cafetero de Colombia.
- Presentar una propuesta de protocolo de manejo de la inducción floral del aguacate Hass cultivado en la Ecorregión Eje Cafetero.

2. DESARROLLO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL AGUACATE HASS

Es el principal cultivar del mundo, originado en la ciudad de Habra Heights (California), por Rudolph G. Hass, de una semilla establecida en el siglo XX, de progenitores desconocidos, pero más cercano a guatemalteco y se piensa que viene del antiguo cultivar lion. El Hass cuenta con un 10 a 15% de la raza Mexicana y el resto, 85 a 90%, de la raza guatemalteca *Persea nubigenavar. Guatemalensis*.

Se adapta a condiciones subtropicales, temperaturas de 5 a 19 °C y altitudes entre los 1.800 y 2.500 msnm, en virtud de la calidad de sus frutos, alto rendimiento en

producción y maduración tardía, comparado con otras variedades importantes para la época, es auto fértil, pero se recomienda como polinizador de Fuerte o Ettinger.

El árbol del Aguacate puede ser erecto, usualmente de 10 metros, con un tronco de 30 a 60 centímetros de diámetro (más grueso en árboles muy viejos); o puede ser bajo y ancho, con ramas que se abren desde muy cerca del suelo. es de buena producción; sus frutos son de buena calidad y permiten el almacenamiento. Los frutos son botánicamente una baya, de forma ovaladas, con un peso que va de 150 a 400 g y de 8 a 10 cm de largo, la cáscara es rugosa, de color verde que se oscurece al madurar, tornándose negra, la pulpa es cremosa, con excelente sabor y sin fibra; la semilla es pequeña (bien pegada a la cavidad) y se pela fácilmente. Los frutos son retenidos en la planta hasta por 6 meses posterior a su madurez fisiológica, sin pérdida marcada en la calidad.

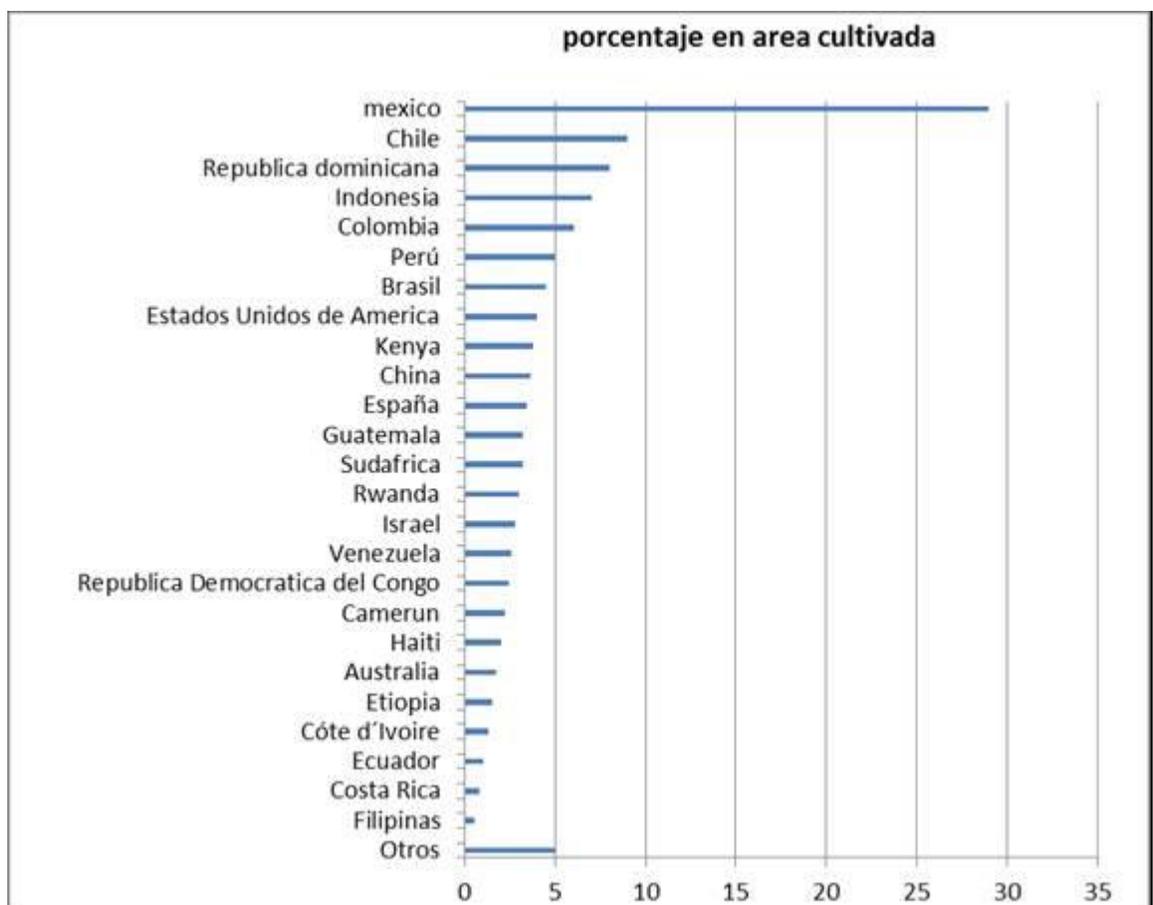
El contenido de grasa de la pulpa es del 17% hasta el 21%. Esta variedad es junto con Fuerte, Reed y Colinred, una de las mejores para su siembra en condiciones de clima frío moderado en Colombia (1.800 a 2500 m.s.n.m.). La relación cáscara semilla: pulpa es de 8,5:11,5: 72 %, respectivamente (Bernal y Díaz, 2008).

El aguacate está en la familia de las Lauraceae. En esta familia hay una gran variedad de especies como las forestales para la obtención de madera, la que produce aceites esenciales, tal como el alcanfor (*Cinnamomun camphora*) y de especias como la canela (*Cinnamomun zeylanicum* Ness). El género Persea, se compone de 150 especies, que están en las regiones tropicales (Colombia, Venezuela, Guatemala y Ecuador), subtropicales (México, Perú y Chile) y otros países, suman aproximadamente unas 80 especies. Los árboles de este género tienen de hojas coriáceas y aromáticas; inflorescencias axilares o subterminales, dispuestas en panículas corimbosas o racimosas; flores pediceladas o sésiles, hermafroditas, con ovario globoso y subgloboso, estilo delgado, estigma triangular peldado; frutos en bayas globosas o elípticas (Bernal, *et al*, 2008).

2.2 IMPORTANCIA MUNDIAL DEL AGUACATE.

Según el documento de trabajo sobre economía regional (Yabrudy Vega, 2012) se afirmó que Colombia en el 2010 ocupó el quinto lugar de los países con mayor área cultivada de aguacate, superado solo por México, Chile, República Dominicana e Indonesia. Cabe destacar que Chile registra la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de superficie cosechada más alta con un ritmo de 6.3%. Para este mismo año la producción mundial de aguacate alcanzara las 3,84 millones de toneladas, siendo México el mayor productor del mundo con 1,1 millones de toneladas que representaron el 28,8% de la producción total, a la vez que Colombia contribuyó con el 5,3%. (Ver fig. 1).

Figura 1 Principales países productores de aguacate.



Fuente. (Yabrudy vega, 2012)

En 2010, los principales países importadores de aguacate fueron los Estados Unidos (47.1%), Francia (12.8%), Japón (6.1%) y Canadá (4.9%), los cuales concentran 70.8% de la importación total. Al comparar 2010 con el año previo destaca que Estados Unidos reduce su participación en 25%, mientras que en ese mismo periodo de comparación, Francia aumenta su participación 13%. Por su parte, entre los principales países exportadores de aguacate se encuentra México, el cual participa con el 51.4% del mercado, le siguen en menor medida Israel (11.6%), Perú (9.4%) y Sudáfrica (8.0%).

2.3 PRODUCCIÓN DEL AGUACATE EN COLOMBIA

Para el 2012, se registra 35.594 hectáreas plantadas y 19.934 hectáreas cosechadas, siendo el frutal con mayor área plantada en Colombia seguido muy de lejos por el limón, y también el de mayor producción seguidos por la papaya y el limón (Ver tabla 1). Entre los departamentos más destacados con mayor áreas plantadas en aguacate se encuentran el Tolima, 5.835 hectáreas; Bolívar, 3.533 hectáreas; Antioquia, 2.907 hectáreas; Cesar, 1.657 hectáreas; Santander, 1.379 hectáreas; Caldas, 1.341 hectáreas, Valle del Cauca, 1.130 hectáreas, Risaralda, 993 hectáreas, y Quindío, 712 hectáreas, con un rendimiento promedio nacional de 8.8 toneladas por hectárea, como se puede apreciar en la tabla 2.

Tabla 1 Área plantada, área en edad productiva, producción y rendimiento.

CULTIVO	AREA PLANTADA		AREA EN EDAD PRODUCTIVA		PRODUCCION	
	HECTAREAS	PARTICIPACION (%)	HECTAREAS	PARTICIPACION (%)	TONELADAS	PARTICIPACION (%)
TOTAL	128433	100	70535	100	1037903	100
AGUACATE	35594	27,7	19934	28,3	175026	16,9
LIMON	15214	11,8	10140	14,4	128318	12,4
LULO	11146	8,7	2534	3,6	31697	3,1
MANDARINA	10498	8,2	8262	11,7	106277	10,2
PAPAYA	9794	7,6	4193	5,9	167950	16,2
TOMATE DE ARBOL	8414	6,6	4591	6,5	71415	6,9
PIÑA	7466	5,8	2574	3,6	61529	5,9
MARACUYA	7133	5,6	2670	3,8	65232	6,3
MORA	7007	5,5	4922	7	73856	7,1

GUAYABA	5821	4,5	4112	5,8	76937	7,4
GRANADILLA	4194	3,3	2911	4,1	40855	3,9
A						
GUANABANA	3402	2,6	1581	2,2	17440	1,7
A						
CURUBA	2751	2,1	2072	2,9	21369	2,1

Fuente. Encuesta nacional agropecuaria. Año 2012.

Tabla 2 Principales departamentos productores de aguacate.

DEPARTAMENTO	AREA	% DE PARTICIPACION EN LA PRODUCCIÓN
Tolima	5835	27
Bolívar	3533	16,4
Antioquia	2907	13,5
Cesar	1657	7,7
Santander	1379	6,4
Caldas	1341	6,2
Valle del Cauca	1130	5,2
Risaralda	993	4,6
Quindío	712	3,3
Otros	2114	9,8

Fuente. Javier yabrudy Vega. Agosto 2012.

2.4 CONTENIDO NUTRICIONAL DEL AGUACATE HASS.

En la tabla 3 se observa que el aguacate (*Persea americana*) es un fruto de alto valor nutritivo que contiene todas las vitaminas presentes en el reino vegetal, en 100 gramos de Aguacate Hass se encuentra elementos minerales como el calcio, hierro, zinc, magnesio y sodio, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra y vitaminas A, C, D, B1, B2, B6, ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Con las consultas que se han llevado a cabo para la realización de este trabajo se puede decir que el aguacate presenta diferentes beneficios para la salud como por ejemplo ayudando a combatir las complicaciones cardiovasculares, y además se reconoce como un alimento funcional, debido a que se puede consumir en fresco o procesado.

Tabla 3 Contenido nutricional del aguacate Hass.

Análisis del contenido de 100 gramos de aguacate Hass}			
Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (g)
Calcio	24	Potasio	604
Hierro	0,5	Fibra	0,4
Zing	0,4	Carbohidratos	5,9
Magnesio	45	Proteínas	1,8
Sodio	4	Grasa total	18,4
Vitaminas	Contenido	Ácidos grasos	Contenido
A	85 ug	Saturados	3 gr
D	10 ug	Monoinsaturados	8,9 gr
E	1.53 mg	Poliinsaturados	2 gr
K	8 ug		
B1	17 mg		
B2	0,1 mg		
B6	0,25 mg		
C	15 mg		
Niacina	1,8 mg		
Ácido pantoténico	0,87 mg		
Retinol	17 mg		
Ácido fólico	32 ug		

Fuente. Teliz *et al.* (2000) y Calabrese (1992).

2.5 CONDICIONES AGROECOLOGICAS

Los aspectos ambientales para el cultivo del aguacate Hass, en la zona cafetera de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y norte del Valle Del Cauca, en la zona marginal alta del cultivo del café, cuentan con las siguientes características, una altitud entre los 1.500 y 1.800 m.s.n.m, temperatura mínima y máxima promedio entre 13,5°C y 25,2°C, un brillo solar de 1306 horas año (un promedio de 3,5 horas luz día), humedad relativa entre el 75 y 80%, precipitación promedio entre los 1.900 a 2.300 milímetros anuales, suelos de origen derivados de cenizas volcánicas, con un Ph de 4,5 a 6,3, cuenta con una topografía ondulada a pendientes del 35%, profundidad efectiva del suelo de 25 a 30 centímetros, color del suelo de pardo oscuro a pardo oscuro amarillento, con un drenaje interno y externo moderado rápido, con fertilidad media – alta, y con un porcentaje de materia orgánica de 4 a 8%. (Cenicafe. 2008)

2.6 SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA ECORREGIÓN ZONA CAFETERA.

El diseño del cultivo se realiza de acuerdo con la topografía del terreno, controlando la erosión, facilitando la luminosidad durante el día por ser un árbol heliófilo, la facilidad para las labores culturales, manejo integrado de plagas (insectos, enfermedades y arvenses), la nutrición edáfica y foliar, la cosecha, la poscosecha y el empaque, además la facilidad a las vías con destino a los centros urbanos donde se realiza comercialización.

El sistema de producción actual en la zona cafetera de Caldas, Risaralda, Quindío y norte del Valle del Cauca, está caracterizado por los siguientes aspectos:

- Se ha hecho uso de lotes con topografías de pendiente moderadas.
- Sistema de siembra en triangulo siguiendo la curva de nivel para conservación de suelos a una distancia promedio de 7 metros.
- Manejo de franjas de arvenses con el fin de mejorar la retención de suelos in situ.
- Debido a las necesidades de producción de aguacate Hass de calidad y la trazabilidad en la producción se están aplicando BPA con la mayoría de los cultivos por lo que se ha logrado disminuir la aplicación de pesticidas.
- Manejo de plagas del aguacate Hass basado en la utilización de trampas tipo Mcphail y Jackson, para el monitoreo de dípteros y algunos chinches.
- Uso solamente de pesticidas de baja toxicidad de acuerdo con manuales suministrados por la unión europea.
- Manejo de arvenses con uso del selector.
- Manejo de las coberturas vegetales para conservación de humedad.
- Patrones de siembra en aguacates criollos.
- Material de siembra de viveros certificados por ICA.
- Materiales orgánicos compostados usados en la siembra permitidos por normatividad internacional.

2.7 TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE AGUACATE

Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Dipétala

Orden: Ranales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *Persea americana* Miller, *Persea gratissima* Gaerth, *Persea drymifolia* Blake. (Bernal y Díaz, 2008)

2.8 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE AGUACATE HASS.

El aguacate Hass es una especie perenne, muy vigorosa, es un árbol de crecimiento erecto con altitud y formas variadas, que en condiciones naturales sin ninguna actividad cultural (poda) sobre la planta puede superar los 10 metros, la copa puede alcanzar un diámetro de 25 metros, la forma está acorde a la variedad, para el caso del Hass, puede considerarse obovado y/o semicircular. En la figura 2 se puede apreciar un árbol adulto de aguacate Hass el cual se le han realizado podas de formación que han reducido su tamaño natural.

Figura 2 Tipo de árbol del aguacate Hass con podas dirigidas.



Foto del autor.

2.8.1 Raíz

La raíz es pivotante, cuenta con raíces secundarias y terciarias que se distribuyen superficialmente en los primeros 60 cm del suelo, siendo estas entre un 80 y 90% del total, aunque la raíz principal puede alcanzar una profundidad máxima 1,50 metros. Es susceptible al encharcamiento y al ataque de organismos fitopatógenos. La principal limitante del suelo para el aguacate es el predominio de arcillas y drenaje deficiente, por su sensibilidad a la asfixia radicular. En la fig. 3 se puede apreciar una raíz de una planta de aguacate variedad Hass de aproximadamente 8 meses de sembrado, iniciando su proceso de formación y preparándose para ser llevada a campo, en la imagen del lado derecho se puede observar perfectamente su raíz principal, raíces secundarias y terciarias.

Figura 3 Raíz del aguacate en estado de plántula.



Foto del autor.

2.8.2 Tronco

La superficie del tronco es rugosa, su ramificación es intensiva y la distribución de las ramas es verticilada. El color de las ramas jóvenes es rojo cobrizo, más intenso hacia el ápice. La superficie es pubescente y presenta lenticelas de color Verde. El tallo es cilíndrico, leñoso, ramificado y erecto, su figura es áspera, la copa es globosa y acampanada. En la fig. 4 se puede observar una fotografía de un tronco de aguacate Hass de aproximadamente 8 años de edad, con podas de formación desde el inicio de su desarrollo.

Figura 4 Tronco de la planta del aguacate.



Foto del autor

2.8.3 Hojas

Están dispuestas de forma alterna. Son pedunculadas, muy brillantes, de forma lanceolada, con base aguda, margen entero y ápice agudo. El color de las hojas maduras es verde mate, el peciolo presenta estrías o surcos y el relieve de la venación por el haz es intermedio, usualmente levantado. En la fig. 5 se puede observar una imagen de las hojas de un colino de aguacate listo para ser llevado al sitio definitivo.

Figura 5 Hojas de la planta del aguacate.



Foto del autor.

2.8.4 Inflorescencia

Las inflorescencias del aguacate pueden ser determinadas e indeterminadas como se puede apreciar en la fig. 6. En las determinadas el meristemo del eje primario forma una flor terminal, los brotes se ubican hacia la parte superior o exterior del árbol donde la intensidad lumínica es mayor, cuando se cosecha los frutos el brote determinado muere. En las de tipo indeterminado el ápice del eje primario finaliza en una yema vegetativa, iniciando el crecimiento al momento de la antítesis y continúa después de la cosecha de los frutos existentes en la planta (Rebolledo & Romero, 2011).

Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y el 0,1% se transforma en fruto. Las evaluaciones realizadas muestran que la primera floración se presenta a los 1,5 años.

Figura 6 Características de inflorescencias de aguacate de la variedad Hass:

(a) Determinadas

(b) Indeterminadas.



Fuente: (Rebolledo & Romero. 2011)

2.8.5 Flor

Las flores de aguacate son perfectas y están agrupadas en racimos subterminales que pueden llegar a contener hasta 450 flores (Gazit y Degani, 2002; Bernal y Díaz, 2008); estas son de 1 cm de ancho y 6-7 mm de longitud, color verde-amarillo claro y con nueve periantos, nueve estambres y un pistilo, en la base de cada tres filamentos de estambres interiores hay dos nectarios; cada antera está conformada por cuatro sacos polínicos, los cuales contienen de 500 a 700 granos de polen (Davenport, 1986; Dixon y Sher, 2002; Scora *et al.*, 2002).

Las flores presentan una dicogamia (protógina) sincronizada, son bisexuales al tener en la misma flor los órganos masculinos y femeninos, estos maduran pero son funcionales en diferente tiempo, siendo primero los órganos femeninos. La flor realiza

dos aperturas una como estado femenino y otro como estado masculino. Entre los dos estados se da un cierre intermedio y luego uno final de la flor. En la fase femenina los tépalos se abren y el pistilo esta erecto con el estigma receptivo al polen, los estambres está apoyado y protegido sobre los tépalos con las anteras no dehiscentes. El proceso dura entre una a dos horas, dependiendo de las condiciones ambientales, la flor inicia su primer cierre cuando los estambres se levantan e inclinan hacia el centro de la flor hasta tocar el pistilo el cual continua erecto.(Rebolledo, Moreno. 2011). El proceso se puede alterar por condiciones climáticas como el frío haciendo que el tiempo se prolongue.

Este proceso de dicogamia sincronizada, se discute hoy en día al cumplirse a cabalidad por muchos aspectos lo que permite que algunos árboles generen un traslape, que consiste en que un árbol tenga al mismo tiempo flores masculinas y femeninas abiertas, facilitando la polinización dentro de la misma especie, como posiblemente sucede con la variedad Hass.

Figura 7 Flor del árbol de aguacate.



Foto del autor.

2.8.6 Ciclo floral.

La apertura floral ocurre en dos etapas. Por esta razón, las variedades se clasifican de acuerdo con el comportamiento de la inflorescencia: tipo A y B. Las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura.

Esta característica es muy importante para el cultivo; es necesario mezclar variedades adaptadas a las condiciones ambientales locales, con tipo de floración A y B y con la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada. El ciclo floral puede ser afectado por la temperatura y la duración del día.

- Tipo A: La primera apertura (femenina) inicia en la mañana y termina antes del medio día; la segunda apertura (masculina) ocurre en la tarde del siguiente día. El ciclo de apertura floral dura de 30 a 36 horas (Scout, [1927] citado por Gazit y Degani en Whiley *et ál.*, 2002).
- Tipo B: Es el patrón contrario; la apertura femenina ocurre en la tarde y la apertura masculina en la siguiente mañana. El ciclo de la apertura floral es de 20 a 24 horas.

Las variedades de aguacate se continúan agrupando en dos, los de tipo de floración A y los de floración B, que permita realizar los cruces en las diferentes siembras para facilitar la polinización, para el caso del Hass (tipo de flor A) se recomienda como polinizador las variedades Ettinger y Fuerte (tipo de flor B). En la figura 8 se puede apreciar una flor masculina y una femenina del aguacate Hass.

Figura 8 Flor masculina y femenina



Fuente. (Rebolledo & Romero, 2011)

2.8.7 Fruto

Los frutos son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 g y de 8 a 10 cm de largo; de forma ovoide a piriforme; la cáscara es rugosa, de color verde que se oscurece al madurar, tornándose negra, como se puede observar en la figura 9. Esta condición es normal en el proceso de maduración de este material y a diferencia del concepto equivocado de ser una característica negativa, el hecho de que esta fruta se torne oscura cuando está madura, es un indicador natural de la madurez de consumo. El fruto maduro se conserva bien en el árbol. El contenido de grasa de la pulpa es del 17% hasta el 21%. ; La semilla es pequeña (bien pegada a la cavidad) y se pela fácilmente (Ver fig. 9), (Bernal, *et al*, 2008)

Figura 9 Formas y Colores del fruto del aguacate Hass.



Fuente. Foto del autor.

2.9 FISIOLÓGÍA DEL ÁRBOL DE AGUACATE HASS

El aguacate es una planta de débil dominancia apical, lo que facilita el desarrollo de las yemas axilares.

2.9.1 FASE VEGETATIVA

Según Bernal en esta fase, la planta desarrolla una gran área foliar y consta de cinco etapas:

Etapa 1. Corresponde al período vegetativo de una rama que ha terminado su crecimiento. La yema terminal es alargada y delgada; en las axilas de las hojas, las cuales son de formación reciente, se observa la emisión de yemas axilares.

Etapa 2. Las yemas terminales finalizan su desarrollo y empiezan a crecer o a hincharse.

Etapa 3. En esta fase las yemas inician su desarrollo, se hinchan y las escamas que recubren la yema comienzan a desprenderse; posteriormente las yemas toman un color

amarillo. El tamaño de la base de las yemas es precisamente el mismo que en el estado anterior, pero se da una mayor separación de las escamas.

Etapa 4. La yema terminal se transforma en un brote juvenil, cuyo color está entre rojo oscuro o rojo pálido; sin embargo, las hojas no alcanzan todavía su total desarrollo.

Etapa 5. Finaliza la formación de las hojas. Las hojas alcanzan su total desarrollo pero aún conservan la coloración de la etapa anterior. El limbo en sus actividades fotosintéticas, regulación estomática, etc, no es todavía completamente funcional.

Al finalizar la maduración de las hojas, las cuales adquieren un color verde claro, se repiten nuevamente las etapas de desarrollo. (Bernal y Díaz, 2008)

Ramificación

Está en función del vigor de la planta; coincide con el período de alargamiento, se establece una competencia entre las yemas apicales y axilares, lo que trae como resultado la aparición de nuevas ramas y la formación de la copa dosel, con un crecimiento horizontal y vertical

.

2.9.2 FASE REPRODUCTIVA

La fase reproductiva se inicia cuando termina la etapa vegetativa o juvenil del árbol; por lo tanto, se inicia con la formación de las inflorescencias, es decir, con la floración.

2.9.2.1 Floración

Según Bernal y Díaz, 2008, la floración en aguacate consta de cinco etapas:

Etapa 1. Las yemas axilares terminan su formación y empiezan a crecer o hincharse, en las cuales empiezan a aparecer las inflorescencias.

Etapa 2. De las yemas laterales diferenciadas empiezan a aparecer las inflorescencias.

Etapa 3. Los pedúnculos florales se alargan.

Etapa 4. El pedúnculo floral alcanza su estado definitivo y el racimo floral está perfectamente definido.

Etapa 5. Se inicia cuando los pedúnculos florales se separan y los pedicelos se abren.

2.9.2.2 Fructificación

Se considera el inicio de esta etapa cuando se produce la fecundación de la flor, la cual ocurre 24 horas después de la polinización. Consta de dos etapas:

Etapa 1. Los pétalos secos recubren el ovario. En esta etapa se presenta la caída de las flores, por la mala o nula polinización.

Etapa 2. Alargamiento del pedúnculo, diferenciación del fruto y desprendimiento de los órganos florales.

2.9.2.3 Desarrollo del fruto

La división celular continúa hasta que el fruto alcanza la madurez fisiológica.

2.10 FISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

2.10.1 Generalidades sobre la floración

La inducción floral es el proceso mediante el cual las yemas de los frutales, originalmente vegetativas, sufren cambios metabólicos que las preparan para

transformarse en yemas florales (Davenport, 1986; Davenport, 2000). El proceso que sigue a la inducción floral se conoce como diferenciación floral y corresponde a la manifestación externa o cambio morfológico (Wilkie *et al.*, 2008). Los dos procesos involucran la recepción del estímulo ambiental, la señalización hasta los puntos de transformación y la transcripción y expresión de genes de identidad floral. Esta transformación además depende de la importación de carbohidratos y la sincronía con los niveles hormonales endógenos (Cowan *et al.* 2001).

La fisiología de la floración en árboles frutales ha recibido poca atención, especialmente bajo condiciones tropicales. Los principales factores que influyen la transición a la floración son: fotoperiodo, temperatura y disponibilidad de agua. La temperatura es el factor que bajo condiciones tropicales mayor influencia tiene en la floración. Cuando se presentan períodos con temperatura por debajo de 6°C, se da el estímulo para que el árbol pase del estado vegetativo al estado reproductivo. El crecimiento vegetativo del aguacate se da en distintos flujos que pueden presentarse una, dos, tres o más veces durante el año. No todas las ramas contribuyen a cada flujo, lo cual da como resultado, una copa compuesta por hojas y brotes de varias edades. Debido a la presencia de brotes y yemas de diferentes edades y estados de desarrollo, hay una variación considerable en la proporción de ápices vegetativos que continuarán, ya sea, el crecimiento de los brotes o la formación de inflorescencias.

2.10.3 Cinética de la maduración

La maduración de la fruta es una de las partes más importantes a considerar para obtener finalmente un fruto que reúna las características de la variedad y del mercado, para llegar a esto se desarrollan varios procesos metabólicos los cuales generan cambios que dan como resultado las características sensoriales como el color, sabor y textura que hacen finalmente los frutos agradables al consumidor. Los atributos sensoriales óptimos se alcanzan en la madurez fisiológica y puede continuar su proceso hasta la senescencia, etapa donde inicia la muerte celular de la fruta.

Por lo anterior es importante determinar la madurez fisiológica del aguacate, para lo cual se emplean dos métodos de determinación de materia seca y el de contenido del aceite de la pulpa; el primero es el más común. El color se emplea para clasificar la fruta de acuerdo con el grado de madurez. Respecto a la maduración del aguacate Hass el color va de verde a negro, son cambios de pigmentos que están en la cascara. La textura también se puede considerar como un índice de madurez algunos estudios demuestran que la firmeza correlaciona muy bien con la madurez del fruto. El aguacate Hass después de ser cosechado el proceso de maduración disminuye moderadamente al inicio, y luego esa disminución aumenta en gran medida y se detiene hasta la maduración total del fruto (Arzate *et al.* 2010).

Figura 10 Color de la cascara y la pulpa del aguacate Hass.

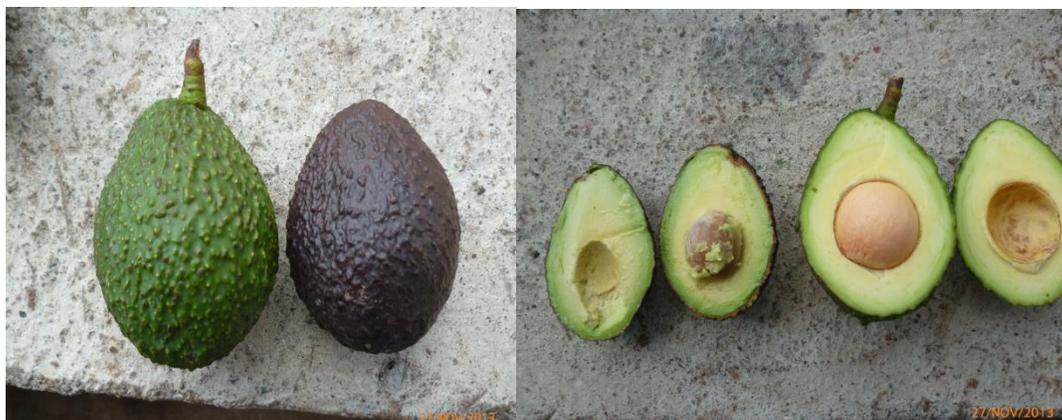


Foto del autor

3. INDUCCIÓN FLORAL

La inducción floral es una serie de cambios en las células del meristemo vegetativo que permite la aparición de órganos florales en cambio de hojas. Estos cambios fisiológicos se originan por cambios metabólicos en las células meristemáticas.

La inducción floral es una de las técnicas importantes a considerar en el sistema productivo del aguacate Hass, debido a se requiere tener producciones concentradas

para poder ofertar volúmenes en épocas del año y no bajas producciones que encarecen el proceso de comercialización especialmente el internacional.

Los cambios morfológicos suceden cuando los primordios de las yemas axilares o apicales se forman al finalizar cada flujo de crecimiento y se encuentran protegidos por brácteas (Ver fig. 11).

Figura 11 Proceso de formación floral.

Proceso de Formación floral. (dda) días después de antesis en variedad Hass:		
FOTO	Días después de antesis	CARACTERISTICAS
	8	E5: incremento en las dimensiones del brote. Escamas separadas.
	14	E6: brácteas encierran la inflorescencia
	28	E7: apertura de las brácteas de la inflorescencia. Inflorescencia comienza a emerger.
	34	E8: elongación de ejes secundarios (estado de coliflor). Ejes terciarios aún cubiertos por brácteas. Se presentan pequeñas flores cerradas.

		44	E10: flores completamente diferenciadas pero cerradas
		56	E11: flores en antesis. Brotación de yemas vegetativas en el ápice de inflorescencias indeterminadas inicio del flujo vegetativo de primavera

Fuente (Rebolledo & Romero. 2011)

Estos cambios metabólicos suceden por diferentes aspectos como el clima (bajas temperaturas), acciones físicas (anillado-podas) en el árbol, la aplicación de sustancias químicas, el estrés hídrico provocado (déficit hídrico). Además otro aspecto a considerar después de la inducción floral es la diferenciación floral que es la manifestación externa o cambio morfológico, como las partes observables de la planta (Romero, 2012).

A continuación se hará la descripción de las técnicas existentes de inducción floral que permita determinar de acuerdo con las características agroclimáticas de la región del eje cafetero, aquellas que se puedan adoptar previo otros estudios pertinentes.

3.1 INDUCCION FLORAL POR LA TECNICA DEL ANILLADO

Según Duque 2012, una de las tradiciones que utilizaban los agricultores era realizar heridas al tallo de la planta con un machete en época de semana santa con el fin de que el árbol tuviera una mayor producción, obteniendo buenos resultados, sin tener conocimiento porque razón ocurría este hecho. Al realizar esta práctica se generaban buenas cosechas y daban indicios de la posibilidad de programar las cosechas. Debido a lo anterior en los años 80 se realizan los primeros ensayos de anillado de ramas sin el conocimiento y la técnica adecuada para su ejecución, en

algunos de los casos no presentaron respuestas positivas en cuanto a las floraciones, y en otros se presentó decaimiento y pérdida de árboles por prácticas inadecuadas de ejecución y cicatrización las cuales generaron problemas patológicos.

Recientemente, en trabajos realizados en cultivos tecnificados durante varios años y en diferentes zonas productoras del país, se ha logrado establecer que el anillado, en las condiciones tropicales, incrementa la productividad de los árboles que son sometidos a la labor. Esto se da no solo por el aumento de la producción en kilogramos de frutas por unidad, sino por el ingreso extra que puede percibirse, al tener la posibilidad de programar las cosechas para las épocas de mayor precio de venta. Para aguacate Hass, un anillo de 1cm de ancho hecho en una rama, se cierra en 5-7 semanas; esta presenta inicio de floración 8-10 semanas después de haberse anillado; y dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar (altitud, tiempo), presentaría cosecha a las 34-50 semanas luego de la floración (Duque 2012).

El anillado en los árboles productivos de aguacate Hass, permite generar interrupciones parciales de transporte de nutrientes hacia la zona de floración. El anillado es una técnica empleada en Australia para mejorar la floración y fructificación a nivel de todo el árbol o a nivel de ramas o brotes. Se busca interrumpir de manera temporal el transporte de carbohidratos, metabolitos y ciertas hormonas a la raíz. Esta práctica debe ser usada con precaución y con un amplio soporte en fisiología vegetal, para evitar la muerte del árbol por una inadecuada práctica (Rebolledo, 2012) puesto que si se realiza un corte muy profundo o amplio en el tallo y no se alcanza a recuperar el tejido de la corteza, puede suceder este caso. Es de recomendar conocer primero las estructuras del tallo en cuanto a los tejidos de la corteza para luego proceder a implantar esta técnica

El anillado es un corte superficial que se hace en la parte exterior de una rama, cuyo ancho oscila entre los 5 y 10 mm como se observa en la figura 12. Se considera que la función principal del anillado es la interrupción del transporte por el floema de

fotoasimilados y probablemente fitohormonas entre la porción anillada y otras partes de la planta (Duque. 2012.)

Figura 12 Anillo recién hecho y 8 semanas después



Fuente (Duque. 2012.)

La época para realizar el anillado en las zonas de estaciones climáticas se realiza durante el otoño, en las zonas tropicales, el indicador se hace con relación a la planta cuando en la copa al encontrarse en traslape permanente de todos los ciclos fenológicos, existe una porción de la misma que se encuentra en un estado de reposo y se visualiza una gran cantidad y proporción de hojas maduras activas y yemas latentes. Esta parte del árbol tiene una respuesta grande al anillado, ciclo de cierre, emisión de floraciones y amarre de frutos. Por tanto, dependiendo de la necesidad de programación de las floraciones y cosechas que se quiera tener, se puede decidir la porción del árbol que se va a anillar, siempre y cuando estas presenten una buena proporción de hojas maduras que permitan la acumulación de fotoasimilados (Duque. 2012).

En el Congreso Mundial de Aguacate de Chile en el año 2011, consideró el anillado como una técnica efectiva y exitosa para la inducción floral la que es muy aplicada en el hemisferio Sur y concretamente en Chile.

3.2 TÉCNICA DE LA PODA

Hoy en día el manejo de poda ha sido reducido a una sola poda al año. La experiencia nos muestra que varias podas en la temporada inducen crecimiento excesivo de las plantas en épocas en las que este no busca (inducción floral), lo que puede redundar en una falta de flores. Actualmente la poda que se está realizando en este tipo de huertos, es una poda de caras, en las que un año se poda fuertemente una cara y al año siguiente otra. Todos los años se maneja la altitud máxima de los árboles. Con ello se busca mantener la iluminación y la actividad de los brotes más débiles (Silépticos) con los que fue formado el árbol.

Sin lugar a dudas una de las condiciones que impone este sistema es que las podas sean tempranas, de forma que el material que nace como respuesta a la poda, tenga la capacidad de inducir flores para la siguiente floración. La idea es que estas no se realicen más allá de enero en las zonas más tardías de cultivo.

La poda como técnica de inducción floral, se realiza de acuerdo con la longitud de las ramillas, al presentar el mayor número de yemas inducidas, en los cortes donde se deja de 30 a 40 centímetros de ramilla (Arancibia; 2004).

Principalmente la poda realizada en el árbol, busca obtener producciones tempranas y sostenidas en el tiempo, igualmente formar una arquitectura adecuada, facilitar las labores de manejo.

3.3 INDUCCIÓN FLORAL CON PRODUCTOS HORMONALES

Durante varias décadas se han desarrollado numerosos estudios para revelar el papel de cada fitohormona, cuyas funciones incluyen una variedad muy amplia de procesos fisiológicos. Se ha dilucidado el rol de las auxinas en procesos de crecimiento, floración, dominancia apical, crecimiento celular de los meristemas y formación de

raíces en estaca leñosas; las giberelinas participan en la germinación de semillas e inducen la formación de flores y frutos; por su parte, las citoquininas retardan la caída de la hoja y el envejecimiento e inducen la diferenciación celular y la formación de nuevos tejidos; mientras que el ácido abscísico es responsable del cierre de estomas cuando hay déficit hídrico o inhibe el crecimiento vegetal en momentos de crisis, produciendo una especie de letargo; y por último, el etileno, facilita la maduración de los frutos, la degradación de la clorofila y la posterior caída de las hojas (McSteen y Zhao 2008).

3.3.1 Auxinas

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas (Srivastava 2002). La mayoría de las moléculas que integran este grupo son derivados indólicos, aunque también se encuentran algunos compuestos fenoxiacéticos, benzoicos o picolínicos con actividad auxínica. Las auxinas se encuentran en la planta en mayores cantidades en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical (McSteen y Zhao 2008).

3.3.2 Citoquininas

Las citoquininas han sido consideradas estructuralmente como derivadas de adeninas o purinas, y dentro de este grupo se incluyen la kinetina, zeatina y benzilaminopurina. Debido a su variación estructural se ha llegado a clasificar en citoquininasisoprenoides y aromáticas (Sakakibara 2006).

Este grupo de fitohormonas es considerado el responsable de los procesos de división celular, entre los que se encuentran la formación y crecimiento de brotes axilares, la germinación de semillas, la maduración de cloroplastos, la diferenciación celular (Klee y Estelle 1991) y también el control de varios procesos vegetales como el retardo de la senescencia y en la transducción de señales (Sakakibara 2006). Se cree que las citoquininas son sintetizadas en tejidos jóvenes o meristemáticos como ápices radiculares, yemas del tallo, nódulos de raíces de leguminosas, semillas en germinación, especialmente en endospermas líquidos y frutos jóvenes; desde donde se transportan vía xilema hacia la hoja donde se acumula, para luego ser exportada vía floema hacia otros órganos como los frutos (Srivastava 2002) .

3.3.3 Ácido abscísico

El ácido abscísico ABA es un sesquiterpenoide particularmente importante en la respuesta a estrés y desempeña un papel importante en procesos fisiológicos, cuyos efectos varían dependiendo del tejido y estado de desarrollo de la planta. Entre sus múltiples funciones, se incluye la inducción de síntesis de proteínas LEA (Late Embriogenesis Abundant), con lo cual se promueve la tolerancia del embrión a la deshidratación y acumulación de proteínas de almacenamiento. Además se le atribuye el mantenimiento de la dormancia de semillas; en hipocótilos, epicótilos y coleótilos inhibe el crecimiento y elongación; y en hojas promueve su senescencia (Finkelstein *et al.* 2008). Se ha reconocido su antagonismo a diversos efectos de las giberelinas, incluyendo la promoción del crecimiento en plántulas y la síntesis de α -amilasa (Cutler *et al.* 2010), cumple un papel importante en la regulación de las relaciones hídricas, por su relación determinante en la respuesta de las células guarda estomáticas y en el mantenimiento del crecimiento radical durante el déficit hídrico, lo cual se encuentra ampliamente estudiado y documentado en la actualidad (Kim *et al.* 2010).

En general, se considera un antagonista de las hormonas de crecimiento como auxinas, giberelinas o citoquininas. Es considerada la hormona del estrés, debido a su síntesis se ve favorecida en condiciones adversas para la planta. Es una

fitohormonaubica en plantas vasculares, cuyo movimiento lento y no polar ocurre en condiciones normales por los haces vasculares y en todas las direcciones. En condiciones de estrés hídrico el ABA aumenta su transporte desde la raíz a las hojas, donde con el cambio de pH se redirecciona principalmente hacia las células oclusivas de los estomas para facilitar el cierre de estas estructuras y evitar mayor transpiración y pérdida de agua (Klee y Estelle 1991; Srivastava 2002).

Recientemente, se ha encontrado que el ABA afecta las respuestas vegetales frente a patógenos, mediante la promoción de resistencias que van desde impedir la entrada al patógeno por vía estomática, hasta incrementar la susceptibilidad interfiriendo con las respuestas de defensa del sistema inmune vegetal en el que pueden interrelacionarse otras hormonas (Cutler *et al.* 2010).

3.3.4 Etileno

El etileno es un gas incoloro, es una molécula orgánica con actividad biológica, producida por todas las plantas, algunos hongos, levaduras y bacterias (Srivastava 2002).

Su biosíntesis se incrementa en plantas sometidas a estrés y se asocia con procesos de senescencia y maduración. Dentro de sus funciones fisiológicas más investigadas, se encuentran las relacionadas con la abscisión de hojas, marchitamiento de flores, maduración de frutos y otros procesos relacionados con el envejecimiento, pues se plantea su participación en la degradación de clorofila y peroxidación de lípidos de membranas. También favorece la epinastia de hojas, la germinación de semillas, pone fin a la dormancia de brotes y promueve la síntesis de enzimas relacionadas con defensa a patógenos, daños mecánicos o en situaciones de estrés, entre otros (Santner y Estelle 2009).

Esencialmente se produce en todas las partes de la planta, se transporta de célula a célula difundándose en el citoplasma, debido a es suficientemente hidrosoluble

para ser transportado en solución. Por regla general, el sitio de acción del etileno es próximo al sitio de síntesis (Klee y Estelle 1991).

3.3.5 Giberelinas

Debido a las diferentes funciones que cumple cada fitohormona en las plantas como se mencionó anteriormente, se encontraron trabajos realizados para inducir floración en aguacate con la aplicación de giberelinas debido a que son un grupo de diterpenoides que se definen más por su estructura que por su actividad biológica, contrario a lo que ocurre con las auxinas y las citoquininas (Yamaguchi y Kamiya 2000).

Las giberelinas biológicamente activas, actúan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas y cubren todos los aspectos de la historia de vida de las plantas, modulando varias respuestas del crecimiento como la germinación de semillas, el crecimiento del tallo, la partenocarpia, la expansión foliar, la elongación de la raíz, la floración y la liberación de enzimas hidrolíticas en algunos tejidos (Ueguchi-Tanaka *et al.* 2007). Únicamente las giberelinas biológicamente activas pueden cumplir con estas funciones, las giberelinas no bioactivas existen en el tejido vegetal como precursores de las formas bioactivas o como metabolitos desactivados.

Giberelinas (Gas) promueven el desarrollo súbito de inflorescencias y la floración en muchas plantas, particularmente en aquellas de día largo (DL), aunque no en aquellas de día corto (DC), salvo algunas excepciones. Las aplicaciones de GAs pueden reemplazar demandas específicas para florecer en plantas de día largo [PDL] (Gocal *et al.* 1999, King *et al.* 2003), por ejemplo, el requerimiento de un periodo de luz con más de 14 horas de luz o requerimientos de frío (semanas o meses a 5°C). Sería posible entonces omitir alguna de las condicionantes al aplicar GAs, pero en ningún caso ambas simultáneamente o secuencialmente para obtener flores en estaciones del año donde no se ha satisfecho los requerimientos ambientales específicos de la

especie. GAs inducen además la formación de elementos florales y adicionalmente pueden afectar la determinación sexual (Yu *et al.* 2004).

3.3.5.1 Efecto de la AG's en Aguacate Hass

Al inyectar AG₃ (25 o 50 mg·árbol⁻¹) en el tronco de árboles jóvenes de aguacate 'Hass' cuando las yemas se encontraban hinchadas, se obtuvo un adelanto en el desarrollo de la inflorescencia hasta tres semanas en comparación a los árboles sin aplicación. Por el contrario, una alta concentración de AG₃ (2.5 g·árbol⁻¹) inyectada al tronco de árboles adultos, incrementó el número de yemas inactivas reduciendo la producción de inflorescencias (Salazar-García y Lovatt, 1999). Uso de giberelinas para modificar crecimiento vegetativo y floración en mango 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo'. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.14 no.2 Chapingo may./ago. 2008

Existen numerosos trabajos orientados a controlar el comportamiento alternante del aguacate mediante el uso de reguladores del crecimiento (Salazar-García y Lovatt, 2000; Rossouw *et al.*, 2000); La aplicación de ácido giberélico influye en la iniciación y desarrollo floral, pero su efecto depende del estado de desarrollo en el momento de la aplicación (Salazar-García y Lovatt, 1998, 1999, 2000; Salazar-García *et al.*, 1998).

Durante la inducción floral o dos semanas más tarde, aplicaciones de 100 mg de ácido giberélico por litro de agua a las yemas apicales no interfiere en el proceso de inducción y la producción de inflorescencias apicales no se ve afectada. No obstante, cuando aplicamos a yemas axilares al final del período de bajas temperaturas, una gran proporción de éstas permanecen latentes, aparentemente suprimidas por el brote apical.

La técnica del uso de productos que inhiban la biosíntesis del Ácido Giberélico GA, hormona de origen vegetal, que al generar un efecto inverso al disminuir los brotes vegetativos y por ende el área foliar, se favorece la producción en número de frutos y

tamaño. De una manera inversa a la anterior también, considera que las GA, están involucradas en el desarrollo reproductivo que incluye iniciación floral, diferenciación y desarrollo de todos los estados del embrión, semilla y fruto (Romero, 2012).

Según la Universidad Nacional de Colombia en el año 2010 en el Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología se evidencio un experimento basado en bioensayos, marcaje radioactivo en diferentes tejidos y patrones de expresión genética en Arabidopsis, sustentan la hipótesis que la biosíntesis de giberelinas ocurre principalmente en partes jóvenes de la planta, mientras que, en tejidos maduros es relativamente deficiente (Srivastava 2002). La biosíntesis de giberelinas inicia en los plastidios y el precursor de todo el proceso es el geranylgeranyl difosfato (GGDP); existen tres diferentes clases de enzimas necesarias para la síntesis de giberelinas bioactivas en plantas, las terpenos sintasas (TPSs) presentes en los plastidios, las citocromo P450 monooxigenasas (P450Os) ubicadas en el retículo endoplasmático y las dioxigenasas dependientes de 2-oxoglutarato (2ODDs) que se encuentran en el citosol (Yamaguchi 2008).

Su transporte se realiza por los tejidos conductores de la planta (Srivastava 2002), pero aún no se sabe cómo se realiza su movimiento en las plantas (Ueguchi-Tanaka *et ál.* 2007).

Volker (2003) observó que las aplicaciones otoñales de Uniconazol-p (otro triazol inhibidor de la biosíntesis de giberelinas), a una concentración de 0,5% p/v aumentaron significativamente el número de panículas y el número de flores por panícula respecto del testigo sin tratar. El autor también señala una disminución del porcentaje de yemas vegetativas respecto de las reproductivas.

El uso de los reguladores de crecimiento como es el caso de las giberelinas, en la alternancia productiva, la estrategia para reducir la floración en el año de mayor

producción. En aguacate Hass, se han realizado aplicaciones de AG3, disminuyendo significativamente la floración en los años de mayor producción” y aumento la producción de brotes vegetativos, esto se refleja en el aumento en la floración en el año de menor producción.

En un ensayo realizado en el estado de Nayarit (México), con aplicaciones foliares al aguacate Hass en dos ocasiones al año de AG3, en dosificación de 50 miligramos por litro de agua, se acorto el tiempo de cosecha en 25 a 28 días aproximadamente en los árboles tratados, sin afectar la producción o el tamaño del fruto. Los resultados obtenidos demuestran que la estimulación del desarrollo del fruto es una alternativa para adelantar la fecha de floración para obtener una maduración temprana del fruto y como consecuencia una cosecha temprana (Salazar *et al.* 2007).

3.4 Inducción floral por fertilización

La fertilización también tiene una gran importancia en la inducción floral y en general en la producción, según la empresa, Fertilizantes Olmecca y SQM Nitratos en el año 2000, considera dos elementos mayores de vital importancia como es el nitrógeno y el potasio, relacionados con la inducción floral, la fructificación y la calidad de la fruta. Los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) varían en la planta según la producción, cuando esta es elevada los niveles de N son bajos, a causa de la extracción del fruto, la reserva se disminuye por lo que conlleva a que en el año de menor producción la concentración de N amoniacal en la hoja es alto.

Por lo tanto el manejo del agua y nutrientes debe orientarse a reducir el crecimiento del flujo vegetativo, para aumentar el cuajado y crecimiento de los frutos. El uso de boro (B) y de nitrógeno (N), se ha empleado como fertilizante foliar, con el objetivo de incrementar el cuajado de fruto.

En cultivares de aguacate Hass, en Nueva Zelanda con una sola aplicación de B y/o N, permitió alcanzar una concentración ideal en inflorescencias entre 50-65 ppm

para incrementar el cuajado del fruto. Existen evidencias que el B es esencial para la germinación del polen, desarrollo del tubo polínico a través del estigma, estilo y ovario hasta alcanzar el óvulo y para las divisiones mitóticas necesarias para producir el esperma (Lovatt y Dugger, 1984).

3.5 TECNICAS ALTERNATIVAS DE INDUCCION FLORAL

3.5.1 Inducción floral por cambios de temperatura

La temperatura es uno de los factores principales del cambio de la fase vegetativa a la reproductiva. Los cultivares de aguacate subtropicales pueden sólo producir yemas florales si se mantienen bajo un régimen de temperaturas frías. Para el cultivar 'Hass', el régimen 23°C/18°C (día/noche) es el punto crítico cercano para la floración. Después de la inducción floral, el desarrollo de las yemas florales ocurre adecuadamente para temperaturas de 25°C/20°C (Nevin y Lovatt, 1989; Salazar-García *et al.*, 1999).

En estudios realizados con la técnica de cambios metabólicos por aspectos de frío, se encontró que la inducción Floral, en los procesos de floración de los cultivares Guatemaltecos son más precoces. Cuando se tienen días con temperaturas mínimas menores de 20°C, favorecen la inducción floral, las temperaturas superiores a los 25°C, están señaladas como inhibitoras de la inducción floral no siendo tan marcada, por este aspecto climático (Avilán *et al.* 2009).

Avilán *et al.* (2007) reportan que en aguacate Hass el inicio de floración esta precedido por temperaturas bajas y alta precipitación y que incluso en condiciones áridas, las bajas temperaturas son un factor clave en la transición de las yemas a la fase reproductiva. En trabajos realizados por Salazar-García *et al.* (2006) en la misma variedad fueron necesarios valores inferiores a 19 °C para iniciar el proceso de floración, temperaturas mayores causaron un retraso significativo y una disminución en la magnitud de este proceso.

En aguacate Choquette y Booth-8 en México se encontró que temperaturas menores a 20 °C inducen floración (Cossio-Vargas *et al.*, 2007b). Salazar-García *et al.* (1999) encontraron en aguacate Hass en cámara de crecimiento que tratamientos de baja temperatura (10 °C día/7 °C noche) causaron la iniciación floral y alta temperatura (25/20 °C) detuvieron el proceso. El tiempo de exposición a bajas temperaturas también es determinante, observándose que árboles de aguacate variedad Hass sometidos a bajas temperaturas durante una semana no indujeron floración, y en los sometidos por tres semanas el 17% de las yemas apicales produjeron inflorescencias y el 69% produjeron brotes vegetativos, en tratamientos de cuatro semanas, el 83% de la yemas produjeron inflorescencias y no se presentó crecimiento vegetativo (Salazar-García *et al.*, 1999). Dixon *et al.* (2007b) encontraron que en aguacate Hass la inducción floral presenta mayor intensidad en los años donde las bajas temperaturas inductivas fueron de 6 semanas comparado con años de baja intensidad en floración donde el período de inducción fue de 3 semanas

La aplicación de esta técnica de acuerdo con las características de temperatura promedio alta de 25,2 °C y una promedio baja de 13,5°C, en la zona cafetera , se tiene una expresada por Romero, 2012, describe resultados obtenidos en pruebas en la relación frío-calor, al encontrar que el aguacate Hass en cámara de crecimiento con tratamientos de baja temperatura (10 °C día/7 °C noche) causaron la iniciación floral y alta temperatura (25/20 °C) detuvieron el proceso de floración retardando la cosecha.

En ensayos realizados se sometieron a plantas bajas temperaturas 17°C, durante 3 semanas el 17% de las yemas apicales produjeron inflorescencias, el 69% produjeron brotes vegetativos y en el tratamiento de las 4 semanas el 83% de las yemas produjeron inflorescencias y no se obtuvo crecimiento vegetativo (Rebolledo & Romero. 2011). Esta condición de relación frío-calor requiere de otra técnica como la del manejo del agua que permita generar aspectos que conlleven a la inducción floral. En ensayos realizados con temperaturas mínimas menores a 20 °C promovieron la inducción floral. (Pérez, 2007).

La temperatura influyen para que se produzca una buena floración y es necesario que durante los tres meses anteriores a la floración haga al menos 28 días de frío, así se dan las mejores condiciones y en la diferenciación floral se producen más yemas que van a flor. (Pérez, 2007).

El control de la inducción no se restringe al meristemo debido a que puede involucrar señales provenientes de otras partes de la planta generadas por estímulos ambientales (Wilkie *et al.*, 2008). El lugar de percepción de la señal varía según la especie y el tipo de estímulo inductor. Sin embargo, altas temperaturas en la zona radical pueden inhibir la inducción floral, implicando la percepción radical y el transporte a larga distancia de la señal vía corriente transpiratoria.

Debido a la semejanza de las épocas de floración de las variedades de aguacate cultivado en todo el mundo, algunos factores inductores de floración son comunes en las zonas productoras, como las variaciones en la temperatura, la duración del día, o la disponibilidad hídrica (Davenport, 1986). Aun así, se cree que cualquier factor de estrés de intensidad y duración suficiente es capaz de producir inducción.

Entre los factores que pueden ser considerados como causantes de estrés e inductores de floración se encuentran las bajas temperaturas, bajo contenido de humedad en el suelo, deficiencias en nutrición mineral, exceso de calor e incluso ataques de *Phytophthora* sp. al sistema radical (Wolstenholme, 1987).

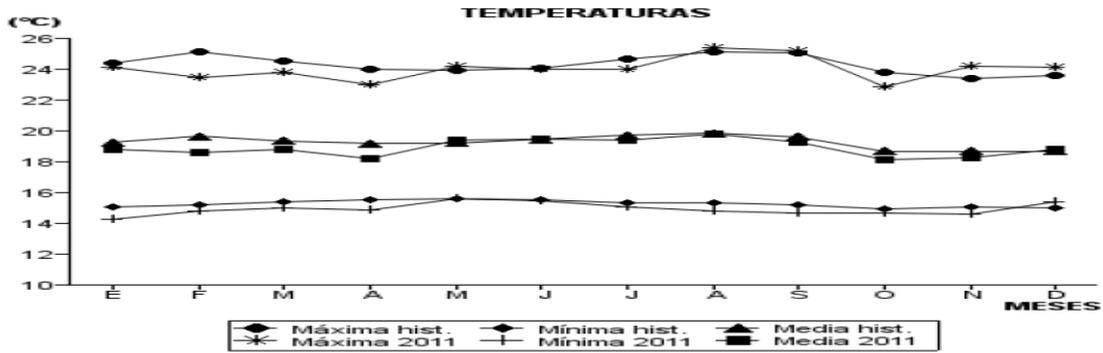
La apertura floral también puede ser retrasada desde minutos hasta varias horas debido a bajas temperaturas (Davenport 1986). Un estudio realizado por Sedgley y Annells (1981) en plantas de aguacate Hass mostró que bajas temperaturas aumentaron el número de días de apertura foral; a una temperatura 17/12 °C las flores abrieron femeninas en la tarde del primer día, permanecieron abiertas toda la noche y cerraron hasta el siguiente día; dos días después en la tarde las flores abrieron en fase masculina.

El proceso de sincronía en la floración es altamente sensible a la temperatura (Whiley, 1990). Temperaturas superiores a 20 °C son favorables para el proceso de polinización, mientras que noches frías retrasan e inhiben la fase femenina, e incluso se puede afectar la sincronía de las fases (Dixon y Sher, 2002).

Un estudio realizado por Sedgley y Annells (1981) en plantas de aguacate Hass mostró que bajas temperaturas aumentaron el número de días de apertura foral; a una temperatura día/noche de 33/28 y 25/20 °C las flores abrieron en la mañana en estado femenino y de nuevo en la tarde del siguiente día bajo estado masculino, mientras que a temperaturas 17/12 °C las flores abrieron femeninas en la tarde del primer día, permanecieron abiertas toda la noche y cerraron hasta el siguiente día; dos días después en la tarde las flores abrieron en fase masculina.

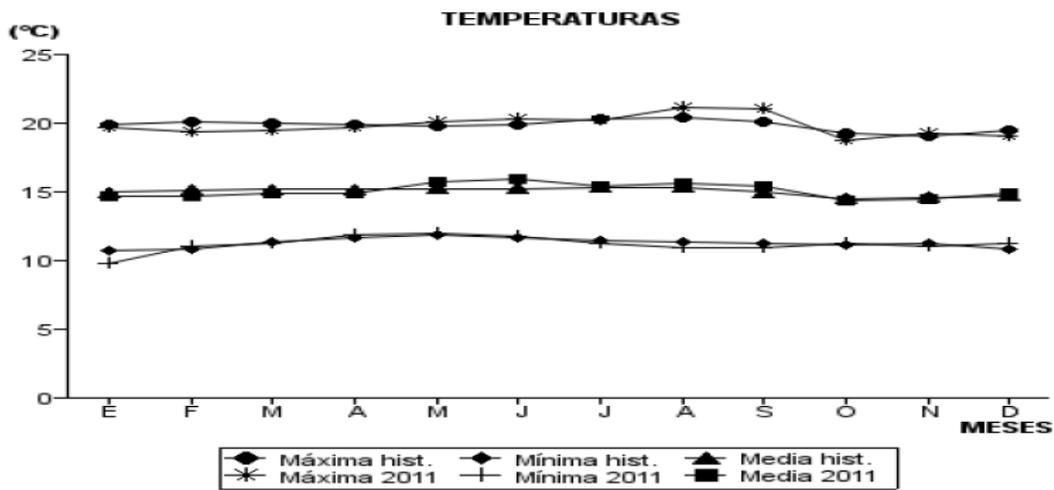
Realizando la revisión de los anuarios meteorológicos de CENICAFE (Ver fig. 18 y 19) se puede observar que en la zona cafetera la temperatura máxima histórica a una altitud de 1667 m.s.n.m es de 25,2°C y la mínima histórica es de 13,5°C, y a una altitud de 2120 m.s.n.m la máxima histórica es de 23°C y la mínima histórica de 11°C; lo que argumenta que es poco probable este tipo de inducción floral en la zona debido a los requerimientos para poder que funcione correctamente es con temperaturas 10°C día y 7 °C noche por lo menos con 28 días consecutivos, situación que no se presenta en la zona cafetera. Se ha realizado la técnica de temperatura fría (17°C), en condiciones controladas lo que puede ser posible con infraestructura muy costosa lo cual es inviable en el país.

Figura 13 Comportamiento de la temperatura en la zona cafetera, estación la esperanza, Pijao Quindío a 1667 m.s.n.m.



Fuente: Anuario meteorológico cenicafe 2011.

Figura 14 Comportamiento de la temperatura en la zona cafetera, estación el cedral, Pereira Risaralda a 2120 m.s.n.m.



Fuente: Anuario meteorológico cenicafe 2011.

3.5.2 Inducción floral por estrés hídrico

El estrés hídrico no induce la floración bajo un régimen no inductivo de alta temperatura, pero la aumenta bajo un régimen inductivo de bajas temperaturas. Sin embargo, en este caso la floración se retrasa y sólo se presenta alrededor de un mes después de que ha cesado el estrés hídrico (Chaikiattiyos *et al.*, 1994).

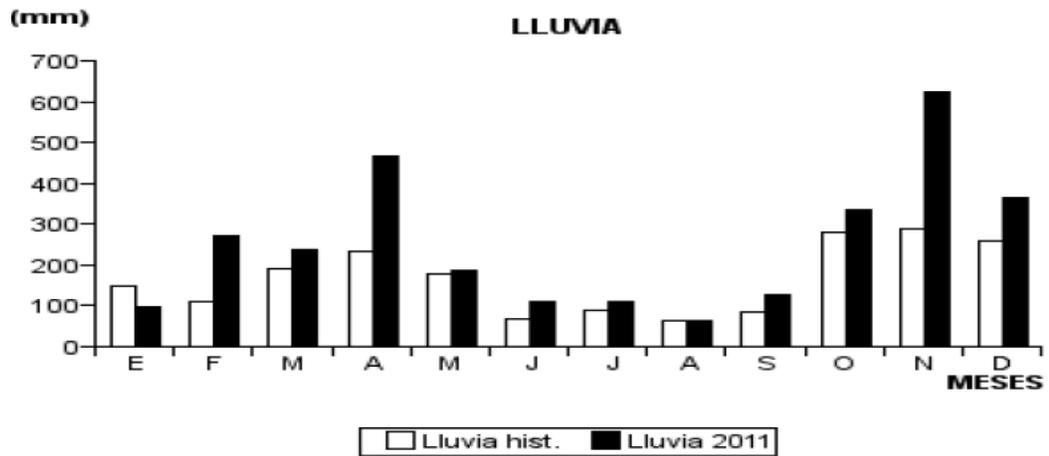
El proceso que sigue a la inducción floral se conoce como diferenciación floral y corresponde a la manifestación externa o cambio morfológico (Wilkie *et al.*, 2008). Los dos procesos involucran la recepción del estímulo ambiental, la señalización hasta los puntos de transformación y la transcripción y expresión de genes de identidad floral. Esta transformación además depende de la importación de carbohidratos y la sincronía con los niveles hormonales endógenos (Cowan *et al.*, 2001).

A pesar que la precipitación juega un papel clave, en condiciones subtropicales se ha encontrado que las temperaturas bajas como inductor de floración no pueden ser remplazadas por períodos de déficit hídrico (Avilán *et al.*, 2007).

Por el contrario, bajo condiciones del trópico donde una disminución en la temperatura no es suficiente para lograr una detención completa del crecimiento vegetativo, se ha reportado que un déficit hídrico de corta duración (2 meses) es favorable para la inducción floral en aguacate (Whiley, 1990).

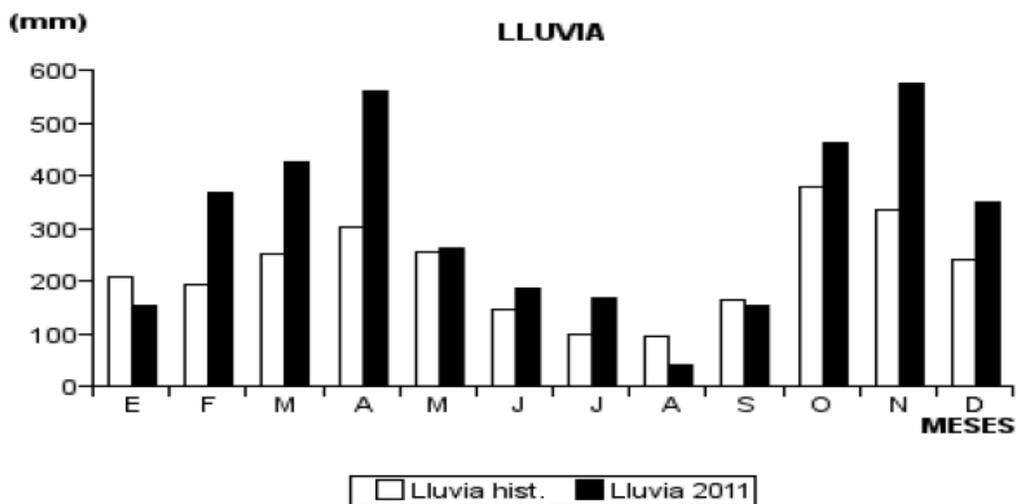
En la información climatología histórica de dos estaciones climatológicas de la zona cafetera, una está ubicada a 1660 m.s.n.m; y la otra a 2120 m.s.n.m (Figura 20 y 21) en donde se ubican los cultivos de aguacate Hass en la zona cafetera Colombiana no se cuentan con periodos de verano ni de lluvias marcados por lo tanto, se tienen lluvias constantemente y aumentan en los meses de febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre, debido a esta condición es poco probable que se presenten periodos de estrés hídrico, sumado a que la planta cuenta con un sistema radicular profundo que le permite explorar un gran perfil del suelo, por lo tanto pensar en realizar una inducción floral por esta técnica en nuestra zona es poco probable.

Figura 15 Estación la esperanza, Pijao Quindío a 1667 m.s.n.m.



Fuente. Anuario meteorológico cenicafe 2011

Figura 16 Estación el cedral, Pereira Risaralda a 2120 m.s.n.m.



Fuente. Anuario meteorológico cenicafe 2011.

4. PROPUESTA DE INDUCCION FLORAL DEL AGUACATE HASS

Debido a que el cultivo de aguacate Hass es una de las especies promisorias con mayor aceptación en el mercado internacional, y de acuerdo con la oferta ambiental de la zona cafetera marginal alta, se presenta una propuesta de manejo para inducir floración en el cultivo y concentrar cosechas en determinadas épocas del año, para poder atender los mercados internacionales con calidad y volumen, buscando mejores resultados desde el punto de vista socio-económico.

Teniendo en cuenta que la mayor producción en los diferentes países como México, Chile, Republica Dominicana e Indonesia, es en los meses de abril, mayo, julio, agosto y septiembre y el mercado se encuentra inundado, en Colombia se deben concentrar cosechas para los meses de febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre.

Para esto es necesario realizar inducción floral en los meses de junio, julio, enero y febrero con la técnica del anillado, que consiste en hacer un corte superficial a la parte exterior de una rama de un ancho de 5 a 10 milímetros, se debe tener en cuenta que las ramas a anillar deben tener una buena proporción de hojas maduras y yemas latentes para permitir la acumulación de fotoasimilados, el corte que se realiza se puede tratar con productos bactericidas y fungicidas para prevenir enfermedades, además se debe contar con personal capacitado y con experiencia con el fin de no causar daños en la planta, un anillo de 1cm de ancho hecho en una rama, se cierra en 5-7 semanas; esta presenta inicio de floración 8-10 semanas después de haberse anillado; y dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar (altitud, tiempo), presentaría cosecha a las 34-50 semanas luego de la floración.

También resulta eficiente la aspersion de giberelinas dos veces por año en dosificación de 25 o 50 miligramos por litro de agua, las aplicaciones se deben realizar al inicio de la floración y repetir cuando se inicia la formación de frutos.

Además se debe complementar con la técnica de la poda de caras, en las que un año se poda fuertemente una cara y al año siguiente otra, una de las condiciones que impone es que la podas sean tempranas, de forma que el material que nace como respuesta a la poda, tenga la capacidad de inducir flores para la siguiente floración.

Se debe tener en cuenta que además de realizar estas labores para poder inducir la planta a florecer y tener una buena producción, se debe llevar un plan de fertilización de acuerdo con los resultados que arrojan los análisis de suelos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de la revisión de los diferentes sistemas y técnicas de inducción floral se encontró que se puede realizar una programación de cosecha de aguacate Hass bajo las condiciones de la zona marginal alta cafetera, empleando la estrategia de inducción floral con la técnica del anillado, la cual incrementa la productividad de los árboles que son sometidos a esta labor, complementando con la poda de caras, en las que un año se poda fuertemente una cara y al año siguiente otra, además de las podas de formación y de altura, también es conveniente realizar inducción floral con productor hormonales como las giberelinas en el inicio de la floración de esta manera se aumentan los ingresos no solo por la producción en kilogramos de fruta, si no por el ingreso extra que puede percibirse, al tener la posibilidad de programar las cosechas para las épocas de mayor precio de venta.

Se encontró otras alternativas de inducción floral como lo es inducción por temperatura, e inducción floral por estrés hídrico, siendo estas dos técnicas de difícil manejo por la condición natural que se presenta en la zona marginal alta de la ecorregión eje cafetero, debido al régimen de lluvias que se presentan, haciendo de estas técnicas poco probables de realizar e inviables por sus altos costos si se realizara de manera controlada.

Se recomienda adelantar actividades prácticas que permitan desarrollar investigaciones que profundicen sobre métodos de inducción floral y además se adelanten trabajos en áreas representativas para la técnica del anillado, poda y la aplicación de giberelinas, como se presenta en la anterior propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arancibia Vera, A. E. & Arancibia Vera, V.C. Evaluación de tres largos de poda de ramillas y el efecto de la aplicación de boro, sobre la inducción floral del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass, en Ovalle, Los Andes y Quiyota, IV-V Región Chile. Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santiago de Chile. 2004. pp.76.

Atkins y Ataulfo. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.14, no.2. Chapingo may./ago. 2008.

Barcenas O.A.E., Molina E.J., Huanosto M.F., Aguirre P.S., Contenido de Macro y Microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate "Hass" en la región de Uruapan Michoacan, (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 365-371.

Bárcenas, O.A.E., Martínez N.A., Aguirre P.S.. Fenología del Aguacate (*Persea Americana* a Mill) var Hass en cuatro diferentes altitudes del municipio de Uruapan, Mich. Revista Divulga. CIC de la UMSNH. Morelia, Mich. 2002.

Duque David Lynce. Poda del aguacate en Colombia. Universidad de Caldas. Manizales. 2012.pp, 10.

Fertilizantes Olmecasy SQM Nitratos Chilenos. Consideraciones generales en la fertilización del Aguacate. Boletín El Aguacatero, No. 16. Fuente: Tríptico informativo. Septiembre. 2000. www.aproam.com/boletines/a16.htm.

Francisco Mena Volker. Avances en el manejo de huertos de Palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass en alta densidad en Chile. 2007.pp. 10.

Gustavo Adolfo Lobos y José Antonio Yuri. Investigación producción vegetal. Inducción y diferenciación floral de cuatro cultivares de manzano en Chile. Talca, Centro de Pomáceas, Chile. 2005. pp. 10.

Israel, Arzate Vasquez, Maria de Jesus, Perea Florez, Ramon Arana Errasquin, Georgina Calderon Dominguez, Roberto Quevedo Leon, Gustavo Fidel Gutierrez Lopez, Jose Jorge Chalona Perez. Procesamiento de imágenes aplicado al estudio de la maduración del aguacate variedad Hass (Persea americana mil). V congreso internacional de ingeniería bioquímica, XVI Congreso Nacional de ingeniería Bioquímica, VI Jornadas Científicas de biomedicina y biotecnología molecular. México. 2010. pp, 14.

J. Amer. SOC. Hort. Inflorescence Development of the Hass Avocado: Commitment to Flowering SCI. 1999. pp:478–482.

Jorge A. Bernal. Cipriano A Diaz. Tecnología para el cultivo del aguacate. Corpoica Manual Técnico 5. Centro de Investigación. Ed, Produmedios. La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia. 2008. pp. 241.

Luis Avilán, Enio Soto, Mercedes Perez, Carlos Marin, Margot Rodriguez, Jose Ruiz. Comportamiento fenológico de la raza antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. Agronomía Tropical. Volumen 59. Venezuela. 2009. pp. 10.

Luis Eduardo Cossio Vargas, Samuel Salazar García, Raúl Medina Torres. Desarrollo floral de los aguacates 'choquette' y 'booth-8' en clima cálido, Parte I. Agricultura Técnica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, vol. 34, núm. 1, 2008, pp. 43-49.

Marisol Cruz Aguilar, Luz Marina Melgarejo, Mauricio Romero. Fitohormonas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/9/05_Cap03.pdf.

Palacios, A.J.M. Dinámica y balance nutrimental en árboles de aguacate cv Hass con alto y bajo rendimiento en la región de Uruapan, Mich. Tesis Maestro en Ciencias. CP, Texcoco, México. 1986.

Pedro Uribe Mejia, Disciplina de Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE, Anuario Meteorológico Cafetero 2011. Chinchiná Colombia. 2012. pp. 563.

Pérez, M., Avilan, L., Soto, E., Rodríguez, M., & Ruiz, J. Comportamiento Térmico e hídrico en la floración del aguacate (*Persea spp.*) grupo mexicana en la región Centro norte costera de Venezuela. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Viña Del Mar, Chile. 2007. Pág.7.

Pineda. Control del anillado del pedúnculo del aguacate (*Persea Americana L.*). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias Investigación Agropecuaria. Volumen 3. 2006. Pág. 45

Plan Frutícola Nacional. Diagnóstico y Análisis de los Recursos para la Fruticultura en la Región Cafetera. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asociación Hortofrutícola de Colombia, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca. Santiago de Cali, 2006. pp. 88.

Rebolledo, R. A., Romero. M, A.. Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana Mill.*) bajo condiciones subtropicales. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*. 2011. pág. 113-120.

Rebolledo, R. A., Romero. M, A.. Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana Mill.*) bajo condiciones subtropicales. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*. 2011. pág. 115.

Romero, M, A. Comportamiento fisiológico del aguacate (*Persea Americana Mill.*) Variedad Lorena en la zona de Mariquita, Tolima. Tesis Parcial, Facultad de – Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2012. pp.135.

Samuel Salazar Garcia, Luis E. Cossio-Vargas e Isidro J.L. Gonzalez Duran. Uso del Ácido Giberélico (AG3) para adelantar la fecha de cosecha del Aguacate Hass. Boletín El Aguacatero. No. 52. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago. México. 2007. pág. 8 y 9.

Sánchez, G.P. Y Ramírez, 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa México, México, D.F.

Sandra Paola Gandolfo Wiederhold, s. Factores Ecofisiológicos Relacionados con el Crecimiento Vegetativo, Floración y Desarrollo del Fruto del Aguacate Universidad Politécnica De Valencia. Departamento de Producción Vegetal. Valencia, Junio de 2008. pp. 225.

Secretaría de Economía. Dirección General de Industrias Básicas, Situación Actual y Oportunidades de Mercado de Aguacate. Monografía. 2012. México.

SENA (2012). Manejo tecnologica del cultivo del aguacate, capitulo 1. Obtenido de www.sena.edu.co

Vega. Yabrudy, j. El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los montes de maria, en el caribe. Cartagena: Banco de la republica. No. 171, 2012.