



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA**

**Y VETERINARIA**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**TEMA:**

“Importancia de los insectos polinizadores del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en asociación con el plátano”.

**AUTORA:**

Karen Patricia Velez Contreras

**TUTOR:**

Ing. Agr. Orlando Olvera Contreras, MAE.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

## RESUMEN

Uno de los procesos más importantes en cualquier cultivo es la polinización, ya que permite la formación del fruto lo cual incidirá directamente en el rendimiento. El objetivo de la presente investigación fue describir la importancia de los insectos polinizadores del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en asociación con el plátano. El documento se desarrolló a través de la recopilación de información diversa con fines de investigación proveniente de diversos sitios web, artículos científicos, fuentes y repositorios bibliográficos que son accesibles a través de plataformas digitales. Las conclusiones determinaron que la presencia de polinizadores en el cultivo de cacao ayuda al incremento de flores fecundadas y por ende la producción de mazorcas. Además, la preservación del hábitat de *Forcipomyia* y otras especies de polinizadores favorecen el desarrollo de las colonias de estos insectos benéficos. Las principales especies responsables de la polinización de la flor de cacao son: Familia *Ceratopogonidae* que, incluye a los principales responsables de la polinización, siendo los géneros de mayor relevancia *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*. Entre las especies del género *Forcipomyia* colectadas en el centro del Litoral ecuatoriano: *F. blantoni*, *F. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. brachyrhynchus*, *F. genualis*, *F. pictoni*, *F. argenteola*, *F. pluvialis*, *F. sexvittata*, *F. cinctipes* y *Forcipomyia* spp. Entre las medidas de protección y conservación para los polinizadores en el cultivo de cacao se ha determinado que, bajo sistemas agroforestales o en asocio con especies frutales presentes en la mayoría de las fincas cacaoteras como plátano se crea un ambiente favorable para la abundancia de especies polinizadores, brindándoles beneficios ambientales debido a la diversidad y complejidad estructural del dosel de sombra, regulación de vientos y mejoramiento del suelo.

**Palabras claves:** cacao, floración, polinización, producción.

## SUMMARY

One of the most important processes in any crop is pollination, since it allows the formation of the fruit which will directly affect the yield. The objective of this research was to describe the importance of pollinating insects of the cocoa crop *Theobroma cacao* L. in association with banana. The document was developed through the compilation of diverse information for research purposes from various websites, scientific articles, sources and bibliographic repositories that are accessible through digital platforms. The conclusions determined that the presence of pollinators in cocoa cultivation helps to increase fertilized flowers and therefore the production of pods. Furthermore, the preservation of the habitat of *Forcipomyia* and other pollinator species favors the development of colonies of these beneficial insects. The main species responsible for the pollination of the cocoa flower are: Family Ceratopogonidae, which includes those mainly responsible for pollination, with the most relevant genera being *Forcipomyia*, *Dasyhelea* and *Atrichopogon*. Among the species of the genus *Forcipomyia* collected in the center of the Ecuadorian coast: *F. blantoni*, *F. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. brachyrhynchus*, *F. genualis*, *F. pictoni*, *F. argenteola*, *F. pluvialis*, *F. sexvittata*, *F. cinctipes* and *Forcipomyia* spp. Among the protection and conservation measures for pollinators in cocoa cultivation, it has been determined that, under agroforestry systems or in association with fruit species present in most cocoa farms such as banana, a favorable environment is created for the abundance of pollinator species, providing environmental benefits due to the diversity and structural complexity of the shade canopy, wind regulation and soil improvement.

**Keywords:** cocoa, flowering, pollination, production.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY .....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos del estudio.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Líneas de investigación .....	4
2. DESARROLLO.....	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.2. Marco metodológico.....	16
2.3. Resultados .....	17
2.4. Discusión de resultados.....	17
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
3.1. Conclusiones.....	19
3.2. Recomendaciones .....	20
4. REFERENCIAS Y ANEXOS .....	22
4.1. Referencias bibliograficas.....	22
4.2. Anexos .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Insectos polinizadores del género <i>Dasyhelea</i> sp. ....	26
Figura 2. Insectos polinizadores del género <i>Culicoides</i> sp.....	26
Figura 3. Insectos polinizadores del género <i>Forcipomyia</i> sp.....	26

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1. Introducción

Uno de los procesos más significativos en la agricultura es la polinización, dado que esta facilita la formación del fruto, lo que tendrá un impacto directo en la productividad del cultivo. A nivel global, los principales polinizadores incluyen a las abejas y abejorros, colibríes y murciélagos. En el cultivo de cacao, la polinización es estrictamente entomófila debido a la morfología específica de la flor. En este cultivo, las flores se desarrollan en el tallo, dando lugar a inflorescencias en estructuras conocidas como cojines florales (Alfonso 2022).

El cultivo de cacao presenta dos períodos de cosecha anuales. Una vez que las flores comienzan a aparecer y son polinizadas, transcurre un lapso de seis meses antes de que las mazorcas puedan ser recolectadas. Sin embargo, el polen de la flor de cacao tiene una consistencia altamente viscosa, lo que reduce la probabilidad de dispersión a través de corrientes de aire, dificultando así la llegada del polen al ovario de la flor (Ortega *et al.* 2021).

La flor es hermafrodita, con un diámetro que varía entre 1 y 2 cm, y presenta características pentámeras, consistiendo en una corola con cinco pétalos y cinco sépalos. Los pétalos son alternos y están fusionados a los sépalos, con una coloración que puede ser blanca o rosada. Adicionalmente, la flor cuenta con diez estambres y un ovario (Alfonso 2022).

En el cultivo de cacao, se presenta una variedad de polinizadores. En el contexto ecuatoriano, las especies que muestran una mayor frecuencia de visita a las flores de cacao son: *Frankliniella parvula* (Hood, 1925) de la familia Thripidae, *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1872) de la familia Aphididae, y *Solenopsis* sp. (Westwood, 1840), *Pheidole* sp. (Westwood, 1839); *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863); Especies de crematogaster. (Olivier, 1791), *Paratrechina* sp. (Latreille, 1802), *Brachymyrmex* sp. (Mayr, 1868) y especies de *Forcipomyia* (Ríos *et al.* 2023).

Las especies que pertenecen a los géneros *Forcipomyia*, *Atrichopogon* y *Dasyhelea* (Diptera: Ceratopogonidae) desempeñan un papel crucial en el proceso de polinización. Su actividad se encuentra influenciada por la edad y el estado de la flor, dado que la viabilidad del polen se limita a aproximadamente 48 horas, después de las cuales la flor comienza a deteriorarse (Ortega *et al.* 2021).

Los organismos de la familia *Ceratopogonidae* son los más prevalentes en el contexto de la polinización. Estas especies presentan características distintivas que les confieren ventajas en el proceso pollínico, tales como la capacidad de volar distancias significativas, transportar mayores volúmenes de polen y su tamaño reducido, que les permite acceder al interior de las flores (Ríos *et al.* 2023).

El sustrato alimenticio compuesto por pseudo-tallos de plátano favorece la polinización de las flores de cacao, gracias a su capacidad para retener humedad y crear un nicho ecológico propicio para la reproducción y el aumento de la población de polinizadores pertenecientes a la familia *Ceratopogonidae*, los cuales, en su etapa inmadura, presentan características de vida semiacuática (Cañarte *et al.* 2021).

## **1.2. Planteamiento del problema**

La polinización de la flor del cacao se lleva a cabo de manera exclusiva por insectos (entomófila), en particular por dípteros de la familia *Ceratopogonidae*. Los géneros más significativos incluyen *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*, destacándose *Forcipomyia* como el más eficaz. No obstante, el porcentaje de flores polinizadas por cada árbol es considerablemente bajo.

Solo el 0,01% del total de flores generadas por el árbol es objeto de polinización, y este puede producir entre 6000 y 10.000 flores anualmente. Esta situación representa una significativa limitación para la producción de cacao en todos los países productores de África y América del Sur (Rodríguez 2022).

En Ecuador, se ha documentado que la utilización del pseudotallo de plátano/banano como sustrato alimenticio para los polinizadores contribuye a

mejorar la eficiencia en la fecundación y la producción de mazorcas, lo que resultaría en un incremento del rendimiento final del cacao. Sin embargo, un aumento en la densidad poblacional de *Ceratopogonidae* influye negativamente en la eficacia de la fecundación, dado que se observa un incremento en el número de mazorcas, pero una reducción en la cantidad de granos por mazorca (Cañarte *et al.* 2021).

El reducido porcentaje de polinización en el cacao puede atribuirse a varias características morfológicas y fisiológicas de sus flores. En primer lugar, las flores presentan un tamaño aproximado de 2 centímetros, lo que limita su accesibilidad para los polinizadores. Además, las anteras de los estambres se hallan ocultas bajo los pétalos, lo que dificulta el acceso al polen.

Asimismo, se observa que las flores no son capaces de llevar a cabo la autopolinización y permanecen abiertas únicamente durante las horas matutinas. En caso de no recibir polinización en este breve período, los granos de polen que se generan son susceptibles de caer, dado que su viabilidad es de únicamente 3 días. Finalmente, cabe destacar que ciertas variedades de cacao presentan autoincompatibilidad, lo que agrava aún más la situación de la polinización.

### **1.3. Justificación**

En la actualidad, la diversidad de países presenta un desafío significativo en lo que respecta a la polinización, dado que albergan una amplia variedad de cultivos, que van desde aquellos destinados al autoconsumo hasta cultivos tecnificados.

En las distintas regiones, se pueden encontrar cultivos de ají, aguacate, papa, piña, café, cacao, plátano, soya, maíz, arroz, entre otros. Aunque existe una considerable cantidad de información acerca de las técnicas de manejo agronómico, los requisitos agronómicos, el control fitosanitario y las técnicas de cosecha, la información disponible sobre los agentes polinizadores es notablemente limitada.

Desde una perspectiva ambiental, es fundamental entender la relevancia de la polinización y del servicio ecosistémico proporcionado por los polinizadores, lo cual se manifiesta en el desarrollo de la biología floral del cacao. Es imperativo establecer de qué manera las condiciones climáticas impactan la abundancia de los polinizadores, así como fomentar la búsqueda de alternativas que faciliten la conservación de la biodiversidad de los polinizadores asociados al cultivo del cacao.

#### **1.4. Objetivos del estudio**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Describir la importancia de los insectos polinizadores del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en asociación con el plátano.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Señalar los beneficios de la asociación del cultivo de cacao con plátano en los insectos polinizadores.
- Enlistar las principales especies responsables de la polinización de la flor de cacao.
- Indicar medidas de protección y conservación para los polinizadores en el cultivo de cacao.

#### **1.5. Líneas de investigación**

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Importancia de los insectos polinizadores del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en asociación con el plátano”. En este contexto, la línea específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Investigación Agricultura sostenible y sustentable.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1. Beneficios de los insectos polinizadores

Los sistemas de producción tienen un impacto significativo en la polinización, dado que influyen en la diversidad y abundancia de los insectos polinizadores de T. En un estudio que evaluó el cacao tipo Nacional bajo sistemas de monocultivo y agroforestales, se observó una predominancia significativa de insectos en los clones CCN-51 (0,80) y C-107 (0,70). Por otro lado, el clon que mostró la menor dominancia de insectos fue el LR-35 (0,44) (Armijos *et al.* 2020).

La relación entre la biodiversidad de insectos y los procesos de polinización ha sido objeto de análisis a través de investigaciones tanto observacionales como experimentales. Los estudios observacionales analizan las variaciones en los niveles de polinización de un cultivo específico en diferentes fincas, donde se anticipan discrepancias en la biodiversidad de insectos, en virtud de la disponibilidad de hábitats adyacentes y la intrincada estructura del sistema agroforestal (Martins *et al.* 2015).

No obstante, este último clon exhibió una mayor diversidad de individuos, alcanzando un índice de 0,56. Los autores argumentan que, de acuerdo con el índice de similitud de Jaccard, existe un 24% de similitud en las familias de insectos entre los sistemas de monocultivo y agroforestal, destacando que el sistema de monocultivo presenta una mayor abundancia de especies de insectos. En ambos sistemas de producción se identificaron especies pertenecientes a las familias *Scarabeidae*, *Curculionidae*, *Staphylinidae*, *Drosophilidae*, *Cecidomyiidae* y *Formicidae* (Armijos *et al.* 2020).

Las condiciones y las escalas reales que intervienen en la relación entre biodiversidad y funcionamiento ecosistémico son reconocidas, sin embargo, existen limitaciones al analizar los efectos de las diversas dimensiones de la

biodiversidad, como la abundancia total en contraposición a otras variables. diversidad de especies en relación con la polinización (Prado *et al.* 2020).

Es necesario cuantificar tanto la diversidad biológica de los insectos como su función en la polinización. La biodiversidad se define como la abundancia total de la totalidad de los polinizadores, mientras que la diversidad funcional se refiere a la variación en los roles y aportes funcionales entre las diferentes especies (Stefanescu *et al.* 2019).

Por otro lado, los estudios experimentales se han llevado a cabo exponiendo una especie agrícola (o una comunidad herbácea) a diversas combinaciones manipuladas de riqueza y composición de polinizadores. Este enfoque permite evaluar los efectos específicos de la riqueza de polinizadores; sin embargo, implica una importante simplificación de las comunidades de insectos en un contexto de menor escala (Prado *et al.* 2020).

La diversidad funcional se evalúa con frecuencia en términos de la cantidad de grupos funcionales, comprendiendo así distintos tipos de polinizadores que, en teoría, exhiben variaciones en su eficacia como polinizadores, basadas en rasgos morfológicos, particularidades del ciclo de vida y características del comportamiento, altitud y momento de vuelo, así como el comportamiento relacionado con la recolección de polen y néctar (Stefanescu *et al.* 2019).

En Ecuador, los rendimientos reducidos del cacao a nivel de finca se deben a diversos factores, tales como la antigüedad de muchas plantaciones, prácticas de manejo inadecuadas del cultivo, así como la presencia de problemas fitosanitarios, en particular enfermedades, que repercuten negativamente en su potencial productivo (Cañarte *et al.* 2021).

La asociación de cultivos con cacao denota la práctica de cultivar diversas especies en proximidad con el fin de aprovechar sinergias y fomentar la sostenibilidad agrícola. En sistemas agroforestales, el cacao puede intercalarse con árboles de sombra, como el banano, el plátano o especies arbóreas autóctonas (Bravo y Brito 2024).

La función de polinización puede ser cuantificada a través de la tasa de visita de los insectos a un número definido de flores, así como mediante la cantidad de granos de polen depositados en cada estigma floral. Alternativamente, esta función puede evaluarse utilizando indicadores de éxito reproductivo, tales como el cuajado de frutos (porcentaje de flores que se transforman en frutos), las dimensiones del fruto y el cuajado de semillas (cantidad de semillas por fruto). También es posible medirla en términos de producción agrícola, expresada como rendimiento por hectárea (Garibaldi *et al.* 2020).

Asimismo, un elemento de considerable relevancia en la producción es la actividad de los insectos polinizadores, los cuales requieren condiciones adecuadas de manejo para promover la producción de cacao; estas condiciones, en muchas ocasiones, no son facilitadas. El cacao es una especie que presenta importantes dificultades en términos de incompatibilidad (Cañarte *et al.* 2021).

La polinización realizada por diferentes familias de ceratopogónidos se ve afectada por diversos factores, incluyendo la edad y el estado de la flor del cacao, el comportamiento de los insectos en la flor, la cantidad de polen adherido al insecto, así como la especie y el sexo del mismo. La viabilidad y disponibilidad del polen se limitan a un período de 48 horas, experimentando una disminución significativa en su calidad tras este intervalo temporal (Collantes 2018).

Esta combinación ofrece ventajas tales como la regulación térmica, la conservación de la biodiversidad y la mejora del microclima. Adicionalmente, el cacao puede beneficiarse de la asociación con cultivos leguminosos, que enriquecen el suelo mediante la fijación de nitrógeno y contribuyen a mejorar la fertilidad. Así, la asociación de cultivos con cacao se configura como una estrategia orientada a maximizar la eficiencia en el uso de recursos y a promover prácticas agrícolas sostenibles (Bravo y Brito 2024).

La polinización de esta especie se caracteriza principalmente por ser de tipo cruzado. De manera similar, la polinización ocurre predominantemente de forma natural, siendo casi exclusiva de los insectos (entomófila). En este contexto, la complejidad de la estructura floral, la limitada disponibilidad de néctar, así como la

fragancia y el polen adhesivo, presentan obstáculos para la polinización mediante otros agentes naturales, tales como el viento y el agua (Cañarte *et al.* 2021).

Los polinizadores desempeñan un papel esencial en la provisión de servicios ecosistémicos en los cultivos de cacao. Como resultado, aproximadamente el 80 % de todas las especies de plantas con flores son polinizadas por diversos agentes, incluyendo vertebrados y mamíferos; no obstante, los principales contribuyentes a la polinización son los insectos. La polinización desempeña un papel crucial en los ecosistemas, facilitando la diversidad de alimentos disponibles (Collantes 2018).

La polinización ocurre principalmente debido a la actividad de mosquitas pertenecientes al género *Forcipomyia* (Diptera: Ceratopogonidae), las cuales se desplazan por el interior de la flor de cacao en su búsqueda de néctar. Estos insectos se desplazan de manera longitudinal a lo largo de los cinco estaminoides y, eventualmente, ingresan a cualquiera de las cinco estructuras petaloides de la flor de cacao (Montero *et al.* 2019).

La polinización del cacao por parte de ceratopogónidos está esencialmente influenciada por la sincronización de las poblaciones dinámicas de estas mosquitas con los ciclos de floración de los árboles, así como por la relación entre la abundancia de los mosquitos y la disponibilidad de flores (Collantes 2018).

### **2.1.2. Principales especies responsables de la polinización de la flor de cacao**

La polinización en el reino vegetal se define como el proceso mediante el cual el polen es transferido a los estigmas de una planta diferente, facilitando así la fecundación del óvulo y la posterior formación de un nuevo fruto. El ciclo de producción del cacao, que abarca desde el proceso de polinización hasta la obtención del fruto maduro apto para la cosecha, tiene una duración estimada de cinco a seis meses en condiciones óptimas (Abril 2021).

Se dispone de información limitada y una escasez de estudios exhaustivos acerca del mecanismo de polinización del cacao. Por ejemplo, no se ha determinado con precisión la cantidad de granos de polen necesaria para la

fecundación del ovario o para inducir la abscisión de la flor. Sin embargo, al analizar el número promedio de semillas en una mazorca de cacao, se puede inferir que se necesitan un mínimo de aproximadamente 60 granos de polen por flor para lograr la fecundación de las semillas presentes en una mazorca (Mendoza y Romero 2021).

Hasta la fecha, no se ha alcanzado un consenso sobre cuál es el insecto predominante responsable de la polinización del cacao. Se mencionan, por ejemplo, *Forcipomyia quasiigrammi* y *Lasiohella nana*, así como las hormigas del género *Crematogaster*, ciertas especies de áfidos como *Aphis gossypii* y *Toxoptera aurantii*, especies de trips del género *Frankliniella*, como *Frankliniella parvula*, y algunas abejas silvestres (Villavicencio 2023).

La gran mayoría de las variedades cultivadas por los pequeños agricultores presentan características de auto-incompatibilidad. Al igual que sucede con otras especies de árboles tropicales, el cacao ha estado profundamente entrelazado con los complejos ecosistemas de los bosques naturales. La transformación de estos hábitats en agroecosistemas podría haber comprometido la efectividad de la actividad polinizadora (Muñoz 2023).

La polinización del cacao es predominantemente de naturaleza cruzada, lo que implica la necesidad de un agente que transporte el polen desde un árbol donador a otro receptor, facilitado por la intervención de insectos. Numerosas variedades de cacao presentan una característica genética que les impide llevar a cabo la autopolinización. Este fenómeno se conoce como incompatibilidad y se transmite de manera simple; en este contexto, ciertos descendientes presentan la incapacidad de aparearse con sus progenitores, sus hermanos o entre sí (Mendoza y Romero 2021).

Sin embargo, este último grupo ha sido excluido debido a que el tamaño de los individuos les impide acceder a las estructuras florales. Especies adicionales que pueden ser consideradas, a partir de observaciones, incluyen a las hormigas *Wasmannia suropunctata* y *Solenopsis geminata* (Villavicencio 2023).

Se han identificado múltiples especies de insectos que desempeñan la función de polinizadores del cacao. En el contexto de Ecuador, las especies que muestran una mayor frecuencia de visita a la flor de caca incluyen: *Frankliniela parvula* (familia Thripidae), *Toxoptera auranti* (familia Aphididae), *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp., *Wasmannia auropunctata*, *Crematogaster* sp., *Paratrechina* sp., *Brachimirex* sp. (familia Formicidae), y *Forcipomyia* sp. (familia Ceratopogonidae), siendo esta última la especie de polinizadores más prevalente (Zúñiga *et al.* 2022).

En relación con los áfidos o pulgones (Hemiptera: Aphididae) identificados en hojas, flores y frutos de cacao, la literatura menciona la existencia de dos especies: *Aphis gossypii* y *Toxoptera aurantii*. Sin embargo, todos los diagnósticos llevados a cabo en Bocas del Toro, Panamá, indican la presencia exclusiva del género *Toxoptera* (Tomalá 2023).

Se reconoce ampliamente que los *Ceratopogónidos*, en particular los géneros *Atrichopogon*, *Dasyhelea* y *Forcipomyia*, desempeñan un papel crucial como polinizadores del cacao. Este último grupo se considera el polinizador más eficiente. Todos los integrantes de la familia Ceratopogonidae se desarrollan a partir de huevos, los cuales son depositados en sustratos húmedos, y en ciertas especies, directamente en el agua (Purizaga 2023).

Todos estos organismos presentan características específicas que les habilitan para actuar como polinizadores de la flor de cacao. La primera característica es la capacidad para realizar vuelos a grandes distancias; la segunda es la habilidad para transportar significativas cantidades de polen; y, por último, su tamaño reducido le facilita el acceso al interior de la flor (Zúñiga *et al.* 2022).

Además, presentan una fase larval que incluye un proceso de maduración que puede requerir hasta cuatro mudas. Posteriormente, las larvas se transforman en pupas y, finalmente, en individuos adultos (Purizaga 2023).

Se han documentado 1095 especies de Ceratopogonidae en la región Neotropical; sin embargo, un número considerable de especies permanece sin descripción, especialmente dentro de los géneros *Forcipomyia*, *Atrichopogon*,

*Dasyhelea* y *Stilobezzia*. Las especies pertenecientes a esta familia pueden ser encontradas en las 29 altitudes y prácticamente en todos los tipos de hábitats donde se presente alguna forma de humedad (Rodríguez 2022.).

Los polinizadores primordiales del cacao pertenecen al grupo de los Dípteros del género *Forcipomyia*. Estos insectos diminutos poseen características que son poco perceptibles para la visión humana. Su tamaño reducido les permite acceder con facilidad al polen de las flores de cacao; además, la estructura de los pétalos crea una cápsula que les proporciona refugio, facilitando así su desplazamiento seguro (Ríos *et al.* 2023).

Las larvas pertenecientes a esta familia exhiben comportamientos detritívoros o predadores en entornos acuáticos, y se distribuyen en diversos microhábitats, tales como cavidades en troncos, flores tropicales, materia orgánica en descomposición, y sistemas acuáticos. En las regiones tropicales de América del Sur, las etapas inmaduras de las especies de *Ceratopogonidae* constituyen una fuente significativa de alimento para diversos insectos y peces (Purizaga 2023).

Se observa que estas "mosquitas" son más prevalentes en entornos naturales que en plantaciones comerciales, y constituyen un factor fundamental en la producción de semillas de cacao (Ríos *et al.* 2023).

### **2.1.3. Medidas de protección y conservación para los polinizadores en el cultivo de cacao**

La producción de cacao enfrenta pérdidas superiores al 50% como consecuencia de factores restrictivos en el sistema de cultivo, entre los cuales se destaca la insuficiencia de polinizadores, que afecta negativamente el proceso de fecundación de las flores. Asimismo, se argumenta que la incompatibilidad sexual en el cacao se presenta cuando el polen de una planta no logra fertilizar los óvulos de las flores de la misma planta o de otras plantas, lo que resulta en una disminución en la producción en ambos escenarios (Vanegas 2021).

La producción de cacao está predominantemente en manos de pequeños

agricultores, quienes obtienen rendimientos aproximados de siete quintales por hectárea. Este sector contribuye con más del 80% de la oferta mundial, la cual enfrenta una creciente demanda por estándares rigurosos de calidad y sabor. Esta situación subraya la necesidad de implementar métodos y técnicas más eficaces en el manejo de las plantaciones, con el fin de mejorar los índices de productividad y calidad (Mena 2019).

En el contexto de una plantación, uno de los factores más cruciales es la cantidad de mazorcas sanas que se obtienen durante la cosecha. Para lograr dicha producción, es imperativo que se lleve a cabo la fecundación de las flores del cacao con polen adecuado, así como un manejo agronómico apropiado del cultivo que garantice el desarrollo saludable y libre de enfermedades de las mazorcas (Vanegas 2021).

La polinización zoófila, que involucra a aves, murciélagos y, predominantemente, a insectos, se considera la forma más común y efectiva de polinización. Dentro de este contexto, la polinización entomófila, llevada a cabo por insectos polinizadores, destaca como la más relevante, con las abejas desempeñando un papel preponderante en este proceso (Carvajal 2020).

La polinización natural ha demostrado ser altamente eficaz, evidenciándose en el considerable incremento en el número de flores fertilizadas. Esto se debe a la intervención efectiva de los polinizadores en el proceso de polinización de las flores del cacao y otros cultivos de relevancia. Los agentes polinizadores se nutren una vez que aterrizan en la flor del cacao, atraídos por las "líneas guías" presentes en los pétalos y estaminodios (estambres estériles). Estas características se distinguen por la emisión de una fragancia, colores vibrantes y su capacidad para absorber y reflejar la luz ultravioleta (Aguayo *et al.* 2018).

El género *Forcipomyia* constituye uno de los principales agentes polinizadores del cacao, reconocido en diversas regiones a nivel mundial. Este polinizador, comúnmente denominado como mosquilla polinizadora, pertenece al orden *Diptera* y a la familia *Ceratopogonidae*. (Armijos *et al.* 2020).

Los insectos polinizadores comienzan su actividad entre las 9 y las 11 de la mañana durante el período de mayor humedad. No obstante, es importante señalar que los factores climáticos desempeñan un papel significativo en la presencia de dichos insectos. Adicionalmente, se han registrado especies pertenecientes a *Dasyhelea scissurae*, de la familia *Ceratopogonidae*, así como del género *Clinodiplosis* sp (Vásquez 2020).

En condiciones óptimas, una planta adulta de cacao es capaz de generar entre 6 000 y 10 000 flores anualmente, de las cuales únicamente el 0.01% logra desarrollarse en frutos. La "fecundación o cuajamiento" puede verse significativamente reducida debido a la escasez de insectos polinizadores; sin embargo, cabe destacar que otros factores, tales como la edad del material, la incompatibilidad genética y el exceso de sombra, ejercen influencias directas en el proceso de fructificación (Vera *et al.* 2016).

La conservación del hábitat de *Forcipomyia* y otras especies de polinizadores promueve el establecimiento y crecimiento de las poblaciones de estos insectos beneficiosos (Vásquez 2020).

El cultivo de cacao puede llevarse a cabo en monocultivo; no obstante, investigaciones han demostrado que, al implementarse sistemas agroforestales o al asociarse con especies frutales que comúnmente se encuentran en las fincas cacaoteras (como naranja, plátano/banano, aguacate, guaba, tamarindo, entre otros), se genera un entorno propicio para la proliferación de especies polinizadoras (Cañarte *et al.* 2021).

Por este motivo, desde hace más de una década se han implementado técnicas de polinización asistida con el objetivo de aumentar los rendimientos tanto del cacao CCN-51 como del cacao fino de aroma en situaciones donde se presenta una baja población de insectos polinizadores o se enfrentan otros problemas agronómicos en los cultivos (Vera *et al.* 2016).

Esto se traduce en beneficios ambientales atribuibles a la diversidad y complejidad estructural del dosel de sombra, así como a la regulación de vientos y

al enriquecimiento del suelo. Además, los agricultores reconocen el valor de los árboles frutales porque proporcionan ingresos que mejoran su situación económica y la calidad de vida de sus hogares (Cañarte *et al.* 2021).

La presencia de hojarasca y material vegetal en proceso de descomposición muestra una correlación positiva con la abundancia de insectos. Por ende, una cobertura de este tipo en el suelo de una plantación de cacao actúa como un hábitat propicio para la reproducción de insectos polinizadores. El litter con niveles adecuados de humedad proporciona el entorno propicio para llevar a cabo esta actividad (González 2018).

Las densidades de mosquitos polinizadores del cacao exhiben un incremento significativo en discos de troncos en estado de descomposición provenientes de árboles de plátano, observándose poblaciones más abundantes durante la temporada seca, tanto en condiciones de sombra como en exposición directa. En aquellas plantaciones en las que se ha conservado integralmente la selva pluvial y se ha aplicado una cobertura de materiales en proceso de descomposición, como los restos de musáceas, se ha observado una densidad de mosquitos que es diez veces superior en comparación con las plantaciones donde el entorno no ha sido debidamente atendido (Ramos 2019).

Investigaciones llevadas a cabo han evidenciado una correlación positiva entre la humedad del suelo y la abundancia de polinizadores. Se observó que las densidades más elevadas de insectos polinizadores pertenecientes a la familia Ceratopogonidae estaban asociadas con niveles superiores de humedad en el suelo, mientras que las poblaciones más bajas se registraron en condiciones de menor humedad (González 2018).

*Forcipomyia* incrementa su abundancia en las plantaciones de cacao cuando se incorpora la hojarasca de vástagos de musáceas en el suelo. Se recomienda que, al implementar nuevas plantaciones de cacao, se preserve la vegetación natural y, en la medida de lo posible, se utilicen vástagos de plátano con el fin de incrementar las poblaciones de ceratopogónidos y optimizar la polinización del cacao (Ramos 2019).

Los insectos polinizadores son relativamente escasos en las plantaciones de cacao que han experimentado una simplificación estructural, pasando de sistemas agroforestales a sistemas intensivos. Esta transformación conlleva a una disminución en la cantidad de materia orgánica, como la hojarasca, lo que a su vez reduce el microhábitat necesario para el desarrollo de los insectos polinizadores (González 2018).

Se requiere un periodo de 2 a 3 meses para facilitar la descomposición de los vástagos frescos de plátano, lo cual es esencial para que sean apropiados para la colonización por mosquitos y otros organismos. A lo largo de un periodo de un año, se recomienda que el reemplazo de los vástagos se realice con una periodicidad de tres a cuatro meses (Ramos 2019).

La principal amenaza para las poblaciones de polinizadores radica en la aplicación de sustancias químicas en los agroecosistemas, dado que la mayoría de estos compuestos no se encuentran de manera natural en el medio ambiente, y en numerosos casos se desconocen sus efectos secundarios (González 2018).

La aplicación de agroquímicos induce tanto mortalidad directa como indirecta en la diversidad y abundancia de los polinizadores, abarcando tantas especies silvestres como domésticas. Los insecticidas presentan un riesgo de mortalidad a través de la intoxicación directa, mientras que los herbicidas y fertilizantes pueden impactar a los polinizadores de manera indirecta al reducir la disponibilidad de recursos florales (González 2018).

Existen ciertas especies de ceratopogónidos que se desarrollan exclusivamente en estos hábitats, como es el caso de la especie *F. warmkea* sp. parece estar restringida a las plantas vivas y se desarrolla en las axilas de las plantas de banano, en lugar de en sustratos en descomposición. La incorporación de discos de musáceas se asocia con un aumento en la supervivencia y el crecimiento durante las estaciones secas, facilitando así que ciertas especies logren sobrepasar este período y, en consecuencia, alcancen poblaciones elevadas al inicio de la temporada de lluvias (Ramos 2019).

Esta estrategia aplicada en regiones con características estacionales tanto del Nuevo como del Viejo Mundo presenta una oportunidad altamente prometedora para gestionar las poblaciones de polinizadores en el cultivo del cacao durante la estación seca, así como para aumentar la probabilidad de sincronizar, en alguna medida, dichas poblaciones con los ciclos de floración del cacao (Ramos 2019).

#### **2.1.4. Enemigos naturales**

Los principales enemigos naturales son los ácaros, collémbolas, hormigas, dermápteros y quilópodos, de los cuales los tres últimos presentan gran eficacia en la depredación de larvas y pupas. “El ácaro Trombiculido” absorbe considerables cantidades de huevos (80 en 20 minutos). Asimismo, las especies de nemátodos y esporozoos son considerados entomoparásitos de Ceratopogónidos. Cuando hay presencia de estos en la plantación se reduce el número de moscas que vuelan sobre la flor del cacao (Mendoza y Romero 2021).

La presencia de musáceas en descomposición en el cultivo de cacao favorece en el desarrollo del ciclo biológico de dípteros, como desfavorece el hecho de tener un suelo desnudo y la presencia de enemigos naturales como dermápteros (tijeretas), himenópteros (hormigas) (Flores 2023).

## **2.2. Marco metodológico**

El presente documento, fundamentado en un componente práctico, fue elaborado mediante la recolección de información variada con propósitos de investigación, la cual se obtuvo de múltiples sitios web, artículos científicos, así como de fuentes y repositorios bibliográficos accesibles a través de plataformas digitales.

La información fue recopilada mediante la aplicación de técnicas de análisis, síntesis y resumen, con el propósito de proporcionar datos específicos en concordancia con los objetivos de este trabajo de investigación, lo que permite destacar sus fundamentos generales y facilitar su aceptación tanto en el ámbito académico como en el social por parte del lector.

### 2.3. Resultados

Los polinizadores desempeñan un papel fundamental y beneficioso en nuestro ecosistema, ya que facilitan el transporte del polen entre diversas flores, contribuyendo a la reproducción de más del 80% de las especies de plantas con flores a nivel mundial, lo que a su vez potencia la producción de cacao.

Las principales especies responsables de la polinización de las flores del cacao pertenecen a la familia Ceratopogonidae, específicamente al género *Forcipomyia*, el cual ha sido colectado en la región central del litoral ecuatoriano. *F. blantoni*, *f. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. Brachyrhynchus*, *F. rodilla*, *f. picasso*, *f. argenteola*, *f. pluvialis*, *F. sexvitata*, *F. cinctipes* y especies de *Forcipomyia*, *Dasyhelea*, *Culicoides* y *Atrichopogon*.

Las estrategias de protección y conservación dirigidas a los polinizadores son fundamentales, dado que su riqueza y abundancia se encuentran estrechamente relacionadas con la disponibilidad de recursos alimenticios en su hábitat, caracterizado por su alta materia orgánica y un adecuado drenaje. Particularmente durante la época de lluvias, lo que facilita la descomposición de la biomasa derivada de pseudotallos de banano, mazorcas de cacao, hojarasca y otros residuos de frutas.

### 2.4. Discusión de resultados

Los polinizadores desempeñan un rol fundamental y provechoso en nuestros ecosistemas, dado que facilitan el transporte del polen entre diversas flores, lo que contribuye a la reproducción de más del 80 % de las plantas con flores a nivel global, aumentando así la producción de cacao, tal como lo señalan Cañarte et al. (2021) indica que el cacao es una especie que presenta serios problemas de incompatibilidad. La polinización de esta especie es esencialmente de carácter cruzado. De manera similar, la polinización ocurre predominantemente de forma natural, siendo casi exclusivamente mediada por insectos (entomófila). En este contexto, la complejidad de la estructura floral, la limitada cantidad de néctar, la

presencia de aromas y la adhesividad del polen representan obstáculos para la polinización efectuada por otros agentes naturales, tales como el viento y el agua.

Las especies predominantes implicadas en la polinización de la flor de cacao pertenecen a la familia Ceratopogonidae, específicamente al género *Forcipomyia*, el cual ha sido recolectado en la región central del Litoral ecuatoriano. *F. blantoni*, *f. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. Brachyrhynchus*, *F. rodilla*, *F. picasso*, *f. argenteola*, *f. pluvialis*, *F. sexvittata*, este hallazgo fue corroborado por Zúñiga *et al.* (2022) quienes identificaron la presencia de especies como *Forcipomyia* spp., así como *Dasyhelea*, *Culicoides* y *Atrichopogon* que se identifican múltiples especies de insectos que desempeñan la función de polinizadores del cacao. En relación con el contexto ecuatoriano, las especies que muestran una mayor frecuencia de visita a la flor de cacao incluyen: *Frankliniella parvula* (Thripidae), *Toxoptera auranti* (Aphididae), así como diversas especies de hormigas como *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp., *Wasmannia auropunctata*, *Crematogaster* sp., *Paratrechina* sp., y *Brachimirex* sp. (Formicidae), además de *Forcipomyia* sp. (Ceratopogonidae), la cual se identifica como el polinizador más común.

Las estrategias de protección y conservación dirigidas a los polinizadores son fundamentales, dado que la diversidad y la densidad de estas especies se vinculan estrechamente con la disponibilidad de recursos alimenticios en sus hábitats, caracterizados por una alta materia orgánica y un adecuado drenaje.

Particularmente durante la época lluviosa, que favorece la descomposición de biomasa derivada de pseudotallos de banano, mazorcas de cacao, hojarasca y otros restos de frutos, cabe mencionar los hallazgos de Ramos (2019) que indican mayores densidades de mosquitos polinizadores del cacao en discos de troncos de banano en descomposición. Adicionalmente, se observan mayores poblaciones de estas plagas durante la época seca, tanto en áreas sombreadas como en exposición abierta. En las plantaciones donde se ha mantenido la selva pluvial en su estado más natural y se ha utilizado material en descomposición, como los restos de musáceas, se ha observado que la población de mosquitos es diez veces superior en comparación con aquellas plantaciones donde se ha descuidado el entorno.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1. Conclusiones

Las ventajas del intercalado de los cultivos de cacao con plátano en relación a los insectos polinizadores se pueden atribuir a la presencia de polinizadores en el cultivo del cacao, lo que contribuye a un aumento de flores fertilizadas y, en consecuencia, mejora la producción de mazorcas de cacao. Además, la conservación del hábitat de *Forcipomyia* y otras especies polinizadoras promueve el establecimiento y crecimiento de colonias de estos insectos benéficos.

Las especies más relevantes para la polinización de la flor de cacao pertenecen a la familia Ceratopogonidae, que incluye los géneros de mayor importancia: *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*. Entre estas, las especies del género *Forcipomyia* presentan una alta especialización en la polinización de flores de cacao, debido a sus características morfológicas particulares, que incluyen el tamaño y la distribución de sus setas corporales.

La información sobre las especies de polinizadores pertenecientes a la familia *Ceratopogonidae* en los sistemas de producción de cacao en Ecuador es sumamente limitada.

Entre las especies del género *Forcipomyia* recolectadas en la región central del Litoral ecuatoriano se encuentra *F. blantoni*, *f. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. Brachyrhynchus*, *F. rodilla*, *f. picasso*, *f. argenteola*, *f. pluvialis*, *F. sexvitata*, *F. cinctipes* y *Forcipomyia* spp. Asimismo, en fechas recientes se ha documentado la presencia de diversas especies pertenecientes a los géneros *Dasyhelea* y *Culicoides*.

Entre las estrategias de protección y conservación de los polinizadores en los cultivos de cacao, se ha establecido que la implementación de sistemas agroforestales, o el establecimiento de asociaciones con especies frutales comúnmente presentes en la mayoría de las fincas cacaoteras, como el plátano,

favorece un ambiente propicio para la abundancia de especies polinizadoras. Esto se traduce en beneficios ambientales resultantes de la diversidad y complejidad estructural del dosel de sombra, la regulación de los vientos y la mejora de la calidad del suelo. Asimismo, los agricultores reconocen la importancia de los árboles frutales, ya que contribuyen a la generación de ingresos que mejoran su situación económica y la calidad de vida de sus familias.

Asimismo, se observa una notable preferencia por parte de las poblaciones de Ceratopogonidae hacia el sustrato de pseudotallo de plátano, en contraposición a la reducida población documentada en el sustrato de hojarasca. Este fenómeno se atribuye a la capacidad del pseudotallo para retener la humedad, lo que genera un entorno propicio para la reproducción y proliferación de estos insectos, los cuales, en sus fases inmaduras, presentan características de vida semiacuática. La integración de los sustratos derivados del pseudotallo y la cáscara de cacao se demuestra beneficiosa para aumentar las poblaciones de Ceratopogonidae.

La diversidad y abundancia de estos polinizadores se ven afectadas por la disponibilidad de recursos alimenticios en su hábitat, caracterizado por una alta proporción de materia orgánica y un adecuado drenaje. Particularmente en la época de lluvias, que propicia la descomposición de la biomasa, se consideran materiales como el pseudotallo de plátano/banano, la cáscara de cacao, la hojarasca y otros residuos de frutas. La densidad y diversidad de estos polinizadores están determinadas por la accesibilidad de recursos alimenticios en su entorno, el cual se caracteriza por una alta concentración de materia orgánica y un adecuado drenaje. Particularmente durante la temporada de lluvias, que propicia la descomposición de la biomasa, se encuentran presentes materiales como el pseudotallo de plátano/banano, cáscara de cacao, hojarasca y otros residuos de frutas.

### **3.2. Recomendaciones**

Realizar intercalado de los cultivos de cacao con plátano para la conservación del hábitat de *Forcipomyia* y otras especies polinizadoras, contribuyendo así al aumento de flores fertilizadas y mejoramiento de la producción

de mazorcas de cacao.

Mantener la presencia de especies del género *Dasyhelea* y *Culicoides*. Además de la especie *Forcipomyia* recolectadas en la región central del Litoral ecuatoriano como *F. blantoni*, *f. bicolor*, *F. fuliginosa*, *F. cinctipes*, *F. Brachyrhynchus*, *F. rodilla*, *f. picasso*, *f. argenteola*, *f. pluvialis*, *F. sexvitata*, *F. cinctipes*. para beneficio de las plantaciones cacaoteras.

Implementar los sistemas agroforestales, o el establecimiento de asociaciones de especies frutales en fincas cacaoteras, como el plátano, debido al ambiente propicio para la reproducción de especies polinizadoras. Asimismo, los agricultores reconocen la importancia de los árboles frutales, ya que contribuyen a la generación de ingresos que mejoran su situación económica y la calidad de vida de sus familias.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. Referencias bibliograficas

- Abril Pérez, C. E. 2021. Desarrollo de un sistema de polinización artificial para cultivos de tomate utilizando radiación ultrasónica. Disponible en <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5293>
- Aguayo, A. A., Maridueña, M. C., & Cajilema, J. M. 2018. Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 11(33). Disponible en <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/513>
- Alfonso, N. 2022. Identificación de insectos polinizadores en el cultivo de cacao, en la plantación Luker Agrícola ubicada en Villanueva Casanare. Disponible en <https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a5416d4-bfbc-4479-a5fd-e83411d0908c/content>
- Armijos, V., García, L., Castro, J., Martínez, M. 2020. Insectos polinizadores en sistemas de producción de theobroma cacao l. en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 13(2), 23-30. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/389/459>
- Bravo, D., Brito, D. 2024. Respuesta agronómica del haba (*Vicia faba*) y fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*) en asociación con cacao en el Centro Experimental Sacha Wiwa parroquia Guasaganda. UTC. La Maná. 76 p. Disponible en <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11680/1/UTC-PIM-000764.pdf>
- Cañarte, E., Montero Cedeño, S. L., Navarrete Cedeño, J. B. 2021. Reconocimiento, importancia y cuidado de los polinizadores en los sistemas de producción del cacao (Guía No. 177). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5749>
- Carvajal, V. 2020. Importancia de las abejas como polinizadores. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21021/1/Importancia%20de%20las%20abejas%20como%20polinizadores2a.pdf>

- Collantes Cevallos, K. E. (2018). Insectos polinizadores de *Theobroma cacao* L., en dos sistemas de cultivos relacionados con la residualidad de organofosforados, en la provincia de Los Ríos. 2018. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2c36ac62-e8b8-49c8-b8f9-96288945e65e/content>
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., Zhang, H. 2020. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271), 388-391. Disponible en <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aac7287>
- González Pérez, A. M. (2018). Identificación de insectos polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Concepción, municipio de Berlín, departamento de Usulután (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador). Disponible en <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/20446/1/19201101.pdf>
- Martins, K. T., Gonzalez, A., & Lechowicz, M. J. 2015. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 12-20. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880914004812>
- Mena Montoya, M. A. 2019. " Flujo de polen y eficiencia reproductiva de cinco clones en etapa productiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional y dos trinitarios en la finca experimental La María. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/58a03b30-e9df-4426-9253-5fa5951108b5/content>
- Mendoza, F., & Romero, F. 2021. *Actividad de los polinizadores en la fecundación de la flor de cacao (Theobroma cacao) bajo tres sistemas de producción en Portoviejo-Manabí* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1640>
- Montero Cedeño, S.L., Sánchez, P., Solórzano, R., Pinargote Borrero, A., y Cañarte Bermúdez, E. (2019). Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *ESPAMCIENCIA* 10(1):1-7. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5381>
- Muñoz, A. 2023. *Caracterización del sistema de producción del cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en la Parroquia Chacarita, Cantón Ventanas, año*

- 2023 (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). Disponible en <http://190.15.129.146/handle/49000/13879>
- Ortega, J., Guamán, M., Piguave, C., Villao, A., Morán, M., Tumbaco, V., García, M. 2021. Entomología aplicada para Agropecuarios. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Julio-Gabriel/publication/349607934\\_Libro\\_entomologia\\_Febrero\\_23\\_2021/links/6037f6f24585158939cda53f/Libro-entomologia-Febrero-23-2021.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Julio-Gabriel/publication/349607934_Libro_entomologia_Febrero_23_2021/links/6037f6f24585158939cda53f/Libro-entomologia-Febrero-23-2021.pdf)
- Prado, M. M., García, D. G., & Sastre, R. M. 2020. Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. Disponible en <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1394>
- Purizaga, L. 2023. Identificación de las especies de Dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao* L) en Tumbes, Perú. Disponible en <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/64455>
- Ramos Serrano, R. M. (2019). Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productividad y diversidad de especies del dosel. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I. Disponible en [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8047/Ramos\\_Estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8047/Ramos_Estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ríos, D., Rodríguez, F., Salazar, J., Ramírez, A. 2023. Factores asociados a la polinización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 52280. Disponible en <https://dx.doi.org/10.15517/am.2023.52280>
- Rodríguez, R. 2022. Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Disponible en [https://www.export.com.gt/attach/archivos-comite-cacao/MANEJO\\_AGRONOMICO\\_CACAO/BPAs\\_en\\_el\\_Cultivo\\_de\\_Cacao\\_Guillermo\\_Garcia.pdf](https://www.export.com.gt/attach/archivos-comite-cacao/MANEJO_AGRONOMICO_CACAO/BPAs_en_el_Cultivo_de_Cacao_Guillermo_Garcia.pdf)
- Stefanescu, C., Asís, J. D., Baños-Picón, L., Cerdà, X., García, M. A. M., Micó, E., Tormos, J. 2019. Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica. *Ecosistemas*, 27(2), 9-22. Disponible en <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1391>
- Tomalá Gómez, T. K. 2023. *Diversidad de pulgones (Hemiptera: Aphididae) y sus*

- principales parasitoides en el Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14869>
- Vanegas Yanangomez, O. F. 2021. Incompatibilidad sexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la producción. Disponible en <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16585>
- Vásquez, A. 2020. *Cacao nativo, una oportunidad de biocomercio para los cacaoteros de la provincia de Satipoa* (Master's thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru)). Disponible en <https://www.proquest.com/openview/98c3ec99e8768ffcd3187830143665e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Vera, J, Cabrera, R, Morán, J, Neira-Rengifo, K, Haz-Burgos, R, Vera-Barahona, J, Molina-Triviño, H, Moncayo-Carreño, O, Díaz-Ocampo, E, & Cabrera-Verdesoto, C. 2016. Evaluation of three methods of artificial pollination in clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. *Idesia (Arica)*, 34(6), 35-40. Epub 12 de diciembre de 2016. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292016000600005&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292016000600005&script=sci_arttext&tIng=en)
- Villavicencio, F. 2023. *Compatibilidad sexual de variedades de Cacao (Theobroma cacao L.) y su efecto en la producción de grano* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14023>  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14023>
- Zúñiga, A., Llerena, D., Freire, G., Mora, M. 2022. Entomofauna de árboles nativos, medicinales o bioplaguicidas en fincas agrícolas de Mariscal Sucre, Guayas-Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 15(2), 53-61. Disponible en <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/580>

## 4.2. Anexos



Figura 1. Insectos polinizadores del género *Dasyhelea* sp.



Figura 2. Insectos polinizadores del género *Culicoides* sp.



Figura 3. Insectos polinizadores del género *Forcipomyia* sp.