



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 11. N° 33
Diciembre 2018
www.eumed.net/rev/delos/33/index.html

IMPORTANCIA DE LA MOSQUILLA *Forcipomyia* spp. EN LA POLINIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CACAO

IMPORTANCE OF TINY FLY *Forcipomyia* spp. IN POLLINATION AND PRODUCTION OF COCOA CROP

Allan Alvarado Aguayo¹
Universidad Agraria del Ecuador
aalvarado@uagraría.edu.ec

Mariela Carrera Maridueña²
Universidad Agraria del Ecuador
dcarrera@uagraría.edu.ec

Jenny Morante Cajilema³
Unión Nacional de Cañicultores S.A.
jennymorante2013@gmail.com

Ecuador

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Materiales y métodos	4
3. Resultados y discusión	4
3.1 Polinizadores de la flor del cacao	4
3.2 Caracterización del género <i>Forcipomyia</i>	6
3.3 Morfología de <i>Forcipomyia</i>	8
3.4 La polinización efectuada por <i>Forcipomyia</i> en las plantaciones cacaoteras	8
3.5 Relación entre polinización y producción del cultivo de cacao	10
4. Conclusiones y recomendaciones	11
4.1 Conclusiones	11
4.2 Recomendaciones	11
5. Referencias	12

¹ Ingeniero Agrónomo; Diplomado Superior en Investigación; Magister en Docencia Superior; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador; Comité de Investigación Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador

² Ingeniero Agrónomo; Magister en Agroecología y Agricultura Sostenible; Profesor Titular Auxiliar de la Universidad Agraria del Ecuador, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, Guayas, Ecuador

³ Tecnóloga en Banano y Frutas Tropicales; Jefe de Campo, Unión Nacional de Cañicultores (UNCE), El Triunfo, Guayas, Ecuador

RESUMEN

Este trabajo caracteriza al insecto *Forcipomyia* spp. como polinizador en el cultivo de cacao. Para ello se describe su morfología y ciclo biológico, para luego caracterizar sus métodos de reproducción y analizar su importancia en la producción de cacao. Es bien sabido que los polinizadores transportan el polen de las anteras a los estigmas de las flores, y si este proceso no es realizado correctamente los ecosistemas dejarían de existir. En este sentido, la polinización es un proceso biológico de gran importancia para la producción de los alimentos, ya que existe una relación directa entre los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola. El género *Forcipomyia* como polinizador del cacao ha sido reportado en varias regiones del mundo: Malasia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, entre otros. La mosquilla polinizadora del cacao pertenece al orden Díptera, de la familia Ceratopogonidae, incluyendo varias especies que intervienen de manera efectiva en la polinización de las flores del cacao. Su reducido tamaño (entre >1 mm a <3 mm de largo) es su ventaja, pues aquellos insectos < 2 mm no son efectivos polinizadores de la flor del cacao, ya que no alcanzan el estilo cuando se ubican sobre el estaminodio. En Ecuador, este insecto se desarrolla en las condiciones climáticas tropicales de la Costa y la Amazonía. Su área de influencia coincide con las provincias de mayor producción de cacao: Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. Se considera un polinizador necesario para los dos tipos de cacao ecuatoriano: Cacao Fino de Aroma, conocido también como Criollo o Nacional, de mazorca amarilla, y CCN-51, o Colección Castro Naranjal cuyo color característico es rojo.

Palabras claves: díptero, estaminodio, fecundación, polen, polinización entomófila.

ABSTRACT

This work characterizes the insect *Forcipomyia* spp. as a pollinator in cocoa crop. To do this, its morphology and biological cycle are described, to then characterize its reproduction methods and analyze its importance in the production of cocoa. It is well known that pollinators transport pollen from anthers to the stigmas of flowers, and if this process is not carried out correctly ecosystems would cease to exist. In this sense, pollination is a biological process of great importance for the production of food, since there is a direct relationship between wild ecosystems and agricultural production systems. The genus *Forcipomyia* as a cocoa pollinator has been reported in several regions of the world: Malaysia, Brazil, Costa Rica, Ecuador, among others. The cocoa pollinator mosquito belongs to the order Diptera, of the family Ceratopogonidae, including several species that effectively intervene in the pollination of cocoa flowers. Its small size (between > 1 mm to <3 mm long) is its advantage, because those insects <2 mm are not effective pollinators of the cocoa flower, since they do not reach the style when they are placed on the staminodium. In Ecuador, this insect develops in the tropical climatic conditions of the Coast and the Amazon. Its area of influence coincides with the provinces with the highest production of cocoa: Los Ríos, Guayas, Manabí and Sucumbíos. It is considered a necessary pollinator for the two types of Ecuadorian cacao: Cacao Fino de Aroma, also known as Criollo or Nacional, of yellow cob, and CCN-51, or Colección Castro Naranjal whose characteristic color is red.

Keywords: diptera, staminodium, fertilization, pollen, entomophilic pollination.

Clasificación JEL: E23, C93, Q01, Q57, Y10

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una fruta tropical de gran importancia en Ecuador y sus cultivos se encuentran mayormente en el Litoral y en la Amazonía. Su desarrollo normal ocurre a una temperatura mínima de 15°C mínima y máxima de 35°C, en suelo ricos, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular, con un pH de 4 a 7,4 (Jaimez, Tezara, Coronel, & Urich, 2008). El cacao produce una mazorca que contiene granos cubiertos de una pulpa rica en azúcar. La producción del cacao se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos (Guerrero, 2014).

En el aspecto ecológico, el cacao ayuda a mantener la humedad del suelo, favoreciendo el desarrollo de microorganismos que aportan con la descomposición de las materia orgánica en la hojarasca (Sáenz & Cabezas, 2004). Las condiciones de una plantación cacaotera benefician el desarrollo de insectos polinizadores, debido a la protección del sol, la humedad y la temperatura. Destacan los microdípteros, familia Ceratopogonidae que agrupa mosquillas polinizadoras responsables de la producción. La polinización en cacao es mayormente entomófila y varias especies frecuentes en las flores han sido mencionadas como polinizadoras, entre ellas: *Frankliniella párvula* Hood (Formicidae), *Trigona clavipes* T. (Apidae), *Selenopsis* spp. (Formicidae) y especialmente *Forcipomyia* spp. (Reyes, 2014).

La mayoría de las veces la polinización del cacao es de tipo cruzada, lo que significa que sería necesario que un agente sea el encargado de llevar el polen un árbol donador a otro árbol para que lo recepte mediante los insectos. La mayoría de las variedades de cacao tienen característica genética que no pueden auto polinizarse por la incompatibilidad. Algunos de los que descenden no pueden cruzarse con sus padres, ni hermanos o con ellos mismos (Bradbear, 2005).

Los insectos polinizadores son escasos en las plantaciones de cacao, especialmente en estructura de sistemas agroforestales a sistemas intensos, permitiendo reducir la cantidad de las materias orgánicas como son la hojarasca, que es donde se desarrollan los insectos polinizadores (El-Hage & Hattam, 2003).

Se ha determinado que la principal agente polinizadora del cacao es una activa y pequeña mosquilla, *Forcipomyia* spp. (orden: díptera; familia: ceratopogonidae), que ha sido encontrada en toda las áreas donde se ha cultivado el cacao. Estos insectos pueden volar de un árbol a otro a una distancia de 60 m y tienen su actividad durante el día después de las 8 de la mañana (Ríos, 2015).

Su función es importante debido a las características morfológicas de la flor, que hace menos eficiente la transferencia del polen de la antera al estigma por otros agentes. El ciclo de producción de cacao, desde la polinización hasta el fruto maduro (listo para cosechar) es aproximadamente de seis meses, y la flor del cacao normalmente impide una polinización fácil, pues su polen no está al alcance de polinizadores habituales, como la abeja, que es incapaz de

impregnarse de polen de cacao; el viento tampoco es un buen factor de polinización, porque el polen del cacao se humedece rápidamente y adquiere peso y cae (Córdoba, Cerda, Deheuvels, Hidalgo, & Declerck, 2013).

En este ámbito se destaca la mosquilla polinizadora (*Forcipomyia* spp.), la cual se constituye uno de los principales polinizadores del cacao en base a su diminuto tamaño que varía entre >1 mm a <3 mm de largo. Esto le permite llegar fácilmente al polen de la flor. Este factor constituye una fortaleza dentro del grupo de polinizadores para la producción en cacao (Ríos, 2015).

Debido a que la protección de los polinizadores naturales del cacao es un medio factible para lograr una buena polinización, la importancia de *Forcipomyia* es elevada y constituye una alternativa natural a la selección de cruces e hibridaciones, muy utilizados en las técnicas de polinización artificial. Por ello, este trabajo se fundamenta en los siguientes objetivos: (1) Describir la morfología y ciclo biológico de *Forcipomyia* spp. (2) Caracterizar sus métodos de reproducción en las plantaciones cacaoteras, y (3) Analizar su función e incidencia en la producción del cacao.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente artículo se muestran los resultados y discusión de un análisis sobre la importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. En correspondencia a la naturaleza del estudio, se procedió al análisis de información bibliográfica de fuentes fidedignas y verificables, las cuales fueron debidamente estructuradas según normativas formales del análisis documental (Peña & Pirella, 2007).

La comparación analítica de relación existente entre la polinización y la producción del cultivo de cacao permitió estructurar un marco teórico detallado, explicativo y analítico. Los resultados se muestran a partir del análisis documental acompañado de comentarios que se conectan con el marco teórico para construir la discusión, la cual abarca el desarrollo de los objetivos del trabajo, describiendo la morfología y ciclo biológico de *Forcipomyia* spp., caracterizando, luego, sus métodos de reproducción en las plantaciones cacaoteras, para, finalmente, analizar su función e incidencia en la producción del cacao.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Polinizadores de la flor del cacao

El cultivo de cacao es importante tanto para pequeños como grandes productores, es por ello que el estudio sobre los métodos de polinización que se realizan a través de los insectos es fundamental ya que de ello depende si se tendrá una buena o mala producción (Reyes, 2014). En la actualidad son conocidos los principales insectos responsables de la polinización del cacao. Se citan por ejemplo a: *Forcipomyia*, *Quasiigrammi* y *Lasiohella*, también a las hormigas *Crematogaster*. Existen también algunas especies de *Toxoptera aurantii* y áfidos *Aphis gossypii*, *Frankliniella parvula* y abejas silvestres. Hay otras especies que se podrían considerar en base a

las observaciones: las hormigas *Solenopsis geminata* y *Wasmannia auropunctata* (Córdoba, Cerda, Deheuvels, Hidalgo, & Declerck, 2013).

De toda la gama de polinizadores del cacao, las mosquillas tienen ciertas ventajas debido a su vuelo rápido que cubre grandes distancias dentro de una huerta, a diferencia de polinizadores limitados como las hormigas, cuya función se focaliza en ciertos sectores. De todas las mosquillas, muchas especies del género *Forcipomyia* se encuentran más frecuente en las plantaciones de cacao (Reyes, 2014); una de las primeras características de esta especie es volar a grandes distancias, habilidades transportar grandes cantidades de polen y, por último, su tamaño pequeño les permite acceder al interior de la flor. Las especies como *Forcipomyia*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea* y *Stilobezzia* pueden ser halladas en todas las altitudes, implícitamente en todo el tipo de hábitat en donde exista la humedad (Parra, 2016).

Tabla No. 1
Taxonomía de los insectos polinizadores del cacao

Orden	Familia	Género	Especie
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i>	<i>D. aegealitis</i>
		<i>Atrichopogon</i>	<i>A. lophomyidium</i>
		<i>Forcipomyia</i>	<i>F. lasiohela</i>
			<i>F. quasiigrammi</i>
			<i>F. squamigera</i>
			<i>F. bipunctata</i>
			<i>F. spatulifera</i>
			<i>F. brachyrhynchus</i>
			<i>F. genualis</i>
			<i>F. harpegonata</i>
Hemíptera	Aphididae	<i>Toxoptera</i>	<i>T. aurantii</i>
		<i>Aphis</i>	<i>A. gossypii</i>
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankiniella</i>	<i>F. parvula</i>
Hymenoptera	Formicidae	<i>Monacis</i>	<i>M. bispinosa</i>
		<i>Azteca</i>	<i>A. foreli</i>
		<i>Wasmannia</i>	<i>W. suropunctata</i>
			<i>W. auropunctata</i>
		<i>Solenopsis</i>	<i>S. geminata</i>
		<i>Crematogaster</i>	<i>C. Degeeri</i>

Fuente: (Flores, 2015)

En definitiva, los polinizadores del cacao, en una gran mayoría, pertenecen al género *Forcipomyia*. Son insectos tan diminutos que cuentan con características poco visibles para el ojo humano, son capaces de llegar fácilmente al polen de la flor, en el caso de las capsulas que forman los pétalos otorgan un refugio que eso les permite movilizarse de una manera muy segura. Las mosquillas son abundantes en los ambientes naturales y son unas de los principales factores en la producción de cacao (Alcaraz, 2013). Cabe destacar que la familia Ceratopogonidae no son los únicos insectos especializados polinizadores de cacao, otro grupo importante de especies pertenece a la familia Thysanoptera, o también a la familia Cecidoniidae (Salazar & Torres, 2017).

Un ambiente libre de químicos favorece las poblaciones de la familia Ceriatopogonidae en las plantaciones cacaoteras. En el ciclo de vida de estos insectos se necesita de materia orgánica para su subsistencia (Pantoja, 2014).

Imagen 1. Biting midge (*Forcipomyia* sp.) feeding on the hemolymph of a moth caterpillar.
Photographed in Belize, (Wizen, 2018)



3.2 Caracterización del género *Forcipomyia*

El género *Forcipomyia* es quizá el principal agente que desempeña la función de polinizador de la flor del cacao. Proviene del reino Animalia, clase Insecta, orden Díptera, familia Ceratopogonidae. Dos de sus especies más importantes son: *F. lasiohella*, *F. quasiigrammi* (Córdoba, Cerda, Deheuvels, Hidalgo, & Declerck, 2013). Otras importantes especies son: *F. squamigera* Kieffer, *F. bipunctata* Linnaeus, y también *F. squamipennis* (González & Goldarazena, 2011). Además, destacan otras especies, tales como: *F. spatulifera*, *F. brachyrhynchus*, *F. genualis*, *F. harpegonata*, entre otras. Todas ellas son propias de los climas tropicales (Sánchez, y otros, 2001).

También se incluyen las especies *F. pictoni* y *F. marini* en algunas regiones cacaoteras de Sudamérica, dentro de una amplia gama de otras especies del género *Forcipomyia*. Existen así mismo otras especies que tienden a volverse parásitas y hematófagas (Spinelli, 2009).

El ciclo de vida de *Forcipomyia* es de 27 a 28 días a 24°C (Córdoba C. , 2011). Es relativamente corto y ofrece la posibilidad de reproducirse fácilmente con cerca de 12 generaciones por año, desde los huevos hasta el empupe y al inicio de su vida adulta, hasta el apareamiento, solo dejan los enjambres para la ovoposición y la muerte. Este comportamiento favorece su posibilidad del apareamiento, así como disminuye las posibilidades de perecer ante enemigos naturales (Serrano, 2011).

Las hembras de *Forcipomyia* depositan sus huevos en lugares con altos contenidos de humedad donde sus larvas se desarrollan; el estadio de huevo es de 3 a 4 días (Bravo, Somarriba, & Arteaga, 2010). Por su parte, el estadio de larva dura de 10 a 17 días, mientras que en estado de pupa o crisálida transcurren de 3 a 4 días. El adulto tiene un estadio de 12 a 16 días (Marino & Spinelli, 2001).

Imagen 2. Ciclo de vida de Ceratopogonidae (Flores, 2015)



Se reproducen depositando sus huevos en lugares donde exista la humedad, sombreados y frescos. A los tres días eclosionan y emergen las larvas con las cual ellos en doce días cumplen su estadio larvarios. Se alimentan de materia orgánica que esté en descomposición, luego proceden a convertirse en una pupa y es ahí donde pasan diez días para que salga la mosquilla adulta (Córdoba, Cerda, Deheuvels, Hidalgo, & Declerck, 2013).

El género *Forcipomyia* presenta características como sensibilidad y movimiento por la luz, naturaleza poiquilotérmica y necesidad de condiciones húmedas (Serrano, 2011). Los porcentajes altos de pendiente afectan directamente la abundancia de *Forcipomyia*, porque la gravedad influye en la presencia de hojarasca y material en descomposición que sirven como sitios para llevar a cabo los ciclos de vida de este género (Lecaro, 2015).

Tabla No. 2
Colección identificada de Ceratopogonidae en plantaciones cacaoteras de Venezuela, Colombia y Ecuador

Especies	Hábitat
<i>Forcipomyia spatulifera</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia brachyrhynchus</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia quasiingrami</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia genualis</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia harpegonata</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia pictoni</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia quatei</i>	Cacao
<i>Forcipomyia cornuta</i>	Cacao
<i>Forcipomyia setigera</i>	Cacao
<i>Forcipomyia pinamerensis</i>	Cacao
<i>Forcipomyia luteigenua</i>	Cacao
<i>Forcipomyia winderi</i>	Cacao
<i>Forcipomyia marini</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Forcipomyia uramaensis</i>	Cacao
<i>Forcipomyia longispina</i>	Cacao
<i>Forcipomyia blantonii</i>	Cacao
<i>Forcipomyia seminole</i>	Cacao
<i>Forcipomyia squamithorax</i>	Cacao
<i>Forcipomyia louriei</i>	Cacao
<i>Forcipomyia hermosa</i>	Cacao
<i>Forcipomyia terrestres</i>	Cacao
<i>Forcipomyia attenuata</i>	Cacao
<i>Forcipomyia aerea</i>	Cacao
<i>Monohelea affinis</i>	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Atrichopogon</i> sp.	Cacao, bosque asociado a cacao
<i>Stilobezzia</i> sp.	Cacao, bosque asociado a cacao

Fuente: (Ríos, 2015)

3.3 Morfología de *Forcipomyia*

Pertenece a la clase insecta o hexápoda, su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen, conocidos también como somitos, tagmas o metámeros, pueden ser segmentados o fusionados, iguales o desiguales, tienen forma más o menos anular, poseen respiración traqueal. Varían en forma y tamaño, algunos son más pequeños que los protozoarios y más grandes que los vertebrados más pequeños (De La Cruz, 2006).

La hembra posee un largo de ala 1,09 (0,88-1,30, n = 12) mm; ancho máximo 0,47 (0,40-0,58, n = 16) mm. La cabeza es parda oscura, ojos glabros, contiguos a lo largo de una distancia aproximada al diámetro de 4 omatidios. Antena con flagelo pardo oscuro; flagelómeros 1-3 subesféricos, levemente más anchos que largos (González, 2006). El tórax es color pardo oscuro uniforme, con abundantes inserciones de pelos. Su abdomen es pardo, muy piloso. Esclerotización genital robusta, en forma de Y invertida. Dos espermatecas ovoides, subiguales, midiendo 0,050 x 0,042 mm y 0,046 x 0,044 mm, ambas con cuello ancho y corto que mide 0,010 mm (Sánchez M. , 2011).

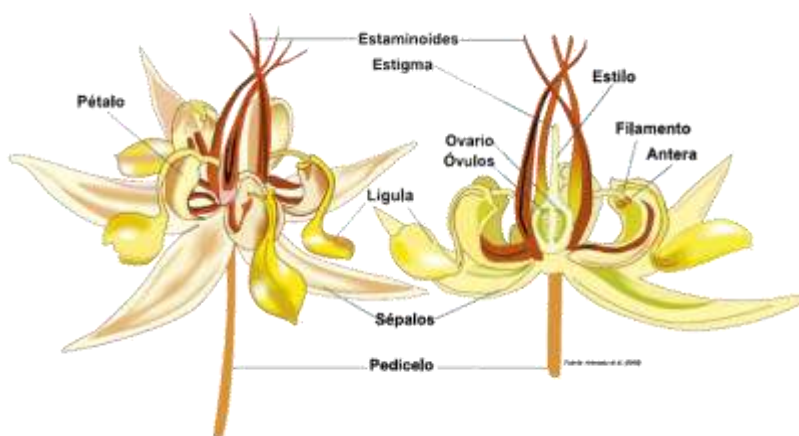
El macho posee las siguientes características: largo del ala 1,26 (1,12-1,38, n = 7) mm; ancho máximo 0,41 (0,38-0,45, n = 7) mm. Posee características similares a las de la hembra, con excepción de las diferencias sexuales (Marino & Spinelli, 2001)

Se aparea en estado adulto o imago, su reproducción es más frecuente o aumenta en épocas lluviosas, ya que en esta temporada hay más reservorios de agua, que es el lugar donde depositan sus huevos. La hembra para depositar sus huevecillos prefiere medios fríos, oscuros y húmedos como las plantaciones de cacao bajo dosel cerrado, huecos con tallos y cáscaras de cacao en descomposición (Orellana, 2011). También se considera a las bromelias como hospederos de estos insectos ya que por la forma de sus hojas almacena agua, generando un lugar propicio para el desarrollo de sus larvas (Serrano, 2011).

3.4 La polinización efectuada por *Forcipomyia* en las plantaciones cacaoteras

Las flores de la planta del cacao brotan de los cojines en grupos que varían de 14 y 18, los cojines florales se encuentran dentro del tronco y en la rama principal del árbol. Por ende deben cuidarse los cojines florales, porque si son dañados no volverán a producir flores; por ejemplo, no hay que torcer ni arrancar los frutos. Es recomendable cortarlos sin dañar el cojín floral. Las flores permanecen abiertas durante la noche y en el amanecer ya están completamente abiertas, permaneciendo así durante 2 días y si no son polinizadas se secan y se caen. Las flores de un cojín floral no son abiertas todas al mismo tiempo, cada uno de los óvulos fecundados son convertidos en semilla. Cuando existen en una flor bastantes óvulos fecundados el ovario de la flor es convertido en un fruto (Bustillos, 2013).

Imagen 3. Detalles de las partes de flor de cacao (CATIE, 2011)



La flor del cacao puede polinizarse de tres formas: polinización entre la misma flor del cacao, entre flores del cacao del mismo árbol y flores del cacao entre árboles (Cerde, y otros, 2013).

Imagen 4. Polinización de la flor del cacao (Cerde, y otros, 2013)



La mosquilla *Forcipomyia* ha sido reconocida como la polinizadora más eficiente de la planta del cacao en todas las áreas donde ha sido observada (Ríos, 2015). Sin embargo, es un factor limitante en la producción del cacao, ya que la época donde suele salir a polinizar más es donde exista humedad o abundante sombra. Su función polinizadora se da por búsqueda de flores en procura de alimentos. Se desconoce si ellas buscan alimentos energéticos o proteínas para la maduración de los huevos. Es un hecho que casi todas las hembras polinizan las flores (Soria, 2011).

Siendo el cacao una especie que se reproduce sexualmente, es ahí donde intervienen los insectos polinizadores para ayudar a unir las células masculinas y femeninas para que se forme un nuevo fruto. Para que se produzca la fecundación la planta debe de ser visitada por la *Forcipomyia* que llega a la flor por sus colores llamativos y su fresca aroma que es producido por los estamineoides. La mosquilla camina por la flor de la planta en busca del néctar, pasan por las

anteras donde se encuentran los granos de polen que son pegajosos, por lo cual adhieren en las alas, patas y cefalotórax de la mosquilla polinizadora. La mosquilla pasa por el estigma dejando el polen que se encuentran adquirido en su cuerpo y es así que las células masculinas y femeninas forman el fruto del cacao (Chávez, 2014).

El clímax en el proceso de polinización ocurre cuando la mosquilla entra a una flor, que se encuentra en posición invertida, en donde llevando polen en sus cerdas torácicas lo arrastra al interior del estaminodio, deteniéndose luego a probar su superficie y así, si el estaminodio es paralelo al pistilo, los granos de polen son puestos en el estilo y/o estigma pues el tórax de la mosquilla se frota contra ellos. Si el estaminodio está oblicuo al pistilo, el polen se deposita solamente en la base. Como el interior es veloso con largas cerdas concentradas en la base, es imposible para el mosquito, salir por este lugar sin frotarse contra ellas. Además los granos de polen son llevados en toda la superficie del cuerpo (Correoso, 2014).

El trabajo de polinización es sencillo para la mosca *Forcipomyia*, ya que es diminuta y puede realizar su labor donde otros polinizadores de mayor tamaño no lo logran debido a las dimensiones de la flor del cacao. Un inconveniente para esta especie es que su cuerpo frágil la hace altamente vulnerable a la aplicación de pesticidas químicos (Martínez, 2000).

3.5 Relación entre polinización y producción del cultivo de cacao

La humedad y sombra de las plantaciones cacaoteras es un factor determinante para los sitios de anidamiento *Forcipomyia*. La cobertura de dosel afecta inversamente la distribución y abundancia de la mosquilla, por lo que el manejo de podas dentro de las poblaciones y la diversidad de árboles de dosel pueden favorecer a la dinámica poblacional de este género. Las podas moderadas frecuentes influyen directamente en la abundancia de *Forcipomyia*, debido a la presencia de hojarasca y material en descomposición que sirven como sitios para llevar a cabo los ciclos de vida de este género. Por lo tanto, un manejo adecuado de la cobertura de dosel y de la hojarasca presente en los agrosistemas de cacao, contribuyen a la abundancia del género *Forcipomyia* (Ríos D. , 2015).

La polinización de *Forcipomyia* en el campo es bastante satisfactoria. Se cree que puede cubrir un rango de cero a cuatro flores polinizadas por árbol/día. Una media anual de dos flores polinizadas por árbol por día es buena para una plantación de entre 8 y 20 años. La presencia de la mosquilla polinizadora constituye un indicador directamente relacionado con el aumento de flores cuajadas en la huerta de cacao (De La Cruz, 2006).

Tabla No. 3
Parámetros de producción anual de mazorcas de cacao

Mazorcas	Parámetros
Menos de 50	Malo
51 – 100	Regular
101 – 200	Buena
Más de 200	Muy buena

Fuente: (Avila, Campos, Guharay, & Camacho, 2014)

Las fluctuaciones anuales en el número total de flores polinizadas por *Forcipomyia* dependen del número de mosquillas presente, debido a que su influencia mantiene una proporción directa con la floración de las plantas de cacao, con un pico principal en mayo y un pico menor en noviembre de cada año (Soria, 2011). La producción de mazorcas aumenta en plantaciones donde se protege la fauna benéfica con el escaso o nulo uso de insecticidas. La mosquilla polinizadora es muy delicada a los componentes tóxicos de los plaguicidas, por lo tanto en un ambiente donde se ve limitada su función polinizadora, los rendimientos del cacao pueden decaer hasta en un 40% de la cosecha que se esperaría en una huerta donde *Forcipomyia* se reproduce libremente (Bravo, Somarriba, & Arteaga, 2010); (Córdoba C. , 2011).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La polinización es un proceso biológico de gran importancia para la producción de los alimentos. Los polinizadores transportan el polen de las anteras a los estigmas de las flores. Si este proceso no es realizado correctamente los ecosistemas dejarían de existir, por lo cual la polinización debe tener gran atención sobre el manejo agrícola de conservación.

El género *Forcipomyia* como polinizador del cacao ha sido reportado en varias regiones del mundo, por ejemplo Malasia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, entre otros. Incluye varias especies que intervienen de manera efectiva en la polinización de las flores del cacao. Aquí, su reducido tamaño (entre >1 mm a <3 mm de largo) es su ventaja, pues los polinizadores como abejas o mariposas no son efectivos en la flor del cacao, ya que no alcanzan el estilo cuando se ubican sobre el estaminodio.

En Ecuador, este insecto se desarrolla en las condiciones climáticas de la Costa y Amazonía. Su área de influencia coincide con las provincias de mayor producción de cacao, encontrándose presente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos. Se considera un polinizador necesario para los dos tipos de cacao ecuatoriano: Cacao Fino de Aroma, conocido también como Criollo o Nacional, de mazorca amarilla, y CCN-51 (Colección Cacao Naranja) cuyo color característico es rojo.

4.2 Recomendaciones

En base los datos analizados en la presente investigación, se recomienda preservar el hábitat de *Forcipomyia* realizando un adecuado manejo de la poda, evitando retirar el mantillo de las plantaciones y restringiendo las aplicaciones de pesticidas, de modo que se genere su libre desarrollo como agente polinizador del cacao.

Dejar en la plantación la hojarasca y el material vegetal picado, así como también los residuos de las mazorcas de cacao al momento de dar mantenimiento a las plantas, de modo que favorezca el desarrollo de las colonias de los insectos.

Realizar la labor de poda de los árboles de cacao una vez terminada la cosecha principal, con lo que se permite el ingreso libre de la luz y se estimule la floración.

5. REFERENCIAS

- Alcaraz, F. (2013). *Polinización y dispersión*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Avila, A., Campos, M., Guharay, F., & Camacho, A. (2014). *Diseño y establecimiento de cacao bajo sistemas agroforestales*. Fundesyram.
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Roma, Italia: FAO.
- Bravo, J., Somarriba, E., & Arteaga, G. (2010). Factores que afectan la abundancia de insectos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 119-131.
- Bustillos, R. (2013). *Reproducción sexual del cacao*. San José, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- CATIE. (2011). *Biología floral del cacao*. Obtenido de Biblioteca Agroecología Fundesyram: <http://www.fundesyrum.info/biblioteca.php?id=3721>
- Cerda, R., Astorga, C., Villalobos, M., Deheuvels, O., Orozco, S., & Say, E. (2013). *Servicios ambientales de los cacaotales centroamericanos*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Chávez, E. (2014). *Reproducción sexual del cacao*. San José, Costa Rica: World Cocoa Foundation.
- Córdoba, C. (2011). *Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical.
- Córdoba, C., Cerda, R., Deheuvels, O., Hidalgo, E., & Declerck, F. (2013). *Polinizadores, Polinización y Producción Potencial de Cacao en Sistemas Agroforestales de Bocas del Toro*. Bocas del Toro, Panamá: Agroforestería en las Américas N° 49, 26-32.
- Correoso, C. (2014). *La polinización en el cultivo de cacao*. San Salvador, El Salvador: Biblioteca Agroecología Fundesyram.
- De La Cruz, J. (2006). *Entomología: morfología y fisiología de los insectos*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- El-Hage, N., & Hattam, C. (2003). *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Roma, Italia: FAO.
- González, M., & Goldarazena, A. (2011). *El género Colicoides en el país Vasco*. San Sebastián, España: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- González, C. (2006). *Morfología de la armadura bucal de la hembra: Ceratopogonidae*. Santiago, Chile: Acta Entomológica Chilena, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Guerrero, G. (2014). El Cacao Ecuatoriano. Su historia empezó antes del siglo XV. *Revista Líderes*.
- Jaimez, R., Tezara, W., Coronel, I., & Urich, R. (2008). *Ecofisiología del cacao (Theobroma cacao): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela*. Caracas, Venezuela: Revista Forestal Venezolana.

- Lecaro, J. (2015). Entomología asociada al dosel de *Theobroma cacao*. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Repositorio Digital*, 23-29.
- Marino, P., & Spinelli, G. (2001). El subgénero *Forcipomyia*. *Euprojoannisia*, 11-18.
- Martínez, A. (2000). *Mosquitas polinizadoras (Dipteras: Ceratopogonidae) del cacao colectadas en comunidades Piara en Amazonas, Venezuela*. Caracas, Venezuela: Boletín de Entomología Venezolana.
- Orellana, A. (2011). Los polinizadores del cacao. *Zelaya - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*, 17-19.
- Pantoja. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y El Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Parra, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Peña, T., & Pirella, J. (2007). La complejidad del análisis documental. *Información, Cultura y Sociedad*(16), pp.55-81.
- Reyes, C. (2014). *Insectos asociados al cultivo de cacao*. Caracas, Venezuela: Biblioteca Agroecológica Fundesyram.
- Ríos, D. (2015). *Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de Theobroma cacao*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Sáenz, B., & Cabezas, M. (2004). *Un acercamiento a la ecofisiología del cacao*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura.
- Salazar, R., & Torres, V. (2017). Estudio de la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en tres sistemas de producción. *Tecnología en Marcha*, 30(1), pp. 90-100.
- Sánchez, M. (2011). *Descripción de tres individuos intersexo pertenecientes a la especie Culicoides circumscriptus Kieffer, 1918, (Diptera, Ceratopogonidae) aislados en Extremadura, España*. Madrid, España: Asociación Española de Entomología.
- Sánchez, P., Morillo, F., MuñozW, Soria, S., Marín, & C. (2001). *Las especies de Forcipomyia, Meigen (Diptera: Ceratopogonidae) polinizadoras del cacao (Theobroma cacao L.) en la Colección de la Estación Experimental del INIA-Miranda, Venezuela*. Miranda, Venezuela: Entomotrópica.
- Serrano, R. (2011). *Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agrícolas*. San Pedro Sula, Honduras: Universidad San Pedro Sula.
- Soria, S. (2011). *Estudio de Fluctuaciones de Polinización del Cacao por las mosquitas Forcipomyia spp.* Bogotá, Colombia: Dissertations Abstracts International - Universidad Nacional de Colombia.
- Spinelli, G. (2009). *Estado actual del conocimiento de la familia Ceratopogonidae en la Patagonia (Diptera: Nematocera)*. Buenos Aires, Argentina: Revista de la Sociedad Entomológica Argentina.
- Wizen, G. (2018). *Little Transformers: Forcipomyia*. Obtenido de Insects - Gil Wizen: <http://gilwizen.com/forcipomyia/>

