

EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN MEDIADA POR ABEJAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN LOS MUNICIPIOS DE CAPARRAPÍ Y GUADUAS (CUNDINAMARCA)

Garzón. S¹, Mora. F¹, Solarte V.M²

RESUMEN

En la producción cafetera de los municipios de Guaduas y Caparrapí (Cundinamarca) se evaluaron los sistemas de producción de café bajo sombrío y cercano al bosque, en los que se realizaron tres tratamientos: polinización por viento y gravedad, autopolinización y el control (polinización entomófila). Este estudio se llevó a cabo en dos fincas por cada municipio para un total de 4. Se probó la hipótesis de que en ausencia de abejas la producción y el rendimiento del cultivo serán menores; las variables a medir fueron la calidad del café, el tamaño del fruto y el número de frutos pequeños o con bajo peso, entre otros; se identificaron las diferentes especies de abejas silvestres visitantes de las flores del café. Se buscó contribuir en el conocimiento de la polinización del café por abejas, lo que generará mayor rentabilidad en relación al costo/beneficio en las producciones y a su vez concientizar acerca del cuidado y preservación que se debe tener por los ecosistemas de la región enfatizando en la conservación de las abejas principales insectos polinizadores.

Palabras claves: abejas, café, *Coffea arabica*, conservación, servicios ecosistémicos, rendimiento productivo

ABSTRACT

The coffee production of the municipalities of Guaduas and Caparrapí (Cundinamarca) assessed the systems of production of coffee under shady and close to the forest, in which there were three treatments: pollination by wind and gravity, self-pollinating and control (pollination studies). This study was conducted on two farms each municipality for total of 4. It was tested the hypothesis that in the absence of bees production and the crop yield was lower; the variables measured were the quality of the coffee, the size of the fruit and the number of small fruits or with low weight, among others. The different species of wild bees visiting flowers of coffee were identified. We were expected to contribute to knowledge of coffee pollination by bees, which will generate greater profitability in relation to cost/benefit productions and at the same time raise awareness about care and preservation that should be taken by the ecosystems of the region emphasizing the conservation of major bees pollinating insects.

Keywords: Coffee, *Coffea arabica*, conservation, bees, ecosystem services, yield productive

¹ Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá. Diagonal 18 No. 20-29, Fusagasugá (Colombia)

² vmsolartec@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

La polinización es uno de los procesos ecológicos fundamentales para mantener la viabilidad y diversidad de las angiospermas y es una interacción ecológica que tiene importantes consecuencias para los servicios de los ecosistemas y para la producción de plantas cultivadas, pero solo en unos pocos casos los polinizadores y su importante función son reconocidos por los agricultores de nuestro país. Algunos datos cualitativos indican que las abejas silvestres son susceptibles de extinciones locales o por lo menos que su población está disminuyendo por causa de las alteraciones a su medio ambiente (Nates y González, 2000). En el país no hay mucha información al respecto, por eso se debe fomentar la investigación sobre los polinizadores y su funcionalidad en los ecosistemas como objetos de conservación y fomento. Entre algunos de los principales problemas relacionados con la calidad del café figura el tamaño del fruto (frutos pequeños con bajo peso) y la cantidad obtenida por cosecha, lo que genera bajo rendimiento del cultivo y por ende pérdidas económicas para el productor. Uno de los factores que genera mayor impacto sobre las plantaciones de café es el cambio climático: las producciones se ven afectadas por fenómenos como El Niño y La Niña. El cambio climático afecta directamente a las funciones de los organismos individuales (por ejemplo, el crecimiento y el comportamiento), modifica poblaciones, y afecta a la estructura y función del ecosistema (en la descomposición, ciclos de los nutrientes, flujos del agua, composición de las especies e interacciones de las especies) y la distribución de los ecosistemas dentro de los paisajes (IPCC, 2002). De este modo, al comenzar estos sucesos la producción cae de manera drástica.

Vergara (2012) destaca que el 70% del café que se consume en el mundo pertenece a esta especie; el café es un arbusto de la familia Rubiaceae, nativo

de Etiopía. Es la principal especie cultivada para la producción de café y la de mayor antigüedad en agricultura. Aunque el café es originario de África, se cultiva particularmente en América y en algunas regiones de África y Asia. En Colombia únicamente se cultivan los cafés arábigos los cuales producen una bebida suave y de mayor aceptación en el mercado mundial. Las variedades que se siembran en Colombia son: Típica también llamado arábigo, pajarito o nacional, Borbón, Tabí que es una variedad de grano grande (tiene una excelente calidad y es ideal para obtención de cafés especie), Caturra y variedad Colombia (Villegas y González, 2010).

Varios estudios llevados a cabo en países tropicales como Panamá, Costa Rica, Ecuador e Indonesia han demostrado que la producción (número de granos por planta) y la calidad de sus semillas (peso y aroma) pueden tener un aumento gracias a la polinización cruzada mediada por abejas silvestres, comprobando además la importancia de estos insectos como los principales polinizadores de cultivos y plantas silvestres (Heard, 1999, citado en Jaramillo, 2012). En la actualidad, los sistemas de producción apícola son utilizados en el país para la producción de miel, polen y otros productos, desconociéndose el potencial polinizador desarrollado por las abejas y su contribución en el mejoramiento de la producción agrícola y comercial de una región (Vásquez *et al.*, 2006). Para incrementar la calidad y cantidad de frutos se debe implementar producciones apícolas enfocadas en la polinización, ejerciendo una asociación de cultivos (para este caso de *Coffea arabica*) con abejas. La polinización cruzada (por medio del viento, la gravedad y las abejas) cumple un papel relevante en la producción y calidad de los frutos de café, aún cuando se reportan valores de autopolinización superiores del 90% (*sensu* Jaramillo, 2012).

Se requiere el desarrollo de investigaciones acerca del efecto de la polinización, ya que con las tendencias mundiales de desaparición de las abejas se debe conocer más acerca de su etología para así identificar las especies de plantas que más necesitan de la polinización de estos himenópteros.

En los ecosistemas tropicales, tanto naturales como en los agroecosistemas, es de esperar que las interacciones de polinización sean más complejas y numerosas que en las zonas templadas; por esta razón aumenta la necesidad de conocer objetivamente a los polinizadores mediante la investigación en diferentes áreas relacionadas como la biología floral de plantas silvestres y cultivadas, la variabilidad y estado de conservación de la fauna potencialmente polinizadora y su influencia en los rendimientos de los cultivos (ICPA, 2009). Por otra parte, la FAO (2010) estima que de las cerca de 100 especies de plantas cultivadas que proporcionan el 90% del suministro de alimentos para 146 países, 71 son polinizados por abejas. La función polinizadora de estos insectos es considerada vital para el mantenimiento de los ecosistemas naturales por lo cual su uso está asociado a proyectos de reforestación y son empleadas como bioindicadores (Sánchez *et. al.*, 2013).

El experimento se ejecutó en dos municipios ubicados en la provincia del Bajo Magdalena al noroccidente del departamento de Cundinamarca. La investigación consistió en evaluar el efecto que tiene la polinización con abejas sobre el desempeño productivo de un cultivo de café (*Coffea arabica*) en los municipios de Guaduas y Caparrapí (Cundinamarca). Se evaluó el desempeño productivo del cultivo de café polinizado por abejas y así mismo se estudió las causas que ponen en riesgo las poblaciones de abejas; de acuerdo a esto se propuso implementar un plan de acción para su conservación, probando que la diversidad y abundancia de los

polinizadores presentes en estos cultivos dependen en gran medida de las prácticas de manejo que llevan a cabo los productores. En este trabajo se realizó un muestreo de la diversidad de abejas silvestres presentes en dos sistemas de producción de café y se identificaron las principales especies de abejas que habitan en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y Características agroclimatológicas:

Guaduas

Guaduas se localiza al noroccidente del Departamento de Cundinamarca, con una distancia a Santa fe de Bogotá por carretera de 114 kilómetros vía Sasaima y 117 kilómetros vía la Vega. Su territorio tiene un área de 757 kilómetros cuadrados y limita por el norte con Puerto Salgar, por el oriente con Caparrapi, Útica, Quebrada negra y Villeta, por el sur con Vianí y Chaguaní y por el occidente con los Departamentos de Caldas y Tolima. Dentro de su territorio están las inspecciones de Guaduoero, La Paz y Puerto Bogotá. Sus pisos térmicos se reparten entre cálido y templado (Alcaldía de Guaduas, 2012).

Tabla 1. Caracterización de las fincas de Guaduas

Finca	Área cultivada (Ha)	Nivel de producción	Enfermedades	Plaguicida/herbicida	Producto Orgánico	Sistema de producción
Pablo Ramírez	4	5.500	Broca Mancha Hierro	Lorvan	Ajo Aji Altamisa	Cercano al bosque
Juan Rojas	6	24.000	Broca Roya Mancha Hierro	Amitraz Cropein Oxicloruro de cobre	Bassai Beauveria bassiano	Bajo sombrio

Caparrapí

El municipio de Caparrapí está localizado al noroccidente del departamento de Cundinamarca y hace parte de la provincia de Río Negro; su cabecera municipal se encuentra ubicada en la ladera de la cuenca del río Pata, situada a los 5°21" de latitud Norte y 74°30" de longitud oeste del meridiano Greenwich. Caparrapí se encuentra ubicado sobre la cordillera oriental, correspondiente a la región Andina; esta región comprende el sistema montañoso de los Andes. La montaña cundinamarquesa corresponde por orografía a la cordillera oriental de los Andes que al entrar al territorio se abre en dos brazos, uno oriental y otro occidental; en este último está localizado el municipio de Caparrapí (Alcaldía de Caparraí, 2012).

Sus cuencas hidrográficas son estructuras naturales en las cuales se desarrollan diversidad de flora, fauna, suelos y climas. Caparrapí se encuentra en la cuenca del Río Negro; posee áreas de interés ecológico aferentes al río Patá a partir de la confluencia de las quebradas Minasal y Quebrada Honda, en la formación montañosa denominada Loma Alto Seco, dotadas de un pequeño bosque de variedades nativas. Sobre el mismo cauce es de gran importancia ecológica el sitio denominado el Patá donde se encuentra desarrollada una infraestructura con fines turísticos y de esparcimiento, en la que se encuentra un bosque húmedo y natural (Alcaldía de Caparrapí, 2012).

Tabla 2. Caracterización de las fincas de Caparrapí

Finca	Área cultivada (Ha)	Nivel de producción	Enfermedades	Plaguicida/herbicida	Producto Orgánico	Sistema de producción
Francined Cifuentes	6	20.000	Broca Roya Hormiga amarilla	Lorvan Random	Ajo Aji Guarapo fuerte	Cercano al bosque
Alino Pava	5	8.200	Broca Roya Mancha Hierro	Lorvan Nutremin Rafaga	No se utiliza	Bajo sombrío

Tratamientos

Con el fin de conocer el efecto de las abejas en la formación de los frutos de café con relación en el sistema de producción se evaluaron dos sistemas: café cercano al bosque y café bajo sombrío.

Las características de las fincas de Guaduas: Altura de 1.100 m sobre el nivel del mar y mantiene un clima de 24 °C aproximadamente con café bajo sombrío.

Características de las fincas escogidas en el municipio de Caparrapí: se diferencia por una altura aproximada de 1.300 sobre el nivel del mar con un clima de 23 °C con café cercano al bosque.

Polinización por viento y gravedad:

Se seleccionó una rama con botones en pre-antesis y se cubrió la rama con una manga entomológica, la estructura permitió la entrada de luz, viento y agua a las flores pero impidió el ingreso de polinizadores.



Figura 1. Polinización por viento y gravedad

Autopolinización (polinización autógama): La rama seleccionada se cubrió con una manga entomológica recubierta en su interior con papel “mantequilla” con el fin de impedir el arribo de polinizadores cargados de polen o de polen de otras plantas transportado por gravedad y por el viento, garantizando de esta forma que los granos formados sean del polen de la misma flor. La manga y el papel fueron retirados a los 20 días de realizar el tratamiento (Jaramillo, 2012).



Figura 2. Autopolinización

Polinización abierta: Este tratamiento consistió en dejar la rama a libre exposición, la cual nunca se cubrió con la manga entomológica de tal manera que los frutos obtenidos sean producto tanto

de autopolinización y polinización cruzada.



Figura 3. Polinización abierta

Estos tres fueron marcados cada uno con cinta celoseda (cinta de regalo) rotulando con códigos para la identificación de cada uno.

Tabla 3. Códigos de marcación por tratamiento

Tratamiento	Café con sombrío	Café cercano al bosque
Viento y gravedad	Finca#plantaV#nudosCS	Finca#plantaV#nudosCB
Autopolinización	Finca#plantaA#nudosCS	Finca#plantaA#nudosCB
Control (Polinización Abierta)	Finca#plantaC#nudosCS	Finca#plantaC#nudosCB

Una vez aplicados los tratamientos se contó el número de flores tratadas por rama y se marcó aquellos brotes sin abrir durante la experimentación. Nuevamente embolsamos las ramas de polinización. Siete semanas después del principal

periodo de floración se retiró todas las bolsas y se contó el total de óvulos verdes para cada una de las ramas de todos los tratamientos, con lo cual se calculó el porcentaje de amarre de frutos. Se realizaron monitores mensuales para reforzar los tratamientos y verificar el adecuado progreso de las plantas de café (Jaramillo, 2012).

Para medir la calidad del café se evaluaron las siguientes variables:

- Peso de los frutos
- Diámetro polar y Ecuatorial
- Tamaño de la semilla
- Cantidad de frutos

Análisis de efectos de la polinización

Para analizar los efectos benéficos que tiene la polinización sobre la calidad y cantidad de frutos se tomó como base dos sistemas de producción cada uno diferenciados por su constitución:

Cafetales con Sombrío: Comúnmente los cafetales tienen asociaciones con especies empleadas con el propósito de brindar sombrío frecuentemente estos son: Guamo (*Inga spuria*), Carbonero (*Albizia carbonaria*), Cámbulo (*Erythrina fusca*), Nogal cafetero (*Juglas regia*) y Leucaena (*Leucaena* sp). Los árboles de sombrío en los cafetales permiten regular la disponibilidad del agua y atenuar los efectos negativos que los períodos prolongados de sequía causan sobre la producción. Además, contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, reciclan nutrimentos, aportan gran cantidad de materia orgánica (Farfán y Mestre, 2004).



Figura 4. Café bajo sombrío

Café cercano a bosque: Consiste en un lote de café sembrado a menos de 10 m de un bosque natural. Se asume entonces, que la cercanía de este bosque puede influir en la productividad del cultivo y que además alberga poblaciones de insectos polinizadores que igualmente pueden modificar la productividad (Jaramillo, 2012).

El experimento se inició en la época de floración del café (agosto 2014) con 120 unidades muestrales (10 por tratamiento) en cada finca con plantas homogéneas de flor en estado de pre-antesis a partir de ese momento se procedió con los tres tratamientos a realizar:



Figura 5. Café cercano al bosque

Captura de abejas

Para la colecta de abejas se utilizó una red entomológica con la cual se atraparon los insectos que estaban pecoreando en la flor del café;

posteriormente se introdujeron en cámaras letales para su identificación en el laboratorio, asegurándonos que las abejas capturadas tuvieran contacto directo tanto con las plantas como con sus partes sexuales de la flor del café, así mismo se registró anotaciones de cuál era el recurso que había sido recolectado (el polen y/o néctar), se observó y anotó el comportamiento de cada individuo, así como el número de individuos por especie, duración de la visita y frecuencia del visitante floral.

También se colocaron una serie de trampas para captura de abejas fabricadas con botellas Pet y con extracto para cada especie (*Melipona*; *Scaptotrigona pectoralis*, *Nannotrigona*, *Tetragonisca angustula*) se colocaron 20 trampas por cada finca aleatoriamente, 5 botellas por cada especie para un total de 80 trampas, se hizo monitoreo cada mes para observar que especies hallan enjambrado.

Los individuos capturados se sacrificaron con cámaras letales y se depositaron en frascos. Posteriormente, en el Laboratorio de Investigación de Abejas de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN) fueron identificados hasta nivel de especie. Así mismo se realizó una clasificación taxonómica de los insectos recolectados en el área de estudio. A través de esta recolección e identificación de los insectos pudimos saber cuáles fueron los posibles polinizadores de plantas entomófilas en este tipo de clima. Por otro lado se contribuyó a la conservación de los polinizadores olvidados teniendo presente que la situación de las abejas cada vez es más crítica y sumado a su escaso conocimiento es necesario, no

sólo seguir con el inventario de la fauna Apoidea de Colombia, sino también estudiar las relaciones precisas con la vegetación.

Rentabilidad de la polinización

Para analizar económicamente los modelos de polinización se tuvo en cuenta la utilidad marginal con la siguiente fórmula:

$$U_{mx} = DU_{tx} - DQ_x$$

U_{mx} = Utilidad de cierto artículo.

ΔU_{tx} = Incremento o adición de la utilidad total de ciertos artículos.

ΔQ_x = Incremento o adición de la cantidad de cierto artículo.

Se llevó un trabajo conjunto con la Cooperativa Departamental Cafetera de Cundinamarca LTDA (COODECAFEC) seccional Fusagasugá a la cual llevamos los granos de café obtenidos por cada tratamiento (2 Kilos) y se procedió a hacerles el descerezado en las decerezadora, posterior a esto se colocaron en remojo en agua fría durante 24 horas para provocar así una suave fermentación vital para el aroma del café, se lavó y se dejó secando por una semana. Transcurrida la semana se pesó 250 gramos por cada tratamiento, se trillo y se volvió a pesar; una vez pesada la almendra final COODECAFEC evaluó el grano y dio el valor correspondiente que está dispuesto a pagar por cada kilo teniendo en cuenta el porcentaje de pasilla encontrada.

Método de análisis:

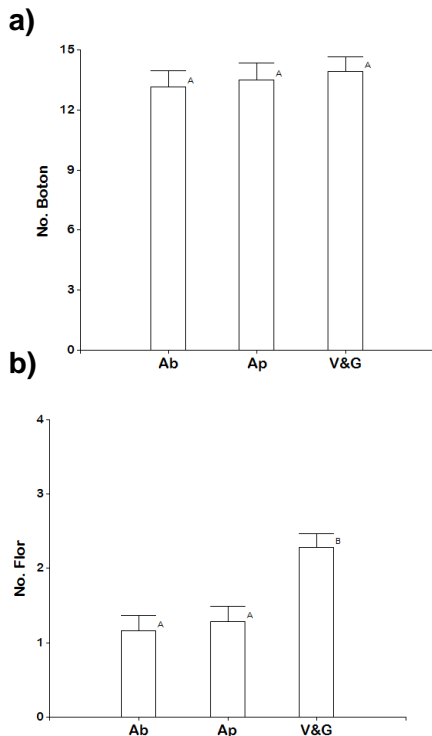
Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva (medidas de tendencia central, de dispersión y figuras de sus distribuciones). Para establecer si se presentaron o no diferencias de cada una de las variables medidas, en cada uno de los frutos se realizó un Análisis de Varianza paramétrico, para analizar si los datos cumplían con los supuestos: aleatoriedad, normalidad, homocedasticidad e independencia ó un Análisis de Kruskal-Wallis si no cumplían con los supuestos; al existir diferencias se realizaron pruebas *a posteriori* (Tukey, Duncan o LSD Fisher) para establecer dónde se encontraron las diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS

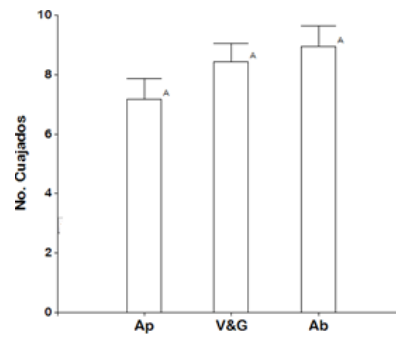
Análisis de efectos de la polinización

Cantidad de frutos

Finca Alirio Pava



c)



d)

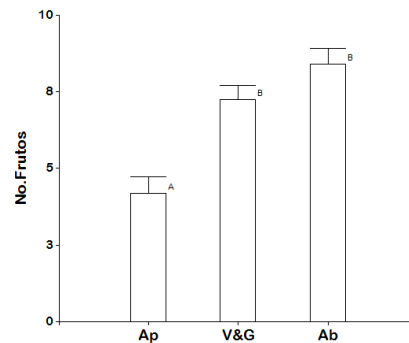
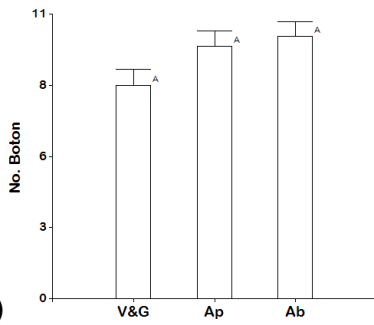


Figura 6. Finca Alirio Pava – Caparrapí. a) No. botones, b) No. Flores, c) No. Cuajados, d) No. Frutos.

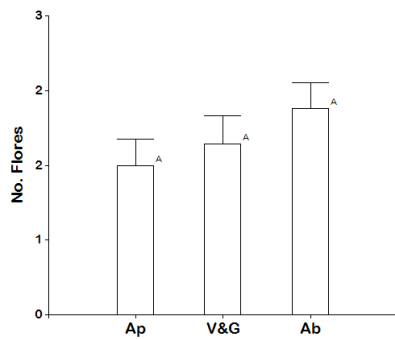
La cantidad de botones que se presentó al iniciar el experimento es uniforme no presenta diferencias significativas ya que se tomó cada rama al azar. Se presentan diferencias estadísticas significativas en el número de flores entre los diferentes tratamientos ($F= 10,24$, $P<0.001$) en el que viento y gravedad presenta el mayor número de flores; en el número de cuajados tampoco hay diferencias significativas pero ya en el número de frutos finales se observa que en autopolinización se presentan abortos de los frutos y este tratamiento como tal tiene diferencias significativas con el resto de tratamientos registrando notoriamente un menor número de frutos.

Finca Francined Cifuentes

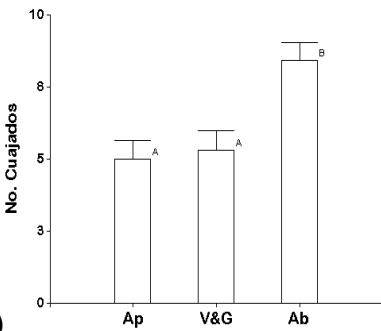
a)



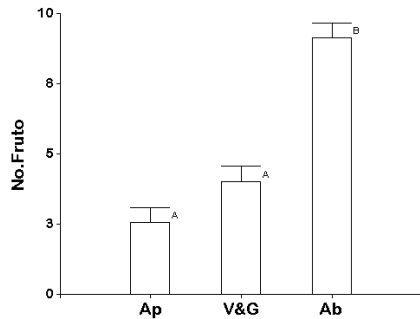
b)



c)



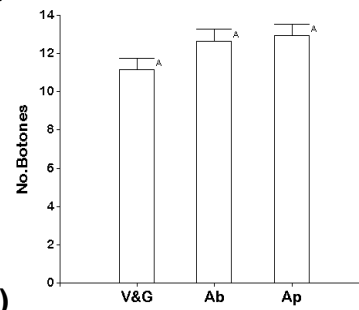
d)



La cantidad de botones que se presentó al iniciar el experimento es uniforme no presenta diferencias significativas ya que se tomó cada rama al azar, igualmente no se presentaron diferencias significativas en cuanto al número de flores por cada tratamiento. El número de botones cuajados no presento diferencias significativas en relación a los tratamientos aplicados. Observando la figura 13 (d) se presentan diferencias estadísticas entre los tres tratamientos en cuanto al número de frutos, es más eficiente el tratamiento de polinización abierta en cuanto a la producción final de frutos, autopolinización registra gran número de abortos en relación cuajados/frutos.

Finca Pablo Ramirez

a)



b)

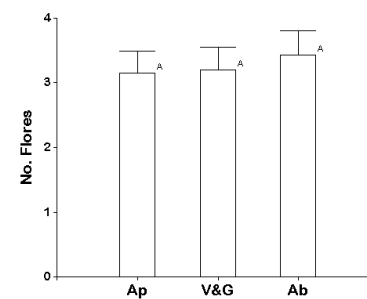


Figura 7. Finca Francined Cifuentes-Caparrapi. a) No. Botones, b) No. Flores, c) No. Cuajados, d) No. Frutos

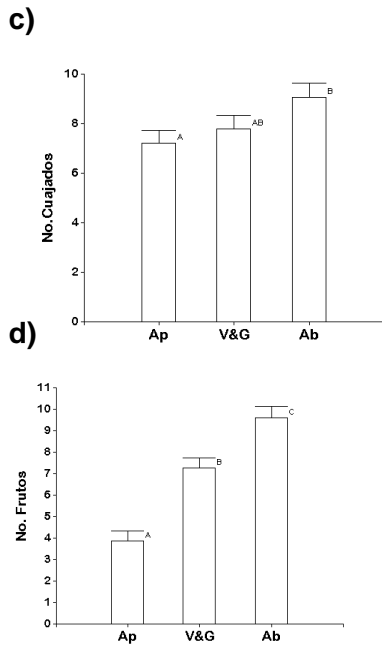


Figura 8. Finca de Pablo Ramírez – Guaduas a) No botones, b) No. Flores, c) No. Cuajados, d) No. Frutos.

La cantidad de botones que se presentó al iniciar el experimento es uniforme no presenta diferencias significativas ya que se tomó cada rama al azar tampoco se presentan diferencias significativas en el número de flores entre los tratamientos pero en el momento del cuajado se presentan diferencias significativas entre autopolinización y polinización abierta, en el número de frutos final se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, el cual muestra como más eficiente en cuanto a la cantidad de frutos en polinización abierta y el menos eficiente notoriamente fue autopolinización.

Finca Juan Rojas

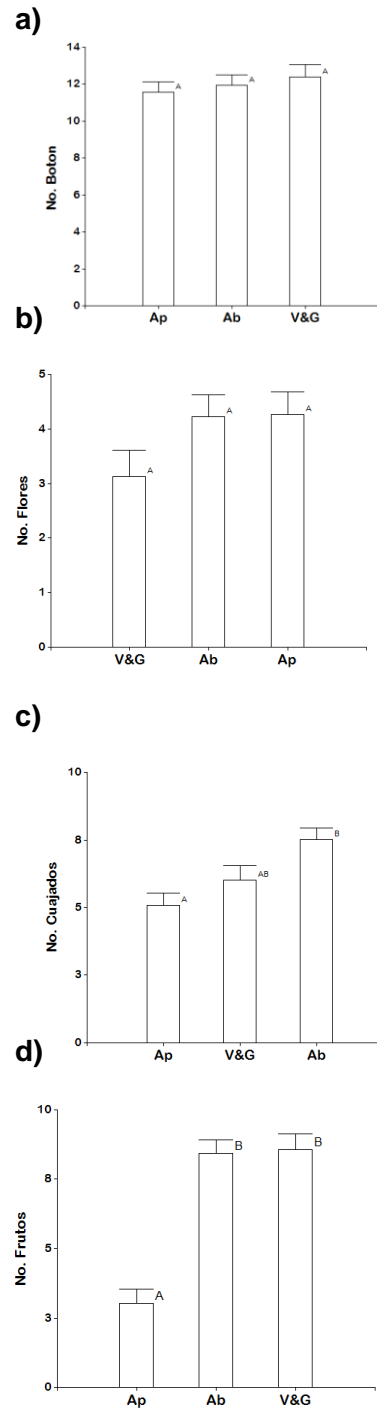


Figura 9. Finca de Juan Rojas-Guaduas a) No botones, b) No. Flores, c) No. Cuajados, d) No. Frutos.

La cantidad de botones que se presentó al iniciar el experimento es uniforme no presenta diferencias significativas ya que

se tomó cada rama al azar, en cuanto al número de flores no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, pero se registró que el tratamiento de viento y gravedad presento menor cantidad de estas.

Se presentan diferencias significativas en cuanto al número de cuajados entre los tratamientos, el tratamiento de polinización abierta registro mayor número de cuajados y en los frutos existe diferencias significativas entre los tratamientos de autopolinización referente a polinización abierta y viento y gravedad.

Cuantificación diámetros y pesos granos de café

Diámetro Polar y ecuatorial

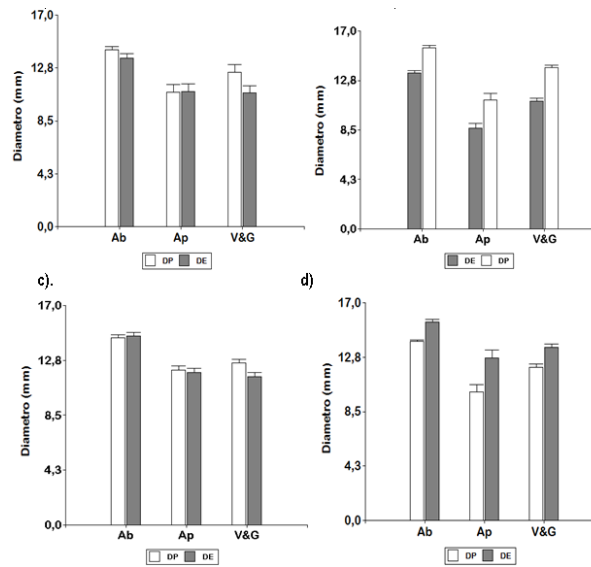


Figura 10. Diámetro polar y ecuatorial de los frutos a) Alirio Pava, b) Francined Cifuentes, c) Pablo Ramirez, d) Juan Rojas

Peso total, semilla y cascara

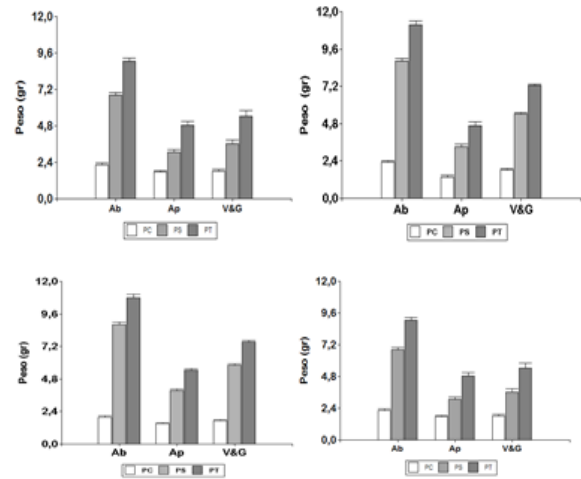


Figura 11. Peso Total, de semilla y cascara a) Alirio Pava, b) Francined Cifuentes, c) Pablo Ramirez, d) Juan Rojas

Captura de abejas

Tabla 4. Identificación de abejas encontradas en cada municipio

Municipio	Finca	Abeja encontrada
Guaduas	Pablo Ramirez	<i>Partamona</i> <i>Apis mellifera</i> <i>Centris spp 1</i> <i>Centris spp 2</i>
	Juan Rojas	<i>Apis mellifera</i> <i>Scaptotrigona pectoralis</i> <i>Nannotrigona</i>
Caparrapi	Alirio Pava	<i>Partamona</i> <i>Tetragonisca angustula</i>
	Francined Cifuentes	<i>Nannotrigona</i> <i>Scaptotrigona pectoralis</i> <i>Partamona</i> <i>Tetragonisca angustula</i>



Figura 12. *Apis mellifera*



Figura 13. *Apis mellifera*



Figura 14. *Scaptotrigona pectoralis*



Figura 15. *Partamona sp*

Evaluación económica

Una vez evaluado el grano Coodecafec dio el valor correspondiente que está dispuesto a pagar por cada kilo teniendo en cuenta el porcentaje de pasilla encontrada.

Se destaca que aparte del porcentaje de pasilla obtenido entre cada tratamiento se obtuvo dos kilos de pasilla producto de los tratamientos de autopolinización y un 10 % de viento y gravedad.

Tabla 5. Valor kilo por cada tratamiento

Finca	Tratamiento	Café sano (%)	Pasilla (%)	Precio (\$)
Alirio	Ab	92%	8%	4.650
Francined	Ab	96%	4%	4.850
Juan	Ab	96%	4%	4.800
Pablo	Ab	96%	4%	4.800
Alirio	V&G	87%	13%	4.450
Francined	V&G	92%	8%	4.700
Juan	V&G	85%	15%	4.300
Pablo	V&G	83%	17%	4.250
Alirio	Ap	50%	50%	2.000
Francined	Ap	50%	50%	2.000
Juan	Ap	50%	50%	2.000
Pablo	Ap	50%	50%	2.000

Actualmente se está investigando si los tratamientos de polinización abierta obtenidos de las fincas de Francined Cifuentes (Caparrapi), Pablo Ramírez

(Guaduas) pueden ser clasificados dentro de los cafés orgánicos por sus prácticas de fertilización, en dado caso pagarían \$80.000 por carga.

Tabla 7. Utilidad marginal kilo por finca

Finca	Precio Ab/Kg	Precio V&G/Kg	Utilidad Marginal
Francined Cifuentes	\$ 4.850	\$ 4.700	\$ 150
Alirio Pava	\$ 4.650	\$ 4.450	\$ 200
Juan Rojas	\$ 4.800	\$ 4.300	\$ 500
Pablo Ramirez	\$ 4.800	\$ 4.250	\$ 550

Tabla 6. Utilidad marginal total producción por finca

Finca	Área cultivada (Ha)	Kilos producidos	Precio Ab	Precio V&G	Utilidad Marginal Total
Francined Cifuentes	6	20.000	\$ 4.850	\$ 4.700	\$ 3.000.000
Alirio Pava	5	8.200	\$ 4.650	\$ 4.450	\$ 1.640.000
Juan Rojas	6	24.000	\$ 4.800	\$ 4.300	\$ 12.000.000
Pablo Ramirez	4	5.500	\$ 4.800	\$ 4.250	\$ 3.025.000

Se determinó la utilidad marginal entre los tratamientos de polinización abierta y viento y gravedad la cual es la diferencia entre los valores del precio por kilo. No se tuvo en cuenta autopolinización que arroja mayor porcentaje de pasilla lo cual es pérdida para el productor.

6. DISCUSIÓN

La actividad cafetera en Cundinamarca se ha fortalecido en la vertiente occidental de la cordillera oriental en donde la biodiversidad de los ecosistemas y el compromiso de los productores han preservado el cultivo como sustento para su economía. En el bajo Magdalena donde se ubicó nuestra área de investigación se pudo observar que los cultivos de café tenían en gran parte asociaciones con árboles como Guamo, carbonero, cambulo, nogal cafetero entre otros; para mejorar los rendimientos productivos de los agricultores se sugiere la conservación de bosque y sistemas agroforestales gestionados adecuadamente, así que el aumento en la diversidad de diferentes especies de abejas aumenta la productividad (Klein *et al.* 2003). Se destaca que las fincas de Alirio Pava y Juan Rojas se encontraban bajo sombra mientras que las fincas de Francined Cifuentes y Pablo Ramírez cercanos al bosque en las que se albergaba mayor cantidad de insectos polinizadores; como registra Corpoica (2006), de cada 100 insectos visitantes, entre 70 y 80 son abejas, proporción que ha venido aumentando hasta alcanzar 90% del total.

Los resultados de esta investigación en cuanto al número de botones por finca no tuvo diferencias significativas entre sí pero la cantidad de botones varió debido a que fueron seleccionadas completamente al azar, en una de las visitas a campo se presentó una pequeña floración no mayor a 5 flores por rama por lo cual no tuvo una relevancia significativa, en cuanto al cuajado se presentó una pequeña diferencia en las dos fincas de Guaduas referente a la autopolinización frente a la

polinización abierta, en Caparrapí no presentó ninguna diferencia significativa. Según Klein *et al.* (2003) la diversidad de especies de abejas aumenta directamente el cuajado del 60 al 90 % teniendo en cuenta la región. La cantidad de frutos fueron mayores en el tratamiento de polinización abierta de todas las fincas evaluadas, obteniendo un promedio de Francined Cifuentes ($9,54 \pm 8,25$), Alirio Pava ($8,40 \pm 5,12$), Pablo ($9,61 \pm 5,27$), Juan Rojas ($8,44 \pm 5,75$) como se pueden ver en estos datos los que mejor promedio demuestran son las fincas cercanas al bosque que es donde hay más abejas tal como nos dice Vásquez, R. *et al.* (2006) en sus estudios realizados, así como nos afirma que en Colombia, la polinización dirigida puede convertirse en una estrategia importante para mejorar la cantidad y la calidad de los productos agrícolas, satisfaciendo así las necesidades de alimento para la población humana.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las variables del diámetro polar y ecuatorial de los diferentes tratamientos. El diámetro polar promedio de los frutos evaluados fue 14,49 mm presentándose diferencias significativas ($P < 0,001$) en esta variable, pero destacando que en el DP de la finca de Alirio Pava no se presentó diferencias significativas ($P = 0,001$). El mayor diámetro polar de los frutos entre los tratamientos fue el de polinización abierta de la Finca de Juan Rojas (Guaduas) con $15,49 \pm 1,35$ en contraste de la autopolinización que registro menor diámetro polar en todas las fincas destacándose Alirio Pava con la menor cantidad ($10,81 \pm 4,17$). En cuanto al diámetro ecuatorial el tratamiento de

polinización abierta en todas las fincas la polinización abierta sigue representando el mayor diámetro destacándose la Ab de Pablo con $14,63 \pm 1,96$ y el menor dato lo arrojo la finca de Francined Cifuentes con $Ap\ 8,64 \pm 13,19$, demostrando la importancia de la implementación de abejas lo cual aumenta el diámetro de los frutos obtenidos de autopolinización en la que no había intervención de las abejas. Jaramillo (2012) demostró que el tratamiento de polinización abierta presento el valor medio más alto para esta variable con 1,6 cm obteniéndose el valor máximo promedio en este tratamiento con 1,9. Respecto a los sistemas de producción cercano al bosque los valores más altos para la varían el diámetro polar, se presentaron en el sistema a libre exposición con $1,62 \pm 0,098$ cm y en el sistema bajo sombrío con $1,69 \pm 0,15$ cm. En el diámetro ecuatorial el tratamiento de polinización abierta en las dos localidades evaluadas presento el valor medio más alto para esta variable del fruto con 1,44 cm; también se observó el valor máximo promedio en este tratamiento con 1,90 cm.

Klein (2003) indica que un enfoque experimental a gran escala podría cuantificar la relación de la contribución de las abejas y el viento como vectores de polen, demostró que la polinización abierta fue significativamente más alta que la polinización por viento y gravedad. Audesirk (1996) citado en la tesis de Jaramillo argumenta que la variabilidad genética para los organismos se fundamenta en que es esencial para la supervivencia, la reproducción y por tanto, para la evolución; favoreciendo así las características biológicas de las

progenies, de ahí la importancia de la reproducción sexual. De ahí relacionamos los pesos de los frutos obtenidos en la polinización abierta los cuales fueron notoriamente mayores a los demás tratamientos en los diferentes sistemas de producción, consecuencia de la presencia de polen de diversas flores transportadas por las abejas. Se destaca que las fincas de Francined Cifuentes y Pablo Ramírez presentaron el mayor promedio en cuanto a peso total $11,47 \pm 1,72$ y $10,79 \pm 1,75$ respectivamente y por consiguiente mayor peso de las semillas con $8,83 \pm 1,66$ y $8,88 \pm 1,27$ en el mismo orden con $P < 0,0001$ en cuanto a polinización abierta y que el tratamiento de autopolinización en la finca de Alirio Pava en el peso de la semilla arrojo el menor promedio de todos con $3,09 \pm 1,16$. En relación con el peso de los frutos Badilla (1991) encontró en las muestras de las plantas visitadas y no visitadas por insectos una diferencia de 182g $P < 0,05$.

Las diferencias obtenidas en el sistema de producción cercano al bosque de las fincas de Pablo Ramírez y Francined Cifuentes se observó que para peso total y de la semilla se encontraban los valores más alto, esto relacionado directamente con la presencia de mayor cantidad de abejas en las fincas lo que se va a ver reflejado en el rendimiento productivo del café; en las fincas encontradas bajo sombrío (Juan Rojas y Alirio Pava) no se hallaba la misma cantidad de insectos o se presentaba en menor medida las visitas; esto lo relacionamos a que el manejo que le da Alirio Pava a su finca en el cual no tiene en cuenta el nivel toxicológico de sus plaguicidas/ herbicida y el daño que estos les causan a las abejas aparte que

no utiliza productos orgánicos para tratar sus cultivos sino por el contrario trabaja con químicos, fertilizantes que causan la extinción de ciertas especies en contraste con la fincas de Francined Cifuentes y Pablo Ramírez que velan por el cuidado de las abejas y trabajan con productos orgánicos como ajo, ají para tratar las enfermedades de sus cultivos y tratan al máximo de no utilizar en gran cantidad los plaguicidas y si lo hacen es con niveles toxicológicos bajos y de ahí a que los resultados arrojados sean más altos para estas fincas en cuanto al desempeño productivo del fruto.

Parra y Nates (2007) argumenta que las abejas silvestres de Colombia y el mundo, están sufriendo las consecuencias de las actividades realizadas por el hombre y de esta forma se catalogan como organismos en peligro. El conocimiento actual de las abejas en nuestro país se encuentra en una fase muy incipiente; es fragmentado, local y carece de una síntesis y tan solo se conoce racionalmente 5% de las abejas del país, especialmente de las especies corbiculadas de la familia Apidae. Los productores de café en el país desconocen la importancia de las abejas y el papel que desempeñan en la naturaleza; estos insectos ofrecen directa o indirectamente una serie de beneficios para sus cultivos como la polinización, conservación de especies vegetales y de otras especies lo que se ve reflejado en materias primas de buena calidad. Gran cantidad de insecticidas usados en la agricultura son tóxicos para los insectos polinizadores, se ha estimado que 20% de las pérdidas de *A.mellifera* involucran un cierto grado vulnerable a la exposición al pesticida. La aplicación de pesticidas en cualquier formulación va afectar las

abejas por causa de la persistencia de residuos tóxicos en el néctar y la contaminación de materias usados en las diferentes nidificaciones según las especies.

De las 80 trampas distribuidas tanto en Guaduas como en caparrapí se logró recoger tan solo 5 con enjambres, esto nos indica que hasta el momento se tiene una efectividad del 6,25%, y las especies restantes se capturaron mediante cámara letal. Esta identificación es muy importante para la investigación para así saber cuáles son las especies que habitan en la zona, la abundancia de cada una de estas y biodiversidad de la región en general y así fomentar su conservación. Las abejas encontradas en ambos municipios son nativas de la región y cumplen un papel importante en el ecosistema polinizando los cultivos predominantes de la zona proporcionando un sistema mutualista pero alguno de los productores no tienen conocimiento de esta importancia e implementan sistemas inadecuados de manejo en su producción. Como lo menciona Williams et al. (2001) en su estudio "Variation in Native Bee Faunas and its Implications for Detecting Community Changes" la función de las abejas en el ecosistema se ha visto alterada por la actividad humana afectando a los polinizadores nativos sin tener en cuenta que entre el 60-70% de las plantas dependen de la función de ellos; si este factor antrópico se sigue presentando en todo el mundo las abejas nativas, los taxones, la etología y morfología puede perderse; por eso es importante realizar un inventario del número de individuos, número de especie, lugar de muestreo, implementar un protocolo para la captura (corte

transversal, trampas, red entomológica), número de colectores, producto de preferencia por las abejas.

Las abejas silvestres en nuestro país al igual que en el resto de zonas geográficas del mundo, están sufriendo los rigores de las actividades desarrolladas por el hombre y así se catalogan como organismos en peligro de extinción, desafortunadamente en Colombia el conocimiento actual de las abejas así como de otros insectos, todavía se encuentra en una fase muy deficiente, es fragmentado, local y carece de síntesis, no revisten importancia al momento de establecer prioridades en la investigación y en programas de conservación, siendo que estas ofrecen directa o indirectamente una serie de beneficios al hombre entre los cuales se encuentran la polinización, alimentación, conservación de especies vegetales y animales, producción de materia prima para medicinas y cosmetología entre muchos otros (Nates y González, 2000).

Las diferencias Obtenidas en la calidad del café nos varían los precios de acuerdo al peso del café sano y el peso de la pasilla, se pudo ver notoriamente que el café mejor pago es el de polinización abierta para todas las fincas este nos dio buen resultado destacándose la finca de Francined Cifuentes en la cual por kilo de café pagan \$ 4.850 y el de menor precio la de Alirio Pava \$ 4.650 en cuanto a Caparrapí, por el lado de Guaduas el precio es de \$ 4.800 tanto para la finca de Pablo Ramirez como de Juan Rojas. Por otro lado en el tratamiento de polinización por viento y gravedad se vieron los precios reflejados entre \$ 4.250 - \$ 4.700. Estos precios se ven

reflejados de acuerdo a la caracterización de las fincas acorde a los parámetros de: Área cultivada, nivel de producción, enfermedades, productos orgánicos utilizados y principalmente por los sistemas de producción, plaguicidas/herbicidas manejados destacando las fincas cercanas al bosque, el tratamiento de autopolinización fue categorizado como pasilla ya que el porcentaje era de 50% con defectos y 50% grano sano el precio \$2.000 el cual fue estándar para todas las fincas.

Para la utilidad marginal que nos da como resultado el margen que se estaría ganando por tener una polinización con abejas, se tomó en cuenta los tratamientos de polinización abierta y polinización por viento y gravedad ya que notoriamente la autopolinización no es viable en ninguna producción, para el total de kilos producidos por finca la que más ganancia tendría si fuera polinizada en su totalidad por abejas es la finca de Juan Rojas (Sistema bajo sombrero) \$ 12.000.000 millones en comparación con la de Francined Cifuentes el cual presento una utilidad más pequeña \$. 3.000.000 millones (sistema cercano al bosque) ya que hay más presencia de abejas en el cultivo.

CONCLUSIONES

- La polinización abierta cumple un papel significativo en el desempeño productivo de los cultivos se demostró que bien sea por viento y aún más por abejas los frutos aumentan su rendimiento notablemente a diferencia de una autopolinización que tienen un porcentaje bajo de

producción en cuanto al número de frutos.

- Los sistemas de producción tienen incidencia notoriamente en la actividad polinizadora de las abejas, en un sistema cercano al bosque la presencia de abejas es mayor y por ende su servicio ecosistémico se ve reflejado claramente en las producciones como los principales agentes polinizadores.
- La utilidad marginal que se registra con un tratamiento de viento y gravedad en relación con uno de polinización abierta genera mayor ganancia económica para los productores por kilo cosechado.
- Al no tener en cuenta el nivel toxicológico de los agroquímicos y su uso indiscriminado se afecta a las poblaciones de abejas colocándolas en peligro de extinción lo que conlleva a un bajo rendimiento de los frutos en las producciones.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de Caparrapi. (2012). Nuestro municipio. Recuperado el 17 de septiembre del 2014. http://www.caparrapi-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Guaduas. (2012). Nuestro municipio. Recuperado el 17 de septiembre del 2014. http://www.caparrapi-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Arcila, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café.

Arcila P., J. 2004. Anormalidades en la floración del café. Avances Técnicos 320.

8p.

Audesirk G. 1996. Biología: La vida en la tierra 4 Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. 947 p.

Badilla F.; Ramírez B. 1991. Polinización de café por *Apis mellifera* y otros insectos en Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 41(3): 285 – 288.

El tiempo. (2014) Producción de café aumentó 14 % en cinco primeros meses del año. De <http://www.eltiempo.com/economia/indicadores/produccion-de-cafe-en-colombia/14077515>

European Food Safety Authority. (2013). *Bee health*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/beehealth?wtrl=01>

FAO. (2000). Polinización un servicio del ecosistema. Recuperado el 17 de septiembre del 2014. De: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s/i0112s06.pdf>

FAO. (2010). Adaptación de la agricultura al cambio. Recuperado el julio de 2014, de http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting_SP.pdf

Farfán V., F., y Mestre M., A. (2004). Manejo del sombrero y fertilización del café en la zona central colombiana.

Centro nacional de investigaciones de café, Chinchiná, Colombia.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia . (2010). *Café de Colombia*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de *Café y medio ambiente*: http://www.cafedecolombia.com/particulas/es/sobre_el_cafe/mucho_mas_que_una_bebida/cafe_y_medio_ambiente/

Free, J. (1993). *Insect Pollination of Crops*. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 2nd Edition. University of Wales, Cardiff, UK.

Gonzalez, G. y Villegas, J.(2010). *Café colombiano*. Corporación Unificada Nacional de educación superior.

IPCC. (2002). *Cambio climático y biodiversidad*. Australia: grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.

ICPA, 2009. *Iniciativa Colombiana de Polinizadores, Capitulo de abejas*. Universidad Nacional. Colombia

Jaramillo, A. (2012). *Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café*. Tesis de Maestría presentada para optar al título de Magister en Entomología. Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Kevan, P.G. y Fonseca, I. (2002). *Pollinating Bees: The Conservation Link between Agriculture and Nature*, Ministry of Environment, Brasilia, Brazil.

Klein, A, Dewenter, S. y Tscharntke, T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceeding of Biological Science* 270(1518): 955-961.

Leon, Y. (2006). *Evaluación del efecto de la polinización dirigida a cultivos de naranja (Citrus sinensis) "Valencia" y*

"ombligona" con el uso de la abeja *Apis mellifera* en el municipio de Sasaima, Cundinamarca. Bogota D.C.

Macias, J. Chuc, P. Ancona, O. Cauich y Quezada (2009). Contribution of native bees and africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to solanaceae crop pollination in tropical Mexico. *U.appl. Entomol. Universidad Autonoma de Yucatan, Mexico*

Manrique, J. A. (1995). *La Polinización entomófila y su importancia para la agricultura*. Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP, 47

Najera,O (2010) *guía práctica sobre Manejo Técnico de Colmenas* tomado de <http://teca.fao.org/sites/default/files/resources/manejocolmenas.pdf>

Reyes. (2011). *Desopercular o cortar envasado*. Recuperado 15, Agosto del 2014

Nates, G., y González, H. (2000). *Las abejas silvestres de colombia: por qué y cómo conservarlas*. *Acta Biológica Colombiana*. (5): 22-28

Naredo, J.M. (2002): *Economía y sostenibilidad*. La economía ecológica en perspectiva, paginas 13-44 del libro: Azqueta , D. y Casado, J.M. (2002,coords): *Estudios sobre política ambiental en España*, Consejo General de Colegio de Economistas, Madrid

Pardo H (1999) *EVALUACIÓN DE CINCO MÉTODOS DE MUESTREO PARA ABEJAS EN DOS ESTADOS SUCESIONALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL EMBALSE PORCE II (ANTIOQUIA)* <http://www.bdigital.unal.edu.co/26209/1/23769-83063-1-PB.pdf>

Salamanca, G. (1998) Potencial apícola en la productividad y conservación de cultivos y plantas promisorias en el Tolima Colombiano. Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Sánchez, A. (2006). La polinización entomófila: flores himenopterófilas. Salvia blanca (*Salvia argentea*). Recuperado 15 de Agosto del 2014

Sánchez, O., Castañeda, Muños, y Tellez. (08 de 12 de 2013). aportes para el análisis del sector. Bogotá , Colombia: Cienciaagro.

Secretaria de Agricultura y Ganadería. (2005). Manual técnico de apicultura. Honduras

Universidad Pública de Navarra. (2005). Glosario botánico. Pamplona

Silva, D., y Arcos, A. (2006). Guía Ambiental Apícola, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Obtenido de <http://es.slideshare.net/syandrea/guia-apicola1>

Vásquez, B. Cuellar, M., Ballesteros, H. (2006). Utilización de la abeja *Apis mellifera* como agente polinizador en cultivos comerciales de fresa (*Fragaria chiloensis*) y mora (*Rubus glaucus*) y su efecto en la producción. Bogota D.C: Produmedios, Productos editoriales y audiovisuales

Vásquez, R. y Tello, J (1995). Producción apícola. Corpoica. Bogotá. 127

Vergara, S. (2012). Reporte de inteligencia de mercados. Café peruano aroma y sabor para nosotros y el mundo. Peru

Williams, N. M., R. L. Minckley, and F. A. Silveira. 2001. Variation in native bee faunas and its implications for detecting community changes. Conservation Ecology 5(1): 7.

Wilson, E. (2009). Ecological Effects of an Invasive Social Wasp on Hawaiian Arthropod Communities. San Diego, California (European Food Safety Authority, 2013)

