

UN PRODUCTO

 **Corpoica**
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

 **libra**
librería virtual agropecuaria

 www.corpoica.org.co



POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *Apis mellifera*: TECNOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS CON POTENCIAL EXPORTADOR





FRUTIPAZ
Asociación de Productores
de Frutos del Sumapaz

**Agropecuaria
Santa María La Torre
y Cia. S. en C.**

POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS ***Apis mellifera* : Tecnología para el** **mejoramiento de la producción de** **CULTIVOS CON POTENCIAL EXPORTADOR**



Autores:

**RODRIGO EFRÉN VÁSQUEZ ROMERO¹; HUGO HUMBERTO BALLESTEROS CHAVARRO²;
JORGE EUCLIDES TELLO DURAN³; SANDRA JOHANNA CASTAÑEDA CARRILLO⁴;
NELSON ENRIQUE CALVO CORREDOR⁵; NELLY CAROLINA ORTEGA FLORÉZ⁶;
LIGIA ENITH RIVEROS ALEJO⁷.**

-
- 1 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.
 - 2 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.
 - 3 Docente Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.
 - 4 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.
 - 5 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.
 - 6 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.
 - 7 Investigador Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica.

Vásquez, R.; Ballesteros, H.; Castañeda, S.; Riveros, L.; Ortega, C.; Calvo, N. / Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Bogotá: Corpoica. 2011. 88 pp.

Palabras clave: POLINIZACIÓN, *APIS MELLIFERA*, POLINIZADORES, NARANJA DULCE, MANGO, AGUACATE, FRESA, MORA, APICULTURA, EQUIPO APÍCOLA.



FRUTIPAZ
Asociación de Productores
de Frutas del Surpacífico



ASOAPICUN
Asociación de Apicultores de Colombia



Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

**Agropecuaria
Santa María La Torre
y Cia. S. en C.**



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA
C.I. Tibaitatá

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-075-5
CA: 1377
CUI: 1299
Primera edición: Diciembre de 2011
Tiraje: 1.000 ejemplares:

Producción editorial:
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmedios.org

Diseño: Dannahite

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

AGRADECIMIENTOS

El presente boletín técnico es el resultado del trabajo de un grupo de investigación interdisciplinario, a los cuales queremos ofrecer un sincero agradecimiento y lo hacemos extensivo tanto a los profesionales y sus entidades, como a las empresas frutícolas involucradas durante esta investigación, por sus valiosos aportes y conocimientos sin los cuales esta publicación no sería posible.



EQUIPO EJECUTOR DEL PROYECTO

- **Corpoica:** Rodrigo E. Vásquez Romero, Ing. Industrial, Zoo. – Líder proyecto; Gustavo García, Zoo., MSc. PhD. – Coordinador Inv.; Javier Orlando Orduz R., Ing. Agrónomo, MSc. PhD.- Frutales; Olga Mayorga, PhD. – Evaluación metabolitos; Rodrigo Martínez, Zoo. MSc. PhD. - Estadística.; Juan José Rivero, Agr. MSc. - Fisiología Vegetal; Cesar Forero, Admin. Agropecuario, MSc(c) – Sistemas producción; Juan Climaco Hio P., Ing. Agrónomo, MSc. – Fisiología Vegetal; Pablo Andrés O. Mejía, Lic. Biología, Ing. Agrónomo – Taxonomía insectos; Hugo Ballesteros Ch., Zoo. MSc(c) – Sistemas producción; Nelson Calvo, Zoo. – Apicultura; Carolina Ortega, Zoo. – Apicultura; Ligia Riveros, Zoo. – Apicultura; Sandra Castañeda, Bióloga. – Evaluación físico química de frutos; Marta E. Cuellar, Zoo. – Apicultura; William D. Maldonado Q, Téc. Agropecuario, Adm. Agropecuario(c) – Apicultura.
- **Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá:** Jorge E. Tello Durán, Zoo. MSc. PhD.; Amanda Consuelo Díaz M., Ing. de Alimentos. Esp., MSc., PhD; Martha Cecilia Quicazán de Cuenca, Ing. Quím. Esp. MSc. PhD.
- **Universidad de Cundinamarca – Fusagasugá:** Marco E. Pachón, Zoo. MSc.; Humberto Numpaque, Ing. Electrónico MSc(c); Ilber Ruge, Ing. Electrónico MSc(c); Cesar Talero, Zoo. MSc(c).
- **Asociación de Apicultores de Cundinamarca – ASOAPICUN:** Omar Ávila Arenas, Zoo.
- **Asociación de Productores de Frutos del Sumapaz – Frutipaz:** Mauricio Santiago Jiménez.
- **Agropecuaria Santa María La Torre y Cia. S. en C.**
- **Entidad financiadora:** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

CONTENIDO

Introducción	7
Metodología	9
CAPÍTULO 1. La polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> y su manejo	11
1.1. Polinización	11
1.2. Montaje de apiarios	12
1.3. Tipo y manejo de la colmena	12
1.4. Calendarios florales	15
CAPÍTULO 2. Incidencia de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> en el cultivo de naranja	17
2.1. Generalidades	17
2.2. Calendario floral e insectos polinizadores	19
2.3. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre el número de cuajes	20
2.4. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre la calidad física y química del fruto	26
2.5. Conclusiones y recomendaciones	28
CAPÍTULO 3. Incidencia de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> en el cultivo de mango	29
3.1. Generalidades	29
3.2. Calendario floral	31
3.3. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre el número de cuajes	33
3.4. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre la calidad física y química del fruto.	39
3.5. Conclusiones y recomendaciones	41
CAPÍTULO 4. Incidencia de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> en el cultivo de aguacate	43
4.1. Generalidades	43
4.2. Calendario floral	45
4.3. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre el número de cuajes	46
4.4. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre la calidad física y química del fruto	52
4.5. Conclusiones y recomendaciones	59



CAPÍTULO 5. Incidencia de la polinización dirigida con abejas	
<i>Apis mellifera</i> en el cultivo de fresa	61
5.1. Generalidades	61
5.2. Calendario floral	63
5.3. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre el número de cuajes	64
5.4. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre la calidad física y química del fruto	67
5.5. Conclusiones y recomendaciones	68
CAPÍTULO 6. Incidencia de la polinización dirigida con abejas	
<i>Apis mellifera</i> en el cultivo de mora	71
6.1. Generalidades	71
6.2. Calendario floral	72
6.3. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre el número de cuajes	73
6.4. Efecto de la polinización dirigida con abejas <i>Apis mellifera</i> sobre la calidad física y química del fruto	76
6.5. Conclusiones y recomendaciones	77
CAPÍTULO 7. Metodologías de punta para el desarrollo de la apicultura en Colombia	79
7.1. Caracterización de aromas de las flores atrayentes de las abejas <i>Apis mellifera</i>	79
7.2. Identificación del origen botánico de la miel y el polen colectados por las abejas <i>Apis mellifera</i>	81
7.3. Desarrollo de un prototipo de sistema portátil de monitoreo de la actividad polinizadora de las abejas <i>Apis mellifera</i>	82
7.4. Comportamiento de la biomasa durante el desarrollo de núcleos	83
7.5. Consideraciones y recomendaciones finales	84
Bibliografía	86

INTRODUCCIÓN

“Si las abejas desaparecieran de la tierra al hombre solo le quedarían cuatro años de vida; sin abejas no hay polinización, ni hierba, ni animales, ni hombres”

ALBERT EINSTEIN

A través del tiempo, en la naturaleza se ha desarrollado un gran número de interacciones entre plantas y animales, las cuales han sido de gran importancia para el surgimiento y mantenimiento de las especies una de ellas es la polinización; esta consiste en el desplazamiento del polen desde la antera de una flor al estigma de la misma u otra flor, la cual es facilitada por el viento, el agua y/o los animales.

En el reino animal los insectos son los agentes polinizadores más eficientes, sobresaliendo la abeja, y en especial la *Apis mellifera*, ya que posee un elevado número de individuos por unidad de área (en promedio unos 50.000 individuos), de los cuales el 50% sale en búsqueda de alimento; alimento constituido por el polen y el néctar que las flores le ofrecen; esta actividad de colectarlo se denomina ‘pecoreo’.

La abeja realiza en promedio 15 viajes de pecoreo durante el día y en cada viaje visita unas 40 flores, lo que equivale aproximadamente a unas 15 millones de flores visitadas por una colonia en un día.

Estudios realizados indican que una abeja puede pecorear en promedio hasta una distancia de 1.500 metros de radio (Vásquez, 1995), distancia que se ve afectada por factores ambientales tales como temperatura, radiación solar, viento y lluvia, la distancia de la colmena al cultivo y la competencia insectil y floral de la zona.

Con la polinización se incrementa no solo la cantidad de frutos, se mejora su calidad representada en un mayor peso, una mejor conformación física y superior contenido de azúcar (°Brix); es por esta razón que la *Apis mellifera* se ha utilizado en programas de polinización dirigida en diferentes países, los cuales han calculado su valor productivo entre unas 20 a 60 veces mayor que la producción de miel y polen.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–, con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y a través de



una alianza entre entidades de investigación como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Cundinamarca y el sector productivo, presentan los resultados del proyecto “Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador en cultivos comerciales y su efecto sobre el fruto”, que serán de gran utilidad para el mejoramiento de la producción de aguacate, fresa, mora, naranja y mango, cultivos de importancia económica en los sistemas de producción del trópico colombiano.



METODOLOGÍA

Se evaluaron 10 cultivos de naranja, aguacate, mora y fresa y 12 de mango, ubicados en los departamentos de Cundinamarca, Meta y Tolima; con el acompañamiento de estos productores se desarrollaron las actividades descritas a continuación.

- Recopilación de información cartográfica, climatológica, de producción y de calidad en el cultivo antes del montaje de las colmenas.
- Determinación de los agentes polinizadores del cultivo.
- Establecimiento de calendarios florales.
- Introducción, manejo y calibración de colonias por cultivo: De acuerdo con las actividades culturales propias de cada cultivo (desyerbe, fumigaciones, aporques, abonados, entre otros) y dado el aumento de los riegos por picaduras de las abejas *Apis mellifera*, al personal que labora en campo se estableció una unidad mínima de trabajo que osciló entre 5 a 10 colmenas dispuestas en un apiario por cultivo.
- Se involucró el factor distancia existente entre el apiario y las unidades experimentales (cultivo, árbol o planta) así: En los cultivos permanentes una distancia a menos de 100 metros, de 100 a 200 metros y más 200 metros, identificando para cada uno de estos rangos cinco árboles; en los cultivos transitorios seis plantas más cercanas y seis más lejanas; para determinar en estas unidades:
 - **Volumen de producción de frutos:** se instalaron en las inflorescencias 5 repeticiones del tratamiento testigo (libre ingreso de insectos), 5 repeticiones de anejo calibre 14x14 (exclusión parcial insectos polinizadores) y 5 repeticiones de anejo calibre 8x8 (exclusión total de insectos polinizadores); evaluando el número total de cuajes al momento de la cosecha y el número de frutos colectados; los resultados se expresaron como toneladas de fruta por hectárea, porcentaje de frutos abortivos y tiempo de maduración.
 - **Características de calidad final del fruto:** Con los frutos colectados se realizó la evaluación de la calidad de los frutos en la Unidad de Evaluación de Calidad Organoléptica de Alimentos de Corpoica, teniendo en cuenta las Normas Técnicas Colombiana desarrolladas por el ICON-



TEC para cada fruto (naranja NTC 4086, aguacate NTC 5209 y NTC 1248 – 3^{ra} actualización, fresa NTC 4103, mora NTC 4106 y mango NTC 1266.

- Evaluación de la cantidad de productos apícolas recolectados: Se evaluó la cantidad de miel y polen colectados por las colonias establecidas en los cultivos mediante el pesaje de estos productos.
- Aplicación de escalas BBCH para determinar la época de floración y el tiempo óptimo de liberación e implementación de abejas *Apis mellifera* como agente polinizador: Los estados fenológicos para cada uno de los cultivos en estudio fueron descritos y codificados, empleando la escala general BBCH.
- Desarrollo de pruebas preliminares de caracterización de aceites: El desarrollo de las pruebas para la caracterización de aceites en la florescencia de los cultivos en estudio se partió de la toma de muestra de flores en diferentes estados fenológicos con incidencia de polinización dirigida en los cultivos de aguacate, mango, naranja, fresa y mora, así:
 - **Perfil aromático:** En el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, mediante el análisis del perfil aromático se identificaron los grupos químicos que más se expresan en muestras de flores.
 - **Identificación de compuestos volátiles por cromatografía y espectrofotometría de masas:** A partir de la información del perfil aromático, se realizó la identificación de los compuestos volátiles y su cantidad relativa en las muestras de flores de los cultivos en estudio, las cuales se encontraban en estado 2; este análisis se desarrolló en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Industrial de Santander – UIS, mediante cromatografía y espectrofotometría de masas.
- Desarrolló de un prototipo del sistema portátil de monitoreo remoto de factores climáticos y de actividad de polinización de la abeja *Apis mellifera*: Se desarrolló un prototipo de un sistema portátil de monitoreo remoto de los factores climáticos y de la actividad de polinización de la abeja *Apis mellifera* en las áreas de los cultivos objeto de estudio. El prototipo incluye un aplicativo de software que sirve como interfaz de los usuarios a los investigadores.

CAPÍTULO 1.

LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* Y SU MANEJO

1.1 Polinización

La polinización constituye el principal aporte de las abejas para el incremento de la productividad agrícola –que representa de 10 a 30 veces el valor de los productos de la colmena–, además de su efecto sobre la calidad del fruto en cuanto al tamaño y a la forma; por otra parte, esta especie permite el mantenimiento de la biodiversidad botánica.

A pesar de que debería estar contemplado en las cadenas de producción, a la fecha en Colombia se ha menospreciado el valor que el servicio de polinización con la *Apis mellifera* representa para la industria frutícola, dado por las siguientes ventajas:

- La abeja *Apis mellifera* visita gran cantidad de especies vegetales en un solo día.
- Distribuye gran cantidad de polen.
- El tamaño de este insecto le permite realizar con efectividad labores de polinización.
- El número de colmenas, su ubicación y distribución pueden modificarse a criterio del productor, de acuerdo con sus necesidades.
- Esta especie presenta una amplia distribución geográfica y adaptación a factores medioambientales adversos.
- Existe en ellas un comportamiento de fidelidad hacia ciertas especies vegetales.

Lo anterior teniendo presentes algunas desventajas:

- Busca las fuentes de néctar de mayor cantidad y concentración de azúcares, que algunos cultivos no ofrecen; así mismo, selecciona determinados tipos de polen.
- Algunas especies cultivadas son visitadas solamente por su néctar, y no se asegura el transporte del grano de polen en tiempo y forma.



1.2 Montaje de apiarios

Antes de iniciar con un proceso de polinización dirigida es necesario conocer cómo se maneja una colonia de abejas y cómo debe estar dispuesto su hábitat, a continuación se describen las etapas para el establecimiento del sistema apícola.

Existen algunos factores que se deben tener en cuenta para desarrollar procesos de polinización dirigida, tales como: i) Tamaño y desarrollo de la colmena (edad de la reina, sanidad de la colmena y alimentación previa), ii) Número de colmenas por hectárea que depende del cultivo a polinizar, el tamaño y desarrollo de la colmena, y de los factores climáticos y iii) Manejo de la colmena.

Para evitar accidentes con las abejas es necesario realizar un encerrado de las colonias a una distancia prudente del cultivo; este encerrado puede ser natural o artificial y permitirá realizar las diferentes labores culturales y el manejo de las colonias de abejas.



Foto 1. a. Adecuación del terreno e instalación de colmenas; b. Vista interior del apiario instalado; c. Vista exterior del apiario ubicado en Corpoica; d. Túnel de observación apícola.

1.3 Tipo y manejo de la colmena

Para lograr un alto porcentaje de flores polinizadas se deben utilizar colmenas activas, en etapa de desarrollo y abundante cría, con el fin de incrementar la colecta de néctar y polen; esto se logra con una reina joven de buena capacidad de postura.

Las colmenas deben ser ubicadas en lugares soleados, protegidos de vientos fuertes y sobre bases metálicas, plástico o de madera, con el fin de protegerlas de la humedad y de los enemigos naturales (hormigas, polilla y saltamontes, entre otros). Se debe utilizar el equipo de manejo y protección, propios del sistema apícola, antes de ingresar al apiario; que consta de ahumador, palanca, cepillo, overol, botas y guantes. A continuación se explican las prácticas para el manejo de una colonia:

1. **Encendido del ahumador:** se utiliza material vegetal seco, como la pasilla de café y pepas de eucalipto entre otros, los cuales reducen la contaminación de los productos apícolas por algunas sustancias tóxicas generadas durante la combustión del material.
2. **Revisión de la colonia:** se debe determinar el desarrollo de la colonia a través de la evaluación de la biomasa, observando para tal fin en los cuadros de la colmena una abundante postura de la reina, las reservas de alimento, el ataque de plagas o la presencia de enfermedades. Este proceso deberá quedar consignado en un registro, con el fin de poder determinar las acciones a realizar con la colonia.



Foto 2. a. Elementos para el manejo apícola, de izquierda a derecha: apicultores revisando una colmena; equipo de manejo (ahumador, cepillo y palanca); apicultor con su equipo de protección (overol apícola, guantes y botas) y de manejo.



3. **Alimentación:** en algunas épocas del año y de acuerdo con lo observado en cada revisión de la colonia, es necesario ofrecer a las abejas una suplementación energética, la cual consta de una parte de agua por dos partes de azúcar; esta solución deberá ser suministrada cada tres días en una cantidad de por lo menos medio litro, dispuesto en dispositivos especiales llamados alimentadores construidos de diferentes materiales y formas. Esta práctica permitirá mantener un alto número de individuos, con lo que se asegurará el proceso de polinización del cultivo.
4. **Uso de trampas de polen:** este equipo apícola tiene como objeto coleccionar una parte del polen que las abejas llevan a la colonia y así estimular el proceso de pecoreo; existen diferentes tipos de trampas, siendo las más utilizadas las de piso, que facilitan la entrada y salida de las abejas, disminuyen la mortalidad y facilitan la colecta de polen en mayores cantidades.



Foto 2. b. Prácticas para el manejo de una colmena: 1. Uso del ahumador; 2. Revisión de la colonia; 3. Alimentación; 4. Granos de polen coleccionados a través de las trampas.

1.4 Calendarios florales

La flora es de gran importancia en la apicultura, por que constituye el recurso para que las abejas se alimenten y logren la producción entre otros: miel, polen, cera, jalea real, propóleos, multiplicación de núcleos y reinas. Un aspecto que es necesario entender es que no todas las especies vegetales son de interés para la apicultura, por lo tanto el rendimiento productivo que una colmena tiene está relacionado con la cantidad y la calidad de la flora existente en la zona y del conocimiento por parte del apicultor.

Así mismo el escalonamiento de la floración es un factor importante; hay especies vegetales que florecen durante un periodo corto de tiempo e incentivan la colmena a su desarrollo, así mismo existen otras especies que florecen en algunas épocas del año, lo que contribuye al almacenamiento de los productos miel y/o polen.

Como se explicó anteriormente, la floración influye en el tipo de producción, pero además establece las pautas para el manejo de las colmenas que permiten optimizar el aprovechamiento de los recursos presentes en cada zona.

El medio ambiente y el clima existente en una región determinan su flora y las épocas de floración; es así como el apicultor debe determinar, según el tiempo y la época para instalar los núcleos, los cuales para su desarrollo requieren de fuentes de polen y miel, así mismo detectar aquellas épocas de un mayor potencial productivo, para aumentar el número de abejas pecoreadoras en el momento de iniciarse la floración.

Se concluye, que el conocimiento del tipo de flora apícola en la zona y las posibles épocas de floración, son elementos de vital importancia para el fortalecimiento de la apicultura, razón por la cual la elaboración de los calendarios florales apícolas son una herramienta que los apicultores deben conocer para determinar el momento en que se presenta algún tipo de oferta botánica, para el mantenimiento, reproducción y producción de las colonias en cada una de las épocas del año.

En la Figura 1 se presenta el formato de calendario floral desarrollado para la toma de información de las épocas y el tipo de floración en cada uno de los sistemas productivos evaluados. Para este caso se toma como modelo el cultivo de naranja.



Nombre común	Nombre científico	Uso en la empresa	Producto		Época de floración (mes)													
			Miel	Polen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Naranja Valencia	<i>Citrus sinensis</i>	Comercialización	☉		☉☉☉							☉						
Mandarina Arayana	<i>Citrus reticulata</i>	Comercialización	☉		☉☉☉							☉						
Limón común	<i>Citrus limonium</i>	Comercialización	☉		☉☉☉							☉						
Yopo	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Árbol	☉	☉	☉☉☉						☉							
Guapayao	<i>Tapirira guianensis</i>	Árbol	☉	☉	☉☉☉													
Flor Amarillo	<i>Diplolaxis teniofolia</i>	Arbusto	☉									☉☉☉						☉
Braquiaria	<i>Brachiaria decumbens</i>	Forraje	☉					☉										☉
Bolon de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	Forraje	☉	☉	☉☉☉							☉						☉
Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i>	Forraje	☉	☉	☉☉☉							☉						☉
Tote	<i>Rhynchospora nervosa vahl</i>	Maleza	☉	☉	☉☉☉							☉☉☉						☉
Escobo	<i>Sida Acuta</i>	Maleza	☉	☉	☉☉☉							☉☉☉						☉
Masiega	<i>Paspalum virgatum L.</i>	Maleza	☉	☉	☉☉☉							☉						☉

Figura 1. Registro para la elaboración del calendario floral (cultivo naranja)

CAPÍTULO 2.

INCIDENCIA DE LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* EN EL CULTIVO DE NARANJA



Foto 3. Cultivo de naranja en el departamento del Meta, se destaca la abeja *Apis mellifera* en proceso de colecta de alimento en flores de esta especie.

2.1 Generalidades

Los cítricos son cultivos permanentes y en general tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, facilitando su cultivo en un gran número de países. Los mayores productores son Brasil, Estados Unidos, China, México,



España, Argentina y Colombia (puesto 33), participando respectivamente con el 21,4; 14,5; 11,1; 6,2; 5,8; 2,6 y 0,3%.

Colombia presentó una tasa de crecimiento anual del 2,0%, en el periodo de 1990 y 2003, ligeramente por encima del promedio mundial, que se situó en 2,2% y con un rendimiento de 11,5 toneladas por hectárea.

En Colombia y en las zonas tropicales, los cítricos se producen entre 23 °C y 34 °C, con pluviosidades entre 900 y 1.200 mm anuales. La humedad excesiva del aire ambiente y el viento son factores que afectan, no solo la producción, sino los propios árboles. En los Llanos Orientales la cosecha se da en la época de octubre a febrero y de julio a agosto.

La naranja común y valencia que se producen en Colombia, se destinan casi en su totalidad al mercado en fresco y aunque su vocación es servir de insumo para la agroindustria, estas no se ajustan ni en calidad ni en precio.

Las empresas productoras de naranja seleccionadas para el desarrollo de procesos de polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* se encuentran ubicadas en el departamento del Meta en cinco unidades cartográficas, correspondientes a los municipios de Villavicencio y San Martín que se describen a continuación:

- **Unidad 41PVAa:** perteneciente al piedemonte mixto llanero con terrazas originadas de sedimentos finos aluviales, en esta zona el clima fluctúa entre cálido, muy húmedo y húmedo; los suelos son profundos, de texturas moderadamente finas a finas, bien drenados, muy fuertes a extremadamente ácidos, con fertilidad baja y presentan toxicidad por aluminio.
- **Unidad 41PVBa:** perteneciente al piedemonte mixto llanero y a diferencia de la anterior unidad, los suelos van desde profundos a superficiales.
- **Unidad 41RVJaj:** paisaje con terrazas, originado de depósitos mixtos y aluviales, clima cálido húmedo, con suelos de superficiales a moderadamente profundos, texturas medias a moderadamente finas, imperfecta a pobremente drenados, con un grado de acidez fuerte; la fertilidad es moderada pero susceptible a encharcamientos.
- **Unidad 41PVGcd2:** paisaje característico del piedemonte llanero con colinas y lomas, procedente de material parental, el clima es cálido muy húmedo y húmedo; los suelos van de profundos a moderadamente profundos con texturas moderadamente finas a finas, bien drenados, fertilidad baja y muy susceptibles a la erosión.
- **Unidad 41VVCaxy:** perteneciente al vallecito coluvio aluvial, el clima va desde cálido húmedo hasta muy húmedo; los suelos van de superficiales a moderadamente profundos, la textura desde moderadamente gruesa a moderadamente fina; la fertilidad es baja; presenta una ligera toxicidad por aluminio y es muy susceptible a inundaciones y encharcamientos.

2.2 Calendario floral e insectos polinizadores

Los resultados obtenidos para los calendarios florales de las empresas productoras de naranja involucradas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies botánicas identificadas y su uso alimenticio para las abejas (néctar y/o polen)

Fuente	Piedemonte llanero	Planicie aluvial
Néctar	<p>Un 27,6% de especies frutales para comercialización como la naranja valencia (<i>Citrus sinensis</i>), el tangelo mineola (<i>Citrus reticulata x Citrus paradisi</i>), la mandarina arrayana (<i>Citrus reticulata</i>) y el limón común (<i>Citrus limonium</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>Un 6,9% de especies arbustivas como el flor amarillo (<i>Diplotaxis tenuifolia</i>) y el mastranto (<i>Hyptis suaveolens</i>), con dos épocas de floración.</p> <p>Un 6,8% de especies arbóreas, como la tiatilia (spp.) y el cucharo (<i>Clusia discolor</i>), con dos épocas de floración.</p> <p>Un 3,4% de las especies son forrajeras, como el matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>), con dos épocas de floración entre los meses de enero, abril a mayo, agosto a diciembre, la cual es una floración media; y durante los meses de febrero a marzo, junio a julio, la cual es la mayor floración.</p>	<p>Un 20% de especies frutales para comercialización como la naranja valencia (<i>Citrus sinensis</i>), mandarina arrayana (<i>Citrus reticulata</i>), el limón común (<i>Citrus limonium</i>) y limón tahití (<i>Citrus aurantiifolia</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>Un 15% de especies usadas para el consumo en las empresas como el banano (<i>Musa paradisiaca</i> L.), el arazá (<i>Eugenia stipitata</i>), el chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth) y flor amarillo (<i>Diplotaxis tenuifolia</i>), con dos épocas de floración al año.</p>
Polen	<p>Un 17,2% de especies forrajeras, como el pasto aguja (<i>Brachiaria humidicola</i>), la braquiaria (<i>Brachiaria decumbens</i>), el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>), el maní forrajero (<i>Arachis pinto</i>) y el pasto estrella (<i>Cynodon plectostachium</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p> <p>Un 13,8% se identifican como malezas; entre ellas se destacan el tote (<i>Rhynchospora nervosa</i> Vahl), el diente de león (<i>Taraxacum officinale</i>), el escobo (<i>Sida acuta</i>) y la dormidera (<i>Mimosa pudica</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p> <p>Un 11,3% de especies arbóreas como el yopo (<i>Anadenanthera peregrina</i>), el guarupayo (<i>Tapirira guianensis</i>), con dos épocas de floración; así como el chagualo (<i>Clusia multiflora</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p> <p>Un 3,4% de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p>	<p>Un 15% de especies usadas para consumo en las empresas como el zapote (<i>Matisia cordata</i> Bonpl.), el borojó costeño (<i>Borojia patinoi</i> Cuatrec) y la guayaba (<i>Psidium guajava</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>Un 15% de especies forrajeras como la braquiaria (<i>Brachiaria decumbens</i>), el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) y el maní forrajero (<i>Arachis pinto</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>Un 15% de especies catalogadas como malezas, tales como el tote (<i>Rhynchospora nervosa</i> Vahl), el escobo (<i>Sida acuta</i>) y la maciega (<i>Paspalum virgatum</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>Un 10% de especies arbóreas como el yopo (<i>Anadenanthera peregrina</i>) y el guarupayo (<i>Tapirira guianensis</i>), con dos épocas de floración al año.</p>
Néctar y polen	<p>Un 3,4% de especies frutales, maderables y malezas, como el aguacate (<i>Persea americana</i>), el ocobo (<i>Tabebuia rosea</i>) y la zarza (<i>Mimosa somnians</i>), con diferentes épocas de floración al año.</p>	<p>Un 5% de especies para consumo en las empresas como la papaya (<i>Carica papaya</i> L.).</p>



En cuanto a los insectos polinizadores que se identificaron con mayor frecuencia en el cultivo de naranja se destacan las abejas *Apis mellifera*, seguidos por diferentes especies de avispas, hormigas, moscas y abejorros, con un 27,1; 21,1; 15,8; 12,8 y 12,0% de frecuencia de aparición, respectivamente.

2.3 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre el número de cuajes

Hay reportes contradictorios sobre la importancia que tiene la abeja en el cultivo de naranja, ya sea porque son autofértiles o porque producen frutos partenocárpicos (ovario sin semilla), pero Reyes y Cano (2000), junto con Pons y col. (1996) indican que las abejas *Apis mellifera* son el principal agente polinizador de este cultivo, representado en un 90% al ser comparado con otras

especies; así mismo, según Agustín (1999) tienen un efecto positivo sobre la calidad y cantidad del fruto, el cual se ve reflejado en el mejor amarre del fruto, tamaño y número de semillas.

Severino y col. (2001) afirman que el porcentaje de cuajado de frutos va de acuerdo con la intensidad de floración, agrupada así: i) Floración baja (7 flores por cada 100 nudos), ii) Floración media (48 flores por cada 100 nudos) y iii) Floración alta (90 flores por cada 100 nudos).

Loussert (1992) estimó en 60.000 el número de flores, pero un porcentaje muy pequeño llega a formar fruto debido a la ruptura natural de las flores, pequeños frutos y botones cerrados; si se considera un 1% de floración se producirían 600 frutos por árbol, con un peso de 200 gramos por fruto, la producción sería de 120 kg por árbol.

La naranja presenta épocas de mayor y menor productividad; cuando la cosecha es más productiva un porcentaje importante de fruta no alcanza los calibres de mayor valor comercial, cuando el número de frutos por planta oscila entre 400 y 2.000 la correlación es negativa respecto al peso del fruto; por el contrario, cuando la producción se encuentra entre 600 a 900 frutos se obtendrán unos

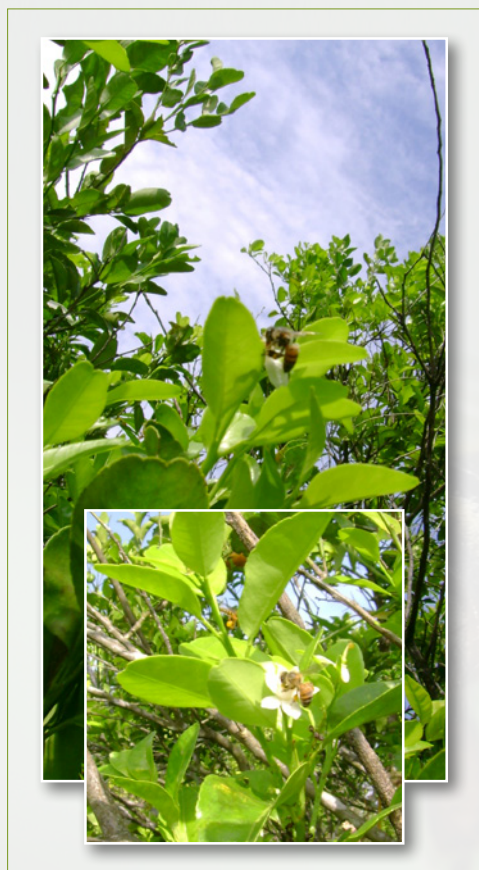


Foto 4. Visita de una abeja *Apis mellifera* a una flor de naranja en búsqueda de alimento.

120 a 150 kg por árbol. Por lo anterior se hace necesario estabilizar el número de frutos por planta (Ferenczi *et al.*, 1999).

2.3.1 Resultados obtenidos

A partir del análisis estadístico de los datos en esta región, se observó un posible efecto sobre el número de cuajes en los grupos florales, respecto a la distancia del apiario, siendo mayor el número de cuajes en aquellos grupos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia del apiario, respecto a aquellos ubicados a más de 100 metros a los 30 días (Figura 2).

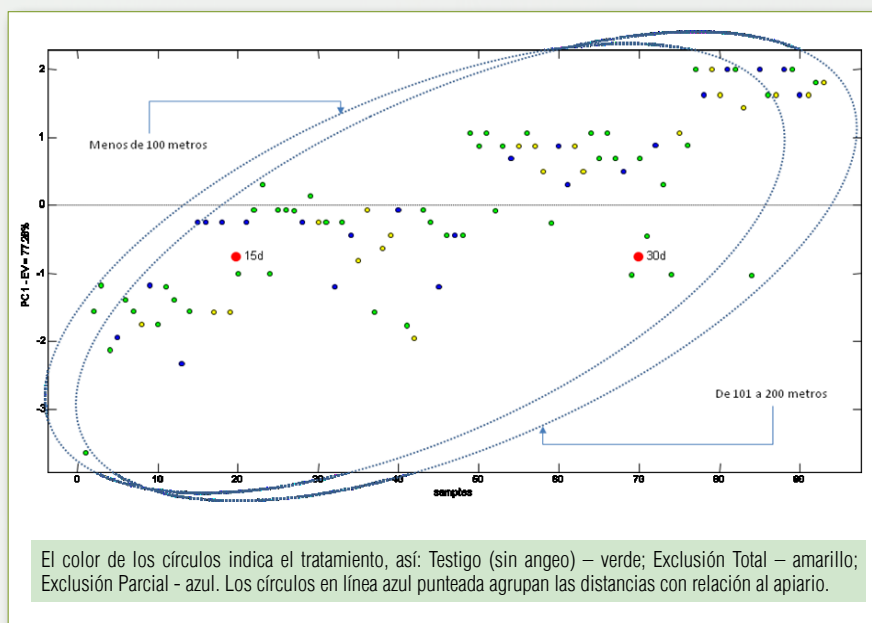


Figura 2. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de naranja para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario. Empresa Cítricos del Milenio, Pompeya (Meta).

Es así que a los 30 días el número de cuajes aumentó en un 12,5% en los tratamientos localizados en los árboles a menos de 100 metros del apiario, respecto al promedio general, y disminuyó en un 4,2% a distancias mayores de 100 metros (tabla 2).

Por otra parte y de acuerdo con el número de cuajes, se tiene que un 87,8% de los tratamientos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia respecto al apiario presentaron por lo menos un cuaje, en comparación con aquellos ubicados a más de 100 metros que fue del 81,1% (Tabla 3).



Tabla 2. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días	30 días
Menos de 100 m	Exclusión parcial cerrada*	20	4,0 ^a ± 1,5	2,3 ^a ± 1,0
	Exclusión total cerrada**	17	7,0 ^a ± 4,7	2,5 ^a ± 1,0
	Testigo***	42	5,9 ^a ± 3,9	2,9 ^a ± 1,1
Promedio de menos de 100 metros			5,6 ^a ± 3,7	2,7 ^a ± 1,1
Más de 100 m	Exclusión parcial cerrada	18	5,7 ^a ± 3,3	2,6 ^a ± 1,0
	Exclusión total cerrada	17	4,8 ^a ± 3,1	2,1 ^a ± 0,9
	Testigo	38	6,7 ^a ± 4,1	2,4 ^a ± 0,8
Promedio de más de 100 metros			6,0 ^a ± 3,8	2,3 ^a ± 0,9
Promedio general			5,9 ± 3,7	2,4 ± 0,9

* Exclusión parcial cerrada (anexo calibre 8x8) que impidió la entrada parcial de los insectos a las flores.

** Exclusión total cerrada (anexo calibre 14x14) que impidió la entrada total de los insectos a las flores.

*** Testigo con acceso libre de los insectos a las flores.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Tabla 3. Presencia de cuajes en los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%	
Menos de 100 metros	Con	Exclusión parcial cerrada	20	22,2	
		Exclusión total cerrada	17	18,9	
		Testigo	42	46,7	
	Total con cuajes			79	87,8
	Sin	Exclusión parcial cerrada	3	3,3	
		Exclusión total cerrada	5	5,6	
		Testigo	3	3,3	
Total sin cuajes			11	12,2	
Total menos de 100 metros			90	100,0	
Más de 100 metros	Con	Exclusión parcial cerrada	18	20,0	
		Exclusión total cerrada	17	18,9	
		Testigo	38	42,2	
	Total con cuajes			73	81,1
	Sin	Exclusión parcial cerrada	4	4,4	
		Exclusión total cerrada	6	6,7	
		Testigo	7	7,8	
Total sin cuajes			17	18,9	
Total más de 100 metros			90	100,0	
Total general			180		

Con los resultados anteriores se realizó una proyección sobre la producción de naranja, encontrando lo siguiente:

- Para un árbol ubicado a menos de 100 metros del apiario con una presencia de cuajes por lo menos en el 87,8% de los grupos florales¹ y con un número de cuajes por brote de 2,7 se obtendrán unas 474 naranjas.
- En los ubicados a más de 100 metros con una presencia de cuajes en el 81,8% de sus brotes y con un número de cuajes por brote de 2,3 se obtendrán unas 376 naranjas.

Se puede concluir que se obtendrían un incremento para esta empresa en el número de naranjas del 26,1% por árbol al contar por lo menos con 5 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,1 hectáreas², lo que equivale a 1,6 colmenas por hectárea.

Este estudio fue realizado en otra empresa, en la que se observó un aumento a los 30 días en el número de cuajes obtenidos por efecto de la distancia del apiario (Figura 3).

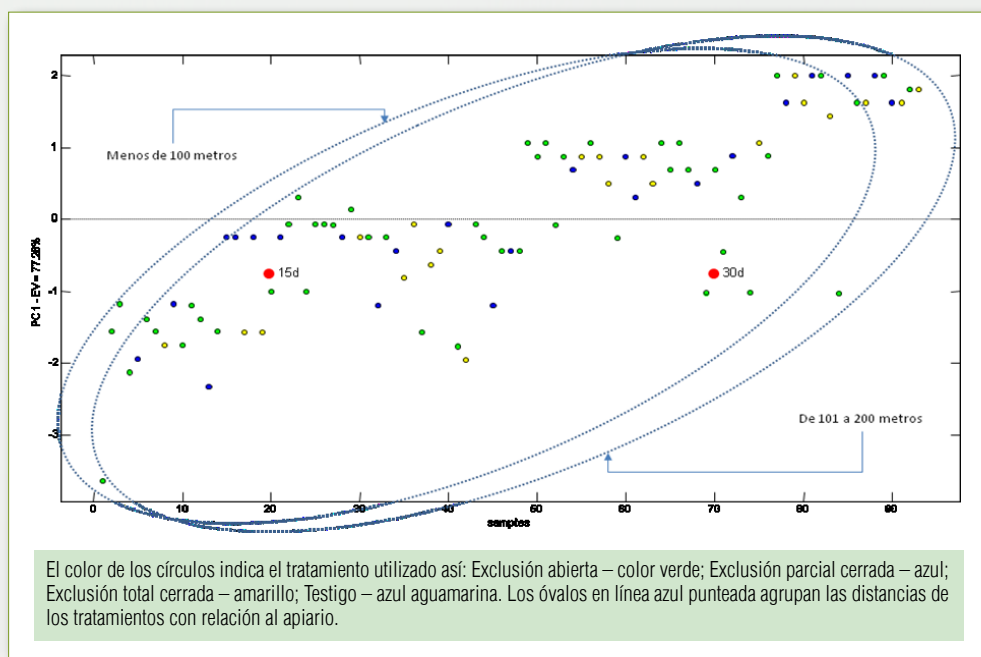


Figura 3. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de naranja para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario. C.I. La Libertad, Villavicencio (Meta).

- 1 Se tiene en promedio por árbol de naranja entre 50.000 a 100.000 flores y en cada tratamiento se incluyeron unas 250 flores.
- 2 Área (ha) = $((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$



Los árboles ubicados a menos de 300 metros del apiario presentaron un promedio de 4,5 cuajes por tratamiento, aquellos entre 300 a 400 metros presentaron 3,8 cuajes y a distancias superiores de 400 metros presentaron 4,1 (Tabla 4).

Tabla 4. Número de cuajes obtenidos en cada panícula por tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días	30 días
Menos de 300 m	Exclusión parcial cerrada	30	10,2 ^a ± 0,8	4,5 ^a ± 0,5
	Exclusión total cerrada	29	7,6 ^a ± 1,5	5,6 ^a ± 1,7
	Testigo	29	7,5 ^a ± 2,2	4,1 ^a ± 0,8
Promedio de menos de 300 metros			8,3 ^a ± 2,1	4,5 ^a ± 1,1
De 300 a 400 m	Exclusión parcial cerrada	30	5,8 ^a ± 3,3	4,0 ^a ± 1,3
	Exclusión total cerrada	28	5,0 ^a ± 4,5	3,3 ^a ± 1,6
	Testigo	24	6,2 ^a ± 4,0	3,9 ^a ± 1,7
Promedio de 300 a 400 metros			5,8 ^b ± 3,9	3,8 ^a ± 1,6
Más de 400 m	Exclusión parcial cerrada	28	4,3 ^a ± 2,9	3,7 ^a ± 1,4
	Exclusión total cerrada	30	6,6 ^a ± 6,0	4,4 ^a ± 2,7
	Testigo	30	5,1 ^a ± 3,1	4,2 ^a ± 1,9
Promedio de más de 400 metros			5,3 ^b ± 4,0	4,1 ^a ± 2,0
Promedio general			6,1 ± 3,3	4,0 ± 1,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) cada distancia y entre distancias.

Por otra parte y de acuerdo al número de cuajes en cada una de las distancias establecidas, se encontró que el 100,0% de los grupos florales ubicados en los árboles a menos de 300 metros presentaron por lo menos un cuaje, entre los 300 a 400 metros se obtuvo un 92,0% de grupos florales con cuajes y a más de 400 metros el 93,3% de los grupos florales presentaron por lo menos un cuaje (Tabla 5).

Con los resultados anteriores se realizó una proyección sobre la producción de naranja respecto a la distancia del apiario, encontrando lo siguiente:

- Un árbol ubicado a menos de 300 metros del apiario con presencia de cuajes en el 100,0% de los grupos florales³ y con un número de cuajes por brote de 4,5 obtendrá por lo menos unas 900 naranjas.
- En los árboles ubicados entre 300 a 400 metros con una presencia de cuajes en el 92,0% de los grupos florales y con un número de cuajes por brote de 3,8 se obtendrán por lo menos unas 699 naranjas.

3 Se tiene en promedio por árbol de naranja entre 50.000 a 100.000 flores y en cada tratamiento se incluyeron unas 250 flores.

Tabla 5. Presencia de cuajes en los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%
Menos de 300 metros	Con	Exclusión parcial cerrada	24	27,3
		Exclusión total cerrada	20	22,7
		Testigo	44	50,0
	Total con cuajes		88	100,0
	Sin	Exclusión parcial cerrada	0	0,0
		Exclusión total cerrada	0	0,0
		Testigo	0	0,0
Total sin cuajes		0	0,0	
Total de menos de 300 metros			88	100,0
De 300 a 400 metros	Con	Exclusión parcial cerrada	21	23,9
		Exclusión total cerrada	17	19,3
		Testigo	43	48,9
	Total con cuajes		81	92,0
	Sin	Exclusión parcial cerrada	1	1,1
		Exclusión total cerrada	4	4,5
		Testigo	2	2,3
Total sin cuajes		7	8,0	
Total de 100 a 200 metros			88	100,0
Más de 400 metros	Con	Exclusión parcial cerrada	17	18,9
		Exclusión total cerrada	22	24,4
		Testigo	45	50,0
	Total con cuajes		84	93,3
	Sin	Exclusión parcial cerrada	6	6,7
		Exclusión total cerrada	0	0,0
		Testigo	0	0,0
Total sin cuajes		6	6,7	
Más de 400 metros			90	100,0
Total general			266,0	

- Para los árboles ubicados a más de 400 metros con cuajes en por lo menos el 93,3% de los grupos florales y cada uno con 4,1 cuajes se obtendrán 756 naranjas.

Se puede concluir que el incremento para esta empresa en el número de naranjas será del 28,7% por árbol al contar por lo menos con 14 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 28,3 hectáreas⁴, equivalentes a 0,5 colmenas cada hectárea, respecto a aquellos ubicados a distancias mayores.

Pesate (2006) determinó en la polinización por abejas la producción de naranja aumenta hasta cuatro veces más que los árboles totalmente aislados de estas; así,



la producción sin abejas fue de un 54,4% más baja que en árboles expuestos a la polinización al aire libre, obteniendo un aumento del 31% en el cuaje de fruta.

2.4 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la calidad física y química del fruto

En cuanto a la calidad del fruto de naranja, se pudo establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto; frutos más pesados se encontraron en los árboles ubicados a distancias cercanas al apiario (menos de 100 metros) con un peso promedio de 194,6 gramos, mientras que para los frutos entre 100 a 200 metros el peso fue de 194,1 gramos y los frutos ubicados en árboles a distancias mayores de los 200 metros pesaron 181,3 gramos. Malerbo y Souza (2002) reportaron que para esta variedad de naranja en Jaboticabal (Brasil) – a una altitud de 595 msnm, temperatura promedio de 21 °C y una precipitación promedio de 1.431 mm– el peso de los frutos de las flores polinizadas era en promedio de 180,2 gramos y el de los frutos de las flores sin polinización de 168,5 gramos, resultados que se encuentran por debajo del peso promedio obtenido en el presente estudio. De otra parte, se observó que el peso de la cáscara y el volumen de jugo fue mayor a distancias menores de 200 metros respecto a distancias superiores del apiario, y el peso de la semilla fue mayor a distancias superiores a los 200 metros, respecto a distancias menores (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a la calidad del fruto de naranja.

Distancia de las colmenas	Fruto	Cáscara	Semilla	Pulpa	Jugo
Menos de 100 metros	194,6 ^a ± 25,2	38,6 ^a ± 13,0	1,7 ^b ± 1,4	29,8 ^b ± 8,7	100,4 ^a ± 19,4
Entre 100 a 200 metros	194,1 ^a ± 45,1	38,0 ^a ± 12,6	1,8 ^b ± 1,0	35,0 ^a ± 10,4	101,8 ^a ± 26,4
Más de 200 metros	181,3 ^b ± 41,1	34,6 ^b ± 10,8	2,2 ^a ± 2,1	35,9 ^a ± 13,7	89,3 ^b ± 22,6
General	185,3 ± 41,6	35,8 ± 11,6	2,1 ± 1,8	35,1 ± 12,6	93,5 ± 24,0

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Pesate (2006) reportó que al utilizar abejas en procesos de polinización dirigida se aumentó para la variedad valencia en un 22% el peso de la fruta, un 33% más de peso de jugo y un 36% más de semillas, con relación con aquellos árboles en donde las abejas fueron excluidas, en el presente estudio se observó un aumento del 6% en el peso del fruto y un 11% más de jugo, al contar con apiarios de abejas a distancias menores de 200 metros del cultivo.

4 Área (ha) = $((300 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 28,27 \text{ ha}$

Así mismo, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario son más anchos (23,4 cm) y largos (23,0 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias entre los 100 a 200 metros (22,8 cm de ancho y 22,3 cm de largo) y a distancias superiores de los 200 metros (22,2 cm de ancho y 21,9 cm de largo); estudios de Malerbo y Souza (2004) no encontraron diferencias del tamaño del fruto respecto a la utilización de la abeja *Apis mellifera*. Para el grosor de la cáscara, se encontraron diferencias por efecto de la distancia de apiario, con resistencias mayores en aquellos frutos producidos por los árboles que se encontraban más cerca del apiario (8,7 kgF) respecto a los más lejanos (6,4 kgF para distancias entre los 100 a 200 metros y de 5,8 kgF a distancias mayores de 200 metros, respectivamente); en cuanto al número de semillas, se encontró un mayor número en los frutos a medida que la distancia del apiario aumentaba (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara en los frutos de naranja.

Distancia de las colmenas	Perímetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)	Número de semillas
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)			
Menos de 100 metros	23,0 ^a ± 1,0	23,4 ^a ± 0,9	0,2 ^a ± 0,1	8,7 ^a ± 1,7	5,2 ^b ± 3,5
Entre 100 a 200 metros	22,3 ^b ± 2,0	22,8 ^b ± 2,0	0,2 ^a ± 0,1	6,4 ^b ± 2,4	5,9 ^b ± 2,9
Más de 200 metros	21,9 ^c ± 1,8	22,2 ^b ± 1,8	0,2 ^a ± 0,1	5,8 ^b ± 2,1	6,7 ^a ± 3,3
General	21,9 ± 2,3	22,3 ± 2,2	0,2 ± 0,1	6,2 ± 2,3	6,4 ± 3,3

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario contienen una menor concentración de ácido cítrico y ascórbico, pero un porcentaje mayor de °Brix y un pH menos ácido (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de naranja.

Distancia de las colmenas	Ácido			Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)	Ascórbico (mg/L)		
Menos de 100 metros	7,8 ^b ± 2,9	4,5 ^a ± 3,3	201,1 ^b ± 78,6	10,9 ^a ± 1,1	3,7 ^a ± 0,3
Entre 100 a 200 metros	19,7 ^a ± 14,7	4,4 ^a ± 1,0	235,7 ^a ± 30,2	9,6 ^a ± 1,3	3,4 ^b ± 0,2
Más de 200 metros	21,9 ^a ± 14,3	4,6 ^a ± 1,7	219,2 ^b ± 55,3	10,1 ^a ± 1,1	3,3 ^b ± 0,2
General	18,6 ± 14,1	4,5 ± 1,8	220,4 ± 54,9	10,0 ± 1,2	3,4 ± 0,3

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.



En cuanto a los °Brix, Malerbo y Souza (2004) han demostrado resultados favorables para los frutos polinizados con *Apis mellifera* (11,4% °Brix) frente a aquellos frutos en ausencia de las abejas (11,2% °Brix). En el presente estudio se encontró que al estar más cerca los árboles del apiario los °Brix aumentaron en un 9% respecto al promedio general.



Foto 5. Evaluación de calidad física y química del fruto de naranja, de izquierda a derecha: medida de la resistencia de la cáscara con un texturómetro; naranjas tomadas de una empresa del departamento del Meta para su evaluación.

2.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para la región en estudio, y específicamente para los cultivos de naranja, se observó una gran variedad de especies botánicas, fuentes de polen y/o néctar, que favorece el desarrollo apícola; no obstante, esto puede convertirse en un factor de competencia para las épocas de floración del cultivo, por lo cual se deberá contar con colmenas pobladas durante su floración, con el fin de tener un número alto de abejas pecoreadoras.
- En cuanto a los insectos polinizadores que visitan la flor de naranja, se estableció que la abeja *Apis mellifera* es la especie de mayor frecuencia, seguida por diferentes especies de avispas, hormigas, moscas y abejorros.
- Para la densidad de colmenas por hectárea en los cultivos en estudio se encontró que al contar con 1,6 colmenas de abejas se puede obtener un incremento en el número de naranjas por árbol del 26,0%; cuando esta densidad baja a 0,5 colmenas el aumento es del 17,0%.
- Al evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos se observó un aumento del 6% en su peso, un 11% más de jugo y un 9% más de °Brix al contar con apiarios de abejas a distancias menores de 200 metros del cultivo.

CAPÍTULO 3.

INCIDENCIA DE LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* EN EL CULTIVO DE MANGO



Foto 6. Cultivo de mango en el departamento del Tolima, se destaca la abeja *Apis mellifera* en proceso de colecta de alimento en flores de esta especie.

3.1 Generalidades

Galvis y Herrera (1996) describen al mango como un fruto originario de la India, perteneciente a la familia Anacardiaceae, que se desarrolla de manera



óptima en climas cálidos y se adapta a una amplia gama de condiciones medioambientales. Es un árbol típico de tamaño mediano, de 10 a 30 metros de altura, con un sistema radicular bien desarrollado que profundiza entre 6 y 8 metros. Su fruta es una drupa variable en cuanto a su forma y dimensiones, generalmente ovoide oblonga, notablemente aplanada, redondeada y obtusa en ambos extremos, de color verde, verde amarillento o amarillo. Actualmente el mango se cultiva en casi todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo y es la fruta de mayor demanda en el mercado internacional ya que es la base para la preparación de jugos, mermeladas, conservas y bebidas refrescantes.

En términos de área cultivada se destacan 13.821 hectáreas de mango, con un rendimiento promedio de 10,6 ton/ha/año para una producción nacional de 146.678 toneladas por año, siendo los departamentos de mayor producción Cundinamarca y Tolima, con más del 60% de la producción nacional, seguidos por Antioquia, Bolívar y Magdalena.

Datos del Ministerio de Agricultura reportan que durante el 2007, Colombia exportó más de 200 toneladas de mango fresco y seco a diferentes países, por un valor de 582 mil dólares, siendo Estados Unidos el mayor comprador, seguido de Canadá y Alemania.

A nivel mundial, Colombia ocupa el vigésimo cuarto lugar como productor de mango, superado por países como México y Brasil.

Según datos de la FAO (2003) la expansión en el área de cultivo alcanzó un crecimiento del 7% anual durante la década 1994-2003, mientras que los rendimientos mostraron un crecimiento anual negativo de -1,7% y alcanzaron en el 2003, 11 toneladas por hectárea, frente a las 12 que lograba el país en 1994.

Según datos del Ministerio de Agricultura, durante el 2004 el cultivo de mango participó con una producción de 152.548 toneladas. Entre 1992 y 2003 la producción de mango creció a una tasa de 3,6% promedio anual. El departamento de Cundinamarca participó con el 28,7% de la producción total nacional de mango en 2004 y siguió de cerca Tolima que aportó el 25,9%. En cifras Tolima produjo 39.503 toneladas de mango durante el año 2004 y Cundinamarca por su parte 43.778 toneladas. Para el periodo 1992-2003 Cundinamarca presentó la mayor dinámica de crecimiento en la producción con 5,58%, mientras que Tolima alcanzó 5,12% (Agrocadenas, MADR 2005).

Para este cultivo fueron seleccionados productores en el piedemonte del departamento del Tolima en los municipios de Coello, El Espinal, San Luis y en la región del Tequendama en los municipios de La Mesa y Viota, ubicados en el departamento de Cundinamarca, para estas regiones se identificaron las siguientes unidades cartográficas:

Piedemonte del Tolima	Región del Tequendama
<p>37PWFb1 - Relieve de abanicos que proviene de flujos de lodo volcánico, el clima es cálido seco, en general son suelos superficiales, limitados por piedras, texturas medias a gruesas, gravilosas, ligeramente ácidos y de fertilidad baja a moderada.</p> <p>37PWKa - Procedente de sedimentos aluviales sobre tobas, el clima es cálido seco y el suelo es moderadamente profundo y superficial, bien drenado, con texturas variables, ligeramente de ácido a alcalino y con fertilidad moderada.</p> <p>37PWHb2 – Relieve de abanicos antiguos, originario de un material parental de tobas, su clima es cálido seco, con suelos muy superficiales, excesivamente drenados, con texturas gruesas, neutros y pobres en materia orgánica.</p>	<p>52MWBd – Relieve de lomas, ligera a fuertemente quebrado, el clima es cálido seco; en algunos sectores se observa erosión hídrica laminar ligera y con frecuencia pedregosidad superficial, los suelos van de profundos a superficiales, moderadamente drenados, con texturas finas y una fertilidad de moderada a alta.</p> <p>52MWVe – Relieve de crestones, el clima es cálido seco; el relieve va de moderadamente quebrado a moderadamente escarpado, afectado en sectores por erosión hídrica de ligera a moderada; con suelos profundos a muy superficiales, bien drenados, texturas medias a finas y fertilidad moderada a baja.</p> <p>52MWNa – Relieve montañoso con vallecitos coluvio aluviales; clima cálido seco; relieve ligeramente plano; suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien e imperfectamente drenados, de texturas finas a moderadamente finas y fertilidad de baja a moderada.</p> <p>52MWVf – Relieve montañoso, el clima es cálido seco; el relieve moderadamente quebrado a moderadamente escarpado, afectado en algunos sectores por erosión hídrica ligera y moderada; suelos son profundos a muy superficiales, bien drenados, con texturas medias a finas y fertilidad moderada a baja.</p>

3.2 Calendario floral

En la Tabla 9 se observan las especies botánicas identificadas y su finalidad apícola en las empresas productoras de mango en estudio.



Tabla 9. Especies botánicas identificadas y su uso alimenticio para las abejas (néctar y/o polen)

Fuente	Región del Tequendama	Piedemonte del Tolima
Néctar	<p>25% de especies frutales para la comercialización como el mango (<i>Mangifera indica</i> L.) en sus variedades Fairchild, Keit, Kent y Tommy; el aguacate (<i>Persea americana</i>) y la mandarina (<i>Citrus nobilis</i>), especies con dos ciclos de floración al año.</p> <p>18,8% de especies usadas para el consumo en las empresas como la guanábana (<i>Annona muricata</i> L.), la guayaba (<i>Psidium guajava</i>), el limón (<i>Citrus limon</i>), la naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.) en sus variedades tangelo y valencia, la papaya (<i>Carica papaya</i> L.), y el mango manzana (<i>Mangifera indica</i> L.), especies con dos épocas de floración marcadas en el año.</p> <p>6,3% de especies catalogadas como malezas, tales como la chipaca (<i>Bidens pilosa</i>) y la uña de gato (<i>Uncaria guianensis</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>6,3% de especies forrajeras, entre las que se destacan la acacia robinia (<i>Pseudoacacia</i> L.) y la acacia roja (<i>Delonix regia</i>), con dos épocas de floración en el año.</p> <p>3,1% de especies arbóreas como el guamo (<i>Inga edulis</i>), con dos épocas de floración.</p> <p>3,1% de especies destinadas a la comercialización y consumo como el mango común o hilacha (<i>Mangifera indica</i>), con dos épocas de floración al año.</p>	<p>45% de especies frutales para comercialización, entre las que se destacan el mango (<i>Mangifera indica</i> L.) en sus variedades Tommy, Kent, Filipino, Haden, Irwin, Julie, Keitt, Palmer, mango común o hilacha; además del aguacate (<i>Persea americana</i>), la mandarina (<i>Citrus nobilis</i>), el limón (<i>Citrus limon</i>), la naranja valencia (<i>Citrus sinensis</i> L.), la guanábana (<i>Annona muricata</i> L.), la papaya (<i>Carica papaya</i> L.), el noni (<i>Morinda citrifolia</i> L.), la ciruela calentana (<i>Spondias purpurea</i> L.) y el plátano (<i>Musa</i> spp.); especies con dos épocas marcadas de floración al año.</p> <p>5,0% de especies arbóreas tales como la acacia amarilla (<i>Caesalpinia spinosa</i>), en épocas de floración media durante todo el año, guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>), en épocas de floración entre los meses de marzo a mayo, la cual es la mayor producción .</p> <p>2,5% de especies forrajeras como el matorrón (<i>Gliricidia sepium</i>), con varias épocas de floración al año.</p> <p>2,5% de especies catalogadas como 'malezas' como la chipaca (<i>Bidens pilosa</i>), con floraciones durante todo el año.</p>
Polen	<p>12,5% de especies denominadas 'malezas' como la caminadora (<i>Rottboellia exaltata</i>), el escobo (<i>Sida acuta</i>), el pega pega (<i>Desmodium</i> spp.) y el tote (<i>Rhynchospora nervosa</i> Vahl), con épocas de floración durante todo el año.</p> <p>12,5% de especies forrajeras entre las que se destacan el pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>), el pasto estrella (<i>Cynodon plectostachium</i>), el pasto guinea y el indiano (<i>Panicum maximum</i>), con varias épocas de floración a lo largo del año.</p> <p>3,1% de especies de palma como el chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>), con dos épocas de floración al año.</p>	<p>25,0% de 'malezas' como el escobo (<i>Sida acuta</i>), el pega pega (<i>Desmodium</i> spp.), la suelda con suelda (<i>Potentilla candidans</i> L.), el yuyo quemado (<i>Brassica rapa</i>), la paja de burro (<i>Eleusine indica</i>), la paja rosada (<i>Rhynchelytrum repens</i>), la hierba socialista (<i>Emilia sonchifolia</i>), la hierba de chivo (<i>Ageratum microcapum</i>), el palo de agua (<i>Ludwigia linifolia</i>) y el tote (<i>Rhynchospora nervosa</i> Vahl); especies con épocas de floración variadas durante el año.</p> <p>5,0% de especies forrajeras, entre ellas el pasto estrella (<i>Cynodon plectostachium</i>) y el pasto Johnson (<i>Sorghum halepense</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>2,5% de especies frutales para comercializar como el marañón (<i>Anacardium occidentale</i>), con dos épocas de floración.</p>
Néctar y polen	<p>6,3% de especies forrajeras, entre ellas el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) y la leucaena (<i>Melicocca bijuga</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>3,1% de especies arbóreas como el iguá (<i>Pithecellobium guachapele</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>3,1% de especies utilizadas para el consumo humano como el mamoncillo (<i>Melicocca bijuga</i>), con dos épocas de floración al año.</p>	<p>2,5% de especies frutales para comercializar como el aguacate Lorena (<i>Persea americana</i>), con dos épocas de floración.</p> <p>2,5% de especies para el consumo interno de las empresas como el caso del mamoncillo (<i>Melicocca bijuga</i>), con dos épocas de floración.</p> <p>2,5% de especies arbóreas, entre las cuales se destaca el igua (<i>Pithecellobium guachapele</i>), en épocas de floración entre los meses de junio a julio, la cual es una floración media.</p> <p>2,5% de especies forrajeras como el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p>

En cuanto a los insectos polinizadores se identificaron con mayor frecuencia en el cultivo de mango para la región del piedemonte del Tolima hormigas, trigonas, moscas y abejas *Apis mellifera*, cada una con un 23,9; 16,9; 15,5 y 14,8% de frecuencia de aparición respectivamente; y para la región del Tequendama se destacan hormigas, abejas *Apis mellifera*, moscas y trigonas, cada una con un 22,4; 19,0; 18,1 y 14,7% de frecuencia de aparición.

3.3 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre el número de cuajes

No existe claridad sobre el efecto de la polinización entomófila en el cultivo de mango (Waite, 2002). Algunos autores indican que es necesaria la polinización cruzada, principalmente la entomófila, destacándose para ello las moscas (dípteros) (Popenoe, 1917; Singh, 1997; Bhatia *et al.*, 1995; Mora *et al.*, 2002); las abejas, según Mora *et al.* (2002) tienen poca importancia. No obstante, otros autores informan que la polinización anemófila es necesaria y no es requerida la polinización entomófila (Wester, 1920; Free y Williams, 1976); aunque un tercer grupo indica que es más importante la polinización anemófila que la entomófila (Davenport y Núñez-Elisea; 1997).

Mora *et al.* (2002) indicaron que un árbol de mango puede tener en promedio de 2.000 a 4.000 panículas, las cuales poseen entre 400 y 5.000 flores; de esta, la mayor cantidad son masculinas o estaminadas (que carecen de ovario) y pocas flores perfectas, considerando normal un cuaje del 0,1% del total de las flores en un árbol.

Por su parte, otros autores indican que el número de panículas puede variar desde 200 hasta 3.000 por árbol, con 500 hasta 10.000 flores por panícula, en donde la relación de flores hermafroditas a estaminadas varía de 1:4 a 2:1 (Ochse *et al.* 1961).

Mora *et al.* (2002) indicó que los factores más importantes durante el proceso de floración y polinización son la temperatura, la precipitación, la luminosidad, el viento y los insectos, a continuación se describe cada uno de ellos:

Temperatura	Interviene en la viabilidad del polen. Temperaturas menores de 10 °C y mayores de 33 °C afectan la vida del polen, influyendo directamente sobre el cuaje de los frutos.
Precipitación	El mango requiere de la alternancia de épocas lluviosas y secas; esta última debe coincidir con la época de prefloración. La lluvia durante el periodo de floración, cuaje y crecimiento inicial del fruto, puede provocar caída de flores y frutos.
Luminosidad	El mango no responde a las diferencias en la longitud del día (en cuanto a la diferenciación floral) pero necesita de buena luminosidad para su crecimiento, desarrollo reproductivo y rendimiento. Los frutos expuestos a la luz desarrollan un mejor color que los que reciben menos.
Viento	Vientos mayores de 20 km/hora pueden causar problemas como volcamiento y deformación de plantas; daños mecánicos en hojas, flores y frutos; secamiento de flores; reducción de la viabilidad del polen; y caída de flores y frutos. También puede afectar la actividad de los insectos polinizadores.

Adaptado de Mora *et al.* (2002)





Foto 7. Panículas florales de mango, de izquierda a derecha: cuajes primarios en color verde; diferentes estadios florales.

3.3.1 Región del Tequendama

A partir del análisis de los datos en esta región, se observó un posible efecto sobre el número de cuajes en las panículas, en relación con la distancia del apiario; siendo mayor el número de cuajes a los 15 y a los 30 días en aquellas panículas ubicadas en los árboles a menos de 100 metros de distancia del apiario, respecto a los ubicados a más de 100 metros (Figura 4).

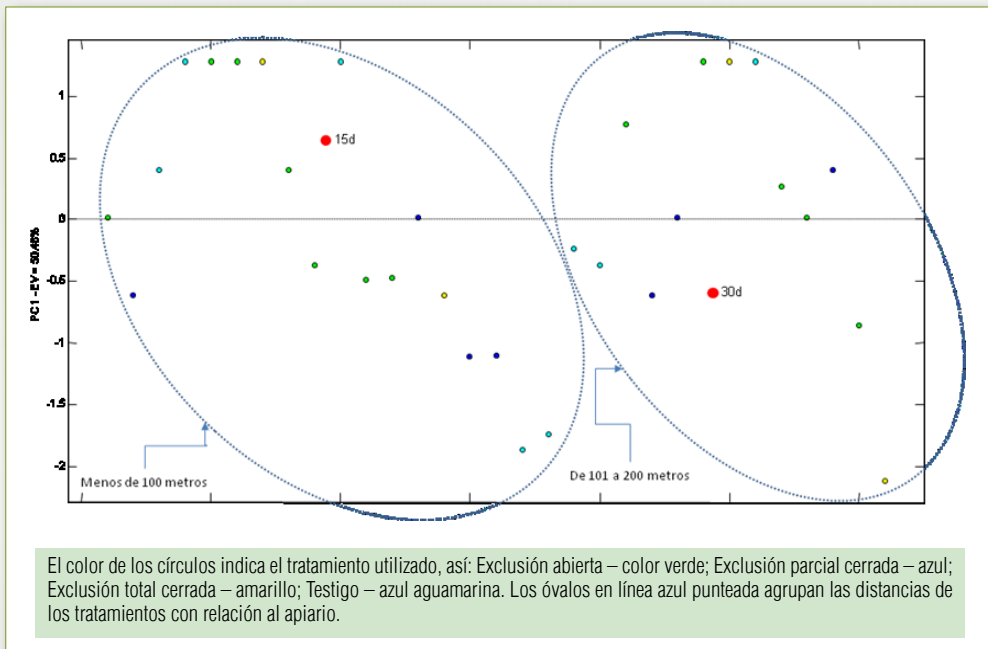


Figura 4. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de mango para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario. Finca La Colina, Viotá (Cundinamarca).

Es así que el número de cuajes aumentó en un 5,0% en las panículas localizadas en los árboles a menos de 100 metros de distancia del apiario, al ser comparado con el promedio general a los 15 días y fue menor en un 7,1% a distancias mayores de 100 metros; a los 30 días se encontró un aumento en el número de cuajes del 6,2% en las panículas localizadas en los árboles a menos de 100 metros del apiario respecto al promedio general y disminuyendo a un 12,5% en aquellas panículas ubicadas a más de 100 metros (Tabla 10).

Tabla 10. Número de cuajes obtenidos en cada panícula por tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días		30 días	
Menos de 100 metros	Exclusión abierta	8	11,7 ^a	± 5,6	1,6 ^a	± 0,8
	Exclusión parcial cerrada	5	7,3 ^a	± 3,0	2,0 ^a	± 0,8
	Exclusión total cerrada	4	8,5 ^a	± 10,6	1,0 ^a	± 0,0
	Testigo	6	11,8 ^a	± 5,8	2,0 ^a	± 1,0
Promedio de menos de 100 metros			10,4 ^a	± 5,6	1,7 ^a	± 0,8
Más de 100 metros	Exclusión abierta	7	11,0 ^a	± 4,0	1,4 ^a	± 0,9
	Exclusión parcial cerrada	3	7,7 ^a	± 7,6	1,3 ^a	± 0,6
	Exclusión total cerrada	3	9,5 ^a	± 9,2	2,0 ^a	± 1,4
	Testigo	7	7,7 ^a	± 7,2	1,0 ^a	± 0,0
Promedio de más de 100 metros			9,2 ^a	± 5,8	1,4 ^a	± 0,8
Promedio general			9,9	± 5,6	1,6	± 0,8

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Por otra parte y de acuerdo al número de cuajes se tiene que 18,6% de las panículas ubicadas en los árboles a menos de 100 metros de distancia respecto al apiario presentaron por lo menos un cuaje, en comparación con el 16,7% de las panículas de aquellos ubicadas a más de 100 metros (Tabla 11).

Con los resultados de la Tabla 11 se realizó una proyección sobre la producción de mango, con los siguientes resultados:

- Para un árbol ubicado a menos de 100 metros del apiario con una presencia de 1,7 cuajes por panícula y con el 18,6% de sus panículas⁵ con cuajes se obtendrán por lo menos unos 158 mangos.
- Para un árbol a más de 100 metros con una presencia de 1,4 cuajes por panícula y con el 16,7% de sus panículas con cuajes se obtendrán por lo menos unos 117 mangos.

Para este caso se puede concluir que se obtendrán incrementos en la cantidad de mangos de 35,0% por árbol, al contar por lo menos con 10 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,1 hectáreas⁶ respecto a los ubicados a más de 100 metros.

5 Se tiene en promedio por árbol de mango entre 2.000 a 4.000 panículas (Mora *et al.*, 2002) y entre 200 hasta 3.000 panículas por árbol (Ochse *et al.* 1961), equivalentes a unas 500 panículas.



Tabla 11. Presencia de cuajes en las panículas evaluadas a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%	
Menos de 100 metros	Con	Exclusión abierta	8	6,9	
		Exclusión parcial cerrada	5	3,9	
		Exclusión total cerrada	4	2,9	
		Testigo	6	4,9	
	Total con cuajes			22	18,6
	Sin	Exclusión abierta	30	25,5	
		Exclusión parcial cerrada	23	19,6	
		Exclusión total cerrada	25	20,6	
		Testigo	19	15,7	
	Total sin cuajes			97	81,4
Total de menos de 100 metros			119	100,0	
Más de 100 metros	Con	Exclusión abierta	7	5,6	
		Exclusión parcial cerrada	3	2,8	
		Exclusión total cerrada	3	2,8	
		Testigo	7	5,6	
	Total con cuajes			20	16,7
	Sin	Exclusión abierta	13	11,1	
		Exclusión parcial cerrada	33	27,8	
		Exclusión total cerrada	30	25,0	
		Testigo	23	19,4	
	Total sin cuajes			99	83,3
Total de más de 100 metros			119	100,0	
Total general			238		

3.3.2 Piedemonte del Tolima

A partir del análisis de los datos en esta región, no se logró determinar la influencia de la polinización entomófila sobre el número de cuajes en las panículas de los árboles de mango a los 15 y 30 días, luego de la instalada de los tratamientos, ya que existe una alta dispersión de los datos obtenidos (Figura 5).

No obstante lo anterior, se observa una tendencia a los 30 días de aumentar el número de cuajes obtenidos a partir de cada panícula de los árboles de mango por efecto de la menor distancia respecto al apiario; ubicados a menos de 100 metros presentaron para el tratamiento testigo un promedio de 3,2 cuajes por panícula, entre 100 a 200 metros 3,0 cuajes y a distancias mayores de 200 metros 3,0 cuajes (Tabla 12).

$$6 \quad \text{Área (ha)} = ((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$$

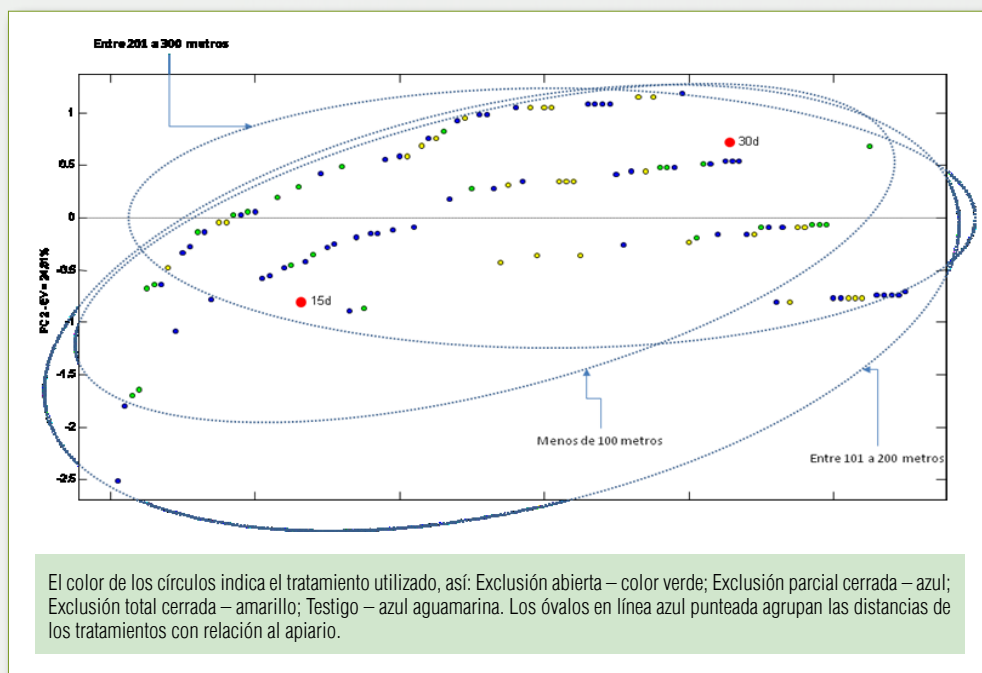


Figura 5. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de mango para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario. Finca Palma Real, Payandé (Tolima).

Tabla 12. Número de cuajes obtenidos en cada panícula por tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días		30 días	
Menos de 100 metros	Exclusión abierta	7	4,3 ^b	± 3,2	2,7 ^a	± 0,6
	Exclusión parcial cerrada	13	33,2 ^a	± 50,4	2,7 ^a	± 1,3
	Exclusión total cerrada	15	47,0 ^a	± 53,3	3,4 ^a	± 1,5
	Testigo	20	53,0 ^a	± 41,2	3,2 ^a	± 0,8
Promedio de menos de 100 metros			40,2 ^a	± 46,3	3,0 ^a	± 1,2
De 100 a 200 metros	Exclusión abierta	3	5,0 ^b	± 3,9	2,0 ^b	± 1,2
	Exclusión parcial cerrada	15	26,0 ^a	± 31,4	3,4 ^a	± 1,9
	Exclusión total cerrada	13	27,9 ^a	± 28,6	3,6 ^a	± 2,7
	Testigo	17	33,3 ^a	± 33,7	3,0 ^a	± 1,6
Promedio de 100 a 200 metros			27,7 ^b	± 30,6	3,2 ^a	± 1,2
Más de 200 metros	Exclusión abierta	2	15,0 ^a	± 15,6	2,5 ^a	± 2,1
	Exclusión parcial cerrada	11	13,6 ^a	± 12,5	2,7 ^a	± 1,0
	Exclusión total cerrada	10	11,8 ^a	± 7,3	2,8 ^a	± 1,2
	Testigo	11	17,4 ^a	± 18,6	3,0 ^a	± 1,5
Promedio de más de 200 metros			14,5 ^c	± 13,6	2,8 ^a	± 1,2
Promedio general			27,5	± 33,3	2,9	± 1,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.



Por otra parte y de acuerdo con el número de cuajes evaluado en cada una de las distancias establecidas, se encontró que el 47,2% de las panículas ubicadas en los árboles a menos de 100 metros presentaron por lo menos un cuaje, entre 100 a 200 metros el 40,5% y el 28,0% de las panículas presentaron por lo menos un cuaje a más de 200 metros (Tabla 13).

Tabla 13. Presencia de cuajes en las panículas evaluadas a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%	
De 0 a 100 metros	Con	Exclusión abierta	7	5,7	
		Exclusión parcial cerrada	13	11,3	
		Exclusión total cerrada	15	13,2	
		Testigo	20	17,0	
	Total con cuajes			55	47,2
	Sin	Exclusión abierta	18	15,1	
		Exclusión parcial cerrada	26	22,6	
		Exclusión total cerrada	18	15,1	
		Testigo	0	0,0	
	Total sin cuajes			62	52,8
Total de 0 a 100 metros			117	100,0	
De 101 a 200 metros	Con	Exclusión abierta	3	2,7	
		Exclusión parcial cerrada	15	12,8	
		Exclusión total cerrada	13	10,8	
		Testigo	17	14,2	
	Total con cuajes			47	40,5
	Sin	Exclusión abierta	19	16,2	
		Exclusión parcial cerrada	16	13,5	
		Exclusión total cerrada	25	21,6	
		Testigo	9	8,1	
	Total sin cuajes			70	59,5
Total de 101 a 200 metros			117	100,0	
Más de 201 metros	Con	Exclusión abierta	2	2,0	
		Exclusión parcial cerrada	11	9,0	
		Exclusión total cerrada	10	8,0	
		Testigo	11	9,0	
	Total con cuajes			34	28,0
	Sin	Exclusión abierta	29	24,0	
		Exclusión parcial cerrada	10	8,0	
		Exclusión total cerrada	24	20,0	
		Testigo	24	20,0	
	Total sin cuajes			86	72,0
Total de más de 201 metros			120	100,0	
Total general			354		

Con los resultados anteriores se realizó una proyección sobre la producción de mango, encontrando lo siguiente:

- Para un árbol ubicado a menos de 100 metros del apiario con una presencia de 3,2 cuajes en por lo menos el 47,2% de sus panículas se obtendrán unos 755 mangos.
- En árboles entre 100 y 200 metros con una presencia de 3,0 cuajes en el 40,5% de sus panículas se obtendrán unos 608 mangos.
- A distancias mayores de 200 metros con una presencia de 3,0 cuajes en el 28,0% de sus panículas se obtendrán unos 420 mangos.

Para este caso el incremento en el número de mangos fue del 79,8% por árbol al contar por lo menos con 5 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,1 hectáreas, respecto a aquellos ubicados a distancias mayores de 200 metros del apiario y del 24,2% a distancias entre 100 y 200 metros.

3.4 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la calidad física y química del fruto

En cuanto a la calidad del fruto de mango se logró establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto a su peso; frutos más pesados se encuentran en los árboles ubicados a distancias menores de 100 metros respecto al apiario (498,8 gramos), respecto a aquellos frutos ubicados a distancias mayores de 100 metros (478,6 gramos); esto mismo se observó para el peso de la cáscara, semilla y pulpa (Tabla 14).

Tabla 14. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto de mango y de sus principales componentes (en gramos).

Distancia de las colmenas	Fruto (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)	Pulpa (g)
Menos de 100 metros	498,8 ± 181,0	67,5 ± 28,4	50,5 ± 15,7	409,6 ± 162,0
Más de 100 metros	478,6 ± 138,0	63,9 ± 23,2	48,7 ± 15,6	386,2 ± 135,8
Promedio general	488,7 ± 160,8	65,7 ± 25,9	49,6 ± 15,7	397,9 ± 149,5

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Carrera *et al.* (2008) evaluaron las características fisicoquímicas de frutos de mango de los cultivares Tommy; en cuanto al peso del fruto este fue de 550 gramos, el cual es superior al encontrado en el presente estudio, no obstante lo anterior se observó que a distancias menores de 100 metros del cultivo respecto al apiario el peso del fruto se incrementó en un 4,1%.

Así mismo, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario son más anchos (31,6 cm) y largos (34,0 cm)



con relación a aquellos que se encuentran a distancias mayores de 100 metros (33,3 cm de ancho y 32,9 cm de largo), siendo estos últimos más redondos. En cuanto al grosor de la cáscara, no se encontraron diferencias por efecto de la distancia de apiario, pero se obtuvieron resistencias menores de la cáscara en los frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario (3,5 kgF) respecto a aquellos que se estaban más lejos (3,7 kgF) (Tabla 15).

Tabla 15. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara

Distancia de las colmenas	Diámetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)		
Menos de 100 metros	34,0 ^a ± 5,4	31,6 ^a ± 8,5	0,1 ^a ± 0,0	3,5 ^a ± 1,7
Más de 100 metros	32,9 ^b ± 4,3	33,3 ^a ± 14,1	0,1 ^a ± 0,0	3,7 ^a ± 1,6
Promedio general	33,5 ± 4,9	32,4 ± 11,6	0,1 ± 0,0	3,6 ± 1,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario contienen una mayor concentración de ácido cítrico y un mayor °Brix; a su vez contienen menores concentraciones de ácido málico y ascórbico y un valor de pH más ácido (Tabla 16).

Tabla 16. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de mango.

Distancia de las colmenas	Ácido			Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)	Ascórbico (mg/L)		
Menos de 100 metros	5,3 ^a ± 4,6	1,8 ^a ± 1,8	92,2 ^b ± 97,7	13,2 ^a ± 2,4	3,8 ^a ± 0,5
Más de 100 metros	5,0 ^a ± 2,9	1,9 ^a ± 1,6	132,3 ^a ± 118,8	12,3 ^a ± 2,0	3,9 ^a ± 0,5
Promedio general	5,1 ± 3,8	1,9 ± 1,7	112,5 ± 110,2	12,7 ± 2,3	3,8 ± 0,5

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Medina *et al.* (1981) reportan que los contenidos de sólidos solubles totales de los mangos de un mismo cultivar varían significativamente según la localidad y el año de producción, mientras Osuna (2008) señala que los mangos de variedad Tommy Atkins, Haden y Kent con características de exportación, deben presentar al momento de corte valores mínimos de sólidos solubles totales de 7,3 °Brix; este valor es bajo en proporción con los °Brix obtenidos en el presente estudio.

De otra parte, Mendez *et al.* (2010) encontraron para la variable acidez diferencias en los cultivares evaluados, con valores entre 3,5 y 8,9 gr/L de ácido cítrico; el promedio general de acidez en el presente estudio se ubicó dentro de este rango (5,3 gr/L de ácido cítrico).



Foto 8. Evaluación de calidad física y química del fruto de mango, de izquierda a derecha: medida de la resistencia de la cáscara con un texturómetro; mangos tomados de una empresa del departamento del Tolima para su evaluación.

3.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para las regiones en estudio y en especial para los cultivos de mango, se observó una gran variedad de especies botánicas, fuentes de polen y/o néctar, las cuales favorecen el desarrollo apícola; no obstante, esto puede convertirse en un factor de competencia para las épocas de floración del cultivo, por lo que deberá contar con colmenas pobladas durante su floración, con el fin de tener un número alto de abejas pecoreadoras.
- En cuanto a los insectos polinizadores que visitan a la flor de mango, se estableció que la hormiga, la abeja *Apis mellifera* y la trigona son las especies de mayor frecuencia.
- Para la densidad de colmenas por hectárea en los cultivos en estudio, se encontró que al contar con 3,2 colmenas de abejas se puede obtener un incremento del 35% en el número de mangos por árbol en la región del Tequendama.
- Para la región del piedemonte del Tolima cuando la densidad de colmenas es de 1,6 el aumento es del 69%.
- Al evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos se observó un aumento del 4,1% en su peso al contar con apiarios de abejas a distancias menores de 100 metros del cultivo; se destaca que los °Brix son mayores en los mangos en estudio (13,2%), al ser comparados con los reportados por Osuna (2008).





CAPÍTULO 4.

INCIDENCIA DE LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* EN EL CULTIVO DE AGUACATE



Foto 9. Cultivo de aguacate con frutos en el municipio de Fresno (Tolima), resultado del proceso de polinización dirigida, se destaca la abeja *Apis mellifera* en proceso de colecta de alimento en flores de esta especie.

4.1 Generalidades

Según Gutiérrez (2009) la producción mundial de aguacate está localizada en México, con el mayor porcentaje de participación, seguida de Estados Unidos, Indonesia, Colombia y Chile, con una participación de 35, 7, 7, 6 y 5% respectivamente, en donde se incluyen todas las variedades de aguacate.



En Colombia se producen aguacates desde el nivel del mar hasta los 2.200 metros de altura principalmente para el mercado local, tiene un gran potencial exportador, tanto en fruta fresca como procesada, por las características de las variedades cultivadas y las condiciones agroclimáticas de la región productora.

Para este cultivo fueron seleccionados productores el municipio de Fresno (Tolima) y se identificaron las siguientes unidades cartográficas:

- La unidad 37MQJg1 con relieve montañoso de cañones y taludes, originarios de esquistos y arenas volcánicas; con clima entre medio y muy húmedo, con suelos muy superficiales, excesivamente drenados, texturas gruesas y gravillas ligeramente ácidas, lo cual indica una baja fertilidad.
- La unidad 37MQKe1 con relieve montañoso de lomas, procedente de mantos espesos de cenizas volcánicas; clima entre medio y muy húmedo, el suelo muy profundo y bien drenado con texturas medianas, ácidos de capacidad catiónica y fertilidad moderada.

4.2 Calendario floral

Con el calendario floral de las empresas productoras de aguacate evaluadas, se identificaron varias especies botánicas clasificadas de acuerdo a su uso (Tabla 17).

En cuanto a los insectos polinizadores en el cultivo de aguacate se identificaron con mayor frecuencia hormigas, abeja *Apis mellifera*, moscas, trigonas y avispas, cada una con un 26,2; 25,4; 16,2; 13,8 y 11,5% de frecuencia de aparición.

4.3 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre el número de cuajes

De acuerdo con Wysoki *et al.* (2002), el aguacate tiene una gran cantidad de flores; Reyes y Cano (2000) afirman que las flores se presentan en un conjunto el cual se denomina inflorescencia, en ella su disposición es una panícula con cientos de flores.

Wysoki *et al.* (2002) indican que el aguacate requiere de la visita de un polinizador para obtener un buen rendimiento; sin embargo, a pesar de ser polinizadas, muchas flores del aguacate no son fertilizadas. Este mismo autor señala que el número de cuajes aumenta cuando cinco a diez abejas visitan cada flor.

Según Gustafson y Bergh (1966), el número estimativo de flores que cuajan va desde 1 por cada 5.000 flores a 1 por cada 500, considerando que menos de 1% de las flores cuajan.

Tabla 17. Especies botánicas identificadas y su uso alimenticio para las abejas (néctar y/o polen)

Fuente	Especies botánicas
Néctar	<p>20,6% son especies frutales para comercialización y consumo, entre las cuales se encuentran el limón Tahití (<i>Citrus aurantifolia</i>), guanábana (<i>Annona muricata</i> L.), guayaba pera (<i>Psidium guajava</i>), mango (<i>Mangifera indica</i> L.) en sus variedades filipino, Haden, Irwin, Julie, Keitt, Kent, Tommy, mango común o hilacha, mango azúcar y café (<i>Coffe arabica</i> L.); especies con épocas de floración diversas durante el año.</p> <p>11,1% son especies arbóreas como el totumo (<i>Crescentia cujete</i> L.), ceiba (<i>Ceiba pentadra</i> L.), flautón (<i>Oeropanaz</i> sp.), caracolí (<i>Anacardium excelsum</i>), guamo (<i>Inga spectabilis</i>), manzanillo (<i>Raphiolepis indica</i>) y juana juana (<i>Acalypha diversifolia</i>); especies con épocas de floración diversas durante el año.</p> <p>9,5% de especies son destinadas para el consumo de las cuales se destaca el noni (<i>Morinda citrifolia</i> L.), naranja (<i>Citrus sinensis</i>), mandarina (<i>Citrus nobilis</i>) y cidra (<i>Schium edule</i>); especies con épocas de floración variada a lo largo del año.</p> <p>3,2% son especies arbustivas como el nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>) y sanguinaria (<i>Alternanthea polygonoides</i>), en épocas de floración entre los meses de mayo a julio, la cual es una floración media.</p> <p>1,6% son especies arbóreas como el guásimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>), con dos épocas de floración al año.</p> <p>1,6% fueron catalogadas como 'malezas', tales como el chilco (<i>Escallonia paniculata</i>).</p>
Polen	<p>7,9% son especies ornamentales como la siempre viva (<i>Helichrysum bracteatum</i>), nogal (<i>Juglans regia</i>), girasol (<i>Helianthus annuus</i>), besito (<i>Hibiscus rosa</i>) y bella Helena (<i>Hibiscus rosa</i>); con diferentes épocas de floración durante el año.</p> <p>4,8% se denomina 'malezas' como el pega pega (<i>Desmodium</i> spp.), suelda con suelda (<i>Potentilla candidans</i> L.) y escobo (<i>Sida acuta</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>4,8% son especies arbóreas utilizadas para reserva tales como el yarumo (<i>Cecropia peltata</i> L.), arboloco (<i>Montanoa cuadrangulares</i>) y abutilón (<i>Abutilon pictum</i>), especies con diferentes épocas de floración.</p> <p>3,2% se destina al consumo tales como el chachafruto (<i>Erithyna edulis</i> T.) y ahuyama (<i>Curcubita pepo</i>), con épocas de floración media durante todo el año.</p> <p>3,2% son especies forrajeras tales como el pasto brachiaria (<i>Brachiaria decumbens</i>) y pasto estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>); especies con épocas de floración variadas en el año.</p>
Néctar y polen	<p>12,7% especies frutales como el aguacate (<i>Persea americana</i>) y sus variedades Hass, fuerte, Lorena, Choquette, Papelillo y aguacate Santana; zapote (<i>Matisia cordata</i>) y guayaba (<i>Pisidium</i> spp.), especies con diferentes épocas de floración durante el año.</p> <p>7,9% son especies arbóreas, entre los que se destacan el guayacán amarillo (<i>Tabebuia chrysantha</i>), el caracucho (<i>Impatiem nolitagere</i>), el ocobo (<i>Tabebuia rosea</i>), el eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) y el nogal de cafetal (<i>Cordia alliodora</i> L.), especies con diferentes épocas de floración durante el año.</p> <p>4,8% se clasificaron como 'malezas' entre las cuales se encuentran la masequia (<i>Bidens pilosa</i> L.), cadillo (<i>Bidens pilosa</i> L.) y mastaranto (<i>Ageratum houstonianum</i> M.), especies con diferentes épocas de floración durante el año.</p> <p>3,2% son especies forrajeras tales como el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) y maní forrajero (<i>Arachis pinto</i>), con épocas de floración contantes durante el año.</p>

Ish-Am (1994) y Eisikowitch (1998) indican que la abeja es utilizada como el mayor agente polinizador para esta especie de cultivos, sin embargo la abeja lo abandona rápido, ya que va en busca de fuentes florales más atractivas.





Foto 10. Cuajes de aguacate, de izquierda a derecha: frutos en desarrollo; cuaje primario.

A partir del análisis de los datos en esta región, se observó un efecto sobre el número de cuajes en las inflorescencias, respecto a la distancia del apiario; siendo mayor el número de cuajes en aquellos grupos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia del apiario respecto a aquellos ubicados a más de 100 metros a los 38 días (Figura 6).

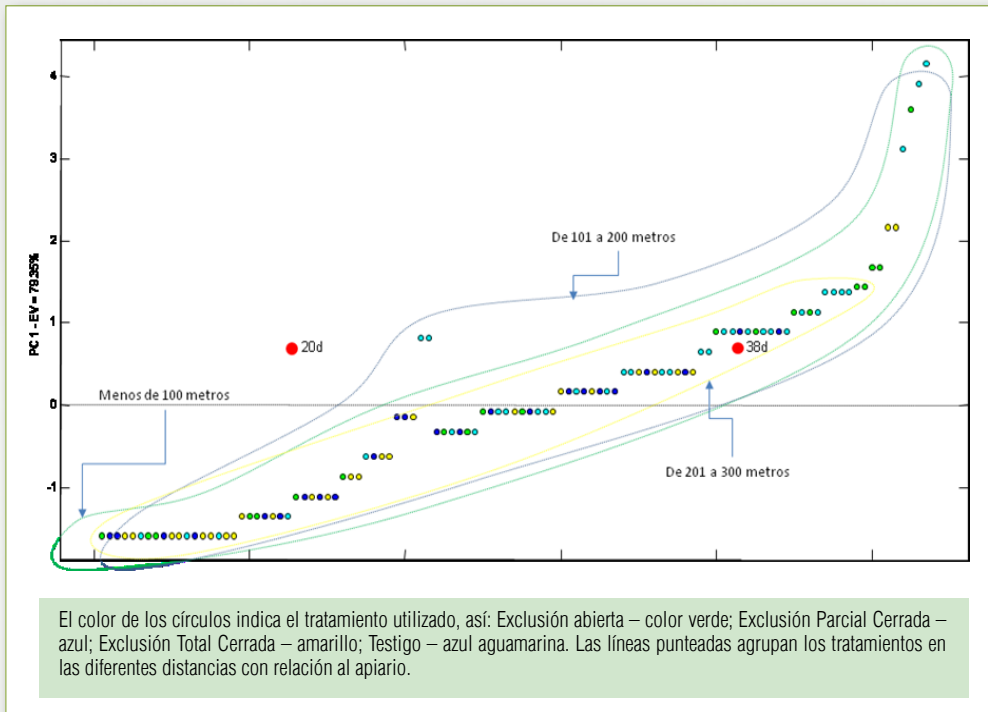


Figura 6. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de aguacate para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario, Empresa Parcela IV Villa María - Fresno (Tolima).

Es así que el número de cuajes aumentó a los 38 días en un 29,4% en los tratamientos testigos localizados en los árboles a menos de 100 metros del apiario, respecto a los tratamientos testigo ubicados entre los 100 a 200 metros y en un 15,8% a distancias mayores de 200 metros (Tabla 18).

Tabla 18. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	20 días			38 días		
Menos de 100 metros	Exclusión abierta*	17	5,0 ^a	±	3,4	2,1	±	0,8
	Exclusión parcial cerrada	8	1,9 ^a	±	0,9	1,6	±	0,5
	Exclusión total cerrada	6	2,2 ^a	±	1,6	1,4	±	0,5
	Testigo	14	6,2 ^a	±	3,5	2,2	±	0,9
Promedio de menos de 100 metros			4,5 ^a	±	3,4	2,0 ^a	±	0,8
De 100 a 200 metros	Exclusión abierta	4	4,0 ^a	±	3,5	1,5	±	0,6
	Exclusión parcial cerrada	9	4,9 ^a	±	2,1	1,4	±	0,5
	Exclusión total cerrada	16	4,3 ^a	±	2,2	1,6	±	0,7
	Testigo	14	6,3 ^a	±	3,5	1,7	±	0,5
Promedio de 100 a 200 metros			5,0 ^a	±	2,8	1,6 ^b	±	0,6
Más de 200 metros	Exclusión abierta	3	2,0 ^a	±	0,0	1,0	±	0,0
	Exclusión parcial cerrada	13	3,6 ^a	±	1,5	1,5	±	0,5
	Exclusión total cerrada	10	2,2 ^a	±	1,6	1,0	±	0,0
	Testigo	15	5,3 ^a	±	2,7	1,9	±	0,3
Promedio de más de 200 metros			3,8 ^a	±	2,3	1,5 ^b	±	0,5
Promedio general			4,5	±	2,9	1,7	±	0,7

* Angeos abiertos que permitían la entrada de todos los insectos polinizadores.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

En cuanto a los tratamientos se encontró que a los 38 días luego de su instalación, el testigo fue el que mayor número de cuajes presentó, al igual que el de exclusión abierta; los tratamientos con menor número de cuajes fueron el de exclusión parcial y el de exclusión total; esto demuestra la necesidad de contar con abundantes insectos polinizadores durante el periodo de floración, en especial la abeja *Apis mellifera* (Tabla 19).

Tabla 19. Presencia de cuajes en los tratamientos evaluados

Tratamiento	n	20 días			38 días		
Exclusión abierta	24	4,5 ^b	±	3,6	1,9 ^a	±	0,8
Exclusión parcial cerrada	30	3,6 ^b	±	3,4	1,5 ^b	±	0,5
Exclusión total cerrada	32	3,4 ^b	±	6,0	1,4 ^b	±	0,6
Testigo	44	6,0 ^a	±	4,5	1,9 ^a	±	0,7
Promedio general		4,5	±	0,0	1,7	±	0,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos.



Por otra parte y de acuerdo con el número de cuajes se tiene que un 53,2% de los tratamientos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia respecto al apiario presentaron por lo menos un cuaje, mientras que el 55,0% de los tratamientos ubicadas entre 100 a 200 metros presentaron por lo menos un cuaje y del 51,3% a distancias mayores de 200 metros (Tabla 20).

Tabla 20. Presencia de cuajes en las panículas evaluadas a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%	
Menos de 100 metros	Con	Exclusión abierta	13	16,5	
		Exclusión parcial cerrada	8	10,1	
		Exclusión total cerrada	6	7,6	
		Testigo	15	19,0	
			Total con cuajes	42	53,2
	Sin	Exclusión abierta	10	12,7	
		Exclusión parcial cerrada	9	11,4	
		Exclusión total cerrada	13	16,5	
		Testigo	5	6,3	
				Total sin cuajes	37
Total de menos de 100 metros			79	100,0	
De 100 a 200 metros	Con	Exclusión abierta	4	5,0	
		Exclusión parcial cerrada	9	11,3	
		Exclusión total cerrada	17	21,3	
		Testigo	14	17,5	
			Total con cuajes	44	55,0
	Sin	Exclusión abierta	3	3,8	
		Exclusión parcial cerrada	14	17,5	
		Exclusión total cerrada	10	12,5	
		Testigo	9	11,3	
				Total sin cuajes	36
Total de 100 a 200 metros			80	100,0	
Más de 200 metros	Con	Exclusión abierta	3	3,8	
		Exclusión parcial cerrada	13	16,3	
		Exclusión total cerrada	10	12,5	
		Testigo	15	18,8	
			Total con cuajes	41	51,3
	Sin	Exclusión abierta	9	11,3	
		Exclusión parcial cerrada	8	10,0	
		Exclusión total cerrada	12	15,0	
		Testigo	10	12,5	
				Total sin cuajes	39
Total de más de 200 metros			80	100,0	
Total general			239		

Con los resultados anteriores se realizó una proyección sobre la producción de aguacate, encontrando lo siguiente:

- Para un árbol ubicado a menos de 100 metros del apiario, con presencia de cuajes en el 53,2% de las inflorescencias⁷ y con un número de cuajes por brote de 2,0 se obtendrán por lo menos unos 798 aguacates.
- En los árboles ubicados entre 100 a 200 metros con una presencia de cuajes el 55,0% de sus brotes y con un número de cuajes por brote de 1,6 se obtendrán por lo menos unos 660 aguacates.
- Para los árboles ubicados a más de 200 metros con cuajes en el 51,3% de los grupos florales y cada uno con 1,5 cuajes se obtendrían 577 aguacates.

Se puede concluir que el incremento para esta empresa en el número de aguacates es del 20,9% por árbol al contar por lo menos con 10 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,14 hectáreas⁸, equivalentes a 3,2 colmenas por hectárea respecto a los árboles que están a distancias entre los 100 a 200 metros y del 38,3% a distancias mayores de 200 metros.

Los resultados obtenidos en otra empresa en esta región indican un efecto sobre el número de cuajes en las inflorescencias, respecto a la distancia del apiario, siendo mayor el número de cuajes en aquellos grupos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia del apiario, respecto a aquellos ubicados a más de 100 metros a los 38 días (Figura 7).

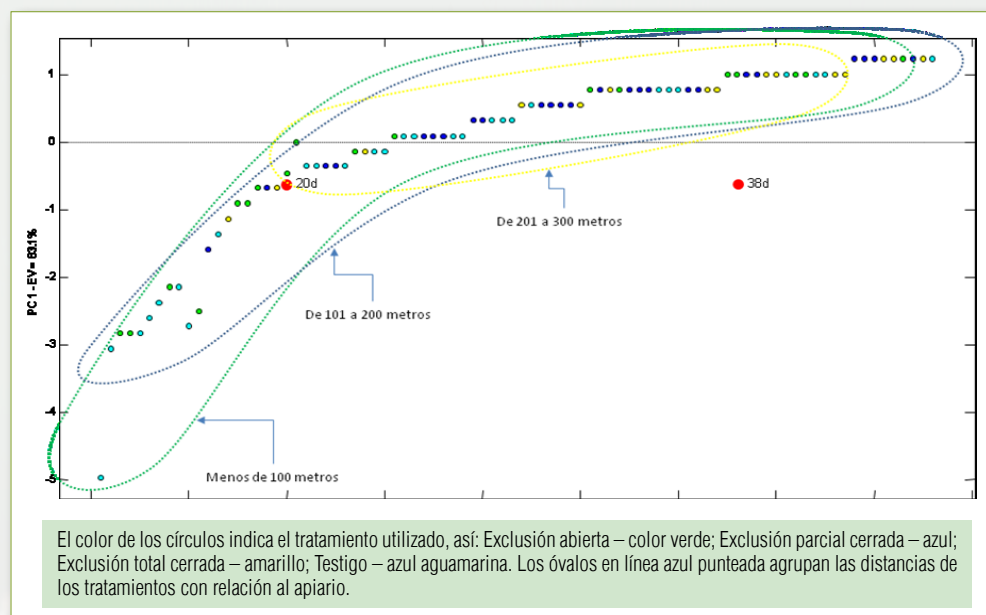


Figura 7. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de aguacate para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario, Santa Clara, Fresno (Tolima).

- 7 Se tiene en promedio por árbol de aguacate entre 500 a 1.000 inflorescencias, equivalentes a unas 750 florescencias; en cada tratamiento se incluyeron unas 500 flores.
- 8 Área (ha) = $((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$



Es así que el número de cuajes aumentó a los 38 días en un 88,9% en los tratamientos testigos localizados en los árboles a menos de 100 metros del apiario, respecto a los tratamientos testigo ubicados entre los 100 a 200 metros y en un 112,5% a distancias mayores de 200 metros (Tabla 21).

Tabla 21. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	20 días		38 días	
Menos de 100 metros	Exclusión abierta	16	3,9	± 4,0	1,4	± 1,1
	Exclusión parcial cerrada	10	0,9	± 1,0	0,5	± 0,5
	Exclusión total cerrada	9	0,8	± 1,0	0,4	± 0,5
	Testigo	10	6,7	± 7,1	1,7	± 1,6
Promedio de menos de 100 metros			3,1	± 4,6	1,0	± 1,1
De 100 a 200 metros	Exclusión abierta	5	2,3	± 3,2	0,8	± 1,0
	Exclusión parcial cerrada	15	3,5	± 2,9	0,7	± 0,6
	Exclusión total cerrada	10	2,6	± 2,2	0,4	± 0,7
	Testigo	14	4,5	± 4,0	0,9	± 0,9
Promedio de 100 a 200 metros			3,3	± 3,1	0,7	± 0,8
Más de 200 metros	Exclusión abierta	6	2,7	± 2,6	0,4	± 0,5
	Exclusión parcial cerrada	9	2,9	± 1,9	0,5	± 0,5
	Exclusión total cerrada	2	1,9	± 2,4	0,1	± 0,3
	Testigo	17	4,3	± 2,3	0,8	± 0,4
Promedio de más de 200 metros			2,9	± 2,4	0,4	± 0,5
Promedio general			3,2	± 3,5	0,7	± 0,9

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Para esta empresa se pudo corroborar el mayor número de cuajes en el tratamiento testigo con lo que se puede afirmar la necesidad de contar con abundantes insectos polinizadores durante el periodo de floración, en especial la abeja *Apis mellifera* (Tabla 22).

Tabla 22. Presencia de cuajes en los tratamientos evaluados

Tratamiento	n	20 días		38 días	
Exclusión abierta	27	3,1 ^b	± 2,7	1,0 ^a	± 1,0
Exclusión parcial cerrada	34	2,7 ^b	± 2,0	0,6 ^b	± 0,6
Exclusión total cerrada	21	2,0 ^c	± 5,0	0,3 ^c	± 0,6
Testigo	41	5,0 ^a	± 3,2	1,1 ^a	± 1,1
Promedio general		3,2	± 0,0	0,7	± 0,9

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos.

Por otra parte y de acuerdo a la presencia de cuajes se tiene que un 57,0% de los tratamientos ubicados en los árboles a menos de 100 metros de distancia

respecto al apiario presentaron por lo menos un cuaje, por otra parte y de acuerdo con los tratamientos ubicados en los árboles entre 100 y 200 fue un 55,0%, a distancias mayores de 200 metros fue de 42,5% (Tabla 23).

Tabla 23. Presencia de cuajes en las panículas evaluadas a diferentes distancias del apiario

Distancia	Presencia de cuajes	Tratamiento	n	%	
De 0 a 100 metros	Con	Exclusión abierta	16	20,3	
		Exclusión parcial cerrada	10	12,7	
		Exclusión total cerrada	9	11,4	
		Testigo	10	12,7	
	Total con cuajes			45	57,0
	Sin	Exclusión abierta	7	8,9	
		Exclusión parcial cerrada	8	10,1	
		Exclusión total cerrada	12	15,2	
Testigo		7	8,9		
Total sin cuajes			34	43,0	
Total de 0 a 100 metros			79	100	
De 100 a 200 metros	Con	Exclusión abierta	5	6,3	
		Exclusión parcial cerrada	15	18,8	
		Exclusión total cerrada	10	12,5	
		Testigo	14	17,5	
	Total con cuajes			44	55,0
	Sin	Exclusión abierta	5	6,3	
		Exclusión parcial cerrada	8	10,0	
		Exclusión total cerrada	17	21,3	
Testigo		6	7,5		
Total sin cuajes			36	45,0	
Total de 100 a 200 metros			80	100	
Más de 200 metros	Con	Exclusión abierta	6	7,5	
		Exclusión parcial cerrada	9	11,3	
		Exclusión total cerrada	2	2,5	
		Testigo	17	21,3	
	Total con cuajes			34	42,5
	Sin	Exclusión abierta	8	10,0	
		Exclusión parcial cerrada	11	13,8	
		Exclusión total cerrada	23	28,8	
Testigo		4	5,0		
Total sin cuajes			46	57,5	
Total de más de 200 metros			80	100	
Total general			239		

Con los resultados anteriores se realizó una proyección sobre la producción de aguacate, encontrando lo siguiente:

- Para un árbol ubicado a menos de 100 metros del apiario, con presencia de cuajes en el 57,0% de las inflorescencias y con un número de cuajes por brote de 1,7 se obtendrán por lo menos unos 727 aguacates.



- En los árboles ubicados entre 100 a 200 metros con una presencia de cuajes del 55,0% de sus inflorescencias y con un número de cuajes por brote de 0,9 se obtendrían por lo menos unos 371 aguacates.
- Para los árboles ubicados a más de 200 metros con cuajes en por lo menos el 42,5% de las inflorescencias y cada uno con 0,8 cuajes se obtendrán 255 aguacates.

Se puede concluir que se obtendrían incrementos para esta empresa en el número de aguacates del 96,0% por árbol, al contar por lo menos con 10 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,14 hectáreas (3,2 colmenas por cada hectárea), respecto a los árboles que están a distancias entre 100 a 200 metros y del 185,1% de los que están a distancias mayores de 200 metros.

4.4 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la calidad física y química del fruto

4.4.1 Variedad Booth 8

En cuanto a la calidad del fruto se logró establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas al cultivo en el peso; frutos más pesados se encuentran en los árboles ubicados a distancias superiores a los 100 metros (326,8 gramos), respecto a aquellos frutos ubicados en árboles a distancias menores de 100 metros (300,0 gramos), comportamiento similar presentó el peso de la pulpa y el de la semilla, pero fue mayor el peso de la cáscara a distancias menores de 100 metros, respecto a distancias mayores (Tabla 24).

Tabla 24. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto de aguacate, cáscara, semilla y pulpa (en gramos) – Variedad Booth 8.

Distancia de las colmenas	Fruto (g)	Pulpa (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)
Menos de 100 metros	300,0 ^b ± 130,8	153,8 ^b ± 74,2	48,8 ^a ± 14,9	65,0 ^b ± 13,5
Entre 100 a 200 metros	326,8 ^a ± 133,1	210,9 ^a ± 91,2	44,5 ^a ± 12,0	91,3 ^a ± 55,3
General	313,4 ± 19,0	182,3 ± 40,4	46,6 ± 3,0	78,1 ± 18,6

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Ríos-Castaño y Tafur-Reyes (2003) encontraron valores promedios de peso para esta variedad de 450 gramos, mientras que la NTC-5209 referencia pesos promedio de 387 gramos, estos pesos son mayores que los obtenidos en el presente estudio dados por un mayor número de cuajes, entre otros factores; por otra parte, la NTC-5209 indica que frutos con pesos entre 300 a 400 gramos se clasifican en el calibre B, este calibre corresponde al peso promedio obtenido para esta variedad.

Así mismo se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que están más lejos del apiario son más anchos (27,9 cm) y largos (29,6 cm) con respecto a aquellos que se encuentran a distancias menores de 100 metros (27,9 cm de ancho y 27,9 cm de largo); en cuanto al grosor de la cáscara, se encontraron diferencias por efecto de la distancia de apiario, siendo menor el grosor de la cáscara en los frutos a menos de 100 metros del apiario, pero con mayor resistencia de esta (1,6 kgF) (Tabla 25).

Tabla 25. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara en los frutos de variedad Booth 8.

Distancia de las colmenas	Diámetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)		
Menos de 100 metros	28,3 ^a ± 3,8	26,3 ^a ± 2,1	0,1 ^a ± 0,1	1,6 ^a ± 0,5
Entre 100 a 200 metros	29,6 ^a ± 3,1	27,9 ^a ± 2,8	0,2 ^a ± 0,1	1,1 ^b ± 0,2
General	29,0 ± 0,9	27,1 ± 1,2	0,1 ± 0,0	1,3 ± 0,4

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más lejos del apiario contienen una menor concentración de ácido cítrico, un valor de pH más ácido y mayor °Brix (Tabla 26).

Tabla 26. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de aguacate, variedad Booth 8.

Distancia de las colmenas	Ácido		Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)		
Menos de 100 metros	0,8 ^a ± 0,2	0,1 ^a ± 0,1	5,1 ^b ± 2,0	7,8 ^a ± 0,4
Entre 100 a 200 metros	0,6 ^a ± 0,5	0,2 ^a ± 0,1	7,9 ^a ± 3,3	6,9 ^b ± 0,5
General	0,7 ± 0,1	0,1 ± 0,1	6,5 ± 2,0	7,3 ± 0,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.



Foto 11. Aguacate variedad Booth 8, de izquierda a derecha: frutos para su evaluación en laboratorio; rama con diferentes estadios florales.



4.4.2 Variedad Hass

Para esta variedad se pudo establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto siendo más pesados aquellos árboles ubicados a distancias de más de 100 metros (158,4 gramos) respecto a frutos ubicados en árboles a distancias de menos de 100 metros (140,3 gramos), comportamiento similar presentó el peso de la cáscara, pulpa y semilla (Tabla 27).

Tabla 27. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto de aguacate, cáscara, semilla y pulpa – Variedad Hass.

Distancia de las colmenas	Fruto (g)	Pulpa (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)
Menos de 100 metros	140,3 ^b ± 23,6	85,1 ^b ± 23,3	25,1 ^a ± 7,7	21,6 ^b ± 7,8
Entre 100 a 200 metros	158,4 ^a ± 26,0	98,0 ^a ± 21,5	26,4 ^a ± 7,8	27,7 ^a ± 5,8
General	149,4 ± 12,8	91,5 ± 9,1	25,7 ± 0,9	24,6 ± 4,3

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Ríos-Castaño y Tafur-Reyes (2003) encontraron valores promedio de peso para esta variedad de 285 gramos, mientras que la NTC-5209 referencia pesos promedio de 197 gramos; estos pesos son mayores que los obtenidos en el presente estudio, que al igual que en la variedad anterior, fue causado por el mayor número de cuajes, entre otros factores; por otra parte, la NTC-5209 indica que frutos con pesos entre 121 a 180 gramos se clasifican en el calibre B, este calibre corresponde al peso promedio obtenido para esta variedad.

Así mismo, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más lejos del apiario son más anchos (21,4 cm) y largos (23,6 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias menores de 100 metros (19,8 cm de ancho y 23,1 cm de largo); en cuanto al grosor de la cáscara y su resistencia, no se encontraron diferencias por efecto de la distancia de apiario (tabla 28).

Tabla 28. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara en los frutos de aguacate, variedad Hass.

Distancia de las colmenas	Diámetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)		
Menos de 100 metros	23,1 ^a ± 1,9	19,8 ^a ± 1,7	0,1 ^a ± 0,0	1,3 ^a ± 0,3
Entre 100 a 200 metros	23,6 ^a ± 1,7	21,4 ^a ± 1,1	0,1 ^a ± 0,0	1,3 ^a ± 0,3
General	23,3 ± 0,4	20,6 ± 1,1	0,1 ± 0,0	1,3 ± 0,0

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario contienen una mayor concentración de ácido cítrico y un valor de pH más ácido (Tabla 29).

Tabla 29. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de aguacate variedad Hass.

Distancia de las colmenas	Ácido		Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)		
Menos de 100 metros	1,1 ^a ± 0,4	0,2 ^a ± 0,1	9,3 ^a ± 3,1	6,8 ^a ± 0,4
Entre 100 a 200 metros	0,9 ^a ± 0,3	0,2 ^a ± 0,1	9,2 ^a ± 3,1	7,0 ^a ± 0,4
General	1,0 ± 0,2	0,2 ± 0,0	9,3 ± 0,1	6,9 ± 0,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.



Foto 12. Aguacate variedad Hass, de izquierda a derecha: frutos para su evaluación en laboratorio; rama con frutos resultado del proceso de polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*.

4.4.3 Variedad Lorena

En esta variedad los resultados muestran que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto; siendo más pesados aquellos en los árboles ubicados a distancias de más de 100 metros (377,3 gramos) respecto a aquellos frutos ubicados en árboles a distancias de menos de 100 metros (368,6 gramos); comportamiento similar presentó el peso de la cáscara y pulpa, pero fue mayor el peso de la semilla a distancias menores de 100 respecto a distancias mayores (Tabla 30).

Tabla 30. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto de aguacate, cáscara, semilla y pulpa – Variedad Lorena

Distancia de las colmenas	Fruto (g)	Pulpa (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)
Menos de 100 metros	368,6 ^b ± 35,7	240,7 ^b ± 29,5	32,9 ^b ± 3,9	93,6 ^a ± 16,8
Entre 100 a 200 metros	377,3 ^a ± 109,1	262,3 ^a ± 90,5	37,3 ^a ± 11,2	69,0 ^b ± 22,4
General	373,0 ± 6,2	251,5 ± 15,3	35,1 ± 3,2	81,3 ± 17,4

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Ríos-Castaño y Tafur-Reyes (2003) encontraron valores promedio de peso para esta variedad de 568,1 gramos, mientras que la NTC-5209 referencia pesos promedio de 458 gramos, estos pesos son mayores que los obtenidos en el presente estudio y al igual que en la variedad anterior puede ser causado por efecto del mayor número de cuajes; por otra parte, la NTC-5209 indica que frutos



con pesos entre 301 a 400 gramos se clasifican en el calibre B, este corresponde al peso promedio obtenido para esta variedad.

Aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más lejos del apiario son más anchos (27,3 cm) y largos (33,2 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias menores de 100 metros (26,7 cm de ancho y 32,5 cm de largo); en lo referente al grosor de la cáscara y su resistencia no se encontraron diferencias por efecto de la distancia del apiario (Tabla 31).

Tabla 31. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara en los frutos de aguacate, variedad Lorena

Distancia de las colmenas	Diámetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)		
Menos de 100 metros	32,5 ^b ± 2,9	26,7 ^b ± 1,0	0,1 ^a ± 0,0	1,2 ^a ± 0,3
Entre 100 a 200 metros	33,2 ^a ± 4,2	27,3 ^a ± 3,7	0,1 ^a ± 0,0	1,3 ^a ± 0,3
General	32,8 ± 0,5	27,0 ± 0,4	0,1 ± 0,0	1,3 ± 0,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cercanos del apiario presentan una mayor concentración de °Brix, pero valores similares en cuanto a los ácidos cítrico, ácido málico y pH (Tabla 32).

Tabla 32. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de aguacate, variedad Lorena

Distancia de las colmenas	Ácido		Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)		
Menos de 100 metros	1,0 ^a ± 0,3	0,2 ^a ± 0,1	7,3 ^a ± 1,8	6,6 ^a ± 0,5
Entre 100 a 200 metros	1,1 ^a ± 0,1	0,2 ^a ± 0,1	6,9 ^a ± 1,3	6,5 ^a ± 0,7
General	1,1 ± 0,1	0,2 ± 0,0	7,1 ± 0,3	6,5 ± 0,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia.



Foto 13. Aguacate variedad Lorena, de izquierda a derecha: frutos para su evaluación en laboratorio; árbol con frutos resultado del proceso de polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*.

4.4.4 Variedad Santana

Para esta variedad los resultados indican que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto; siendo más pesados aquellos en los árboles ubicados a distancias de más de 100 metros (489,7 gramos), con relación a aquellos frutos ubicados en árboles a distancias de menos de 100 metros (413,6 gramos), comportamiento similar presentó el peso de la pulpa y semilla, pero fue mayor el peso de la cáscara a distancias menores de 100 respecto a distancias mayores (Tabla 33).

Tabla 33. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al peso del fruto de aguacate, cáscara, semilla y pulpa – Variedad Santana.

Distancia de las colmenas	Fruto (g)	Pulpa (g)	Cáscara (g)	Semilla (g)
Menos de 100 metros	413,6 ^b ± 85,5	265,9 ^a ± 109,9	45,5 ^a ± 7,2	65,5 ^b ± 19,6
Entre 100 a 200 metros	489,7 ^a ± 121,3	361,2 ^b ± 99,8	39,2 ^b ± 10,9	86,6 ^a ± 18,6
General	451,7 ± 53,8	313,6 ± 67,4	42,3 ± 4,4	76,0 ± 14,9

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

La NTC-5209 referencia pesos promedios de 683 gramos para esta variedad, este es mayor que los obtenidos en el presente estudio y al igual que en la variedad anterior, fue causado por el mayor número de cuajes, entre otros factores. Por otra parte, la NTC-5209 indica que frutos con pesos entre 401 a 550 gramos se clasifican en el calibre B, este calibre corresponde al peso promedio obtenido para esta variedad.

Aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más lejos del apiario son más anchos (27,3 cm) y menos largos (33,7 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias menores de 100 metros (27,1 cm de ancho y 35,2 cm de largo); en cuanto al grosor de la cáscara y su resistencia se encontraron diferencias por efecto de la distancia de apiario, siendo mayor a distancias menores de 100 metros (Tabla 34).

Tabla 34. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al tamaño del fruto, grosor y resistencia de la cáscara en los frutos de aguacate variedad Santana.

Distancia de las colmenas	Diámetro		Grosor cáscara (cm)	Resistencia cáscara (kgF)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)		
Menos de 100 metros	35,2 ^a ± 3,8	27,1 ^a ± 1,4	0,2 ^a ± 0,0	1,6 ^a ± 0,5
Entre 100 a 200 metros	33,7 ± 2,4	29,3 ^a ± 3,1	0,1 ^b ± 0,1	1,4 ^b ± 0,2
General	34,5 ± 1,0	28,2 ± 1,5	0,1 ± 0,0	1,5 ± 0,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.



En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por los árboles que se encuentran más cerca del apiario presentan menor °Brix, ácido cítrico y valores de pH más ácido (Tabla 35).

Tabla 35. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de aguacate variedad Santana.

Distancia de las colmenas	Ácido		Sólidos solubles (°Brix)	pH
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)		
Menos de 100 metros	1,0 ^b ± 0,3	0,3 ^a ± 0,3	5,3 ^b ± 0,9	6,6 ^a ± 0,7
Entre 100 a 200 metros	1,3 ^a ± 0,4	0,3 ^a ± 0,1	8,1 ^a ± 2,3	6,8 ^a ± 0,2
General	1,1 ± 0,2	0,3 ± 0,0	6,7 ± 1,9	6,7 ± 0,1

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.



Foto 14. Aguacate variedad Santana, de izquierda a derecha: frutos para su evaluación en laboratorio; rama con fruto resultado del proceso de polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*.

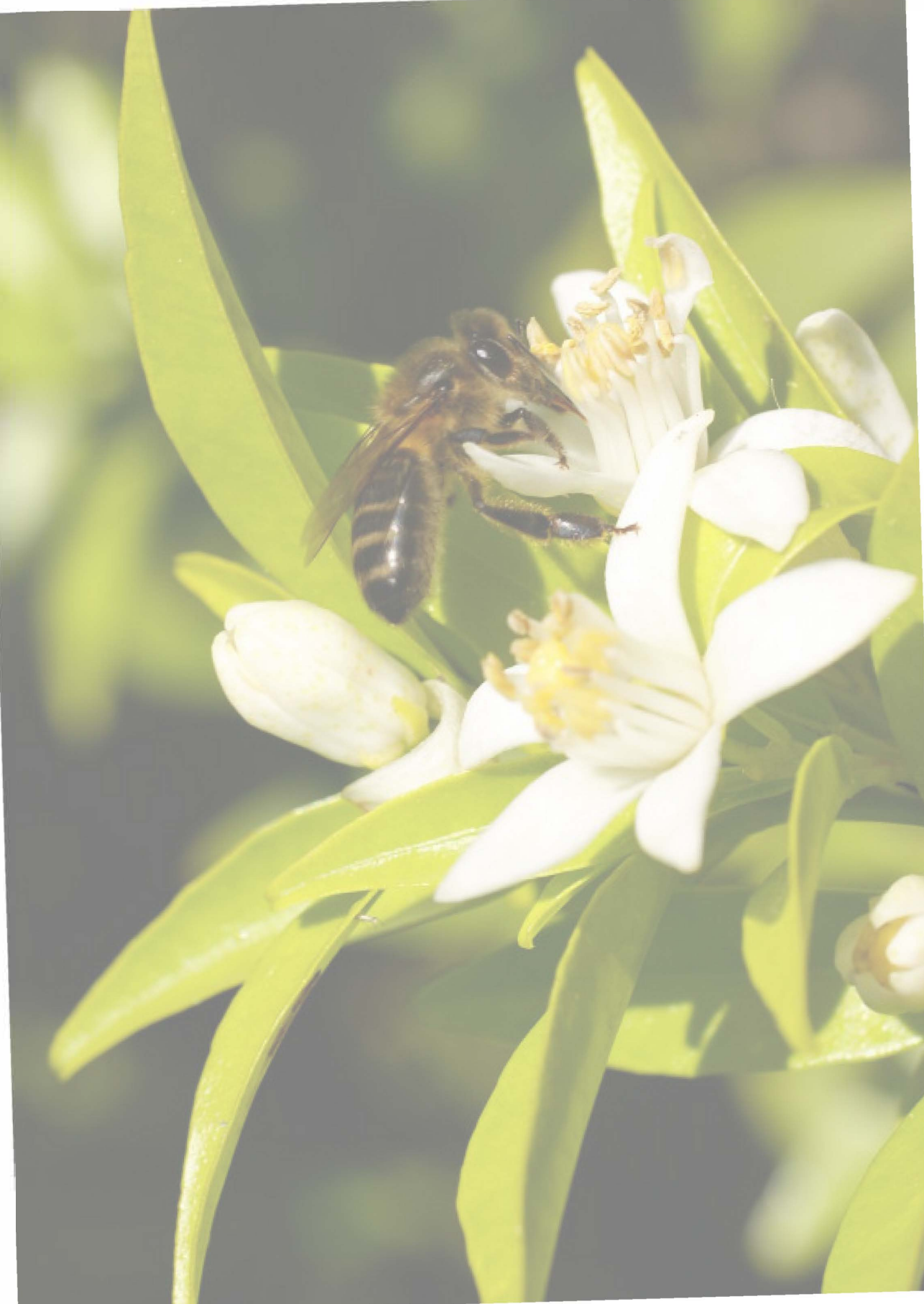


Foto 15. Evaluación de calidad física y química del fruto de aguacate, de izquierda a derecha: medida del pH con potenciómetro; medida de la resistencia de la cáscara con un texturómetro; frutos resultado del proceso de polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*.

4.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para la región en estudio y en especial para los cultivos de aguacate se observó una gran variedad de especies botánicas, fuentes de polen y/o néctar, las cuales favorecen el desarrollo apícola.
- En cuanto a los insectos polinizadores que visitan a la flor de aguacate, se estableció que las hormigas, abeja *Apis mellifera*, moscas, trigonas y avispas son las especies de mayor frecuencia.
- Para la densidad de colmenas por hectárea en los cultivos en estudio, se encontró que al contar con 3,2 colmenas de abejas se puede obtener un incremento en el número de aguacates por árbol entre un 21% a un 96%.
- Al evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos se observó para todas las variedades una disminución en el peso y °Brix al contar con apiarios de abejas a distancias menores de 100 metros del cultivo; lo anterior puede explicarse en el aumento en el número de cuajes debido a la mayor presencia de colmenas por hectárea.





CAPÍTULO 5.

INCIDENCIA DE LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* EN EL CULTIVO DE FRESA



Foto 16. Cultivo de fresa en la Sabana de Bogotá, D.C., se destaca la abeja *Apis mellifera* en proceso de colecta de alimento en flores de esta especie.

5.1 Generalidades

La producción mundial de fresa en el año 2000 alcanzó un volumen aproximado de 3 millones de toneladas, de las cuales el 95% se concentró en el hemisferio norte, a



pesar de que existen condiciones óptimas de producción en el sur. Estados Unidos y España, principales proveedores a nivel mundial, aportan cerca del 40% de la producción total y más de la mitad de las exportaciones mundiales (SIM, 2000).

También sobresalen, por sus altos volúmenes de producción, Japón, Corea, Polonia, México, Italia y Rusia, cuyas cantidades superan las cien mil toneladas anuales. América Latina, por su parte participa solo con el 6% de la producción mundial, destacándose México y Chile como los productores más importantes de la zona. El cultivo de fresa ha evolucionado hasta convertirse en uno de los que tienen mayores niveles de mejoramiento genético y en las labores culturales de producción, manejo poscosecha y comercialización.

La producción de fresa en Colombia se encuentra dominada por los cultivadores de la sabana de Bogotá donde están sembradas unas 560 hectáreas, con una producción anual de 10.175 toneladas, para un rendimiento promedio de 18,2 toneladas por hectárea. Boyacá con 35 hectáreas y una producción de 2.580 toneladas.

Las regiones en estudio se encuentran en los municipios de Sibaté, Soacha, Mosquera y la Localidad 19 de Bogotá (Ciudad Bolívar) en el departamento de Cundinamarca; las unidades cartográficas se describen a continuación:

Sibaté	<p>52MMVe - Paisaje montañoso, afectado en sectores por erosión hídrica de ligera a moderada, el clima es frío húmedo, los suelos son profundos y bien drenados, con texturas medias a finas y fertilidad moderada a baja.</p> <p>52MLKd - Paisaje montañoso, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial, el clima es frío húmedo, los suelos son profundos a moderadamente profundos, bien drenados con texturas medias a moderadamente gruesas y fertilidad baja a moderada.</p> <p>52MGSg - Relieve montañoso, clima muy frío y muy húmedo, suelos de superficiales a profundos, excesivamente drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas y fertilidad de moderada a baja.</p>
Soacha y Mosquera	<p>52MMKd - Relieve montañoso, afectado por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial, el clima es frío seco, suelos moderadamente profundos a muy superficiales, bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas y fertilidad de moderada a alta.</p> <p>52RLOa - Planicie de inundación, el clima es frío húmedo transicional seco, relieve ligeramente plano, suelos profundos a superficiales, bien a pobremente drenados, de texturas finas a medias y fertilidad moderada a baja.</p>
Localidad 19	<p>52MLCd - Paisaje montañoso, afectado en algunos sectores por erosión hídrica laminar ligera. El clima es frío húmedo, con suelos profundos a superficiales, bien drenados, texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas y fertilidad moderada.</p> <p>52MLVe - Relieve montañoso, afectado en sectores por erosión hídrica ligera y moderada, el clima es frío húmedo, los suelos van de profundos a superficiales, moderadamente drenados y fertilidad de moderada a alta.</p> <p>52MGFf - Zona montañosa espinosa, afectada en sectores por erosión hídrica laminar en grado ligero, el clima es frío húmedo, los suelos van de superficial a profundos, bien drenados, con texturas finas a moderadas y fertilidad baja.</p>

5.2 Calendario floral

Con los calendarios florales de las empresas productoras de fresa evaluadas se identificaron varias especies botánicas fuentes de néctar y/o polen (Tabla 36).

Tabla 36. Especies botánicas identificadas y su uso alimenticio para las abejas (néctar y/o polen)

Fuente	Especies botánicas
Néctar	<p>12,1% fueron catalogadas como 'malezas' entre las que se destacan la gualola (<i>Polygonum</i> spp.), diente de león (<i>Archicoria amarga</i>), lengua de vaca (<i>Verbesina punctata</i>) y chilco (<i>Sapium jamaicense</i>); con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>6,1% son fuentes forrajeras tales como el trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) y trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>) con floraciones durante todo el año.</p> <p>3,0% es clasificado por los productores como barbecho, el nabo forrajero (<i>Raphanus sativus</i>), con floración durante todo el año.</p> <p>3,0% son especies aromáticas como el romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p>
Polen	<p>15,2% son especies arbóreas destinadas a la conservación como el tuno esmeraldo (<i>Miconia squamulosa</i>), aliso (<i>Alnus glutinosa</i>), retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>), siete cueros (<i>Tibouchina lipedota</i>) y encenillo (<i>Weinmannia tomentosa</i>); con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>15,2% son especies forrajeras tales como la falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>), kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), raygrass (<i>Lolium multiflorum</i>) y acacia (<i>Acacia decurrens</i>); con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>15,2% se identificaron como 'malezas' tales como el pega pega (<i>Desmodium</i> spp.), escobilla (<i>Senecio inaequidens</i>), cerraja (<i>Sonchus oleraceus</i>), margarita (<i>Bellis perennis</i>) y amapola (<i>Papaver rhoeas</i>); con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>9,1% son especies vegetales para comercializar como el maíz (<i>Zea mays</i>), papa (<i>Solanum tuberosum</i>) y arveja (<i>Pisum sativum</i> L.), con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>3,0% son clasificados por los productores como barbecho, entre los que resalta el nabo amarillo (<i>Brassica napus</i>), con épocas de floración durante todo el año.</p> <p>3,0% son especies catalogadas como aromáticas como la caléndula (<i>Caléndula officinalis</i>), la cual presenta tres épocas de floración en el año.</p>
Néctar y polen	<p>9,1% son especies arbóreas tales como el eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>), gaque (<i>Clusia multiflora</i>) y abutilón (<i>Abutilon</i> spp.); especies con épocas de floración diferentes durante el año.</p> <p>3,0% son frutas para comercialización como la fresa (<i>Fragaria Vesca</i>), con época de floración durante todo el año.</p> <p>3,0% son especies forrajeras como el saúco (<i>Sambucus nigra</i>).</p>



Los insectos que frecuentan en mayor medida las flores de fresa son avispa, abeja *Apis Mellifera* y mosca, con un 28,8; 16,9 y 15,7% de frecuencia, respectivamente.

5.3 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre el número de cuajes

Las flores de la fresa se presentan en racimos que se dividen en brazos y se van denominando primarios, secundarios, terciarios y así sucesivamente, cada flor tiene de 5 a 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso; las flores primarias abren primero y dan normalmente frutos más grandes.

Las flores deben ser polinizadas para obtener frutos de buena calidad; no obstante en este cultivo existe autocompatibilidad y autopolinización, consiguiendo frutos de deficiente calidad y baja cantidad, Reyes y Cano (2000). Estos mismos autores ratifican que para obtener frutos de buena calidad es necesaria la polinización cruzada para estimular la metaxenia, que es el desarrollo elevado de los frutos en plantas autopolinizables; por lo anterior se recomienda el uso de las abejas para conseguir frutos de alta calidad.

Muñoz y Ayuso (2005) consideran otros factores a tener en cuenta en la polinización, como el viento y demás condiciones ambientales.

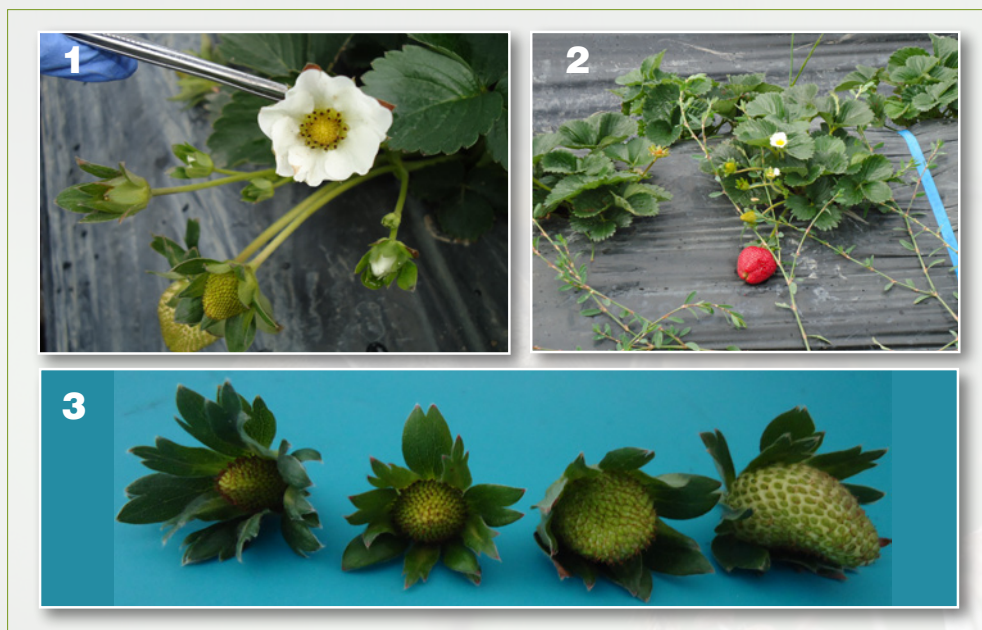


Foto 17. Estadios de la fresa: 1. Flor en estado receptivo para polinización, 2. Planta con diferentes estadios, 3. Diferentes estadios del fruto de fresa.

5.3.1 Municipio de Sibaté

A partir del análisis de los datos en esta región, se observó un efecto sobre el número de cuajes en las inflorescencias, con relación a la distancia del apiario, siendo mayor el número de cuajes en aquellos grupos ubicados en las plantas a menos de 100 metros de distancia del apiario, respecto a las ubicadas a más de 100 metros a los 15 y 30 días (Figura 8).

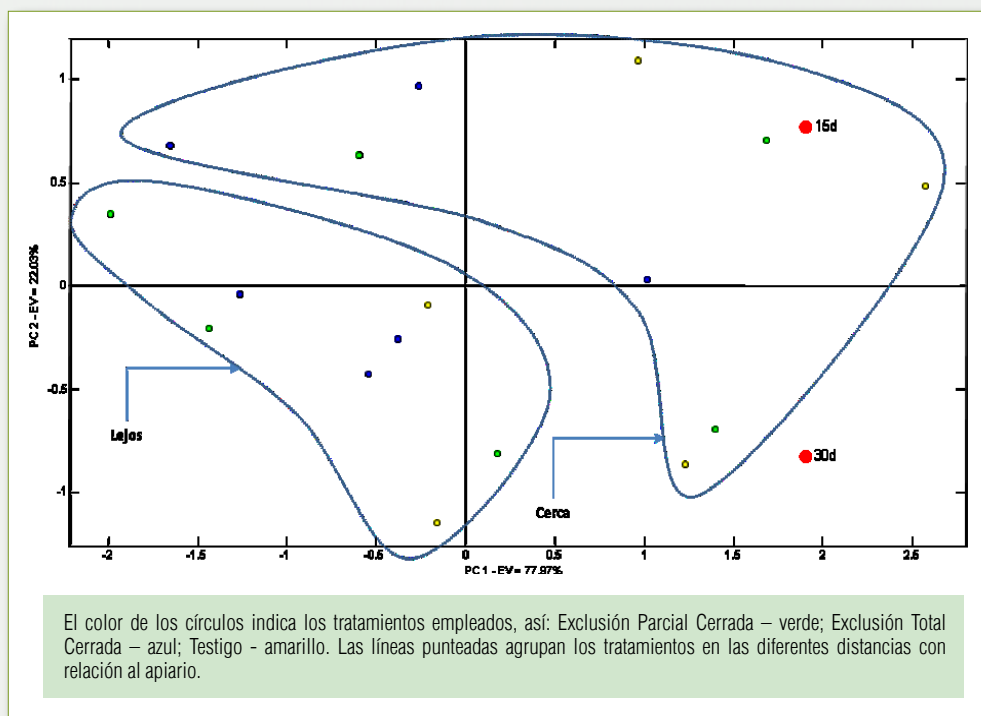


Figura 8. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de fresa para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario, Empresa Las Delicias - Sibaté (Cundinamarca).

Es así que el número de fresas aumentó a los 15 días en un 127,0% en las plantas localizadas cerca del apiario (menos de 100 metros) respecto a las más lejanas (distancias mayores de 100 metros) para el tratamiento testigo; así mismo, a los 30 días se encontró un aumento en las fresas del 23,3% (Tabla 37).

Se puede concluir que se obtendrán incrementos del 23,3% en el número de fresas al contar por lo menos con 5 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,14 hectáreas⁹, equivalentes a 1,6 colmenas por hectárea.

En otra empresa evaluada se observó un efecto sobre el número de cuajes en las inflorescencias respecto a la distancia del apiario (Figura 9).

9 Área (ha) = $((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$

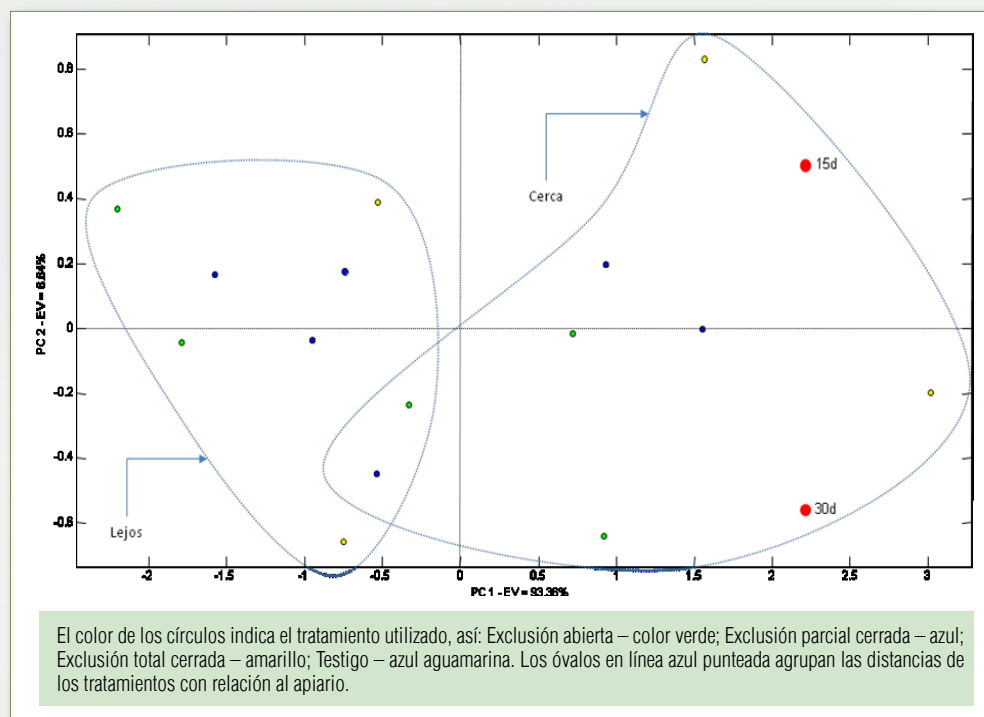


Tabla 37. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días	30 días
Cerca	Exclusión parcial cerrada	5	12,0 ^a ± 3,6	4,7 ^a ± 1,5
	Exclusión total cerrada	5	9,7 ^b ± 3,2	3,3 ^a ± 1,5
	Testigo	5	14,3 ^a ± 4,0	5,3 ^a ± 1,2
Promedio de 0 a 100 metros			12,0 ^a ± 3,7	4,4 ^a ± 1,5
Lejos	Exclusión parcial cerrada	5	5,0 ^a ± 1,7	3,3 ^a ± 1,5
	Exclusión total cerrada	5	6,0 ^a ± 1,0	3,7 ^a ± 0,6
	Testigo	5	6,3 ^a ± 1,5	4,3 ^a ± 0,6
Promedio de más de 101 metros			5,8 ^b ± 1,4	3,8 ^a ± 1,0
Promedio general			8,9 ± 4,2	4,1 ± 1,3

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Figura 9. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de fresa para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario, EcoFRESA - Sibaté (Cundinamarca).



Es así que el número de cuajes aumentó a los 30 días en un 62,8% en los tratamientos testigo ubicados a distancias menores de 100 metros, respecto a los tratamientos que se ubicaron a distancias superiores (Tabla 38).

Tabla 38. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días	30 días
Cerca	Exclusión parcial cerrada	5	10,0 ^a ± 1,0	6,3 ^a ± 0,6
	Exclusión total cerrada	5	9,7 ^a ± 3,2	6,0 ^a ± 1,0
	Testigo	5	13,0 ^a ± 2,6	7,0 ^a ± 1,7
Promedio menos de 100 metros			10,9 ^a ± 2,7	6,4 ^a ± 1,1
Lejos	Exclusión parcial cerrada	5	5,0 ^a ± 1,7	3,3 ^a ± 1,5
	Exclusión total cerrada	5	6,0 ^a ± 1,0	3,7 ^a ± 0,6
	Testigo	5	6,3 ^a ± 1,5	4,3 ^a ± 0,6
Promedio de más de 101 metros			5,8 ^b ± 1,4	3,8 ^b ± 1,0
Promedio general			8,3 ± 3,3	5,1 ± 1,7

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Se puede concluir que se obtendrán incrementos de por lo menos el 62,8% para esta empresa en el número de fresas, al contar por lo menos con 5 colmenas de abejas *Apis mellifera* en 3,14 hectáreas¹⁰ (1,6 colmenas por hectárea).

5.4 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la calidad física y química del fruto

En cuanto a la calidad del fruto de fresa, se logró establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto a su categoría; es así que aquellas plantas a menor distancia con respecto al apiario (menos de 100 metros) producen una mayor cantidad de frutos de la categoría extra y primera y menor cantidad de frutos de segunda (18,7; 48,2 y 33,1%, respectivamente), al ser comparados con los frutos producidos en aquellas plantas a más de 100 metros (16,9; 45,6 y 37,5%, respectivamente) (Tabla 39).

Tabla 39. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a la categoría del fruto de fresa, según la NTC-4103 (en porcentaje)

Distancia de las colmenas	Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)
Menos de 100 metros	18,7 ± 13,2	48,2 ± 16,4	33,1 ± 29,5
Entre 100 a 200 metros	16,9 ± 8,6	45,6 ± 7,3	37,5 ± 3,2

Así mismo se observó que aquellos frutos producidos por las plantas que se encuentran más cerca del apiario son más pesados (10,3 gr) y con un mayor diámetro (24,6 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias mayores de 100 metros (10,0 gr y 24,0 cm); estos frutos fueron clasificados según la

10 Área (ha) = $((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$



NTC-4103 bajo el calibre D y se encontraron resistencias al corte similares (Tabla 40).

Tabla 40. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al diámetro y al peso del fruto de fresa

Abejas	Diámetro (mm)	Peso (g)	Resistencia al corte (kgF)	Calibre (NTC-4103)
Menos de 100 metros	24,6 ^a ± 5,8	10,3 ^a ± 6,0	1,4 ^a ± 0,4	D
Entre 100 a 200 metros	24,0 ^b ± 5,8	10,0 ^b ± 5,8	1,2 ^b ± 0,5	D
General	24,3 ± 0,4	10,1 ± 0,2	1,3 ± 0,4	D

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por las plantas que se encuentran más cerca del apiario contienen una mayor concentración de ácido málico y ascórbico y un valor de pH menos ácido, al ser comparados con los frutos producidos por plantas a más de 100 metros de distancia del apiario (Tabla 41).

Tabla 41. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de fresa

Distancia de las colmenas	Ácidos			pH	Sólidos solubles (°Brix)
	Cítrico (gr/L)	Málico (gr/L)	Ascórbico (mg/L)		
Menos de 100 metros	6,2 ^b ± 1,5	4,4 ^a ± 1,2	206,1 ^a ± 175,5	8,0 ^a ± 1,3	3,6 ^a ± 0,2
Entre 100 a 200 metros	6,7 ^a ± 1,4	4,0 ^a ± 1,7	101,4 ^b ± 144,0	7,6 ^b ± 1,0	3,6 ^a ± 0,1
General	6,5 ± 0,4	4,2 ± 0,3	153,7 ± 74,0	7,8 ± 0,3	3,6 ± 0,0

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

5.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para la región en estudio y en especial para los cultivos de fresa, se observó una gran variedad de especies botánicas, como fuentes de polen.
- En cuanto a los insectos polinizadores que visitan a la flor de fresa, se estableció que la avispa, la abeja *Apis mellifera* y moscas son las especies de mayor frecuencia.
- Para la densidad de colmenas por hectárea en los cultivos en estudio, se encontró que al contar con 1,6 colmenas de abejas se puede obtener un incremento en el número de fresas por mata de entre un 40% a un 68%; estudios desarrollados por Vásquez y col. (2006) indican incrementos en la producción del 61,1%.

- Al evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos se observó un incremento en el porcentaje de frutos clasificados como extra y primera, en las plantas que se encuentran más cerca del apiario, además tienen un mayor peso, diámetro y resistencia, respecto a los frutos producidos por las plantas más lejanas del apiario.

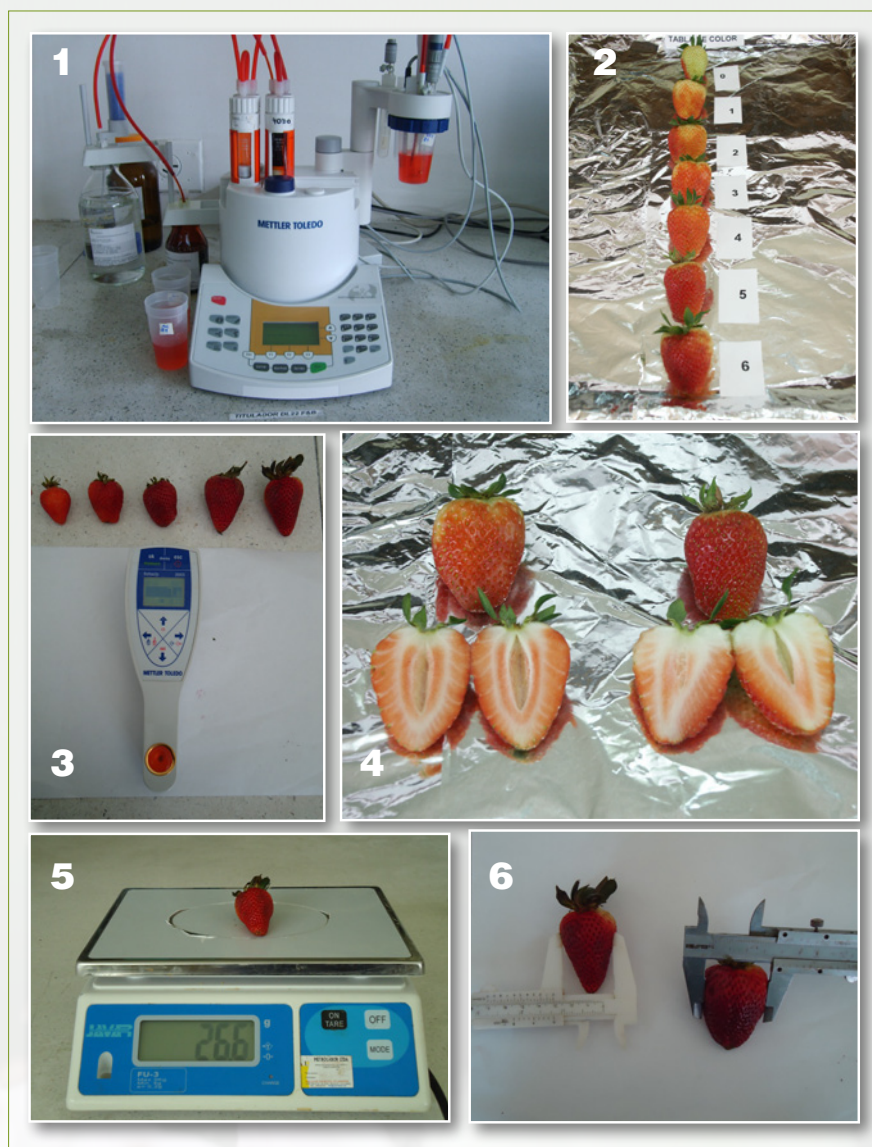
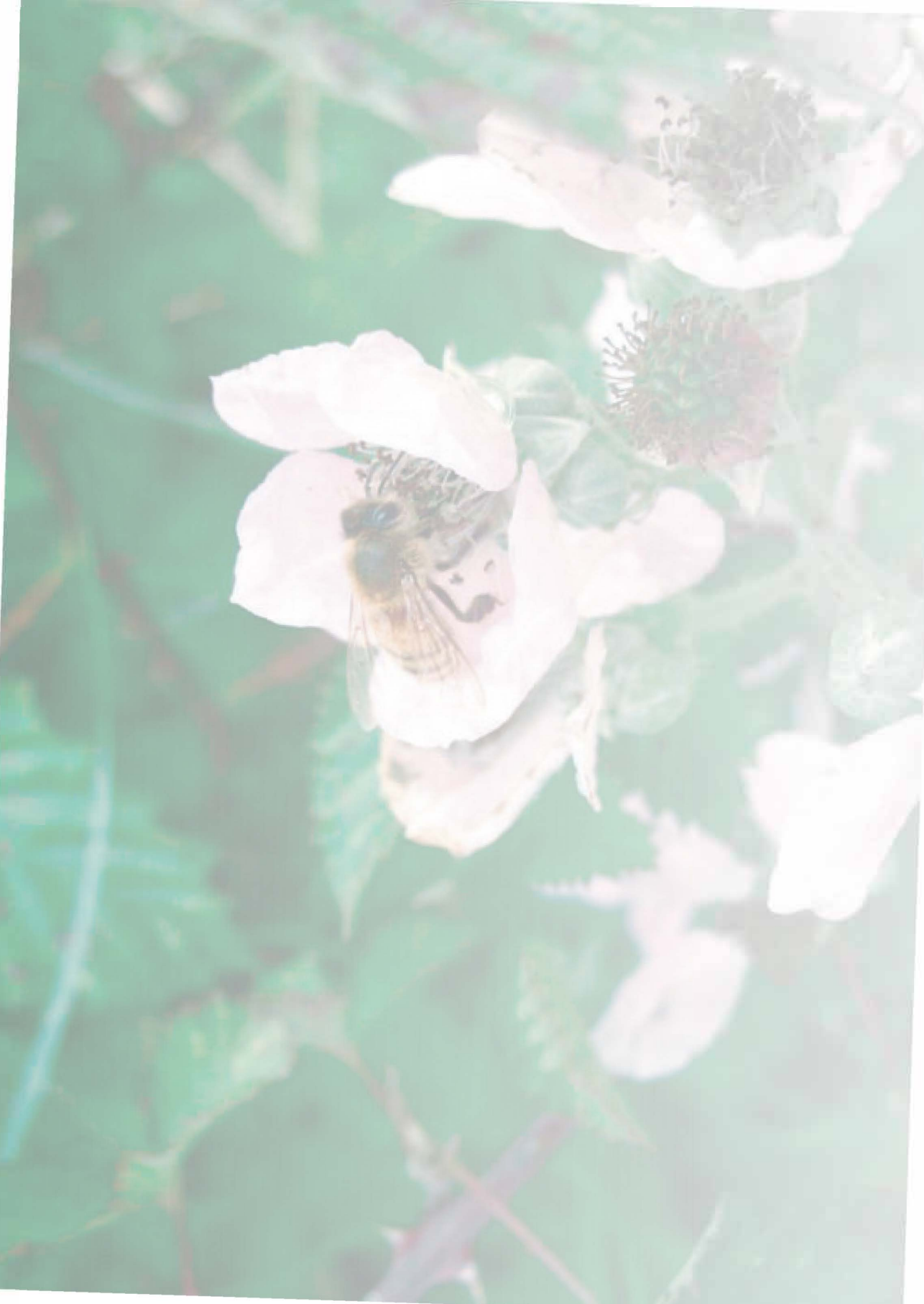


Foto 18. Evaluación de calidad física y química del fruto de fresa: 1. Titulador DL22 para determinar ácidos orgánicos y azúcares, 2. Clasificación por color del fruto, 3. Refractómetro para determinación de grados Brix, 4. Vista interna de frutos de fresa en diferentes estados de maduración; 5. Balanza para determinar el peso del fruto; 6. Pie de rey para determinar el calibre del fruto.





CAPÍTULO 6.

INCIDENCIA DE LA POLINIZACIÓN DIRIGIDA CON ABEJAS *APIS MELLIFERA* EN EL CULTIVO DE MORA

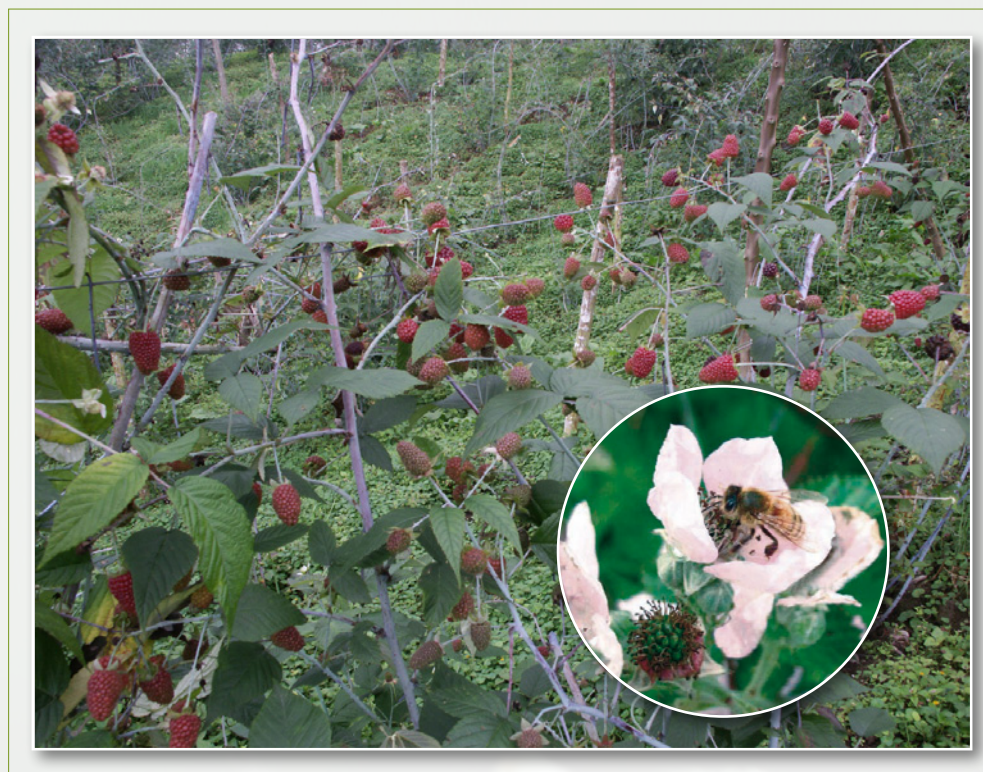


Foto 19. Cultivo de mora en la vereda El Triunfo, municipio de Icononzo (Tolima), se destaca la abeja *Apis mellifera* en proceso de colecta de alimento en flores de esta especie.

6.1 Generalidades

Según información del CCI (2007) la mora de Castilla es una fruta que se cultiva primordialmente en las regiones frías, en zonas con altitud de 1.800 a 2.500 msnm; de las seis categorías de mora, la mora de Castilla es la especie



de mayor importancia comercial y la más cultivada en el país. En el 2006 los cultivos de mora se concentraron en los departamentos de Cundinamarca, Santander y Norte de Santander, los cuales participaron con el 42%, 14% y 12% de la producción nacional, respectivamente; y para el año 2008 fueron en su orden Cundinamarca (36,8%), Santander (15,14%), Antioquia (14,06%), Huila (9,12%) entre otros.

El consumo per cápita es de 1,1 kg en fresco y 0,09 en procesado y con una producción promedio entre 7,5 y 9,0 toneladas por hectárea.

La producción de mora en Colombia ha mostrado un destacado desempeño durante los últimos 15 años, evidenciando un crecimiento anual promedio de 8,2% entre 1993 con 3.482 hectáreas y una producción de 25.878 para el año 2008 con 10.743 hectáreas periodo en el que la producción pasó a 93.094 toneladas.

Las zonas en estudio se encuentran ubicadas en la vereda El Triunfo del municipio de Icononzo (Tolima) y en la inspección La Victoria del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca); a continuación se describen las unidades cartográficas identificadas para estas zonas.

El Triunfo	<p>37MQMe1p – Ubicado en las montañas orientales del Tolima, presenta un relieve de lomas originarias de arcillolitas con areniscas, el clima es medio húmedo y muy húmedo, en general el suelo es moderadamente profundo y superficial, bien drenado de texturas finas y gruesas, fuertemente ácido y de fertilidad baja.</p>
La Victoria	<p>52MLFf - Relieve de montaña espinoso proveniente de rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica, afectados en sectores por erosión hídrica laminar en grado ligero, el clima es frío húmedo, con suelos superficiales a profundos, bien drenados, con texturas finas a moderadamente finas y de baja fertilidad.</p> <p>52MLKdp - Relieve montañoso, originario de mantos de ceniza volcánicas sobre depósitos clásticos gravigénicos, el suelo va desde ligera a moderadamente quebrado, afectado por erosión hídrica, laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial; el clima es frío húmedo, suelos profundos a moderadamente profundos, bien drenados con texturas medias a moderadamente gruesas y fertilidad baja a moderada.</p>

6.2 Calendario floral

Con los calendarios florales de las empresas productoras de mora evaluadas se identificaron varias especies botánicas fuentes de néctar y/o polen (Tabla 42).

Los insectos que frecuentan en mayor medida las flores de mora son la abeja *Apis Mellifera*, abejorro, avispa y trigonas, con un 31,9; 19,5; 17,7 y 14,2% de frecuencia, respectivamente.

Tabla 42. Especies botánicas identificadas y su uso alimenticio para las abejas (néctar y/o polen)

Fuente	Especies botánicas
Néctar	<p>11,8% son especies frutales para comercializar tales como el tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>), café (<i>Coffea arabica</i> L.) y naranjo (<i>Citrus sinensis</i> L.); especies con diferentes épocas de floración durante el año.</p> <p>11,8% de las especies se identificaron como ‘malezas’, entre las que se destacan el mortiño (<i>Miconia theasans</i>), romaza (<i>Rumex patientia</i>) y chilco (<i>Sapium jamaicense</i>); especies con épocas de floración constante durante el año.</p> <p>8,8% son especies que se destinan para el consumo en la empresa tales como el plátano (<i>Musa paradisiaca</i>), guatila (<i>Schium edule</i>) y limón agrio (<i>Citrus limon</i>), con épocas de floración constante durante el año.</p> <p>2,9% son especies arbóreas entre las cuales se tiene punta de lanza (<i>Epidendrum leucochilum</i>), con época de floración en el mes de febrero.</p>
Polen	<p>23,5% son catalogadas como ‘malezas’ teniendo como ejemplos el escobo (<i>Sida acuta</i>), oreja de ratón (<i>Dichondra repens</i>), hierba de chivo (<i>Ageratum microcapum</i>), bella Lucía (<i>Commelina difusa</i>), tote (<i>Rhynchospora nervosa</i> Vahl), diente de león (<i>Taraxacum officinale</i>), yuyo quemado (<i>Brassica rapa</i>) y pega pega (<i>Desmodium</i> spp.), con épocas de floración diferentes para cada especie.</p> <p>11,8% de las especies son árboles tales como el balso (<i>Ochoroma pyramidale</i>), draguillo (<i>Croton</i> spp.), chirriador (<i>Muntingia calabura</i> L.) y trompetero (<i>Brugmansia arborea</i>), con épocas de floración diferentes para cada especie.</p> <p>11,6% de cultivos para comercializar como el lulo (<i>Solanum quitoense</i> lam), arveja (<i>Pisum sativum</i> L.), habichuela (<i>Phaseolus comunis</i>) y cebolla larga (<i>Allium cepa</i> L.), con épocas de floración diferentes para cada especie.</p> <p>5,9% son arbustos entre los que se destaca el arboloco (<i>Montanoa ovatifolia</i>) y tuno (<i>Miconia squamulosa</i>), con épocas de floración diferentes para cada especie.</p>
Néctar y polen	<p>2,9% son frutales para comercialización como la mora de Castilla (<i>Rubus glaucus</i>), en época de floración entre los meses de enero, marzo a julio, octubre a diciembre, lo cual es una floración media y durante los meses de febrero, agosto a septiembre, lo cual es la mayor floración.</p> <p>2,9% de las especies son dedicadas para el consumo en la empresa tales como el balú (<i>Erythrina edulis</i>), con épocas de floración constante durante el año.</p> <p>2,9% son árboles tales como el eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>), con dos épocas de floración en el año.</p> <p>2,9% son especies forrajeras identificando para este grupo el botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>), con época de floración constante durante el año.</p> <p>2,9% son catalogadas como ‘malezas’ de las que se destacan chipaca (<i>Bidens pilosa</i> L.), con dos épocas de floración en el año.</p>

6.3 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre el número de cuajes

La mora de Castilla es parcialmente autoestéril y requiere de la polinización entomófila para producir más y mejores semillas, Botero, 1995. Acoabastos 2001 recomienda tener abejas cerca al cultivo, ya que esto permite tener un equilibrio poblacional de los insectos benéficos, siendo afectada su producción por factores medioambientales.



Monteiro (2004) afirma que un cultivo puede obtener un rendimiento de 18 toneladas por hectárea año, con un periodo de vida de unos 8 a 10 años, manejando de 6 a 8 ramas productivas; el peso del fruto va de 3,0 a 5,0 gramos, con un número de semillas de 100 a 120 y Casaca (2005) indica que una planta puede llegar a tener hasta 3.600 frutos.

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2001), los rendimientos por hectárea bajo las condiciones de producción en Colombia varían ampliamente de 6 a 16 toneladas, para un promedio nacional de 11 toneladas por hectárea.

Si se establecen 2.500 plantas por hectárea, de los 18 meses en adelante y según los cuidados que se le proporcionen al cultivo, se pueden alcanzar producciones de 14 a 16 toneladas por hectárea en un año productivo.



Foto 20. Diferentes estadios de la flor (izquierda) y del fruto de mora (derecha).

6.3.1 Icononzo Tolima

A partir del análisis de los datos en esta región, se observa un efecto sobre el número de cuajes en las inflorescencias, con respecto a la distancia del apiario; siendo mayor el número de cuajes en aquellos grupos ubicados en las plantas a menos de 100 metros de distancia del apiario, respecto a las plantas ubicadas a más de 100 metros a los 15 días (Figura 10).

Es así que el número de moras aumentó a los 30 días en un 110,0% en las plantas localizadas cerca del apiario (menos de 100 metros) respecto a las más lejanas (distancias mayores de 100 metros) para el tratamiento testigo (Tabla 43).

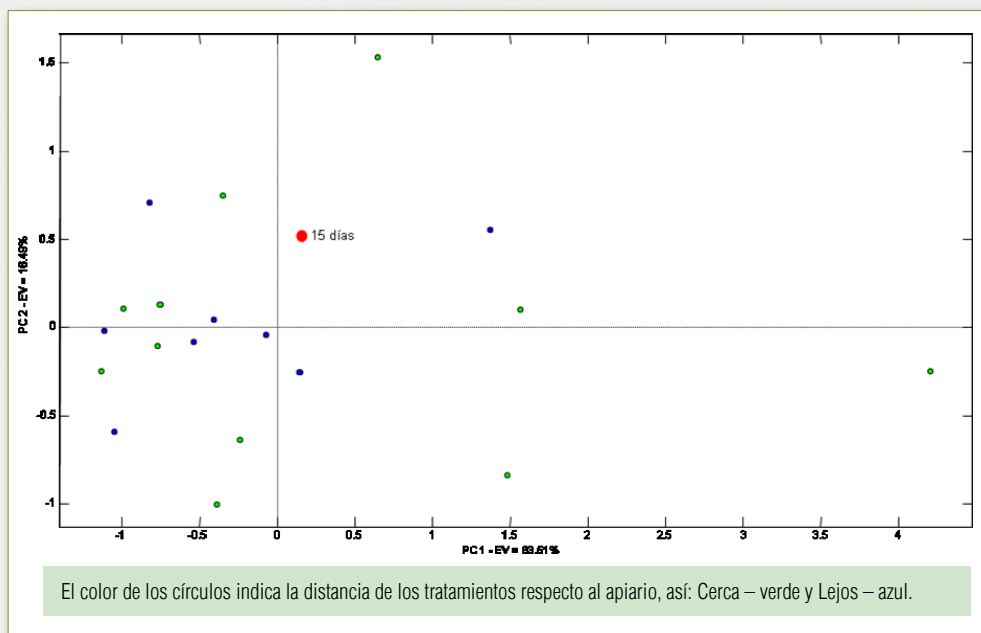


Figura 10. Distribución de la varianza en los cuajes del cultivo de mora para cada uno de los tratamientos evaluados a diferentes distancias del apiario; empresa 20 de julio, lote 6, Icononzo (Tolima).

Tabla 43. Número de cuajes obtenidos en cada tratamiento a diferentes distancias del apiario

Distancia	Tratamiento	n	15 días	30 días
Cerca	Exclusión parcial cerrada	5	14,7 ^a ± 2,6	2,3 ^a ± 1,0
	Exclusión total cerrada	5	14,7 ^b ± 8,0	5,3 ^b ± 2,9
	Testigo	5	15,8 ^a ± 9,9	10,5 ^c ± 7,4
Promedio de 0 a 100 metros			15,3 ^a ± 8,0	7,2 ^a ± 6,4
Lejos	Exclusión parcial cerrada	5	12,0 ^a ± 0,0	2,0 ^a ± 2,3
	Exclusión total cerrada	5	15,0 ^a ± 3,5	3,5 ^a ± 1,7
	Testigo	5	11,5 ^a ± 3,9	5,0 ^a ± 1,9
Promedio de más de 101 metros			12,5 ^a ± 3,4	3,9 ^a ± 2,2
Promedio general			14,2 ± 6,6	5,9 ± 5,3

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos para cada distancia y entre distancias.

Se puede concluir que se obtendrán incrementos para este cultivo en por lo menos un 110,0% en el número de moras, al contar con 5 colmenas de abejas *Apis mellifera* en cada 3,14 hectáreas¹¹, equivalente a 1,6 colmenas por cada hectárea.

11 Área (ha) = $((100 \text{ metros de radio})^2 \times \pi) / 10.000 \text{ metros} = 3,14 \text{ ha}$



6.4 Efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera* sobre la calidad física y química del fruto

En cuanto a la calidad del fruto de mora, se logró establecer que existe un efecto de la distancia de las colmenas respecto a su categoría; es así que aquellas plantas a menor distancia respecto al apiario (menos de 100 metros) producen una mayor cantidad de frutos de la categoría extra y primera y menor cantidad de frutos de segunda (18,3; 37,0 y 44,7%, respectivamente), al ser comparados con los frutos producidos en aquellas a más de 100 metros (16,2; 31,3 y 52,5%, respectivamente) (Tabla 44).

Tabla 44. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a la categoría del fruto de mora, según la NTC-4106 (en porcentaje).

Distancia de las colmenas	Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)
Menos de 100 metros	18,3 ± 8,8	37,0 ± 13,9	44,7 ± 18,5
Entre 100 a 200 metros	16,2 ± 11,7	31,3 ± 5,7	52,5 ± 9,0

Así mismo, se observó que aquellos frutos producidos por las plantas que se encuentran más cerca del apiario son más pesados (5,2 g) y con un mayor diámetro (14,9 cm) respecto a aquellos que se encuentran a distancias mayores de 100 metros (4,7 g y 14,1 cm); los frutos fueron clasificados en el calibre D según la NTC-4106 (Tabla 45).

Tabla 45. Efecto de la distancia de las colmenas respecto al diámetro y al peso del fruto de mora.

Abejas	Diámetro (cm)	Peso (g)	Calibre (NTC-4106)
Menos de 100 metros	14,9 ^a ± 2,9	5,2 ^a ± 1,4	D
Entre 100 a 200 metros	14,1 ^b ± 2,8	4,7 ^b ± 1,7	D
General	14,5 ± 0,6	5,0 ± 0,4	D

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

En cuanto a las características químicas evaluadas, se observó que aquellos frutos producidos por las plantas que se encuentran más cerca del apiario contienen una mayor concentración de ácidos cítrico, málico, ascórbico y un mayor porcentaje de °Brix, al ser comparados con los frutos producidos por plantas a más de 100 metros de distancia del apiario (Tabla 46).

Tabla 46. Efecto de la distancia de las colmenas respecto a las variables químicas evaluadas en los frutos de mora.

Distancia de las colmenas	Ácidos			pH	Sólidos solubles (°Brix)
	Cítrico (g/L)	Málico (g/L)	Ascórbico (mg/L)		
Menos de 100 metros	23,8 ^a ± 4,1	8,8 ^a ± 1,9	63,6 ^a ± 26,3	6,1 ^a ± 0,9	2,9 ^a ± 0,1
Entre 100 a 200 metros	23,1 ^b ± 6,7	8,3 ^b ± 1,9	47,5 ^b ± 33,7	6,1 ^a ± 1,2	2,8 ^b ± 0,2
General	24,0 ± 1,2	8,6 ± 0,4	47,0 ± 0,8	6,2 ± 0,1	2,8 ± 0,0

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada distancia.

Según Barrero (2009) la mora en Colombia presenta valores de 2,92 a 3,42 en porcentaje de acidez.

6.5 Conclusiones y recomendaciones

- Para la región en estudio y en especial para los cultivos de mora se observó una gran variedad de especies botánicas.
- En cuanto a los insectos polinizadores que visitan a la flor de mora se estableció que la abeja *Apis mellifera*, abejorros, avispa y trigonas son las especies de mayor frecuencia.
- Para la densidad de colmenas por hectárea en los cultivos en estudio se encontró que al contar con 1,6 colmenas de abejas se puede obtener incrementos en el número de moras por mata de un 41,9%; estudios desarrollados por Vásquez y col. (2006) indican un incremento en la producción del 98,9%.
- Al evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos se observó un incremento en el porcentaje de frutos clasificados como extra y primera, en las plantas que se encuentran más cerca del apiario, además tienen un mayor peso, diámetro y resistencia, respecto a los frutos producidos por las plantas más lejanas del apiario.

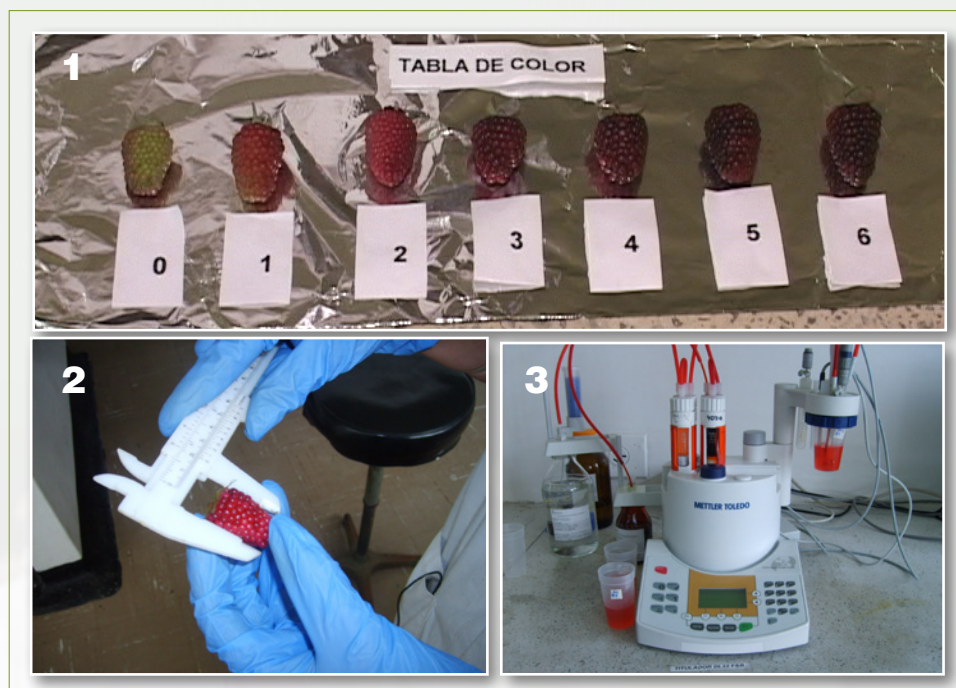


Foto 21. Evaluación de calidad física y química del fruto de mora: 1. Clasificación por color del fruto, 2. Pie de rey para determinar el calibre del fruto, 3. Titulador DL22 para determinar ácidos orgánicos y azúcares.





CAPÍTULO 7. METODOLOGÍAS DE PUNTA PARA EL DESARROLLO DE LA APICULTURA EN COLOMBIA

7.1 Caracterización de aromas de las flores atrayentes de las abejas *Apis mellifera*

La caracterización del perfil aromático de las flores se convierte en una estrategia con miras al desarrollo de sustancias atrayentes de los insectos polinizadores y así aumentar su número en aquellas épocas en donde la floración es abundante.

En la industria agroalimentaria se está utilizando la técnica de nariz electrónica la cual permite analizar, reconocer e identificar niveles muy bajos de sustancias químicas volátiles, utilizando un arreglo de sensores electroquímicos los cuales crean una huella única digital de la muestra, haciendo posible el control de calidad,

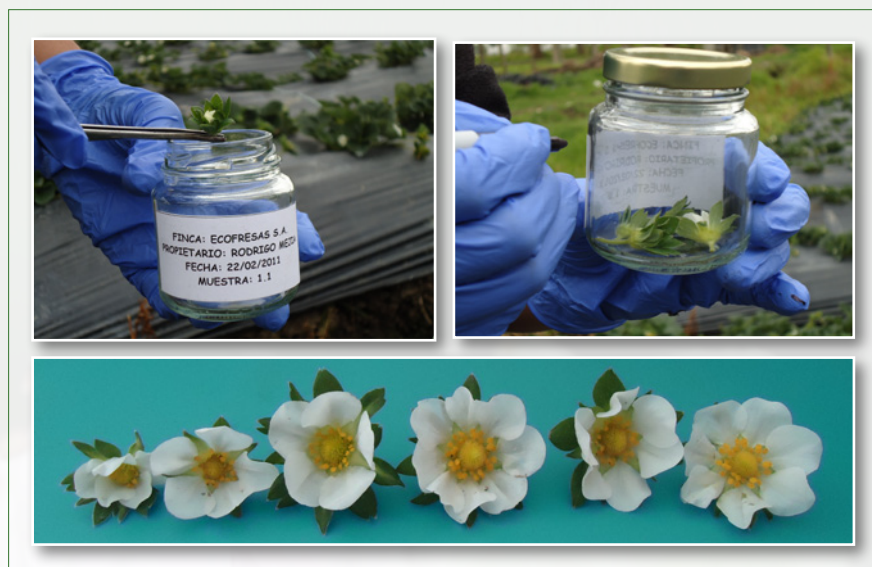


Foto 22. (Arriba) Proceso de colecta de flores de fresa en un cultivo en la sabana de Bogotá, D.C. (Abajo) Estadios de la flor de fresa tomados para determinar su perfil aromático.



el desarrollo de productos, la caracterización, la clasificación y diferenciación, por estado fenológico, estado de madurez, evaluación del tiempo de vida útil de un alimento y como herramienta de control para identificar problemas que amenazan la comercialización, tales como la falsificación y la adulteración.

En el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA, de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, mediante esta técnica se identificaron a partir del perfil aromático, los grupos químicos que más se expresan en muestras de flores, las cuales se encontraban en estado 2 (flor dispuesta para polinización, en donde los estaminodios, de color amarillo, comienzan a segregar néctar), para cada uno de los cultivos involucrados en el estudio; los compuestos más representativos fueron los hidrocarburos de cadena corta y los alcoholes (Tabla 47).

Tabla 47. Grupos químicos identificados en muestras de flores para cada uno de los cultivos en estudio

Grupo	Fresa	Mora	Mango	Naranja	Aguacate
Hidrocarburos de cadena corta	X	X	X	X	X
Alcoholes	X	X	X	X	X
Compuestos azufrados y clorados	X	X	X		X
Compuestos aromáticos	X	X			
Compuestos aromáticos y alifáticos	X	X			
Compuestos azufrados	X	X			
Principalmente hidrógeno			X		

A partir de esta información se realizó la identificación de los compuestos volátiles y su cantidad relativa en las muestras de flores de los cultivos en estudio, los cuales se encontraban en estado 2, este análisis se desarrolló en el Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Industrial de Santander, UIS, mediante cromatografía y espectrofotometría de masas. Compuestos químicos propios para la floración de cada cultivo en estudio se presentan en la Tabla 48.

Tabla 48. Compuestos químicos identificados comunes a las muestras de flores en los cultivos en estudio

Aguacate	1,8-Cineol, 3-Metilbutanal, Acetato de etilo, Dodecano, Fenilacetoniitrilo, Germacreno D, Heneicosano, Heptadecano, Hexanal, Hexanol, Linolenato de etilo, Nonadecano, Nonanoato de etilo, Óxido de trans-linalool, α -Humuleno, α -Terpineol y β -Pinoeno.
Fresa	Acetato de 3-Hexenilo, Alcohol bencílico, Compuesto oxigenado, Dodecanoato de etilo, Isoeugenol y Mirtenol.
Mango	2,6-di-tertbutil-r-cresol, 2,6-Nonadienal, 2-Nonenal, a-Copaeno, a-Gurjuneno, a-Humuleno, a-Selineno, a-Terpineno, a-Terpineol, b-Felandreno, Canfeno, d-3-Careno, d-Cadineno, Etanol 1,5, g-Gurjuneno, g-Terpineno, Ledol, Octanoato de etilo, Oleato de etilo + Linolenato de etilo, Palustrol, r-Cimen-8-ol, r-Cimeno, β -Mirceeno, β -Pinoeno, Terpinoleno, trans-Nerolidol, Veratrol y Viridifloreno.
Mora	2-Heptanol y 2-Heptanona

Los compuestos comunes a los cultivos en estudio fueron: el benzaldehído, el hexadecanoato de etilo y el linalool.

7.2 Identificación del origen botánico de la miel y el polen colectados por las abejas *Apis mellifera*

La identificación del origen botánico de la miel y el polen colectados por las abejas *Apis mellifera*, lo que se denomina palinología, permite determinar la flora que es visitada con mayor frecuencia por este insecto y su distancia de vuelo.

La palinología se basa en el análisis de la morfología de la pared externa (exina) de los granos de polen que presenta patrones estructurales diferentes a nivel de su simetría, aperturas en las paredes, contorno, forma, tamaño, entre otros; así se distinguen los taxones a distintos niveles (familia, géneros y especies) los cuales se clasifican según su color y se agrupan por accesiones en álbumes palinológicos.

Para la identificación de los palinomorfos se toma inicialmente polen de las anteras de la flor, el cual es montado en láminas para su identificación con ayuda de un microscopio; posteriormente es tomado polen del interior de las colmenas para su identificación. Dicha identificación, acompañada con los calendarios florales, permite determinar la finalidad (miel y/o polen) y épocas de producción de las zonas en las que se desarrollan las abejas, además de identificar posibles especies vegetales que compitan con los cultivos a polinizar por un mayor ofrecimiento de néctar y/o polen de mejor calidad.



Foto 23. Granos de polen secos previos al proceso de identificación palinomórfica. Se destacan los palinomórfos de los cultivos en evaluación, así: A – Aguacate (*Persea americana*), B – Fresa (*Fragaria* sp), C – Mango (*Mangifera indica*), D – Mora (*Rubus glaucus*) y E – Naranja (*Citrus sinensis*).



7.3 Desarrollo de un prototipo de sistema portátil de monitoreo de la actividad polinizadora de la abeja *Apis mellifera*

Se desarrolló un prototipo para determinar la frecuencia de entrada de la abeja *Apis mellifera* en las colmenas instaladas en los cultivos en estudio y cómo se ve afectada esta actividad por factores medioambientales tales como humedad relativa, radiación solar, precipitación, velocidad del viento, temperatura y presión atmosférica, entre otros, este equipo llamado APIDÓMETRO, consta de un lector infrarrojo para cuantificar el número de abejas que entran a la colmena y dos sensores que se ubican en el interior de la colonia, los cuales miden la humedad relativa y la temperatura del nido. El APIDÓMETRO fue adaptado a una trampa de polen con el fin de determinar el flujo y el tipo de polen que es recolectado por las abejas (Figura 11).



Figura 11. Sistema de monitoreo de la actividad polinizadora

Los resultados obtenidos por el equipo indican una correlación positiva sobre el número de abejas que se encuentran en proceso de pecoreo y las variables temperatura interna, entrada de polen, temperatura externa, humedad relativa externa y velocidad del viento; por otra parte, las variables humedad relativa interna y el factor lluvia influyen negativamente la entrada de abejas y por lo tanto afectan el proceso de pecoreo (Figura 12).

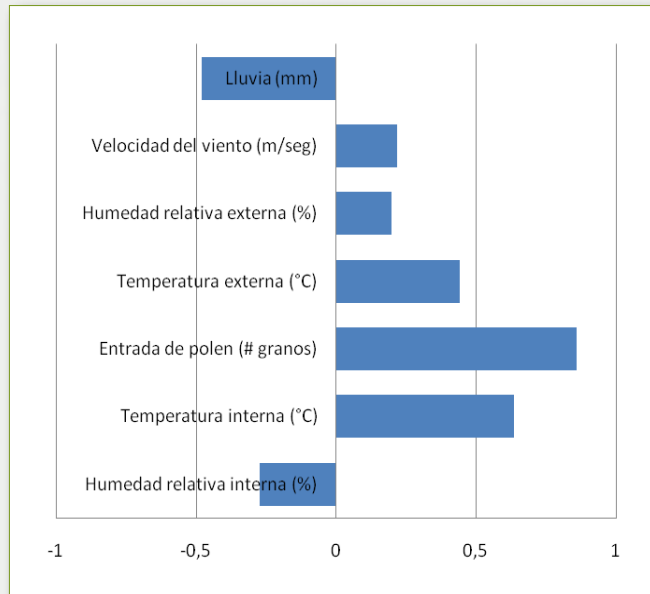


Figura 12. Correlaciones de las variables evaluadas respecto al número de abejas en proceso de pecoreo

Por lo anterior, la ecuación de predicción para el flujo de abejas que se encuentra colectando néctar y/o polen en el proceso de polinización es la siguiente (R^2 0,8482):

$$\begin{aligned} \text{Entrada de abejas} &= 1,88,5 - 15,3 \times \text{HRi} + 39,1 \times \text{Ti} + 0,6 \times \text{Ep} - 31,2 \\ (\# \text{ de individuos}) &= \times \text{Te} - 10,0 \times \text{HRe} - 4,1 \times \text{Vv} - 39,9 \times \text{P}. \end{aligned}$$

En donde:

HRi: Humedad relativa interna (%)	HRe: Humedad relativa externa (%)
Ti: Temperatura interna (°C)	Vv: Velocidad del viento (m/seg)
Ep: Entrada de polen (#de granos)	P: Precipitación (mm)
Te: Temperatura externa (°C)	

7.4 Comportamiento de la biomasa durante el desarrollo de núcleos

Para la evaluación de los factores que afectan el desarrollo de los núcleos, fueron mapeados diez núcleos, cinco veces durante 286 días, con el fin de determinar el área que era destinada a miel, polen y cría. Con esta información se desarrolló un modelo de predicción para el área de cría abierta con respecto al comportamiento de las variables miel abierta, miel operculada, polen y área vacía, ya que la cantidad de cría abierta es un indicador del desarrollo de la colmena (Tabla 49).



Tabla 49. Promedios obtenidos de la evolución de núcleos (en cm²)

Edad (días)	MA	MO	PO	CA	CO	VA	SC
60	1.597,5 ^b	430,2 ^{bc}	621,0 ^{bc}	1.809,9 ^b	1.213,2 ^b	1.803,6 ^b	7.644,6 ^a
98	1.236,6 ^b	40,5 ^c	907,2 ^{ab}	2.210,4 ^a	2.565,0 ^a	5.287,5 ^a	3.553,2 ^b
134	4.092,3 ^a	406,8 ^{bc}	467,1 ^c	649,8 ^d	1.465,2 ^b	4.459,5 ^a	3.088,8 ^{bc}
232	1.897,2 ^b	868,5 ^b	1.182,6 ^a	1.121,4 ^c	2.173,5 ^a	4.360,5 ^a	2.619,9 ^{bc}
286	1.678,0 ^b	1.933,0 ^a	1.171,0 ^a	914,0 ^{cd}	2.145,0 ^a	3.901,0 ^a	2.016,0 ^c

MA: Miel sin opercular; MO: Miel operculada; PO: Polen; CA: Cría abierta; CO: Cría operculada; VA: Vacío; SC: Sin construir. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para cada variable respecto al tiempo.

Los coeficientes de correlación parciales obtenidos indican que la variable independiente POLEN tiene una dependencia positiva del 45,51% con respecto a la variable dependiente CRÍA ABIERTA, mientras que para la variable independiente MIEL ABIERTA tiene una dependencia negativa del -56,72% y MIEL OPERCULADA una dependencia positiva del 3,70% y una tendencia positiva para la EDAD con un 20,39%. Esto concuerda con lo reportado por Infante (1999) quien indicó que el efecto que tiene la cría en el interior de la colmena, es un aumento de la necesidad de las abejas pecoreadoras en traer más polen, mientras que otros productos como la miel no son factores determinantes en el proceso de mantenimiento de la cría.

El modelo obtenido fue el siguiente:

$$\text{CRÍA ABIERTA} = 1.654,5393 + 0,5874 \times \text{EDAD} - 0,1135 \times \text{MIEL ABIERTA} - 0,0948 \times \text{MIEL OPERCULADA} + 0,7905 \times \text{POLEN}$$

7.5 Consideraciones y recomendaciones finales

- La utilización de *Apis mellifera* en los diferentes cultivos en estudio mejoró el número de cuajes, por lo que se aumentó la producción; no obstante es necesario desarrollar estudios de caso en donde se aísle totalmente la planta y se controlen las variables fisiológicas del cultivo y climáticas, con el fin de establecer el efecto de la polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*.
- Se debe investigar el efecto que tiene el número de colmenas instaladas por hectárea, ya que al aumentar el número de cuajes por encima de la carga máxima de una especie vegetal, esta generará frutos de menor peso y tamaño, los cuales no tienen una buena aceptación por parte del consumidor.

- El trabajo desarrollado involucró nuevas metodologías que permitieron determinar el efecto positivo que tienen la abeja *Apis mellifera* sobre la producción de los cultivos en estudio; dichas metodologías deben tenerse en cuenta para el desarrollo de futuros proyectos de investigación con el fin de posicionar la cadena apícola en Colombia.
- Un aspecto de importancia teniendo en cuenta los problemas generados por la abeja *Apis mellifera* en las zonas urbanas, es la creación de sustancias atrayentes de enjambres, con el apoyo del Instituto de Tecnología de Alimentos, ICTA, de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Industrial de Santander, UIS.
- El apidómetro permitirá establecer el potencial que tienen algunas zonas en Colombia para la producción de polen; esta herramienta se deberá apoyar mediante programas de mejoramiento genético con el fin de seleccionar aquellas reinas altamente productivas por región.



Foto 24. Evaluación de la biomasa de colmenas de abejas *Apis mellifera* mediante la técnica de mapeo: (Arriba) Aspersión del cuadro previo al mapeo. (Abajo) Proceso de mapeo (nótese la cuadrícula).



BIBLIOGRAFÍA

- Agustí M. (1999). El desarrollo de los frutos cítricos. Factores y estímulo. En: IV Congreso de Citricultura de la Plana, Ed. Bromera, LAV.S.A., Valencia: 79-99.
- Alavoine, F.; Crochon, M. (1989). Taste quality of strawberry. *Acta Horticulturae* 265: 449-452.
- Bergh, B. O. (1969). Avocado. In: Ferwerda, F. P. and Wit, F. eds. *Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics*, pp.23 – 51. H. Veenman and Zonen, N. V. Wageningen, The Netherlands.
- Botero, N. (1995). Efecto de la abeja melífera sobre la producción de mora de Castilla. En: *Trabajos de investigación sobre abeja africanizada*, Bogotá, 190 p.
- Carrera, A.; Mark, D. y Gil, R. (2008). Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado Monagas.
- Casaca, A. D. (2005). El cultivo de la mora 14 (*Rubus glaucus*). Costa Rica, Promosta.
- Corporación Colombia Internacional. (2000). SIM Sistemas de Inteligencia de Mercados. Número 41.
- Ferenczi, A.; Gambetta G.; Franco J.; Arbiza H. y Gravina, A. (1999). Crecimiento del fruto, tamaño final y productividad en naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis L. Osb.*) con la aplicación de ácido 2,4 diclorofenoxipropiónico. *Agrociencia*, III (1): 51-57.
- Galvis, J. y Herrera, A. (1995). El mango, manejo y post cosecha. Santa Fe de Bogotá: Sena - Universidad Nacional de Colombia, 1995.
- Gustafson, C. D. and Bergh, B. O. (1966). History and review of studies on cross-pollination of the avocados. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 50: 39-49.
- Gutiérrez, C. (2009). Proyecto de desarrollo productivo cadena de valor frutícola.
- Hamano, M. Y.; Yamazaki, Y. H. and Miura, H. (2002). Change in sugar contents and composition of strawberry fruit during development. *Acta Horticulturae* 567: 369-372.
- Hidekazu, I. (2002). Potential on near infrared spectroscopy for nondestructive determination of °Brix in strawberries. *Acta Horticulturae* 567: 751-754.
- Infante, S. (1999). Importancia del manejo y calidad de las colmenas de abejas (*Apis mellifera L.*) en la polinización del palto (*Persea americana* Mill.). *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 5: 145-150. Quillota, Chile.
- Ish-Am, Eisikowitch, D. (1998). Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera L.*) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science* 73: 195-204.
- Loussert, R. (1992). *Los agrios*. 319 p. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Malerbo - Souza, D.; Nogueira-Couto, R. and Couto, L. (2004). Honey bee attractants and pollination in sweet orange, (*Citrus sinensis L.*) Osbeck, var. Pera-rio, *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, V.10, n.2, p.144-153.
- Medina, J. C. (1981). Manga. In: *Manga: da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas: ITAL. (Frutos Tropicales, 8).
- Méndez, R.; Quijada, O.; Castellano, G.; Burgos, M.; Camacho, R. y Marín, C. (2010). Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica L.*) en el municipio Mara en la planicie de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.* vol. 10, núm. 2, pp. 65-72.

- Ministerio de Desarrollo Rural. (2001). Producción de mora Castilla. Ingeniería Agrícola. Colombia.
- Monteiro, M. (2004). Moras Berries del Uruguay.
- Montero, T. M.; Mollá, E. M.; Esteban, R. M.; Andréu, F., J. L. (1996). Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae* 65: 239-250.
- Muñoz A. F.; Ayuso M. C. y Labrador, J. (2005). Polinización de cultivos. España. Grupo Mundi- Prensa.
- Ocampo, C. (2001). Producción de mora castilla. Ingeniería Agrícola. Colombia: Asociación Colombiana de Centrales de Abastos (ACOABASTOS).
- Osuna, T. 2008. Calidad poscosecha y vida de anaquel en frutos del banco de germoplasma de la zona centro (Aguaruto) y sur (Chametla) del estado de Sinaloa: Mango y otros frutales. CIAT, Centro de Investigación Alimentación y Desarrollo.
- Pellet, F. C. (1926). The avocado for bees. *Amer. Bee Jour.* 66: 11.
- Pérez de Camacaro, M.; Jiménez, A.; Terán, Y. and Calderón, L. (2005). Physical and chemical quality of strawberry fruits from three years old cultivation at high altitude. *Acta Hort. (ISHS)* 682: 763-766.
- Perkins, V. P. (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267-297.
- Pesante, D. (2006). Apicultura/Entomología. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico. Información sobre polinización de algunos arbustos y árboles de importancia agrícola y apícola. www.culturaapicola.com/floraapicola.
- Peterson, P. A. (1955). Avocado flower pollination and fruit ser. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 39: 163-169.
- Pons, J.; Pastor, J.; Polls, M. y Reverter, A. J. (1996). Polinización cruzada en cítricos III. Polinización entomófila. Efecto de repelentes. *Lev. Agríc.* 337: 291-295.
- Reyes, J. L.; Cano, P.R. (2000). Manual de polinización apícola. Tlahualilo, Durango.
- Ríos-Castaño, D.; Tafur-Reyes, R. (2003). Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*. pp. 143-147.
- Roudeillac, P. and Trajkovski, K. (2004). Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Hort. (ISHS)* 649: 55-59.
- Ruiz, M. y Uruena, M. (2009). Situación actual y perspectivas del mercado de la mora. ERS MIDAS CROPS.
- Severino, V.; Franco, J.; Borges, A.; Rivas, F. y Casanova, S. (2001). Relaciones floración-cuajado en naranja 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.]. *Anais VIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal*. CD: 3-014.
- Sistema de Información de Oferta Agropecuaria - CCI. (2007). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Vansell, G. H. (1931). Nectar and pollen plants of California. *Calif. Agr. Expt. Sta. Bul.* 517, 60 pp.
- Vásquez, R.; Ballesteros, H.; Ortegón, Y. y Castro, U. (2006). Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). Bogotá: Corpoica – Ciencia y Tecnología, 7(1), 50-53.
- Vásquez, R.; Ballesteros, H.; Muñoz, C. y Cuellar, M. (2006). Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador de cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. 1 ed. Bogotá: Produmedios, p.77.
- Vásquez, R. y Tello, J. (1995). Producción apícola. Ed. Produmedios. Bogotá, p. 122.
- Wrolstad, R. E.; Shallenberger, R. S. (1981). Free sugars and sorbitol in fruits - a compilation from the literature. *Journal of the Association of Official Analytical Chemist* 64: 91-103.
- Wysoki, M. (2002). Tropical fruit pests y pollinators. Wallingford, UK, CAB International. p. 103-130. Waite, G. Pests and Pollinators of mango.





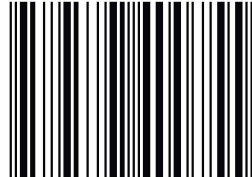
Terminó de imprimirse
en diciembre de 2011 en



Tel: 4227356
Bogotá, DC, Colombia



ISBN: 978-958-740-075-5



9 789587 140075 5

