

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TÍTULO

Identificación de las especies de Dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao*. L) en Tumbes, Perú

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR

Bach. Jorge Luis Purizaga Preciado

EJECUTOR

TUMBES, PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TÍTULO

**Identificación de las especies de Dípteros Ceratopogonidae
polinizadores del cacao (*Theobroma cacao*. L) en Tumbes,
Perú**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

RESPONSABLES:

.....
Bach. Jorge Luis Purizaga Preciado

EJECUTOR

.....
Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo

ASESOR

Tumbes, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



JURADO DICTAMINADOR

.....
Dr. Faustino Sanjinez Salazar
PRESIDENTE

.....
Dr. Alexis Enrique Clavijo Zarate
SECRETARIO

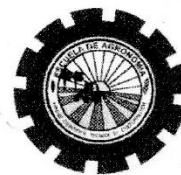
.....
Mg. Jalmer Fidel Campaña Olaya
VOCAL

Tumbes, Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



ANEXO VIII

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

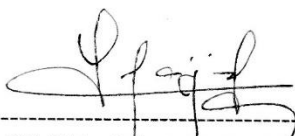
En Tumbes, a los once días del mes de agosto del dos mil veintitrés, siendo las diez horas cero minutos, en el aula virtual N° 1, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, se reunieron el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, designado por Resolución N° 056-2023/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, Dr. FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR (Presidente), Dr. ALEXIS ENRIQUE CLAVIJO ZARATE (Secretario), Mg. JALMER FIDEL CAMPAÑA OLAYA (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al Dr. PEDRO SAÚL CASTILLO CARRILLO, como asesor del mencionado Proyecto de Tesis, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, titulada: **"Identificación de las especies de dípteros ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tumbes, Perú"**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el: **Estudiante/Br. PURIZAGA PRECIADO JORGE LUIS**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 65 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al: estudiante **Br. Purizaga Preciado Jorge Luis *aprobado***, con calicativo ***muy bueno***.....

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

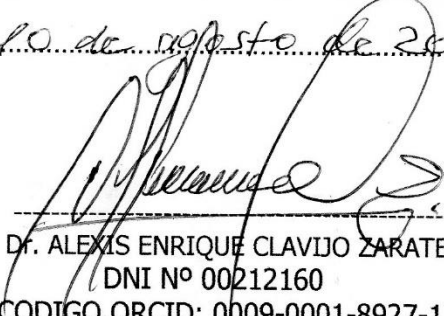
En consecuencia, queda ***apto***.... para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del título profesional de Ingeniero Agrónomo, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las ***once***..... horas y ***veinte***..... minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

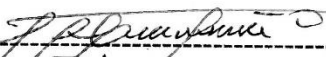
Tumbes, ***10 de agosto de 2023***



Dr. FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR
DNI N° 00361079
CODIGO ORCID: 0000-0001-7032-8122
Presidente



Dr. ALEXIS ENRIQUE CLAVIJO ZARATE
DNI N° 00212160
CODIGO ORCID: 0009-0001-8927-1717
Secretario



Mg. JALMER FIDEL CAMPAÑA OLAYA
DNI N° 00236469
CODIGO ORCID: 0000-0002-0804-1208
Vocal

C.C. - Jurados (03) -Asesor y(co) -Interesado -Archivo (Decanato)
NPL/VLNI

Identificación de las especies de Dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao*. L) en Tumbes, Perú

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet | 6% |
| 2 | ri.ues.edu.sv Fuente de Internet | 5% |
| 3 | repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet | 3% |
| 4 | revistasespam.espam.edu.ec Fuente de Internet | 2% |
| 5 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.icco.org Fuente de Internet | 1% |
| 7 | www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet | 1% |
| 8 | scielo.senescyt.gob.ec Fuente de Internet | 1% |
| 9 | dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet | |

1%

10 repositorio.utn.edu.ec <1%
Fuente de Internet

11 repositorio.una.edu.ni <1%
Fuente de Internet

12 vdocuments.mx <1%
Fuente de Internet

13 worldcocoafoundation.org <1%
Fuente de Internet

14 www.agronomia.ues.edu.sv <1%
Fuente de Internet

15 apps.iica.int <1%
Fuente de Internet

16 repositorio.cientifica.edu.pe <1%
Fuente de Internet

17 core.ac.uk <1%
Fuente de Internet

18 repositorio.lamolina.edu.pe <1%
Fuente de Internet

19 d-nb.info <1%
Fuente de Internet

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Castillo Carrillo' with 'f. 1500' written below it.

Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo

Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Julio Purizaga Chávez y Andrea Mercedes Preciado Balcázar, por brindarme ese apoyo incondicional en cada momento de mi vida, por procurarme las palabras de aliento que necesitaba para continuar con mis estudios, por enseñarme el valor de luchar, de salir adelante y a nunca desistir a pesar de las dificultades, para ustedes es este logro.

A mis hermanas Raquel, Yessenia y María, por estar ahí en los momentos que más los necesité por su comprensión, apoyo incondicional que en todo momento me brindaron. Gracias.

A mi sobrino Jostin por el apoyo en la toma de fotografías.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Pedro Saúl Castillo Carrillo, por haber aceptado ser el asesor del presente trabajo, por su ayuda invaluable, apoyo y guía brindada en mi carrera y en el desarrollo de cada una de las fases de este trabajo.

Al Museo entomológico en la persona de la Ing. Patricia Cruz Córdova, por permitirme hacer uso de las instalaciones y brindarme todos los materiales que se utilizaron en la fase de laboratorio.

A los señores: Aristón Camacho García, Gilberto Preciado Ocampos y Abel Atoche Zapata por permitirme el uso de sus parcelas para la realización del trabajo en la fase de campo.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | II |
| CAPITULO I | 13 |
| 1 INTRODUCCIÓN | 17 |
| CAPÍTULO II | 19 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA | 19 |
| 2.1 Antecedentes | 19 |
| 2.2 Biología floral del cacao | 21 |
| 2.3 Estructura de la flor del cacao | 21 |
| CAPÍTULO III | 23 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1 Lugar de ejecución | 23 |
| 3.2 Duración del proyecto | 24 |
| 3.2.1 Fase de campo | 24 |
| 3.2.2 Fase de gabinete | 24 |
| 3.3 Materiales, herramientas y equipos..... | 24 |
| 3.3.1 De campo | 24 |
| 3.3.2 De laboratorio | 24 |
| 3.3.3 Equipos..... | 24 |
| 3.4 Metodología..... | 24 |
| 3.4.1 Reconocimiento de campo | 25 |
| 3.4.2 Instalación de trampa | 25 |
| 3.4.3 Preparación de la solución..... | 25 |
| 3.4.4 Colectas en inflorescencias del cacao | 26 |
| 3.5 Captura de ejemplares | 27 |
| 3.5.1 Con red entomológica..... | 27 |
| 3.5.2 Con aspirador entomológico manual | 27 |
| 3.5.3 Colecta y registro de ejemplares | 28 |
| 3.5.4 Registro de temperatura y humedad relativa | 29 |
| 3.6 Fase de laboratorio | 29 |
| 3.6.1 Procesamiento de los ejemplares..... | 29 |
| 3.6.2 Montaje Hoyer | 30 |
| 3.6.3 Identificación taxonómica de las especies recolectadas..... | 31 |

| | | |
|--------------------------|---|-----------|
| 3.7 | Plan de procesamiento y análisis de datos | 32 |
| 3.7.1 | Análisis estadístico | 32 |
| 3.8 | Índice de diversidad de Chao1, Shannon (H) y de Simpson | 32 |
| 3.8.1 | Estimador de Chao 1 | 32 |
| 3.8.2 | Índice de Shannon (H) | 33 |
| 3.8.3 | Índice de Simpson (D) | 34 |
| CAPITULO IV | | 35 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSION | 35 |
| 4.1 | Diversidad de ceratopogonidos | 35 |
| 4.2 | Abundancia relativa (Fa) | 36 |
| 4.3 | Riqueza de especies | 38 |
| 4.4 | Curva de acumulación de especies..... | 43 |
| 4.5 | Diversidad de especies | 44 |
| 4.5.1 | Índice de diversidad de Shannon (H) y de Simpson (λ)..... | 44 |
| CAPITULO V | | 47 |
| 5 | CONCLUSIONES | 47 |
| CAPITULO VI | | 48 |
| 6 | RECOMENDACIONES | 48 |
| 7 | VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura floral de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).Fuente: Somarriba et al. 2010..... | 18 |
| Figura 2. Mapa de los sectores intervenidos en las evaluaciones de las mosquitas Ceratopogonidae..... | 19 |
| Figura 3. Instalación de Trampa Malaise..... | 21 |
| Figura 4. Instalación de trampa Moericke: (a) Preparación de la solución para trampa Moericke, (b)Vertido de la solución en bandejas, (c) Instalación junto a trampa Malaise..... | 22 |
| Figura 5. Díptero posado en flor de cacao..... | 22 |
| Figura 6. Captura de ejemplares: (a) Con golpes de red entomológica en ramas y hojas de la planta y (b). Captura después de la remoción de hojarasca seca..... | 23 |
| Figura 7. (a)Aspirador manual, (b) Captura de ejemplares de Ceratogonidae..... | 24 |
| Figura 8. (a) y (b) Recolección de ejemplares de la trampa Moericke y (c). Frascos conteniendo los ejemplares recolectados..... | 24 |
| Figura 9. (a) Separación de Ceratopogonidae de otros ejemplares capturados, (b) macho y (c) hembra de mosquitas polinizadoras..... | 25 |
| Figura 10. (a)Separación de ejemplares de Ceratopogonidae por morfotipo en estereoscopio, (b). Frascos etiquetados por lugar, fecha conteniendo ejemplares de Ceratopogonidae..... | 26 |
| Figura 11. Secuencia del proceso del montaje en medio Hoyer..... | 27 |
| Figura 12. Secuencia de las observaciones de muestras en el microscopio..... | 27 |
| Figura 13. Número de ejemplares por género recolectados durante julio – noviembre 2022..... | 31 |
| Figura 14. Representación gráfica de la abundancia de géneros por sectores..... | 33 |
| Figura 15. Especies de moscas polinizadora del género <i>Forcipomyia</i> encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: <i>F. (Forcipomyia) genualis</i> , (a) macho, (b) hembra; <i>F. (Microhelea) fuliginosa</i> , (c) macho, (d) hembra; <i>F. (Forcipomyia) pictoni</i> ; (e) macho y (f) hembra, <i>Forcipomyia (Forcipomyia) sexvittata</i> (g) hembra; <i>Forcipomyia</i> sp. (h) hembra..... | 37 |
| Figura 16. Ejemplares de moscas polinizadora del género <i>Dasyhelea</i> encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: <i>Dasyhelea</i> sp.1 (a) macho, (b) hembra y <i>Dasyhelea</i> sp.2 (c) macho, (d) hembra..... | 38 |

Figura 17. Ejemplares de moscas polinizadora del género *Atrichopogon* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *Atrichopogon* sp.1 (a) macho, (b) hembra; *Atrichopogon* sp.2 (c) hembra y *Atrichopogon* sp.3 (d) hembra.....38

Figura 18. Ejemplar hembra de mosca polinizadora del género *Culicoides* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *Culicoides* sp.....39

Figura 19. Curva de acumulación de especies de Ceratopogonidae en el cultivo de cacao, en las zonas evaluadas.....40

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Sectores de evaluación, lugares específicos, temperatura, humedad relativa, altitud y coordenadas sexagesimales..... | 19 |
| Tabla 2. Número de especies y porcentaje de mosquitas polinizadoras colectadas durante el estudio, julio - noviembre 2022..... | 31 |
| Tabla 3. Abundancia relativa de moscas polinizadoras recolectadas en los sectores de, La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada desde julio - noviembre de 2022..... | 32 |
| Tabla 4. Especie de mosquitas polinizadoras de la familia Ceratopogonidae durante julio – noviembre 2022..... | 35 |
| Tabla 5. Valores de índices de insectos polinizadores en las zonas evaluadas. | 40 |

RESUMEN

El trabajo de investigación se ejecutó en áreas cacaoteras en los Sectores La Palma, Pampas de Hospital y Casa blanqueada de la Región de Tumbes. El objetivo fue conocer la diversidad de Ceratopogonidos, abundancia relativa, riqueza de especies e índices de diversidad de Chao 1, de Shannon (H) y Simpson (λ) en los sectores indicados. Para la recolecta de los ejemplares se instalaron durante julio y noviembre del 2022, trampas Malaise en combinación con trampas Moericke, evaluándose cada tres días. El material recolectado a través de las trampas indicadas fue depositado en frascos para luego ser llevado a las instalaciones del Museo Entomológico de la Universidad Nacional de Tumbes, para poder separar los ejemplares de Ceratopogonidae de los otros grupos de insectos recolectados. Inicialmente se clasificaron por morfotipos dentro de cada género con ayuda de claves de identificación y otro material bibliográfico. La identificación de las especies se realizó en base al material tipo depositado en el museo entomológico que fuera identificado por el especialista en Ceratopogonidae Neotropical Dr. Pablo Marino. Se recolectó un total de 983 ejemplares distribuidos en cuatro géneros: *Dasyhelea* (495), *Forcipomyia* (471), *Atrichopogon* (14) y *Culicoides* (3). Se identificaron las siguientes especies: *Forcipomyia (Forcipomyia) genualis*(Loes), *F. (Microhelea) fuliginosa*(Meigen), *F. (Forcipomyia) pictoni* Macfie, *F. (Forcipomyia) sexvittata*(Wirth), *Dasyhelea* sp. y *Atrichopogon* sp. El valor que se obtuvo en los tres sectores evaluados del índice Shannon (H), es de 1,24. Cuando el valor es menor a dos indica que la diversidad de las mosquitas Ceratopogonidae es baja. el índice de Simpson λ , en los tres sectores es de 0,63. Esto indica que valor es cercano a uno, el cual es un indicativo de alta diversidad de especies. El número de especies capturadas fue de 11 mientras que el estimador de chao1 reporta una riqueza de 13 especies de mosquitas polinizadoras.

Palabras clave: cacao, diversidad, Ceratopogonidae, mosquita, polinizador.

ABSTRACT

The research work was carried out in cocoa-growing areas in the La Palma, Pampas de Hospital and Casa Blanca sectors of the Tumbes Region. The objective was to know the diversity of Ceratopogonids, relative abundance, species richness and diversity indices of Chao 1, Shannon (H) and Simpson (λ) in the indicated sectors. For the collection of the specimens, Malaise traps in combination with Moericke traps were installed during July and November 2022, evaluating every three days. The material collected through the indicated traps was deposited in jars and then taken to the facilities of the Entomological Museum of the National University of Tumbes, in order to separate the specimens of Ceratopogonidae from the other groups of insects collected. The identification of the species was made based on the deposited type material found in the entomological museum that was identified by the specialist in Neotropical Ceratopogonidae Dr. Pablo Marino. A total of 983 specimens distributed in four genera were collected: *Dasyhelea* (495), *Forcipomyia* (471), *Atrichopogon* (14) and *Culicoides* (3). The following species were identified: *Forcipomyia* (*Forcipomyia*) *genualis*(Loes), F. (*Microhelea*) *fuliginosa*(Meigen), F. (*Forcipomyia*) *pictoni* Macfie, F. (*Forcipomyia*) *sexvittata*(Wirth), *Dasyhelea* sp. and *Atrichopogon* sp. The value obtained in the three sectors evaluated from the Shannon (H) index is 1.24. When the value is less than two, it indicates that the diversity of Ceratopogonidae midges is low. the Simpson λ index, in the three sectors is 0.63. This indicates that the value is close to one, which is indicative of high species diversity. The number of species captured was 11 while the chao1 estimator reports a richness of 13 species of pollinating midges.

Keywords: cocoa, diversity, Ceratopogonidae, insect, pollinator

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao* L., se cultiva en las regiones tropicales de África Occidental, el Caribe, América del Sur y Asia. A fines de la década de 2010, aproximadamente 5 millones de hogares agrícolas dependían del cacao como cultivo comercial (Voroa et al., 2019). A pesar de las fluctuaciones globales en los precios, la demanda y la estabilidad de las cadenas logísticas, la producción mundial de cacao en 2020/21 fue de 5 175 millones de toneladas, lo que corresponde a un incremento del 9,3 % con respecto a 2019/20 (ICCO, 2021).

El cacao es uno de los principales cultivos instalados en sistemas agroforestales (SAF) por pequeños agricultores en los trópicos húmedos (Vaar & Somarriba, 2014). La instalación de fincas cacaoteras se da principalmente por la tala parcial de bosques; los árboles retenidos brindan sombra para el cacao y los canales de producción para los agricultores, mientras que el mantillo de hojas de los árboles de sombra y los nutrientes almacenados en el suelo del bosque aseguran la productividad (Tondoh et al., 2015; Wessel & Quist-Wessel, 2015).

El Perú ocupa el tercer lugar en el continente americano en producción de cacao, luego del Ecuador y Brasil, según información del año 2017 su participación es de 120 058 toneladas (INEI, 2018). En el 2017 se cultivaban 129 842 hectáreas y las zonas de producción de cacao de mayor a menor son: San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho, Amazonas y Jaén.

En la Región Tumbes existen un total de 765 hectáreas de cacao criollo, de las cuales 664 hectáreas son de cacao convencional y 101 hectáreas de cacao orgánico, distribuidas a nivel provincial: superficie instalada en Tumbes 424.has, Zarumilla 333 has. y 9 ha en Contralmirante Villar. La Asociación Regional de Productores de Cacao Tumbes - ARPROCAT, es la organización más representativa, organizada en seis Comités: en los sectores de Casa Blanqueada, Pampas de Hospital, (Tumbes) Cuchareta, La Palma, Uña de Gato

y Papayal (Zarumilla), conformada por 325 productores con una superficie de 580 has. (ICCO, 2017).

La polinización en el cultivo de cacao es principalmente cruzada, para lo cual se precisa que un agente traslade el polen de un árbol donador a uno receptor, estos agentes son los insectos. Casi en su totalidad del 90% de su producción, el resultado va a depender de la polinización, la cual es básicamente entomófila, por el tamaño y disposición de las distribuciones florales. La conformación estructural de las plantas de cacao y el polen pegajoso no permite que se lleve a cabo una polinización natural por otros agentes tales como la del viento. Esto hace que este cultivo necesite de las poblaciones de insectos polinizadores para mantener los niveles adecuados de producción (Gaibor, 2018).

Diversos estudios han demostrado que las pequeñas moscas de la familia Ceratopogonidae (Orden Diptera) son las responsables de la polinización de las flores en el cultivo de cacao, estas mosquitas son las encargadas de llevar polen de una flor a otra, pero es importante resaltar que las condiciones en que estas mosquitas viven en el cacaotal son claves para la producción de cacao (Cerdeira, 2013), siendo los géneros *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*, los de mayor importancia (Antunéz, 2018; Saripah et al., 2019).

En nuestra región Castillo – Carrillo y Purizaga (2018) en un estudio realizado solo en el sector Higuierón (Tumbes) reportaron la identificación de las especies *Forcipomyia (Forcipomyia) genualis* (Loes), *F. (Microhelea) fuliginosa* (Meigen), *F. (Forcipomyia) pictoni* Macfie, y otras dos especies no identificadas del género *Dasyhelea* y dos del género *Atrichopogon* y concluyeron que la especie más abundante es *F. (Forcipomyia) genualis*.

Con la finalidad de determinar si en otras zonas cacaoteras de la región se encuentran las especies citadas u otras que aún no han sido identificadas, fue motivo para ejecutar el trabajo de investigación y cuyo objetivo general fue identificar las especies de dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tumbes, Perú.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes sobre polinizadores

Los insectos juegan un papel importante para la polinización de muchos cultivos haciendo llegar la cantidad de polen adecuada para que pueda fecundarse la flor, sin embargo, en el cultivo de cacao los porcentajes de polinización por otros agentes polinizadores (viento, lluvia, vertebrados, abejas, avispas y otros) son bajos, ya que la estructura de la flor es compleja impidiendo la autopolinización, pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por cogullas de los pétalos y separadas del estigma por los estaminodios, la flor mide aproximadamente 2 centímetros limitando debido a su tamaño la polinización por algunos polinizadores, estas flores solo se encuentran abiertas en horas de la mañana para efectuar la polinización y si no se realiza, cae la flor, su polen es funcional por tres días, algunos clones son auto incompatibles, la flor es hermafrodita y entomófila (Armijos et al., 2020).

La polinización del cacao es estrictamente entomófila, en este caso dípteros pequeños, pertenecientes a la familia Ceratopogonidae, y los géneros más importantes son: *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*; siendo *Forcipomyia* el más efectivo (Arvelo et al., 2017; Salazar y Torres, 2017; Gómez, 2018).

Se considera a los ceratopogónidos como los principales responsables de la polinización del cacao, estas poblaciones de mosquitas son muy dependientes de la sincronización del ciclo de floración del cacao y factores ambientales (principalmente precipitaciones), que afectan directamente sus actividades (Montero et al., 2019), ellos entran a jugar con la edad y condición de la flor ya que la viabilidad del polen es de 48 horas aproximadamente, cayéndose la flor pasado este tiempo (Arvelo et al., 2017).

Supriyadi et al. (2020) destacan que la actividad diurna de los insectos polinizadores, en las flores del cacao durante la temporada de floración, muestra fluctuaciones, un rápido aumento en la mañana (07:00 - 09:00) así como la actividad diurna máxima. Al mediodía (11:00 -13:00), la actividad diurna de los insectos polinizadores disminuye rápidamente y aumenta levemente por la tarde hasta el final de la actividad. (Arnold et al. 2019) indican que la polinización del cacao probablemente se ve facilitada por la mezcla de sustancias volátiles liberadas por las flores, y que el sistema involucra una respuesta de olor generalizada común a diferentes especies de Ceratopogonidae. Estas mosquitas son fundamentales en el proceso de polinización, debido a que mediante ellas se consiguen altos rendimientos en la producción de cacao y otros cultivos importantes (Alvarado et al., 2018, González, 2018).

Según Alvarado et al. (2018) estos insectos polinizadores inician su actividad entre las 9 a 11 de la mañana durante la época de mayor humedad; sin embargo, los factores climáticos influyen en la presencia de los insectos, también se han encontrado especies correspondientes a *Dasyhelea scissurae* de la familia Ceratopogonidae, además del género *Clinodiplosis* sp.

Para incrementar las poblaciones de estos polinizadores y por ende aumentar su acción, se recomienda preservar y en lo posible incrementar los sitios de crianza, por lo que es conveniente al momento de la cosecha distribuir las cáscaras de los frutos cosechados lo más uniformemente posible en la plantación, o en el caso de hacer montículos, éstos, deberán ubicarse en diferentes sitios dentro de la huerta (Valarezo, 2015).

La presencia de hojarasca y materia vegetal descompuesta se correlaciona positivamente con la cantidad de insectos, por lo que este tipo de cobertura en el suelo de las plantaciones de cacao se puede utilizar como hábitat para que los insectos polinizadores se reproduzcan y alargar este proceso (González, 2018, Gómez, 2018). La preservación del hábitat

de *Forcipomyia* y otras especies de polinizadores favorecen el desarrollo de las colonias de estos insectos benéficos (Alvarado et al., 2018).

La falta de diversidad botánica en el monocultivo en comparación con las plantaciones de cultivos intercalados puede limitar la disponibilidad de fuente de alimento para los polinizadores. Saripah et al. (2019).

Pese a que las flores de cacao se producen en grandes cantidades, solo unas pocas se convierten en frutos. La autoincompatibilidad es una característica especial presente en el cacao (Suganthi et al. 2019), Menos del 10% de las flores del cacao son polinizadas y tan solo el 0,01% del total se convierten en frutos cosechados (Armijos et al., 2020).

2.2 Biología floral del cacao

El cacao es denominado como cauliflor, o sea que las flores se forman en el tronco principal. Entre los 20 y 25 días se abren sus flores luego de aparecer el minúsculo botón floral y en caso de no ser fecundada se caen a los 3 días o por incompatibilidad genética (Segovia, 2017).

2.3 Estructura de la flor del cacao

De acuerdo con Segovia (2017), la flor del cacao consta de las siguientes partes (Fig. 1):

Estaminoides: Se encargan de proteger al segmento femenino de la flor y atraen a los insectos polinizadores.

Estigma: Esta parte que recibe los granos de polen.

Ovario: Es el fragmento de la estructura femenina la cual da origen al fruto.

Óvulos: Cada uno de ellos será una nueva semilla y la flor posee entre 35-50 óvulos.

Estambres: Es la parte masculina de la flor y sujetan los granos masculinos.

Polen: Este es el encargado de fecundar los óvulos.

Sépalos: Estos se ubican en la base de la flor y se encargan de proteger a las demás partes.

Pétalos: Estos se encargan de proteger a los estambres en donde se encuentra el polen.

Pedicelo: Une la flor con el tronco y es por donde pasaran los alimentos para la futura mazorca.

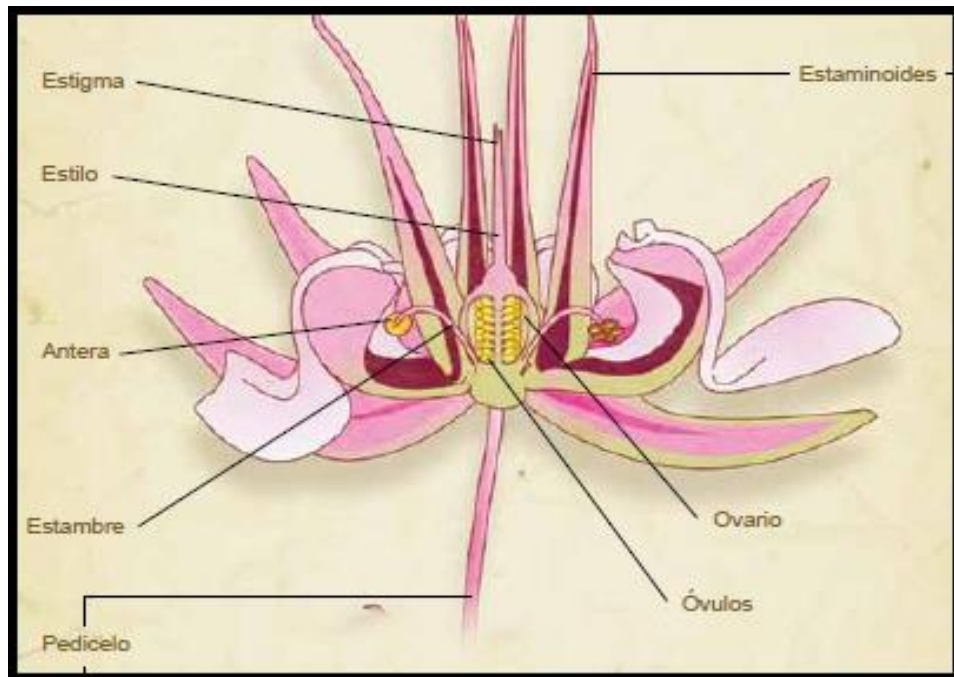


Figura 1. Estructura floral de cacao (*Theobroma cacao* L.).
Fuente: Somarriba et al. 2010.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

Los lugares de muestreo de las mosquitas polinizadoras, se desarrollaron en los sectores de La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanca. En cada uno de los sectores se menciona los lugares específicos evaluados, la temperatura registrada, humedad relativa, altitud y las coordenadas sexagesimales (Tabla 1) y una vista satelital de todos los sectores intervenidos (Fig. 2).

Tabla 1. Sectores de evaluación, lugares específicos, temperatura, humedad relativa, altitud y coordenadas sexagesimales.

| Sectores de evaluación | T°C | HR% | Altitud (msnm) | Coordenadas | |
|------------------------|-------|-----|----------------|-------------|--------------|
| | | | | Latitud (S) | Longitud (W) |
| La Palma | 24,05 | 65 | 60 | 3°33'34.3" | 80°12'45.7 |
| Pampas de Hospital | 26,00 | 61 | 31 | 3°33'34.3" | 80°25'42.8" |
| Casa Blanca | 25,40 | 75 | 40 | 3°43'51.14" | 80°25'42.8" |

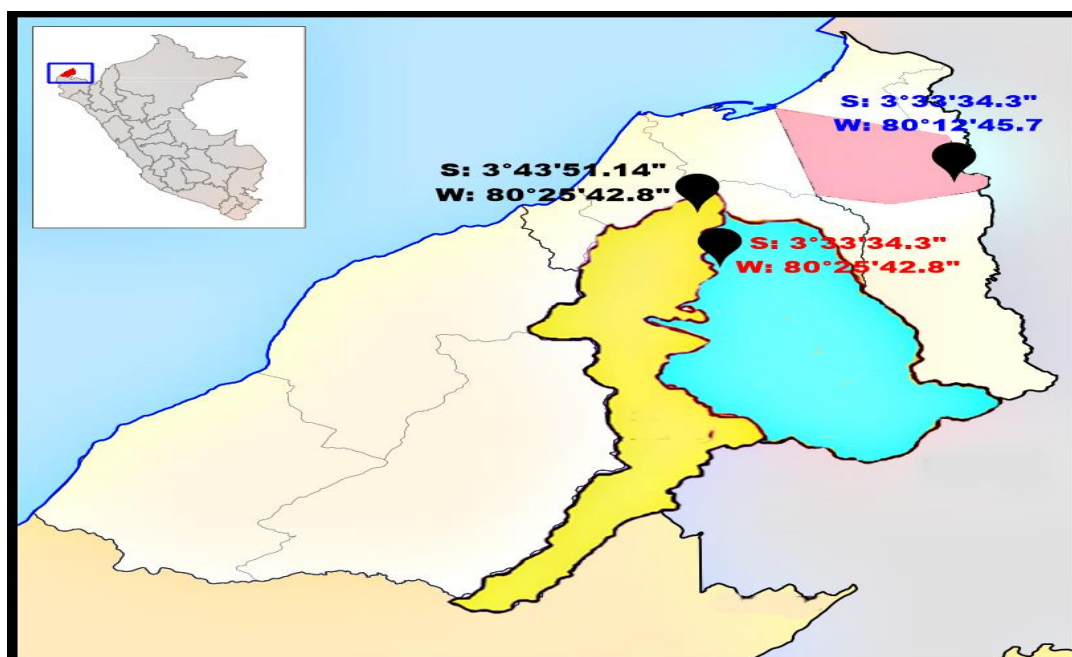


Figura 2. Mapa de los sectores intervenidos en las evaluaciones de las mosquitas Ceratopogonidae.

3.2 Duración del proyecto

3.2.1 Fase de campo

La fase de campo se inició en julio del 2022 y culminó en noviembre de 2022.

3.2.2 Fase de gabinete

Esta fase se inició en diciembre del 2022 y culminó en abril del 2023.

3.3 Materiales, herramientas y equipos

3.3.1 De campo

Trampas Malaise, trampas Moericke (bandejas plásticas de color rojo, amarillo y azul), red entomológica, frascos para la recolección de ejemplares, bolsas plásticas, estacas, aspirador de insectos, alcohol 70% y jabón líquido.

3.3.2 De laboratorio

Placas Petri descartables, láminas portaobjetos cóncavos y cubreobjetos, frascos plásticos y de vidrio, medio Hoyer, alcohol 70% y etiquetas.

3.3.3 Equipos

Esteroscopios marca Olympus modelo SZ-21®, AmScope™, microscopio Olympus CX31®, GPS, termohigrómetro y cámara fotográfica digital marca Canon®.

3.4 Metodología

Con la información recogida en el campo y la identificación de las especies de Ceratopogonidos en laboratorio; se realizaron las tabulaciones, procesamiento, la discusión de los resultados obtenidos, así como la redacción y presentación del informe final.

3.4.1 Reconocimiento de campo

Como actividad principal previa a los muestreos respectivos, se realizó el reconocimiento de las zonas, para determinar los lugares donde se realizarían las recolectas de las mosquitas Ceratopogonidae y los lugares para la instalación de las trampas.

3.4.2 Instalación de trampa Malaise

Se instaló una trampa Malaise (Fig. 3) por zona (La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada). Esta trampa contiene en la parte superior un frasco conteniendo alcohol al 70% (Fig. 4 c) para la captura de las mosquitas de la familia Ceratopogonidae, las evaluaciones de las trampas instaladas se realizaron semanalmente, el material obtenido fue depositado en frascos de plástico conteniendo alcohol etílico al 70% los cuales fueron llevados al laboratorio para su posterior clasificación a nivel de género.



Figura 3. Instalación de Trampa Malaise.

3.4.3 Instalación de trampas Moericke

Para instalar estas trampas y funcionaran junto con la trampa Malaise, se preparó una solución que sería el elemento de captura, en una proporción de 10 ml de jabón líquido y 2 litros de agua para agregarlo en la trampa

Moericke que consta de tres bandejas de color rojo, amarillo y azul (Fig. 4a, b y c).

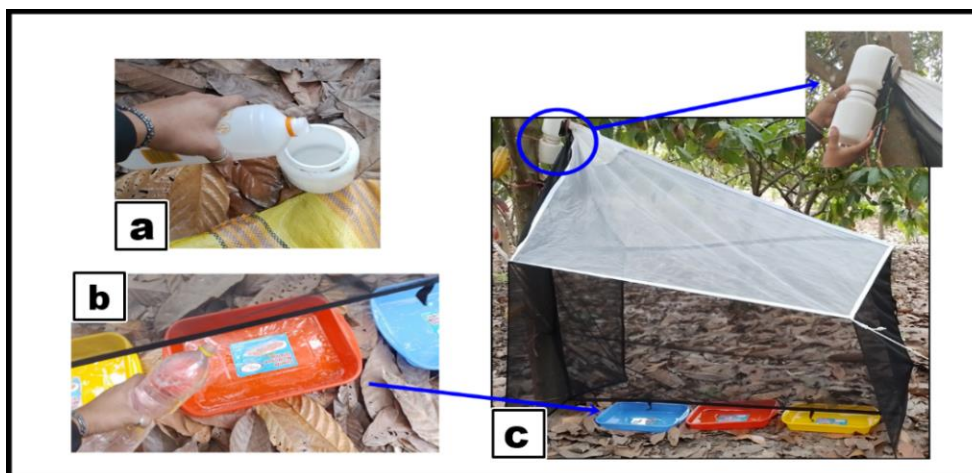


Figura 4. Instalación de trampa Moericke: (a) Preparación de la solución para trampa Moericke, (b)Vertido de la solución en bandejas, (c) Instalación junto a trampa Malaise.

3.4.4 Recolectas en inflorescencias del cacao

Para realizar esta acción, se hicieron observaciones de las flores de cacao, con la finalidad de capturar las mosquitas que ingresaran a la flor, como se muestra en la (Fig. 5). Para la recolección de estas se utilizaron frascos de vidrio de boca ancha de 4 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, las mosquitas fueron llevadas al laboratorio para la identificación de los especímenes colectados y conservados en alcohol al 70%.

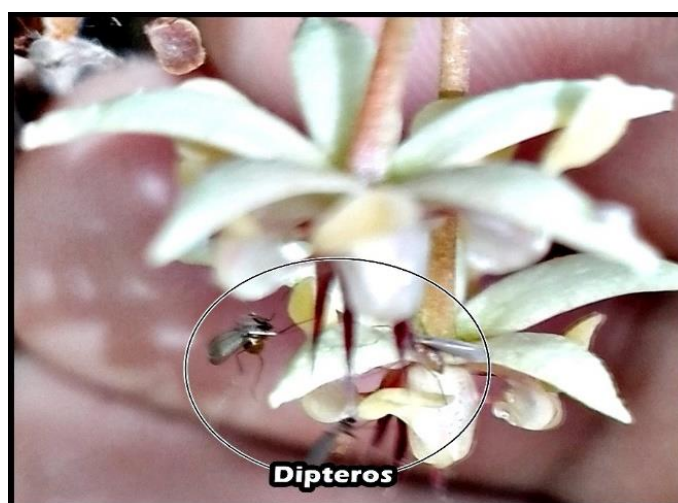


Figura 5. Díptero posado en flor de cacao.

3.5 Captura de ejemplares

3.5.1 Con red entomológica

Con ayuda de la red entomológica se complementó la captura de ejemplares que se posan en las ramas y hojas, después de la remoción de la hojarasca de cacao (Fig. 6a y b), los adultos de ceratopogónidos capturados eran depositados en bolsas plásticas para su posterior traslado al laboratorio, el material recolectado fue separado y preservados apropiadamente en frascos de vidrio conteniendo alcohol etílico a los 70%, debidamente etiquetados por zona.



Figura 6. Captura de ejemplares: (a) Con golpes de red entomológica en ramas y hojas de la planta y (b). Captura después de la remoción de hojarasca seca.

3.5.2 Con aspirador entomológico manual

Con este equipo se recolectaron los ejemplares de Ceratopogonidae preferentemente en las flores. El aspirador está constituido por dos mangueras que se encuentran en la parte superior del recipiente, como se muestra en la (Fig. 7a), colocándose una de las mangueras sobre la flor o en la parte que se encuentre el insecto que se desea capturar y la otra se coloca en la boca del operario para realizar el proceso de succión (Fig. 7b).



Figura 7. (a)Aspirador manual, (b) Captura de ejemplares de Ceratogonidae.

3.5.3 Colecta y registro de ejemplares

Los insectos capturados tanto en las trampas Malaise y Moericke, se depositaron en frascos plásticos de 120 ml de capacidad conteniendo una solución de alcohol 70% (Figs.8 a, b y c), para su conservación. Estos fueron trasladados al Museo de Entomológico, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Nacional de Tumbes.

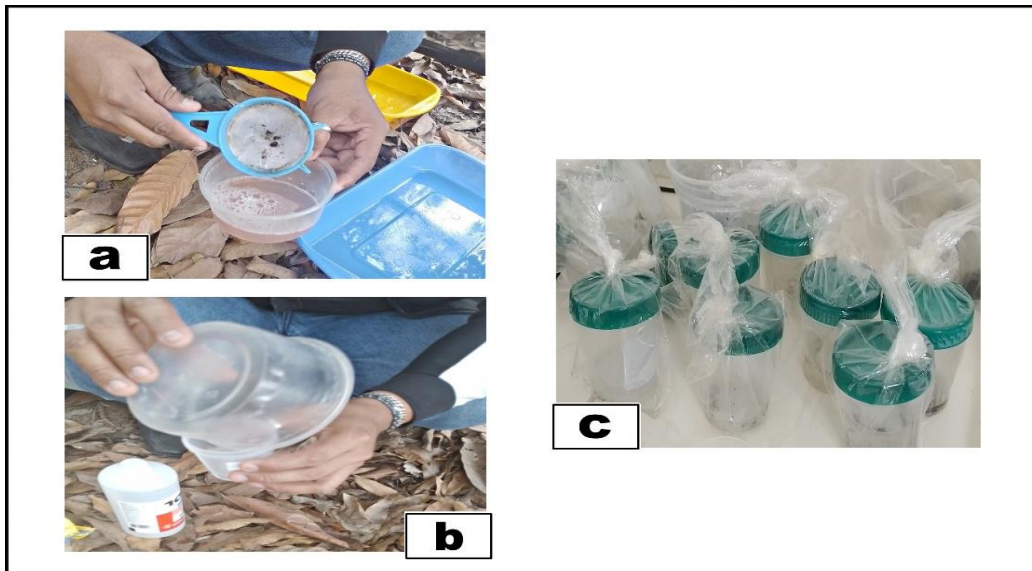


Figura 8. (a) y (b) Recolección de ejemplares de la trampa Moericke y (c). Frascos conteniendo los ejemplares recolectados.

3.5.4 Registro de temperatura y humedad relativa

Durante las recolectas se efectuaron registros de temperatura y humedad relativa en condiciones de campo en cada sector y fecha que se evaluó entre las 8 a.m. y 2 p.m., haciendo uso de un termohigrómetro digital.

3.6 Fase de laboratorio

3.6.1 Procesamiento de los ejemplares

Los ejemplares obtenidos de los muestreos fueron agrupados, cuantificados, separados de otros ejemplares que no eran objeto del estudio, utilizando pinzas entomológicas y pinceles, para posteriormente ser observados bajo el estereoscopio y posteriormente en el microscopio (Figs. 9 a, b y c).

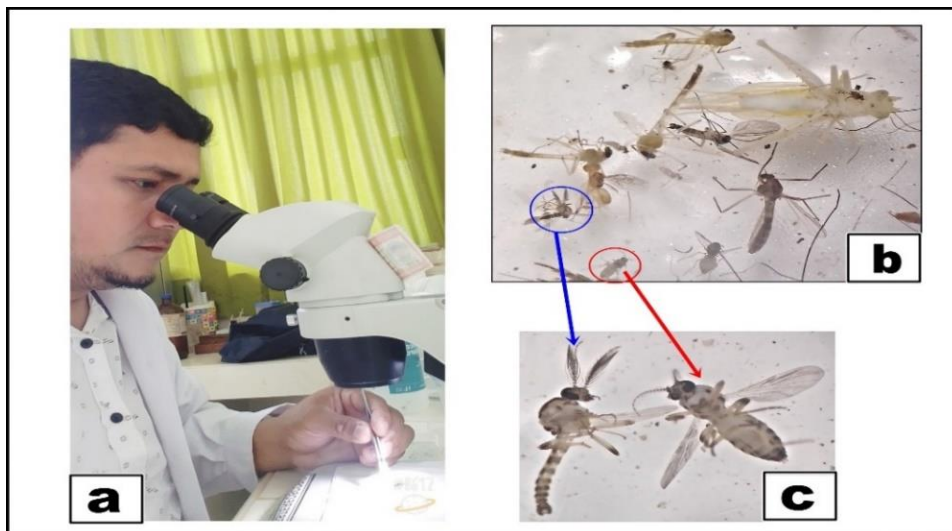


Figura 9. (a) Separación de Ceratopogonidae de otros ejemplares capturados, (b) macho y (c) hembra de mosquitas polinizadoras.

Las mosquitas Ceratopogonidae fueron colocados en frascos de vidrio con alcohol al 70% (Figs.10 a y b) para su respectiva preservación, registro y etiquetado.



Figura 10. (a) Separación de ejemplares de Ceratopogonidae por morfotipo en estereoscopio, (b). Frascos etiquetados por lugar, fecha conteniendo ejemplares de Ceratopogonidae.

3.6.2 Montaje en medio Hoyer

Los adultos de las mosquitas polinizadoras de la familia Ceratopogonidae, fueron montados individualmente en láminas porta objeto cóncavas, usando el medio de montaje Hoyer que tiene la particularidad de clarificar los tejidos oscuros de los individuos y permite montaje directo desde alcohol (Fig. 11), Las muestras colocadas en las láminas se pudieron observar en el microscopio, con el fin de ver más claras las antenas, patas, alas y otras partes del insecto observado (Fig. 12).

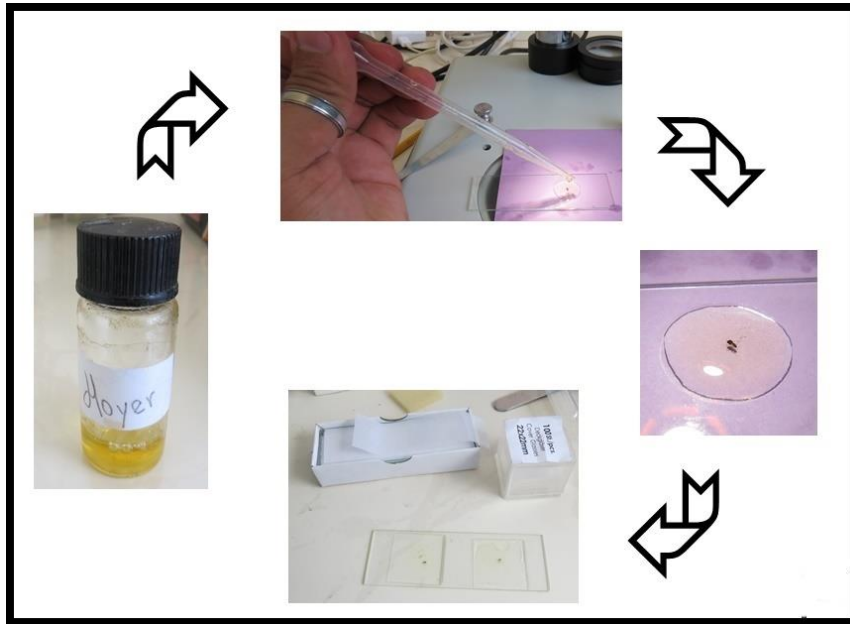


Figura 11. Secuencia del proceso del montaje en medio Hoyer

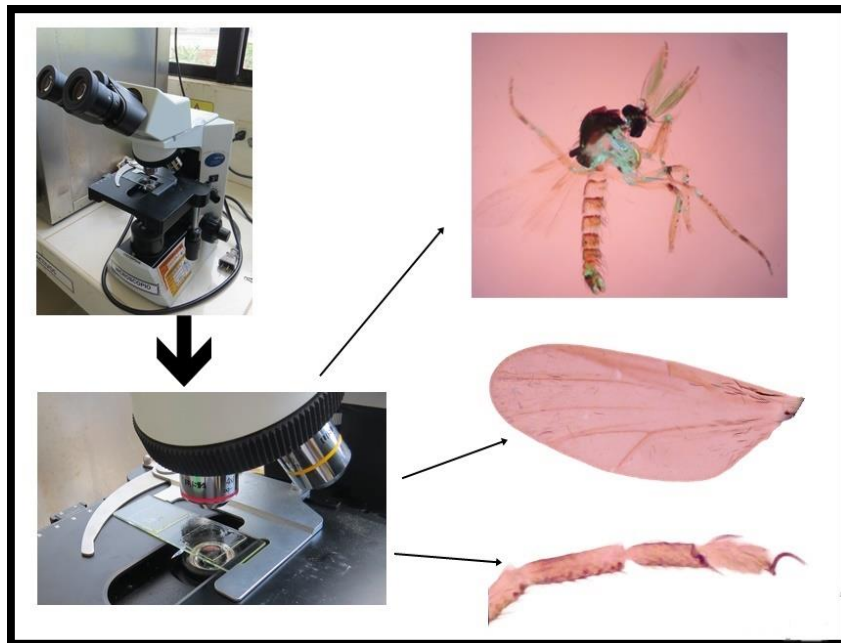


Figura 12. Secuencia de las observaciones de muestras en el microscopio.

3.6.3 Identificación taxonómica de las especies recolectadas

Para la identificación a nivel de familia se utilizaron las claves de Borror and De Long's Introduction to the Study of Insects 7th Edition (Triplehorn y Johnson 2005). La identificación de género y especie se hizo en base al material tipo depositado en el Museo Entomológico de la Universidad

Nacional de Tumbes, material que fuera identificado anteriormente, por el Dr. Pablo Ignacio Marino, de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina, especialista en taxonomía de la familia Ceratopogonidae, complementándose con las claves dicotómicas para género y especie de Borkent (INBio, 2008).

3.7 Plan de procesamiento y análisis de datos

3.7.1 Análisis estadístico

Se elaboró una curva de acumulación de especies, con el propósito de evaluar la efectividad de esfuerzo del muestreo realizado y para medir la biodiversidad de insectos se utilizaron los índices de diversidad, Chao 1, Shannon-Wiener y Simpson.

Se determinaron los promedios de los adultos de las especies de dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao en las zonas cacaoteras evaluadas y por método de captura. Se elaboró una curva de acumulación de especies, con el propósito de evaluar la efectividad de esfuerzo del muestreo realizado y para medir la biodiversidad de insectos se utilizó los índices de diversidad, Chao1, Shannon-Wiener y Simpson.

3.8 Índice de diversidad de Chao1, Shannon (H) y de Simpson

3.8.1 Estimador de Chao 1

Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons).

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Dónde:

S_{obs} : número de especies en la muestra.

F_1 : número de especies que solo aparecieron una vez en la muestra.

F_2 : número de especies con exactamente dos ocurrencias en la muestra.

Se ha integrado una formula corregida para este modelo, la cual se aplica cuando el número de doubletons es cero: F número de singletons y G es el número de doubletons.

$$S_{est} = S_{obs} + ((F^2/2G+1)-(FG/2(G+1)^2)).$$

3.8.2 Índice de Shannon (H)

Es uno de los índices más comunes para medir la diversidad y se define como la relación existente entre el número de especies (riqueza) en la comunidad y la abundancia relativa de cada especie.

Presenta valores que generalmente oscilan entre 1,5 y 3,5 y tiene la ventaja de distribuirse normalmente, lo que permite realizar comparaciones entre diferentes hábitats, especialmente cuando se trabaja con réplicas [Sheibler, s.a.: 20]

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde;

S = número de especies (la riqueza de especies)

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i) (n_i/N)

n_i = número de individuos de la especie i

N = número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

3.8.3 Índice de Simpson (D)

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominante (Magurran 1988). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1-\lambda$ (Moreno 2001).

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Dónde: P_i : abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Diversidad de ceratopogonidos

La diversidad de moscas polinizadoras encontradas en el presente trabajo de investigación durante el periodo de evaluación desde julio del 2022 hasta noviembre del 2022, se puede apreciar en la Tabla 2. En total se recolectaron 983 ejemplares, distribuidos en: 471 *Forcipomyia* (47,9%), 495 *Dasyhelea* (50,3%), 14 *Atrichopogon*, (1,4%) y 3 *Culicoides*, (0,4%), esto se puede observar gráficamente en la Fig.13.

Tabla 2. Número de especies y porcentaje de mosquitas polinizadoras colectadas durante el estudio, julio - noviembre 2022.

| Género | Total de ejemplares | Porcentaje (%) |
|---------------------|---------------------|----------------|
| <i>Forcipomyia</i> | 471 | 47,9 |
| <i>Dasyhelea</i> | 495 | 50,3 |
| <i>Atrichopogon</i> | 14 | 1,4 |
| <i>Culicoides</i> | 3 | 0,4 |
| Total | 983 | 100 |

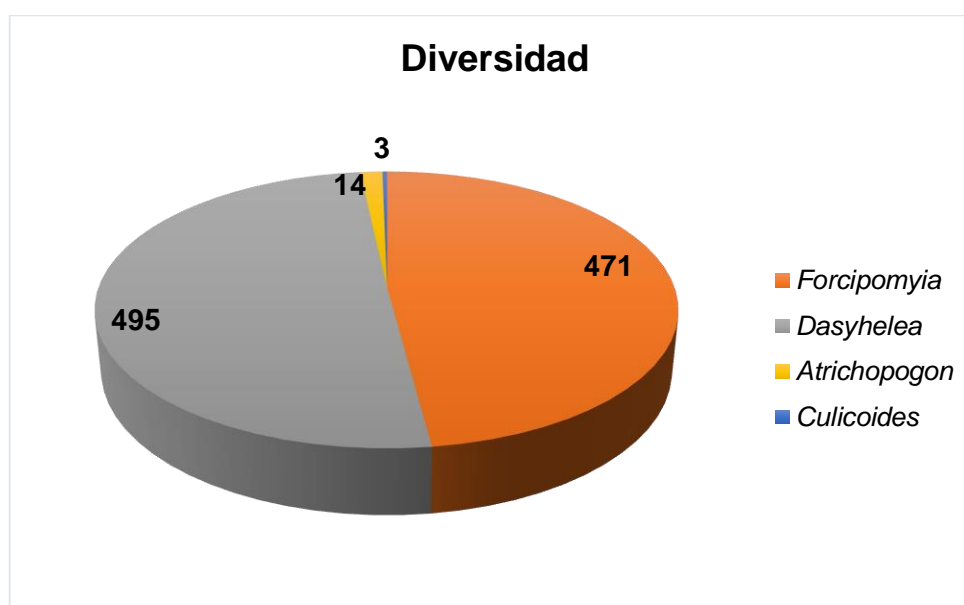


Figura 13. Número de ejemplares por género recolectados durante julio - noviembre 2022.

4.2 Abundancia relativa

En la Tabla 3 se aprecia la abundancia relativa de cada una de las especies recolectadas, en los sectores evaluados de La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada.

Con respecto a la clasificación de la abundancia relativa se logró encontrar dos especies no identificadas que corresponden al género *Dasyhelea*, a las cuales se les ha denominado *Dasyhelea* sp. 1 y 2, y tres especies no identificadas del género *Atrichopogon*, a las que se les ha denominado *Atrichopogon* sp. 1, 2 y 3.

Tabla 3. Abundancia relativa de moscas polinizadoras recolectadas en los sectores de, La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada desde julio - noviembre de 2022.

| Géneros y Subgéneros | Especies | Total de ejemplares por sector | | | Total de ejemplares |
|---|-------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| | | La Palma | Pampas de Hospital | Casa Blanqueada | |
| <i>Forcipomyia</i> (<i>Forcipomyia</i>) | <i>genualis</i> | 103 | 201 | 90 | 394 |
| <i>F.</i> (<i>Microhelea</i>) | <i>fuliginosa</i> | 3 | 35 | 13 | 51 |
| <i>F.</i> (<i>Forcipomyia</i>) | <i>pictoni</i> | 0 | 3 | 18 | 21 |
| <i>F.</i> (<i>Forcipomyia</i>) | <i>sexvittata</i> | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Forcipomyia</i> | sp. | 2 | 1 | 1 | 4 |
| <i>Dasyhelea</i> | sp.1 | 69 | 101 | 270 | 440 |
| <i>Dasyhelea</i> | sp.2 | 12 | 20 | 23 | 55 |
| <i>Atrichopogon</i> | sp.1 | 4 | 2 | 1 | 7 |
| <i>Atrichopogon</i> | sp.2 | 3 | 1 | 0 | 4 |
| <i>Atrichopogon</i> | sp.3 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Culicoides</i> | sp. | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Total | | 201 | 365 | 417 | 983 |

Con respecto a la abundancia en cada sector, esto se puede apreciar en la Fig. 14, en el sector Casa Blanqueada se encontró la mayor abundancia (417 ejemplares) siendo el género *Dasyhelea* el más abundante, seguido por Pampas de Hospital (365 ejemplares) con una mayor abundancia del género *Forcipomyia*, y La Palma (201 ejemplares) e igualmente con el género *Forcipomyia* como el más abundante.

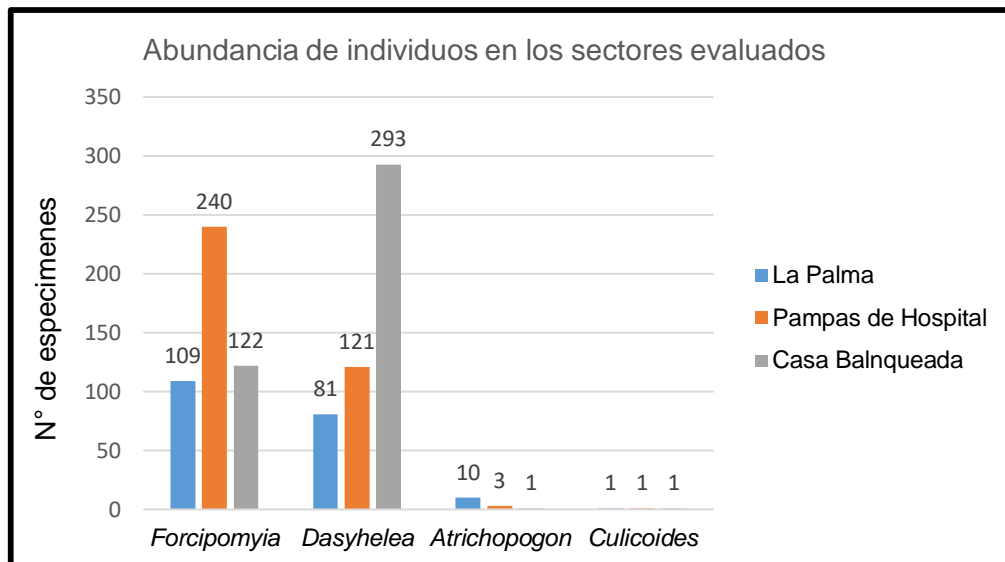


Figura 14. Representación gráfica de la abundancia de géneros por sectores.

Respecto a estudios de abundancia, González (2018) para Usulután en EL Salvador encontró que el género más abundante fue *Dasyhelea*, encontrándose siempre presente en todos los muestreos con una abundancia constante, lo que demuestra que hay mayor actividad de *Dasyhelea* en los cacaotales que él estudió, indicando que su fuente principal de alimentación es el néctar de cacao, al contrario de lo que expresa Soria et al. (1980) que reporta al género *Forcipomyia* como el más efectivo y el más activo de acuerdo a los cacaotales estudiados. Posiblemente esta diferencia pueda estar relacionada con las condiciones ambientales de las fincas en estudio.

Suganthy et al., (2019), para la India, reportan que, en experimentos de campo, *Forcipomyia* spp. se identifica como un polinizador potencial del cacao y que el pseudotallo de banano descompuesto y la hojarasca descompuesta de cacao, se identificaron como los mejores sustratos de reproducción para estos polinizadores.

Clough et al., (2011) y Tschardt et al., (2011), destacan que las prácticas de manejo a nivel de finca incluyen la mejora de los recursos de alimentación y los hábitats de reproducción para los ceratopogonidos, así como la reducción del uso de insecticidas al mejorar la acción de los

organismos benéficos a través de la conservación de sistemas agroforestales diversificados, esto está respaldado por Young (1982) y Young (1983), quienes investigaron el efecto de la composición de las especies de árboles de sombra y el material en descomposición sobre la diversidad, abundancia y fluctuación de los ceratopogónidos. Sus resultados sugieren que la producción de frutos se incrementa en los agrobosques de sombra mixta dominados por residuos de plantas de banano podridas debido a las poblaciones más altas de ceratopogónidos que en los sistemas con sombra homogénea y sistemas de pleno sol. Las comunidades de epífitas del cacao también pueden proporcionar sustratos para los polinizadores, como lo sugieren Sporn et al. (2007), quienes encontraron fructificaciones ligeramente menores en plantaciones donde se eliminaron las epífitas. Los autores argumentan que estos resultados podrían deberse a la disminución de polinizadores por la pérdida de hábitats de reproducción.

4.3 Riqueza de especies

La riqueza de mosquitas polinizadoras recolectadas e identificadas en el estudio estuvo representada por 11 especies y/o morfoespecie; de las cuales cuatro están identificadas a nivel de género y especie, siendo *Dasyhelea* sp.1 el más abundante con (440) ejemplares, seguido por la especie *Forcipomyia (Forcipomyia) genualis* con (394) ejemplares, siendo los de los géneros *Atrichopogon* y *Culicoides* los menos abundantes. (Tabla 4).

Dentro de la riqueza de especies encontradas en los sectores evaluados están: Género *Forcipomyia*: *Forcipomyia (Forcipomyia) genualis*, *Forcipomyia (Microhelea) fuliginosa*, *Forcipomyia (Forcipomyia) pictoni*, *Forcipomyia (Forcipomyia) sexittana*, *Forcipomyia* sp. (Fig. 15), del género *Dasyhelea*: *Dasyhelea* sp.1, *Dasyhelea* sp.2 (Fig. 16), del género *Atrichopogon*: *Atrichopogon* sp.1, *Atrichopogon* sp.2, *Atrichopogon* sp.3 (Fig. 17) y del género *Culicoides*: *Culicoides* sp.(Fig.18).

Tabla 4. Especie de mosquitas polinizadoras de la familia Ceratopogonidae durante julio – noviembre 2022.

| Especie y/o morfoespecie | 2022 | | | | | Total de ejemplares por especie |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|---------------------------------|
| | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | |
| 1. <i>Forcipomyia (Forcipomyia) genualis</i> | 32 | 52 | 45 | 179 | 86 | 394 |
| 2. <i>Forcipomyia (Microhelea) fuliginosa</i> | 3 | 19 | 6 | 14 | 9 | 51 |
| 3. <i>Forcipomyia (Forcipomyia) pictoni</i> | 18 | 0 | 0 | 1 | 2 | 21 |
| 4. <i>Forcipomyia (Forcipomyia) sexvittata</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5. <i>Forcipomyia</i> sp. | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 6. <i>Dasyhelea</i> sp. 1 | 26 | 0 | 37 | 290 | 87 | 440 |
| 7. <i>Dasyhelea</i> sp. 2 | 7 | 0 | 15 | 23 | 10 | 55 |
| 8. <i>Atrichopogon</i> sp.1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 7 |
| 9. <i>Atrichopogon</i> sp.2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| 10. <i>Atrichopogon</i> sp.3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 |
| 11. <i>Culicoides</i> sp. | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| Total | 88 | 76 | 106 | 515 | 198 | 983 |

Cabe indicar que en nuestro estudio encontramos una especie adicional del género *Forcipomyia* F. (*Forcipomyia*) *sexvittata*, una especie adicional no identificada de los géneros *Atrichopogon*, *Dasyhelea*, *Atrichopogon* y *Culicoides* que no fueron reportadas por Castillo – Carrillo y Purizaga (2018), e igualmente coinciden con la abundancia respecto a la especie F. (*Forcipomyia*) *genualis*.

Montero-Cerdeño et al., (2022) en un estudio realizado para evaluar el papel de los polinizadores en el proceso de polinización, fertilización y fructificación en tres niveles tecnológicos de producción y tres sustratos de reproducción, determinantes en el rendimiento del cacao, comparando dos técnicas de polinización (natural y asistida) y como control se aislaron flores con antiáfido., encontraron que los sistemas estudiados no influyeron en el porcentaje de polinización, fertilización y formación de frutos. Sin embargo, los sustratos sí influyeron en la polinización, fertilización y fructificación e indican que la técnica de polinización asistida es significativamente superior a la polinización natural e igualmente indican que los géneros *Forcipomyia* y *Dasyhelea* fueron los más abundantes en los tres niveles de producción y reproducción.

Cazorla & Campos (2020) reportan que, para la provincia de Buenos Aires, Argentina, solo se ha registrado a *Atrichopogon balseiroi* Spinelli y

Forcipomyia williamsi Marino & Spinelli y que durante el estudio se encontraron exclusivamente en el bosque.

La falta de identificación a nivel de especie también significa que se desconocen los hábitats de reproducción exactos de los diferentes polinizadores del cacao. Algunos estudios informan un aumento de la producción de frutos después de la introducción de hábitats de reproducción (tallos de banano en descomposición o cáscaras de cacao) en las plantaciones (Adjaloo, Banful y Oduro, 2013; Forbes y Northfield, 2017; Vanhove et al., 2020). Sin embargo, se desconoce qué especies de polinizadores se benefician de esta acción.

Arnold et al, (2019) reportan a las especies *Forcipomyia* sp. (*Forcipomyia*), *Culicoides paraensis* y *Dasyhelea borgmeieri*, en estudios realizados para evaluar los volátiles florales del cacao y que juegan un papel en el comportamiento de los polinizadores que estos insectos no dependen de las flores de cacao para su ciclo de vida y pueden usar otras fuentes de azúcar, sus hallazgos indican que la polinización del cacao probablemente se vea facilitada por la mezcla volátil liberada por las flores, y que el sistema involucra una respuesta de olor generalizada común a diferentes especies de Ceratopogonidae.

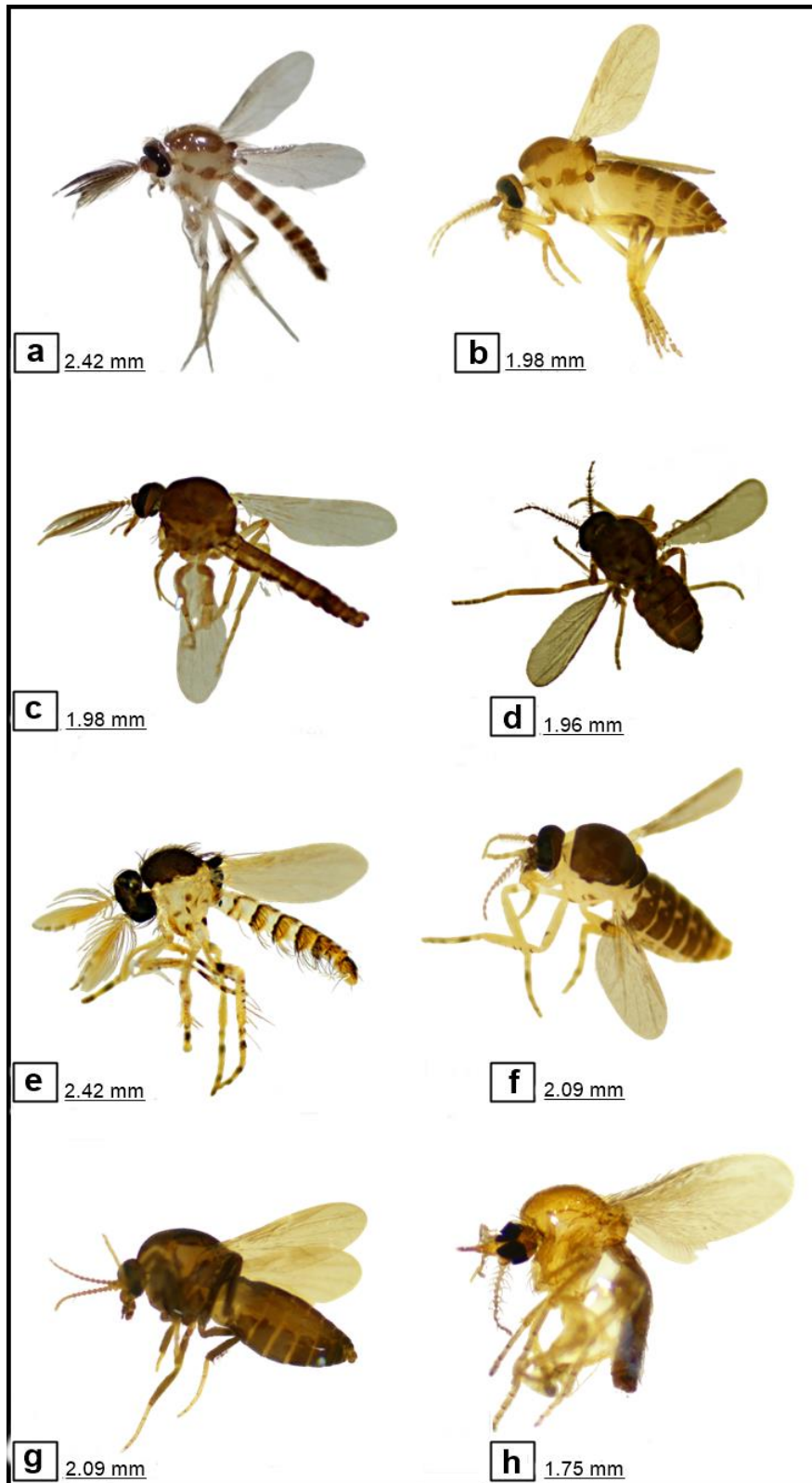


Figura 15. Especies de moscas polinizadora del género *Forcipomyia* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *F. (Forcipomyia) genualis*, (a) macho, (b) hembra; *F. (Microhelea) fuliginosa*, (c) macho, (d) hembra; *F. (Forcipomyia) pictoni*; (e) macho y (f) hembra, *Forcipomyia (Forcipomyia) sexvittata* (g) hembra; *Forcipomyia* sp. (h) hembra.

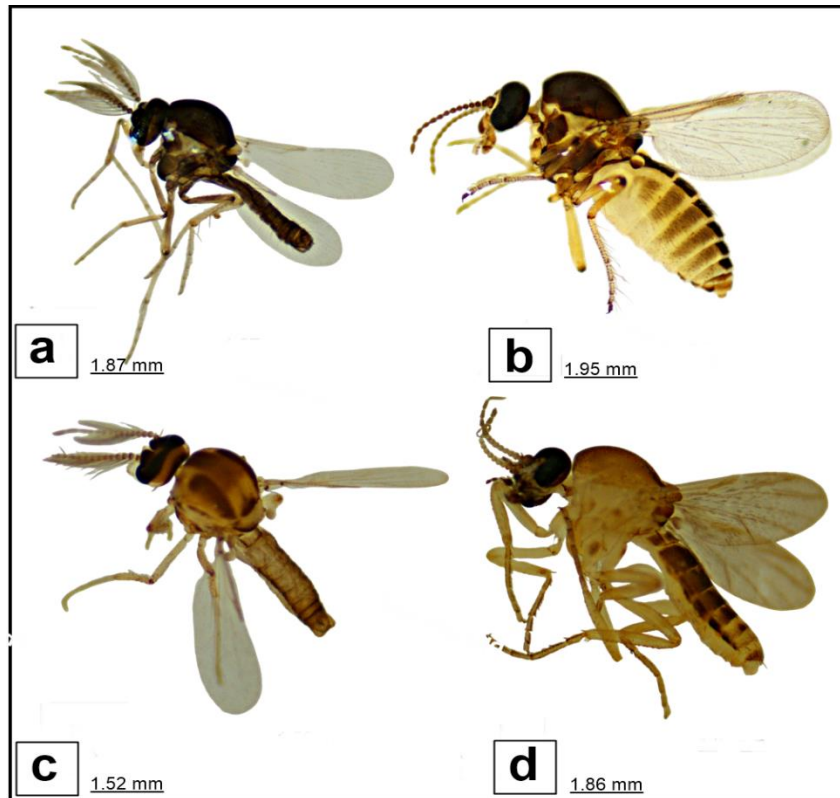


Figura 16. Ejemplares de moscas polinizadora del género *Dasyhelea* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *Dasyhelea* sp.1 (a) macho, (b) hembra y *Dasyhelea* sp.2 (c) macho, (d) hembra.

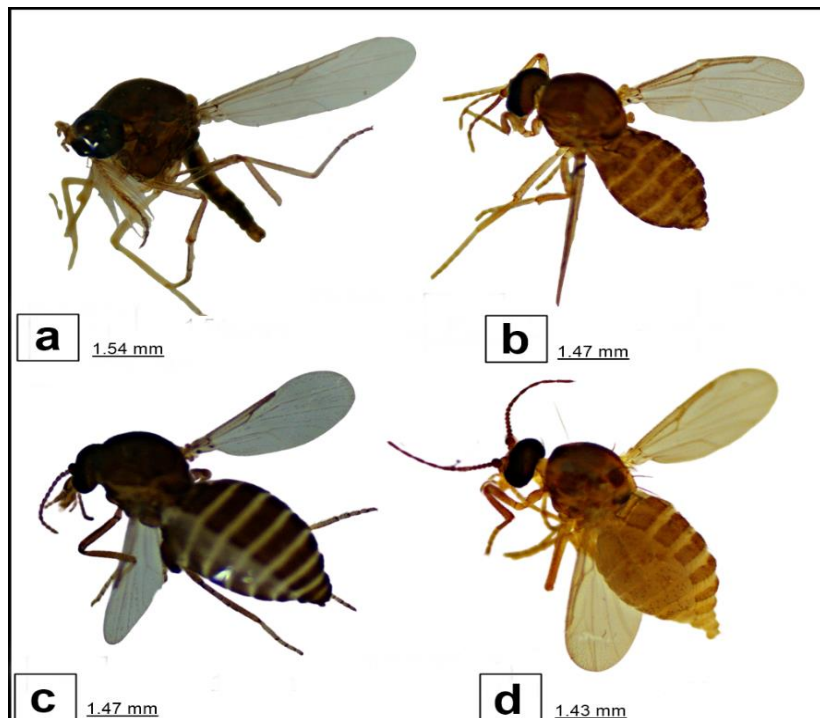


Figura 17. Ejemplares de moscas polinizadora del género *Atrichopogon* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *Atrichopogon* sp.1 (a) macho, (b) hembra; *Atrichopogon* sp.2 (c) hembra y *Atrichopogon* sp.3 (d) hembra.



Figura 18. Ejemplar hembra de mosca polinizadora del género *Culicoides* encontradas en los sectores evaluados, del departamento de Tumbes, Perú: *Culicoides* sp.

4.4 Curva de acumulación de especies

Se realizó una curva de acumulación de especies para las mosquitas polinizadoras la cual da cuenta de la riqueza encontrada en función del esfuerzo de muestreo.

Los estimadores de Chao 1 y Jack 1 presentan un valor de 9 y 9,8 especies cada uno e indican que tiene el 99 y 92% de las especies estimada correspondientemente. La curva de acumulación de especies (Figura 19) alcanzó la asíntota para el estimador de Jack 1 observándose un crecimiento, para el estimador Chao 1 presenta un comportamiento asíntótico, paralelo a las especies observadas. Esto indica que según el estimador Jack 1, el agroecosistema del cultivo de cacao tiene una mayor riqueza esperada de mosquitas Ceratopogonidae que la registrada.

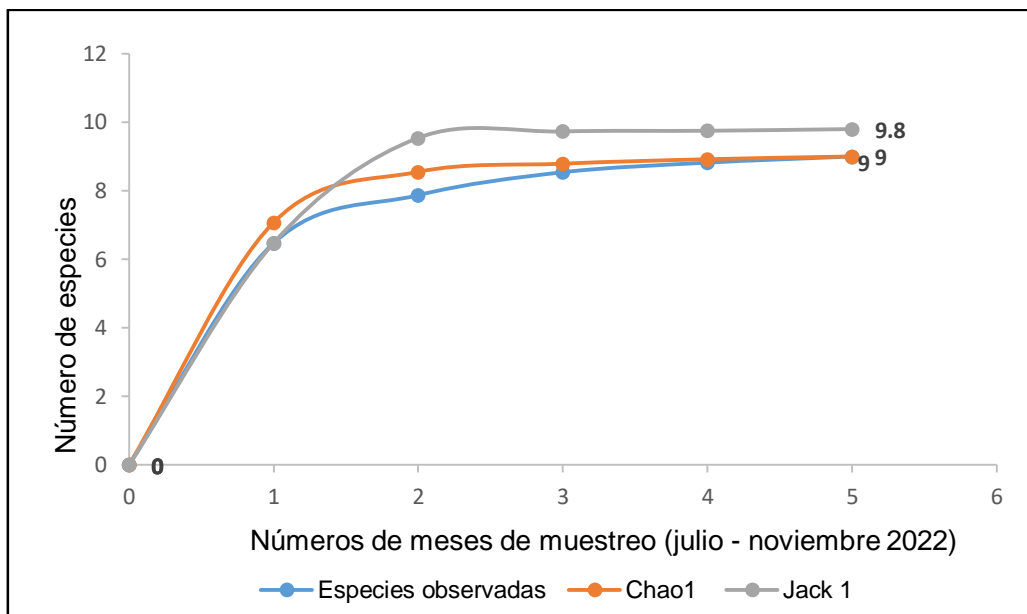


Figura 19. Curva de acumulación de especies de Ceratopogonidae en el cultivo de cacao, en las zonas evaluadas.

4.5 Diversidad de especies

El valor obtenido para el índice de Shannon-Wiener fue de 1,24 y la estimación a partir del índice de Simpson mostró una dominancia de 0,63. El número de especies identificadas fue de 11, mientras que el estimador de chao1 reporta una riqueza de 13 especies de mosquitas polinizadoras. Tabla 5.

Tabla 5. Valores de índices de insectos polinizadores en las zonas evaluadas.

| Índices | Valores |
|----------------|---------|
| Chao1 | 13 |
| Shannon-Wiener | 1,24 |
| Simpson | 0,63 |

4.5.1 Índice de diversidad de Shannon (H) y de Simpson (λ).

En la tabla 5 se muestra los índices de diversidad de Shannon (H) Simpson (λ).

Según el índice Shannon (H), el valor que se obtuvo en los tres sectores evaluados es de 1,24. Cuando el valor es menor a dos indica que la diversidad de las mosquitas Ceratopogonidae es baja, esto posiblemente se deba al uso de pesticidas en las áreas circundantes al cultivo de cacao y al nivel de humedad en el suelo en las plantaciones. Para el índice de Simpson en los tres sectores es de 0,63, esto indica que el valor es cercano a uno, el cual es un indicativo de alta biodiversidad de especies de las mosquitas Ceratopogonidae en los sectores evaluados.

Las aplicaciones de insecticidas tienen efectos negativos sobre los polinizadores, aunque algunos compuestos químicos son más dañinos que otros (Kwapong y Frimpong-Anin, 2013), por lo tanto, se requiere más investigación para brindar a los agricultores recomendaciones apropiadas sobre los mejores tipos de insecticidas y las dosis adecuadas y el momento de la aplicación. Por otro lado, es necesario tener en cuenta que los sistemas agroforestales de sombra suelen albergar una gran diversidad de depredadores herbívoros, lo que permite un uso mínimo de insecticidas (Klein et al., 2002, Tschardt et al., 2008). Por lo tanto, se alienta la adopción de sistemas agroforestales como una alternativa amigable con la vida silvestre que proporciona polinización y otros servicios funcionales importantes, así como rendimientos competitivos (Clough et al., 2011).

Se ha sugerido que la polinización subóptima es otra razón del bajo rendimiento del cacao, y que la polinización inadecuada limita el rendimiento más que la baja fertilidad del suelo (Groeneveld et al., 2010). El cacao es polinizado casi exclusivamente por insectos dípteros hembra (mosquitos) del género *Forcipomyia* (Fam. Ceratopogonidae) (Glendinning, 1972; Winder, 1977a). Estos mosquitos recogen granos de polen de cacao en sus pelos torácicos después de buscar néctar de flores de cacao. Durante las siguientes visitas a las flores, los mosquitos polinizadores se mueven por el lado interno de los estaminodios de las flores del cacao, frotando así sus cuerpos portadores de granos de polen contra el estilo (Kauffman, 1975).

En estudios realizados por Mavisoy, Cabezas, Ballasteros, y Somarriba, (2013) mencionan que la presencia de los polinizadores depende de las características de humedad que hay en cada sustrato. Estas pueden variar de acuerdo a las condiciones de sombra que genera cada especie, cuando hay menos lluvia, se puede mantener la humedad, porque las hojas caídas forman una microcapa entre ellas, lo que evita una fácil evaporación y proporciona un refugio ideal para las larvas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo de investigación se logró determinar en las áreas de cultivo de cacao de los sectores: La Palma, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada, del departamento de Tumbes,

Perú, cuatro géneros de la familia Ceratopogonidae: *Forcipomyia* (47,9%), *Dasyhelea* (50,3%), *Atrichopogon* (1,4%) y *Culicoides* (0,4%).

2. La abundancia relativa del género *Dasyhelea* con 417 ejemplares para el sector de Casa Blanqueada fue la más abundante, seguido por el género *Forcipomyia* con 365 ejemplares que es el más abundante en el sector de Pampas de Hospital y con 201 ejemplares del género *Forcipomyia* en el sector La Palma.
3. El número total de ejemplares en los sectores evaluados fue de 983 correspondiendo a 11 especies, se identificaron, cuatro y siete solo a nivel de género.
4. El índice de Chao1 reporta una riqueza de 13 especies de mosquitas polinizadoras.
5. El índice de diversidad de Shannon (H), tuvo un valor de 1,24; el cual nos indica que la diversidad es baja.
6. Para el índice de diversidad de Simpson (λ), el valor obtenido es de 0,63; constituyendo un indicativo de alta biodiversidad de las mosquitas Ceratopogonidae.
7. Los principales insectos polinizadores son los dípteros de la familia Ceratopogonidae, de los géneros *Dasyhelea* y *Forcipomyia*, siendo los de mayor importancia ya que presentaron la mayor abundancia durante todo el estudio.
8. Los resultados obtenidos en la presente investigación constituyen un aporte valioso al conocimiento de la entomofauna de los insectos polinizadores del cultivo de cacao para Tumbes.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

De la ejecución de este trabajo de investigación podrían establecerse las siguientes recomendaciones:

1. Realizar investigación en otras zonas cacaoteras de la región, diferentes a las del estudio, para validar la presencia de las especies encontradas y otras aún no identificadas e incrementar de esa manera el conocimiento de la biodiversidad de las mosquitas Ceratopogonidae polinizadoras que se encuentran presentes en las diferentes plantaciones de cacao.

2. Ensayar otros métodos más efectivos para la recolecta de mosquitas polinizadores, ya que es necesario considerar el papel tan importante que estos insectos juegan en las plantaciones de cacao, pues gracias a ellos se obtiene un mayor rendimiento en la producción del cultivo.
3. Proteger la cobertura de los suelos de las plantaciones de cacao con suficiente hojarasca y materia en descomposición ya que debemos proporcionar un microhabitat necesarias para su reproducción.
4. Reducir las aplicaciones de plaguicidas de modo tal que no afecten a las poblaciones de Ceratopogonidae y de otras familias de polinizadores presentes en las zonas cacaoteras.
5. Estudiar los patrones de polinización de los visitantes de las flores en el cultivo de cacao ya que es crucial para aclarar el potencial de polinización de diferentes insectos, así como para mejorar los servicios ecosistémicos de polinización.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, A. A., Carrera, M., Morante, J. (2018). Importancia de la mosquilla *Forcipomyia* spp. en la polinización y producción del cultivo de cacao: desarrollo local sostenible (En línea). Consultado 15 Jul. 2020. Formato (HTML). Disponible en <https://www.eumed.net/rev/delos/33/cultivocacao.html>.
- Adjaloo, M., Banful, B. K. B., & Oduro, W. (2013). Evaluation of breeding substrates for cocoa pollinator, *Forcipomyia* spp. and subsequent implications for yield in a tropical cocoa production system.
- Antunéz, Y. (2018). Identificación, diversificación y distribución Identificación temporal de insectos asociados al cultivo de cacao (Tesis de pregrado). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía.

- 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. *Ciencias Agrarias UTEQ*. 13 (2):23-30.
- Armijos, J. F. M., Guerrero, J. N. Q., & Batista, R. M. G. (2020). Análisis de la diversidad morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) del jardín clonal de la Universidad Técnica de Machala. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8 (2), 45-57.
- Arnold, S.E.J., Forbes, S.J., Hall, D.R .et al. (2019). Los olores florales y la interacción entre los mosquitos ceratopogónidos polinizadores y el cacao. *J. Chem. Ecol.* 45, 869–878.
- Arnold, S.E.J., Forbes, S.J., Hall, D.R. et al. (2019). Floral Odors and the Interaction between Pollinating Ceratopogonid Midges and Cacao. *J Chem Ecol* 45, 869–878 . <https://doi.org/10.1007/s10886-019-01118-9>.
- Arvelo, M. A., González León, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao, prácticas latinoamericanas (No. IICA F01). IICA, San José (Costa Rica).
- Castillo –Carrillo, P., & Purizaga, J. (2018) Prospección de moscas polinizadoras del cultivo de Cacao (Diptera: Ceratopogonidae) en el Sector Higuerón Tumbes-Perú. Resumen LX Convención Nacional de Entomología Tingo María, Perú.
- Cerda, R. (2013). Servicios ambientales de los cacaotales centroamericanos. (1ª edic.)-(CATIE-ed)- Costa Rica.
- Clough, Y., Barkmann, J., Juhbandt, J., Kessler, M., Wanger, T. C., Anshary, A., Tschardtke, T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(20), 8311-8316. doi:10.1073/pnas.1016799108.
- Clough, Y., Barkmann, J., Juhbandt, J., Kessler, M., Wanger, T. C., Anshary, A., . . . Tschardtke, T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(20), 8311-8316. doi:10.1073/pnas.1016799108

- Forbes, S. J., & Northfield, T. D. (2017). Increased pollinator habitat enhances cacao fruit set and predator conservation. *Ecological Applications*, 27 (3), 887-899. doi:10.1002/eap.1491.
- Gaibor, J. (2018). Poblaciones y porcentajes de polinización de *Forcipomyia* spp. en el cultivo de cacao, en época lluviosa en la Zona de San José del Tambo (Tesis de pregrado). Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Glendinning, D. R. (1972). Natural pollination of cocoa. *New Phytologist*, 71(4), 719-729. doi:10.1111/j.1469-8137.1972.tb01284.x
- Gómez - Carmona, C. (2018). Identificación y cuantificación de dípteros (Ceratopogonidae) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Granja Luker (Palestina, Caldas) a través de la utilización de materia orgánica en descomposición. Bogotá.
- González, A. (2018). Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Naturales y Matemática Escuela de Biología. obtenido de identificación de insectos polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la Finca Concepción, Municipio de Berlín, Departamento de Usulután.”: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20446/1/19201101.pdf>.
- Groeneveld, J. H., Tschardtke, T., Moser, G., & Clough, Y. (2010). Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 12(3), 183-191. doi:10.1016/j.ppees.2010.02.005
- ICCO, International Cocoa Organization (2017) <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T1.110.-Characterization-Biosystems-and-reproductive-Biology-of-Theobroma-cacao-L.-in-Puyango-Tumbes-Binational-basin.pdf>
- ICCO, International Cocoa Organization (2021). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics – Cocoa Year 2020/21. <https://www.icco.org/novembert-2021-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>, Accessed 20th Jul 2022
- INEI. (2018). Instituto Nacional de Estadística e Informática. webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD1/inicio.html

- Kaufmann, T. (1975). Ecology and Behavior of Cocoa Pollinating Ceratopogonidae in Ghana, W. Africa, *Environmental Entomology*, Volume 4, Issue 2 : 347–351,
- Klein, A. -, Cunningham, S. A., Bos, M., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. *Ecology*, 89 (4), 935-943. doi:10.1890/07-0088.1
- Kwapong, P. K., & Frimpong-Anin, K. (2013). Pollinator management and insecticide usage within cocoa agroecosystem in Ghana. *Research and Reviews in Biosciences*, 7(12), 491-496.
- Mavisoy M, K. H., Cabezas M, S. R., Ballasteros P, W., & Somarriba, E. (2013). Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de. Obtenido de Evaluación de la abundancia de ceratopogonidos (Díptera) Polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L): <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8063/>
- Montero, S., Sánchez, P., Solórzano, R., Pinargote Borrero, A., Cañarte, E. (2019). Floración y diversidad de insectos polinizadores en un sistema monocultivo de cacao. *Revista Espamciencia* 10 (1): 1-7.
- Montero-Cedeño, S. L., Cañarte-Bermudez, E. G., Navarrete-Cedeño, J. B., Pinargote-Borrero, A., & Sanchez-Hernández, P. (2022). Ceratopogonidae: su rol en la polinización y fecundación en varios niveles tecnológicos de producción de *Theobroma cacao* L.] *Revista De La Facultad De Agronomía*, 39(3) doi: 10.47280/RevFacAgron 39.n3.09
- Saripah, B., Nor Aizam, A. & Ummu Sayira, R. (2019). Temporal Geospatial Assesment of Cocoa Pollinator, *Forcipomyia* in cocoa Plantation Area. *Serangga* 24(1):159-172.
- Salazar, R. Y Torres, V. (2017). Estudio de la dinámica de polinizadores del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en tres sistemas de producción. *Revista Tecnología en Marcha*. Costa Rica, TEC. 30 (1):90-100.
- Segovia Montesdeoca, V. D. (2017). Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Pecuarias. Obtenido de relación de la morfología floral con la compatibilidad genética en 13 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.)”Tesis de Ingeniería

Agropecuaria: <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/2067/1/T-UTEQ0054.pdf>.

- Somarriba Chávez, E., Cerda Bustillos, R., Astorga Domian, C., Quesada Chaverri, F., Vásquez Morera, N., & Orozco Aguilar, L. (2010). Sexual reproduction of cacao. World Cacao Foundation.
- Soria, S., Wirth, W., & Chapman, K. (1980). Insect pollination of cacao in Costa Rica. Preliminary list of the ceratopogonid midges collected from flowers. *Revista Theobroma*, 10 (2): 61-68.
- Sporn, S. G., Bos, M. M., & Gradstein, S. R. (2007). Is productivity of cacao impeded by epiphytes? an experimental approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122(4), 490-493. doi:10.1016/j.agee.2007.02.009
- Suganthy, M. (2019). Relevamiento y seguimiento de insectos polinizadores del cacao. *Revista internacional de las Ciencias Agrarias*. 9(3):2-7
- Suganthy, M., Gopi Krishna, K., Mohan Kumar, S., & Jegadeeswari, V. (2019). Indian pollinators of cocoa, *Theobroma cacao* L. doi:10.17660/ActaHortic.1241.66 Retrieved from www.scopus.com
- Supriyadi, S., Dzikrillah, F., Arniputri, R., Wijayanti, R. 2020. The Effect of Shade Trees in the Coffee Ecosystem to the Population and Diurnal Activity of Insect Pollinators. *Revista internacional on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 10(4):1743-1749.
- Tondoh, J.E., Kouamé, F.N., Martinez, Guél A., Sey, B., Wowo, Koné A., Gnessougou, N. (2015) Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Glob Ecol Conserv*. 3: 575–595.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x

- Vaast, P. & Somarriba, E. (2014) Trade-offs between crop intensification and ecosystem services: the role of agroforestry in cocoa cultivation. *Agrofor Syst.*88: 947–956.
- Valarezo, O. (2015). Artrópodos asociados al cacao en Manabí. Revista “El Agro”. Disponible en <http://www.revistaelagro.com/2012/01/18/artropodos-asociados-al-cacao-en-manabi/>
- Vanhove, W., Yao, R. K., N'Zi, J. -, N'Guessan Toussaint, L. A., Kaminski, A., Smagghe, G., & Van Damme, P. (2020). Impact of insecticide and pollinator-enhancing substrate applications on cocoa (*Theobroma cacao*) cherelle and pod production in Côte d'Ivoire. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 293 doi: 10.1016/j.agee.2020.106855
- Voora, V., Bermúdez, S., Larrea, C. (2019) Global Market Report Cocoa. International *Institute for Sustainable Development* (IISD) (2019), 10.2307/resrep22025 <https://www.iisd.org/publications/report/global-market-report-cocoa>, Accessed 13th Oct 2019
- Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x
- Wessel, M. & Quist-Wessel, P.M.F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS Wageningen J Life Sci.* ;74–75: 1–7.
- Winder, J. A. (1977). Field observations on ceratopogonidae and other diptera: Nematocera associated with cocoa flowers in Brazil. *Bulletin of Entomological Research*, 67(1), 57-63. doi:10.1017/S0007485300010890.
- Young, A. M. (1982). Effects of shade cover and availability of midge breeding sites on pollination midge populations and fruit set in two cocoa farms. *Journal of Applied Ecology*, 19(1), 47-63. doi:10.2307/2402990
- Young, A. M. (1983). Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa-pollinating midges in relation to flowering and fruit set between shaded and sunny habitats of the La Lola cocoa farm in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology*, 20(3), 801-831. doi:10.2307/2403127

Identificación de las especies de Dípteros Ceratopogonidae polinizadores del cacao (*Theobroma cacao. L*) en Tumbes, Perú

por Jorge Luis Purizaga Preciado

Fecha de entrega: 18-ago-2023 09:54a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2147602316

Nombre del archivo: Informe_final_-_Purizaga_Preciado_2.docx (5.05M)

Total de palabras: 8655

Total de caracteres: 49612