



GUÍA NÚMERO 177

RECONOCIMIENTO, IMPORTANCIA Y CUIDADO DE LOS POLINIZADORES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL CACAO

Ministerio de Agricultura
y Ganadería



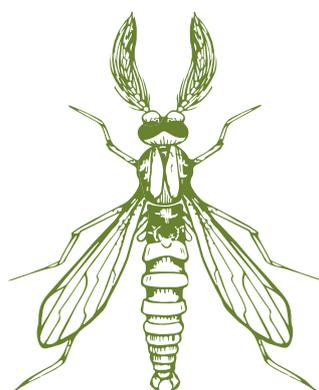
República
del Ecuador



Juntos
lo logramos

GUÍA No. 177

RECONOCIMIENTO, IMPORTANCIA Y CUIDADO DE LOS POLINIZADORES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL CACAO



AUTORES

Ernesto Gonzalo Cañarte Bermúdez, Ph.D.¹

Silvia Lorena Montero Cedeño, M.Sc.²

José Bernardo Navarrete Cedeño, M.Sc.¹

REVISIÓN PAR EXTERNO

Leonardo Daniel Ortega López, Ph.D.³

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Estación Experimental Portoviejo, Departamento Nacional de Protección Vegetal. Km 12 vía Portoviejo-
Santa Ana, cantón Portoviejo, Manabí. Teléfono: 593 5 2420317.
Correo electrónico: portoviejo@iniap.gob.ec

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL) Calceta-Manabí
Teléfono: 593 5 3028904.
Correo electrónico: smontero@espam.edu.ec

³ Microbiota of Insect Vectors Group, Institut Pasteur, Cayenne, French Guiana.
Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine. University of Glasgow, Glasgow, United
Kingdom.

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Guillermo Alberto Santiago Lasso Mendoza

MINISTRA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Tanlly Janela Vera Mendoza, Ing.

DIRECTOR EJECUTIVO DEL INIAP

Marco Andrés Andrade Espinel, Ing.

DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL PORTOVIEJO

Jim Raphael Ochoa Ramos, Ing.

RECTORA DE LA ESPAM-MFL

Myriam Elizabeth Félix López, Ph.D.

Coordinación general

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP.
Estación Experimental Portoviejo
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel
Félix López, ESPAM-MFL

Coordinación editorial

Pedro Ramírez Torres. Asesor, Cooperación Técnica Alemana, GIZ
Magdalena López Ulloa, Ph.D. Consultora, Programa Cadenas de
Valor, GIZ

Revisión técnica interna

Comité de Publicaciones de la Estación Experimental Portoviejo
(EEP):
Ing. Jim Raphael Ochoa Ramos; Mg. Benny Alexander Avellán
Cedeño; M.Sc. Gloria Anabel Cobeña Ruiz; Ing. Alma Alexandra
Mendoza García

Dirección de Gestión del Conocimiento Científico del INIAP
Dirección de Transferencia de Tecnología del INIAP

Corrección de estilo, diseño, diagramación editorial e impresión

Carla Bohórquez; Ricardo Bravo; Martín Quirola

Cita del documento

Versión Digital:

Cañarte-Bermúdez, E.; Montero-Cedeño, S. y Navarrete-
Cedeño, B. 2021. Reconocimiento, importancia y cuidado de los
polinizadores en los sistemas de producción del cacao. 1era. Ed.
2021. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Guía
No. 177. 38 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5749>

ISBN: 978-9942-22-534-4

Primera edición 2021

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas Edificio MAGAP - 4to.
piso
www.iniap.gob.ec

“La presente publicación ha sido elaborada con el
apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido
es responsabilidad exclusiva de INIAP, ESPAM y no
necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión
Europea”.

Copyright © 2021. Todos los derechos reservados. Este
documento puede reproducirse para fines no comerciales
citando la fuente.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA**

**Instituto Nacional de Investigaciones
Agropecuarias**



ÍNDICE

Presentación	4
Introducción	5
¿Qué es la polinización?	6
¿Qué es la autopolinización?	7
Complejidad de la flor del cacao	8
Floración del cacao	9
Apertura del botón floral del cacao	10
Factores que influyen en la floración del cacao	10
La polinización del cacao, ¿cómo se produce?	11
Factores que influyen en la polinización del cacao	12
Dinámica de la polinización del cacao en el Litoral ecuatoriano	13
¿Quién poliniza en el cacao?	14
Polinización asistida o artificial	16
Riqueza y abundancia de Ceratopogonidae de cacao en el Litoral ecuatoriano	17
Descripción de especies de Ceratopogonidae colectados en cacao en el Litoral ecuatoriano	19
Polinizadores y su interacción con sistemas de producción de cacao	23
Sustrato alimenticio de los polinizadores (nichos de supervivencia)	25
Polinización y su interacción con sustratos alimenticios en sistemas de producción de cacao	27
Dinámica de la producción del cacao en condiciones del Litoral ecuatoriano	28
Buenas prácticas para el cuidado y conservación de los polinizadores	29
Referencias	31

Presentación

El rendimiento de las plantaciones de cacao en Ecuador es bajo y un factor que interviene en esta baja producción, es la reducción de las poblaciones de insectos polinizadores. La polinización en el cacao, representa un servicio ecosistémico crítico, donde el 90% de la cosecha, depende de que la polinización se efectúe adecuadamente. Esta es realizada casi exclusivamente por pequeñas mosquitas de la familia Ceratopogonidae, cuya riqueza y abundancia están influenciadas por la disponibilidad del recurso alimenticio presente en los sistemas de producción. La escasa ocurrencia y actividad de polinizadores, es consecuencia de la falta de un balance entre factores bióticos y abióticos, que es frecuentemente afectado por prácticas agrícolas inadecuadas, como el incorrecto manejo de la sombra, la escasez de sustratos alimenticios y el uso de plaguicidas en periodos de abundancia de estos insectos, en estas condiciones, grupos funcionales como los polinizadores, son afectados negativamente. En Ecuador, la información sobre la diversidad y dinámica de las poblaciones de insectos polinizadores es escasa. Este desconocimiento es riesgoso, en tanto que se puede incurrir en prácticas desfavorables para las poblaciones de estos indispensables insectos en el cacao.

En estas circunstancias, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) desde el 2014 y la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL), desde el 2018, en el marco del proyecto “Polinizadores del Cacao”, vienen realizando una diversidad de estudios conjuntos sobre la riqueza y abundancia de polinizadores de la familia Ceratopogonidae en varios sustratos alimenticios, presentes en los sistemas de producción de cacao, biología floral, así como estudios sobre la interacción de la dinámica poblacional de estos organismos con los ciclos de floración y su efecto en el rendimiento de cacao. Todo esto con la finalidad de contribuir al entendimiento del rol fundamental de estos insectos, como base para el planteamiento de un programa de manejo y cuidado de los polinizadores, vistos como un componente determinante de la producción sostenible de este importante rubro de la economía nacional.

La presente guía, esquematiza la información generada en un documento que, sirva como fuente de consulta para que productores, técnicos extensionistas, investigadores, académicos, estudiantes y demás interesados en la cadena productiva del cacao, fortalezcan su conocimiento sobre el rol determinante de los polinizadores en el cultivo de cacao y así poder implementar en sus plantaciones, buenas prácticas agrícolas que permitan el incremento y cuidado de estos polinizadores, mejorando así la eficiencia en la fecundación y por ende la producción de frutos. Los esquemas, figuras y fotografías son propias de los autores.

Los Autores

Introducción

En Ecuador, los bajos rendimientos del cacao a nivel de finca, son atribuidos a factores como, la edad avanzada de muchas plantaciones, manejo inadecuado del cultivo, problemas fitosanitarios principalmente enfermedades, que terminan afectando su potencial productivo (Ríos, 2013). Además, un factor de gran influencia en la producción, es la actividad de insectos polinizadores, mismos que requieren condiciones apropiadas de manejo para fomentar la producción de cacao, las cuales muchas veces no son provistas (Bos, 2007).

El cacao es una especie con serios problemas de incompatibilidad (Enríquez, 1985). Su polinización es fundamentalmente de tipo cruzada. Así mismo, la polinización se da mayormente de manera natural, casi exclusivamente por insectos (entomófila), donde la complejidad de la estructura floral, la escasa presencia de néctar, aroma y el polen pegajoso, dificultan la polinización a través de otros agentes naturales como el viento y el agua (Córdoba et al., 2013; Gómez-Carmona, 2018).

La diversidad de visitantes florales del cacao comprende alrededor de 34 especies de insectos, de las cuales 25 corresponden a dípteros (mosquitas) de la familia Ceratopogonidae que, incluye a los principales responsables de la polinización (Adjaloo y Oduro, 2013), siendo los géneros de mayor relevancia *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon* (Borkent y Spinelli, 2007; Córdoba et al., 2013). De estos, las especies de *Forcipomyia* se encuentran altamente especializadas para polinizar flores del cacao, por sus características morfológicas específicas de tamaño y disposición de setas en su cuerpo (Pesantes, 2011). No obstante, solo el 5,22% del total de polinizadores que emergen de los sustratos alimenticios corresponden a *Forcipomyia* (Mavisoy et al., 2012).

El establecimiento del cacao en sistemas asociados con especies forestales o frutales beneficia la abundancia de polinizadores (Valarezo et al., 2010, 2012, 2013). Además, de los aportes económicos por la diversidad de la producción agrícola y forestal (Jaenicke et al., 2000; Zamora et al., 2001; Beer et al., 2003; López y Orozco, 2003; Esquivel et al., 2003; Peeters et al., 2003; Asare, 2005; Ramos, 2011). Por otro lado, la diversidad de estos polinizadores, está influenciada por la disponibilidad del recurso alimenticio en su hábitat, que debe ser rico en materia orgánica. Este se origina de la descomposición de restos vegetales (pseudotallo de plátano/banano, cáscara de cacao y hojarasca), presentes en el sistema (Azhar y Wahi, 1984; IICA, 2017).

La efectiva polinización por parte de los Ceratopogonidae, es dependiente de la sincronización de la dinámica poblacional de estos insectos con los ciclos de floración. Esto a su vez está influenciada por factores ambientales y de manejo como humedad del suelo, distribución de las lluvias, sombra, manejo del cultivo, y presencia de flora adventicia (Córdoba, 2011; Adjaloo y Oduro, 2013; Córdoba et al., 2013). Así mismo, el momento de aplicación de plaguicidas, no debe coincidir con la época de mayor ocurrencia de las poblaciones de Ceratopogonidae, principalmente durante el periodo de lluvias, que es cuando hay mayor presencia de estos polinizadores (FAO, 2008; Córdoba, 2011; FAO, 2014; IICA, 2017).

En el Litoral ecuatoriano, el cacao es cultivado en sistemas que van desde el monocultivo hasta el asocio con árboles frutales y forestales. Sin embargo, poco se conoce sobre las interacciones de polinizadores con estos sistemas de producción y los sustratos alimenticios (Cañarte et al., 2016; Montero et al., 2018a, 2018b, 2019). Otras pocas referencias al respecto, datan de poco más de cuatro décadas (Soria, 1980). Por lo que este conocimiento es fundamental para el desarrollo de programas de manejo adecuado, que fomenten el cuidado de las poblaciones de polinizadores y puedan contribuir así a una producción sostenible de este valioso rubro de la economía nacional.



La polinización es el proceso mediante el cual, los granos de polen son transferidos desde la antera (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor), de la misma u otra flor (Figura 1), haciendo posible la fecundación (fertilización efectiva de óvulos), y por consiguiente la producción de frutos y semillas (FAO, 2014; IICA, 2017).

¿Qué es la polinización?

La polinización es un servicio ecosistémico esencial para el mantenimiento general de la diversidad biológica (FAO, 2017). Este proceso se da mediante la acción de agentes bióticos (animales) y abióticos (viento, agua, otros). Se conocen varios tipos de polinización, como la realizada por el viento (anemófila), agua (hidrófila), insectos (entomófila), pájaros (ornitófila), murciélagos (quiropterófila) y el mismo ser humano (antropófila). Se estima que alrededor del 80% de las plantas silvestres y cerca del 75% de los principales cultivos de consumo humano, dependen de la polinización biótica para la producción de semillas y frutos. La gran mayoría de plantas con flores (angiospermas), dependen principalmente de estos agentes, estando sus flores especializadas para ser polinizadas por animales, principalmente insectos.

Entre los insectos más importantes se encuentran las abejas, abejorros, moscas, escarabajos, mariposas, avispa, siendo por excelencia las abejas, aquellas que destacan en esta labor, al ser responsables de al menos el 73% de la polinización de plantas (Figura 2), lo que denota su importancia económica y ecológica en los agro ecosistemas. Estimaciones recientes indican que el valor

económico mundial de la polinización es 217 mil millones de dólares al año. El valor nutricional de cultivos que dependen de la polinización animal es muy alto, siendo ricos en vitaminas A y C, antioxidantes, lípidos, calcio, flúor y ácido fólico, entre otros (FAO, 2008; IICA, 2017).

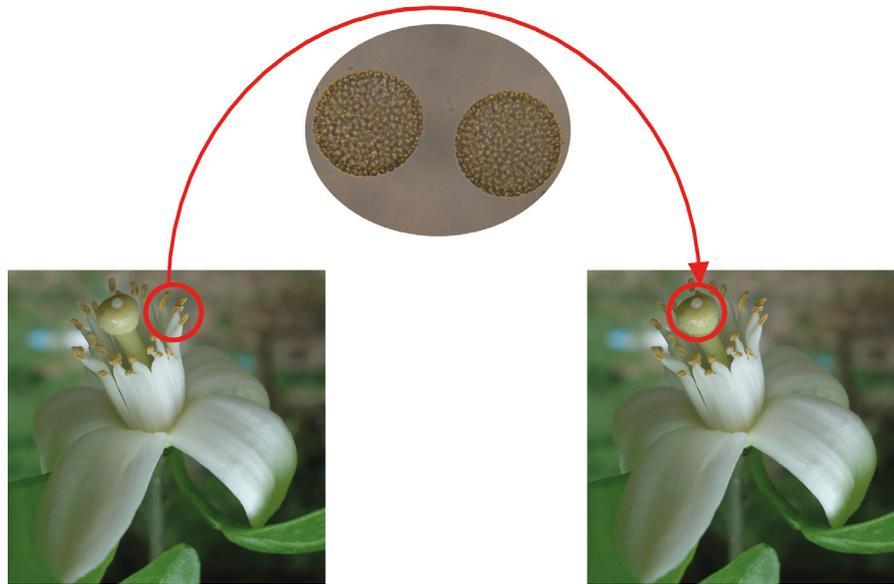


Figura 1. Esquema de la polinización, mediante la transferencia del polen de las anteras (parte masculina) al estigma (parte femenina) de la flor.

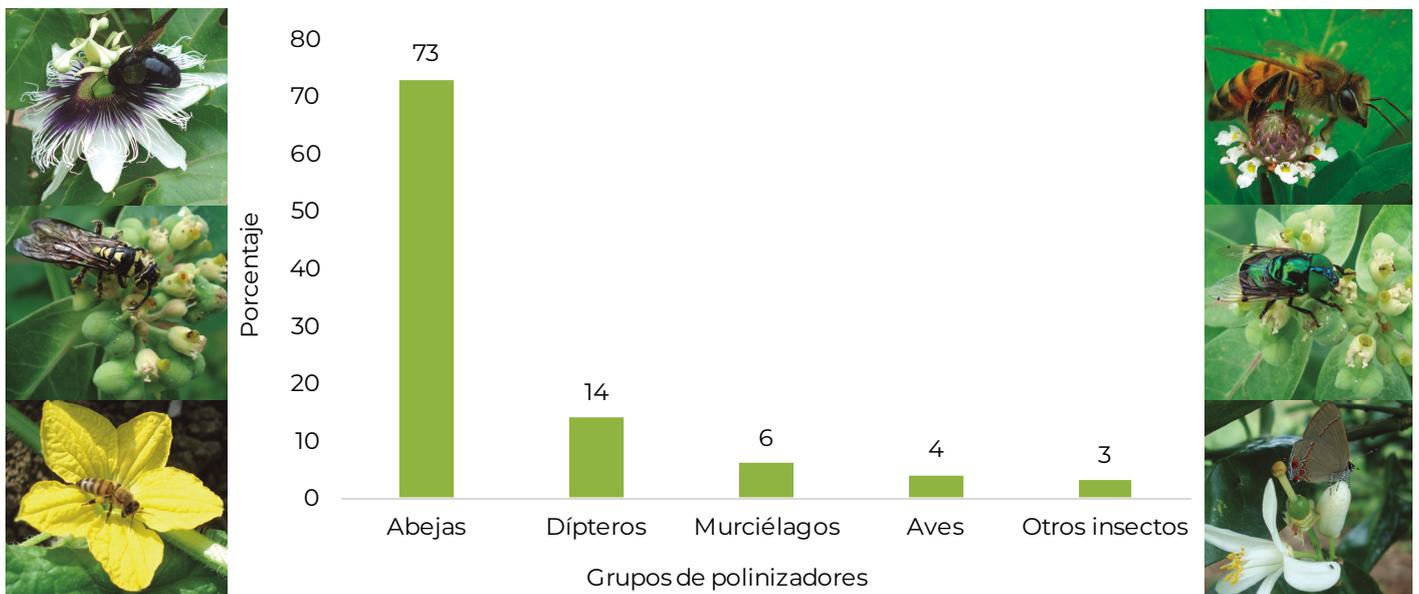


Figura 2. Distribución porcentual de los diferentes grupos de animales responsables de la actividad polinizadora (tomado de Kearns et al., 1998; FAO, 2017).

¿Qué es la autopolinización?

La autopolinización ocurre cuando el polen que es depositado en el estigma, proviene de la misma flor. Este tipo de polinización no necesita de un agente biológico y puede ser realizada por el viento o el agua (Ish-Am, 2004). Dada su complejidad, por la disposición de los estambres dentro de la concha en posición opuesta al pistilo, además de su viscosidad, difícilmente la flor del cacao, puede ser autopolinizada (Enríquez, 1985).

Complejidad de la flor de cacao

La flor del cacao es hermafrodita, presentando células sexuales masculinas y femeninas en la misma flor. Es pequeña, con una longitud de 1 a 3 cm y un diámetro que fluctúa entre 0,5 a 1 cm. Está sostenida por un pedúnculo corto (1 a 2 cm), provisto de una zona basal en la que se puede producir su abscisión, permitiendo así la caída de la flor cuando esta no ha sido fecundada.



La flor está formada por cinco **sépalos**, angostos, puntiagudos y ligeramente extendidos. Los **pétalos** constituidos por la concha, el ribete y la lígula. El **androceo** formado por 10 filamentos, cinco de los cuales son fértiles y toman el nombre de **estambres** y los otros cinco intercalados, son infértiles y toman el nombre de **estaminodios**, que se ubican alrededor del pistilo a manera de protección (actúan como órganos de atracción de insectos, de color violáceo y se levantan erguidos rodeando el estilo). Los estambres son mucho más pequeños que los estaminodios, están vueltos hacia atrás tomando como eje el pistilo, y son recubiertos por la concha que forma el pétalo. Cada uno termina en una antera con dos sacos polínicos que se abren como poros, en posición opuesta al pistilo. El **pistilo** está formado por un ovario súpero constituido de la fusión de cinco lóculos. El **estilo** se forma por la fusión de cinco apéndices de unos 5 mm de largo, que terminan en un **estigma** compuesto de cinco filamentos (Figura 3) (Fajardo et al., 2012; Córdova et al., 2011).

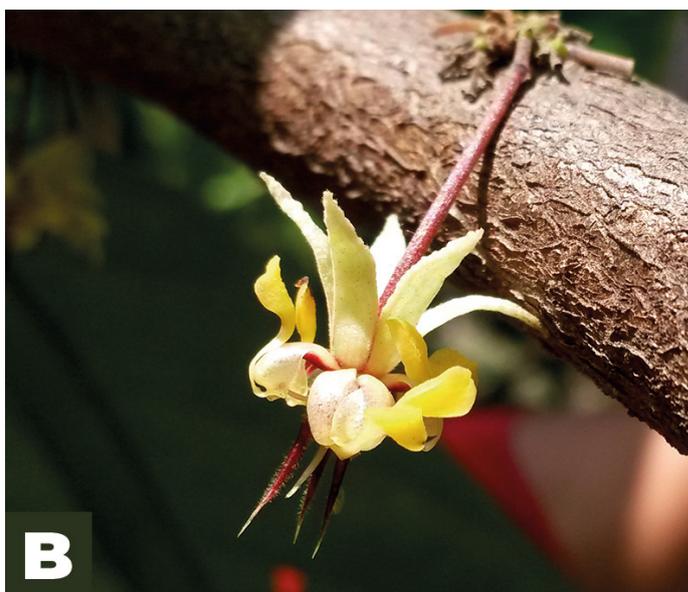


Figura 3. Flor de cacao: mostrando la complejidad de la disposición de sus estructuras (A); zona de abscisión en la base de pedicelo y tonalidades de colores de la flor (B).

Floración del cacao

El cacao se caracteriza por presentar durante su vida productiva una floración tipo cauliflor, por lo que sus flores se originan en el tronco principal o sobre ramas más viejas, agrupadas en racimos sostenidos por un corto pedicelo. Las flores nacen en sectores especializados que se denominan cojines florales, localizados alrededor del punto de inserción de las hojas (Figura 4).

Las primeras flores de un árbol proveniente de semilla, aparecerán después de los tres años de edad, pudiendo una planta de cacao producir en promedio 4554 ± 687 flores en seis meses. La mayor floración se produce entre los meses de diciembre a enero. Sin embargo, produce flores prácticamente todo el año (Figura 5). Cuando existe un buen número de mazorcas desarrollándose en el árbol, la floración disminuye considerablemente, y en algunos casos, se suspende (Mejía y Arguello, 2000; Quiroz y Elizalde, 2014).



Figura 4. Floración tipo cauliflor del cacao, mostrando agrupamiento de flores en cojines florales sobre una rama vieja.



Figura 5. Abundante floración de una planta de cacao.

Apertura del botón floral del cacao

La apertura de la flor del cacao se inicia preferentemente a partir de las cinco de la tarde. Su velocidad de apertura depende de condiciones ambientales. En estas circunstancias, a menor humedad y mayor brillo lumínico, la apertura se da con rapidez. También se produce apertura de sacos polínicos por la mañana, los cuales son funcionales casi inmediatamente, pero su viabilidad se reduce en aproximadamente ocho horas. La flor se abre de 20 a 25 días luego de aparecer el diminuto botón floral (Figura 6). A partir de este momento, el polen se mantiene viable por tres días, sin embargo, una porción muy grande de flores no es polinizada, fecundada o presentan problemas de incompatibilidad genética, por lo que se secan y caen al cabo de 48 horas (Figura 7) (CONABIO, 2008; Córdova *et al.*, 2011).



Figura 6. Proceso de apertura de la flor del cacao. Se observa diminuto botón floral, botón floral desarrollado y flor abierta completamente.

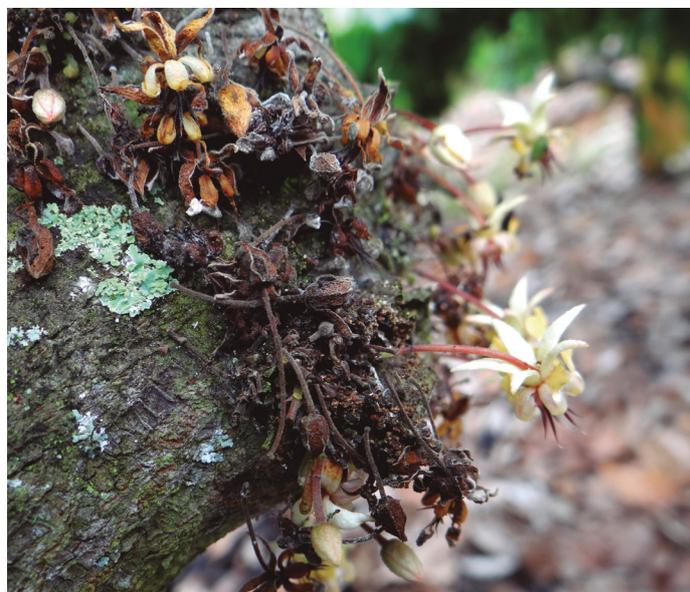


Figura 7. Abundantes flores secas en tronco de cacao, por falta de polinización o incompatibilidad genética.

Factores que influyen en la floración del cacao

Este cultivo alcanza su madurez productiva después de los tres años de su establecimiento en campo. A partir de este tiempo, su fenología es influenciada por condiciones climáticas y el manejo agronómico y fitosanitario que reciba la plantación (Córdova, 2011; Adjaloo y Oduro, 2013). Estos factores inciden sobre el ritmo de la floración, calidad y fertilidad de la flor del cacao y por consiguiente en la cosecha. Sin embargo, el factor genético, puede también influenciar, principalmente, en el caso de algunos materiales criollos (Enríquez, 1985; Córdova *et al.*, 2013; FAO, 2014).

La polinización del cacao, ¿cómo se produce?

El cacao es una especie de reproducción sexual, con problemas de incompatibilidad, la cual es heredable en forma simple. En muchas plantaciones puede presentarse una incompatibilidad superior al 50%, existiendo más floración que producción de frutos (Enríquez, 1985). La polinización es cruzada en el 95%, pudiéndose dar entre flores del mismo árbol, entre flores de árboles vecinos y en pocas ocasiones en la misma flor (Figura 8), donde intervienen exclusivamente insectos polinizadores, que se encargan de juntar las células masculinas (árbol donador-padre) con las femeninas (árbol receptor-madre) y así formar un nuevo fruto. El 90% de la cosecha de cacao depende de que la polinización se realice adecuadamente (FAO, 2008).

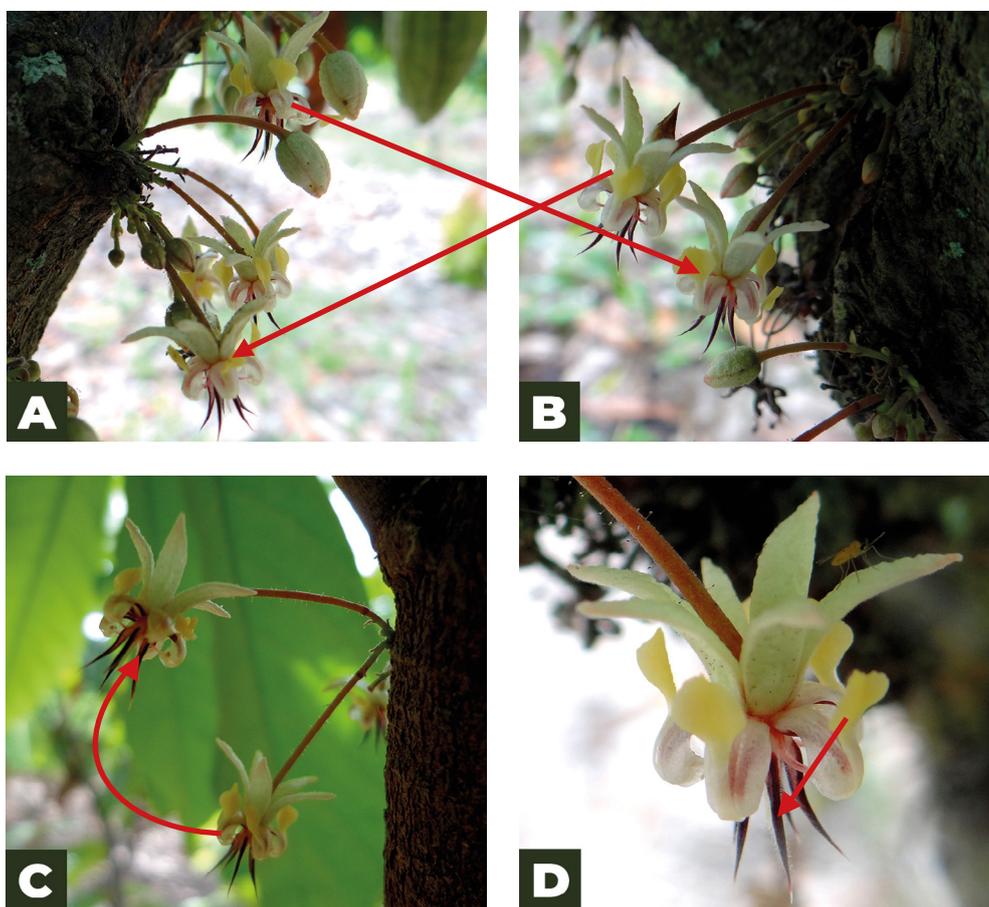


Figura 8. Polinización cruzada en cacao: entre flores de árboles vecinos (A y B); entre flores del mismo árbol (C); en la misma flor (D).

La polinización se inicia cuando la flor genera un proceso de apertura, con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde, (Figura 9A y B) y en horas de la mañana del día siguiente, la flor está completamente abierta, las anteras cargadas de polen se abren y están viables o funcionales para la polinización. Inmediatamente la flor podrá ser visitada por insectos polinizadores que son atraídos por sus llamativos colores y particular aroma, producidos por los estaminodios

(Figura 9C). Estos insectos caminan longitudinalmente sobre la flor en busca de sustancias de recompensa (néctar, exudados), pasando por las anteras (Figura 9D), donde están los granos de polen que, al ser pegajosos, se adhieren en las vellosidades de las patas, alas, cabeza y tórax de los insectos; luego al pasar por el estigma (Figura 9E), van dejando sobre este el polen que se encuentra adherido en su cuerpo. A partir de esto, el polen ingresa por el estilo hasta llegar al ovario, provocando la polinización y posterior fecundación y formación del fruto de cacao (Figura 9F). Desde el momento de la polinización hasta la cosecha, transcurren alrededor de seis meses (Young, 1982; Bravo *et al.*, 2011).

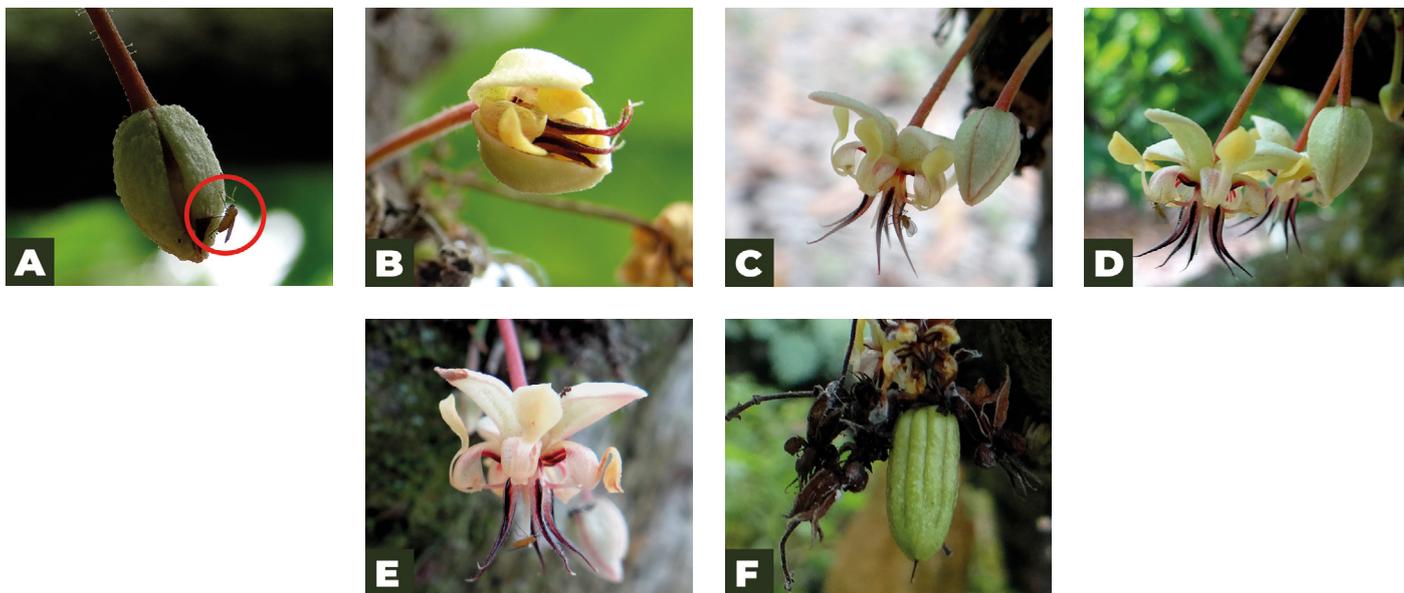


Figura 9. Proceso de polinización de la flor de cacao: agrietamiento del botón floral y visita de un polinizador (A); apertura del botón floral (B), recorrido longitudinal de polinizador sobre los estaminodios (C); polinizador visitando la antera (D), polinizador sobre el estigma (E); formación del fruto de cacao (F).

Factores que influyen en la polinización del cacao

La compleja arquitectura de la flor del cacao, además de aspectos como el comportamiento de los polinizadores en la flor, el eficiente transporte del polen, cantidad de polen adjunto al insecto, la especie y tamaño del polinizador, determinan la actividad polinizadora (Córdova, 2011). La efectiva polinización de los Ceratopogonidae, es dependiente de la sincronización de la dinámica poblacional de estos insectos con los ciclos de floración, además de factores ambientales (humedad relativa, temperatura, humedad del suelo) y la interferencia por la aplicación de plaguicidas en la época de floración (Young, 1982; Adjaloo y Oduro, 2013; Córdoba *et al.*, 2013; FAO, 2014; IICA, 2017).

Estudios recientes realizados por el INIAP, confirman esta sincronía de las poblaciones de polinizadores Ceratopogonidae con los ciclos de producción de flores bajo las condiciones del Litoral ecuatoriano, y su asociación con factores como la precipitación; concentrándose estos insectos en los meses de febrero a junio, favorecidos por la mayor descomposición de material vegetal en presencia de las lluvias, que asegura abundante recurso alimenticio en su hábitat. Mientras que, en los meses de julio a enero se reducen significativamente (Figura 10).

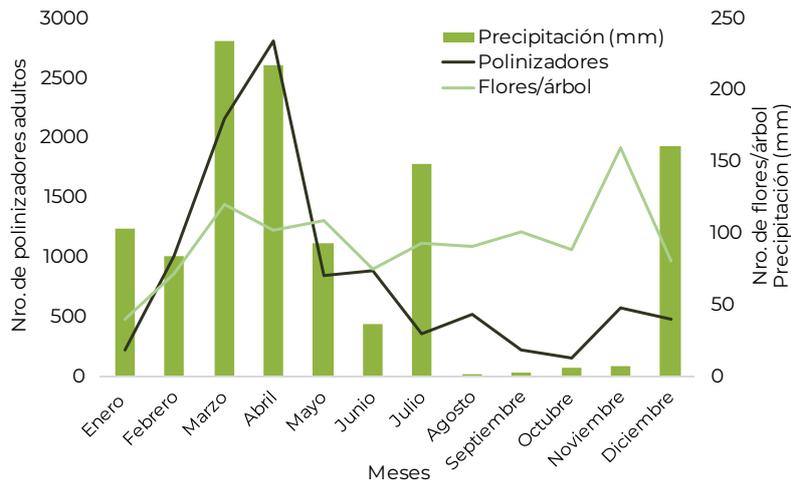


Figura 10. Sincronía de la dinámica poblacional de insectos polinizadores de la familia Ceratopogonidae con el ritmo de floración de cacao y su interacción con la precipitación.

Dinámica de la polinización del cacao en el Litoral ecuatoriano

Las variables ligadas al ritmo poblacional de polinizadores y floración del cacao, determinan el modelo de fluctuación de la polinización. Este conocimiento es fundamental para el desarrollo de programas de manejo racional de estos insectos útiles, lo cual ha sido poco considerado (Córdoba et al., 2013).

En estudios efectuados por el INIAP se determinó que la producción de flores de cacao se mantiene durante el año en el Litoral ecuatoriano, con un ligero incremento en los meses de mayor precipitación. Se evaluaron 5644 flores de cacao durante un año, determinándose porcentajes de flores polinizadas (transporte del polen) del 3 al 25%, con una media de 14,88%, no obstante, el porcentaje de flores fecundadas (fertilización efectiva de óvulos), apenas llegó a 1,91%, con rangos de 0,5 a 3,6%. Parece haber mayor eficiencia en la polinización y fecundación en los meses del periodo seco (Figura 11). Estos rangos de formación efectiva de frutos, son similares a los citados por otros investigadores (1 al 5,2% de frutos). Esta baja fecundación está muy vinculada, entre otros factores a la incompatibilidad del cacao (Mogrovejo y Vera, 2010).

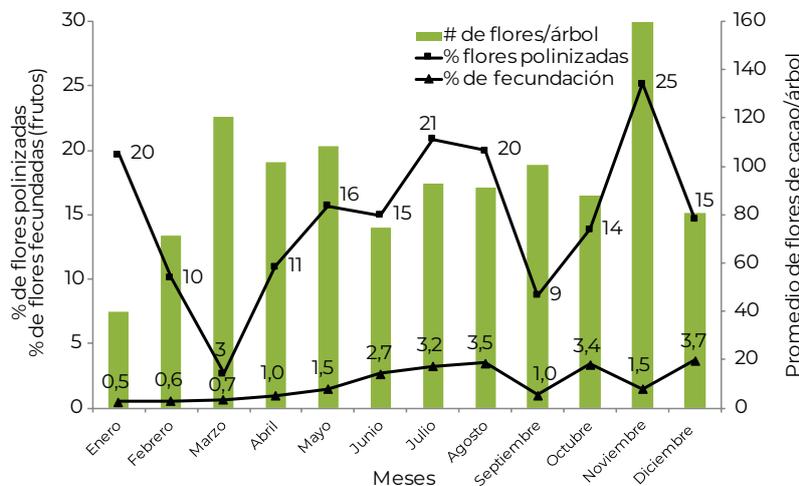


Figura 11. Dinámica de producción de flores, polinización y fecundación (frutos formados) en una plantación de cacao del Litoral ecuatoriano con un régimen pluviométrico cercano a 1000 mm.

¿Quién poliniza en el cacao?

La polinización del cacao es realizada de manera natural, casi exclusivamente por insectos (entomófila), ya que la complejidad de la estructura floral, donde la disposición de los estambres dentro de la concha, la posición opuesta al pistilo, la escasa presencia de néctar, aroma y polen pegajoso no facilitan la polinización a través de agentes abióticos como el viento y el agua (Adjaloo y Oduro, 2013; Córdoba et al., 2013; Gómez Carmona, 2018). En estas circunstancias, la flor presenta adaptaciones altamente especializadas para una polinización entomófila.

Varias especies de insectos son reportados como visitantes florales secundarios en cacao, pudiéndose citar a los trips *Frankliniella* sp. (Thysanoptera: Thripidae), pulgones *Toxoptera aurantii* y *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), hormigas *Solenopsis* sp. y *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae), pequeños coleópteros (Figura 12). Sin embargo, su aporte es muy limitado (Ríos, 2015).



Figura 12. Visitantes florales secundarios en cacao: pulgones (A); hormigas (B); coleópteros (C).

Los principales insectos responsables de la polinización del cacao, altamente especializados y adaptados a la compleja arquitectura de la flor del cacao son las especies de los géneros *Dasyhelea*, *Atrichopogon* y *Forcipomyia* (Diptera: Ceratopogonidae) de las cuales destaca por su importancia y abundancia el grupo *Forcipomyia* (Soria, 1980; Ramos, 2011; Córdoba et al., 2013; IICA, 2017), que presentan características especializadas como su pequeño tamaño y disposición de abundantes setas en todo su cuerpo (Figura 13) (Pesantes, 2011).



Figura 13. Principales géneros polinizadores del cacao: *Forcipomyia* (A); *Dasyhelea* (B) (Diptera: Ceratopogonidae). Se observa en ambos grupos abundante disposición de setas en todo su cuerpo.

No obstante, las poblaciones de estos polinizadores que emergen de los sustratos en plantaciones de cacao, son relativamente bajas; correspondiendo al género *Forcipomyia* apenas el 5,22% del total de la población (Mavisoy *et al.*, 2012). De los estudios de riqueza y abundancia de polinizadores Ceratopogonidae, realizados por el INIAP y la ESPAM-MFL (Cañarte *et al.*, 2016; Montero *et al.*, 2018a, 2018b, 2019), en varios sustratos alimenticios, se concluyó que apenas el 7,04% en promedio de la población de estos organismos, corresponden al género *Forcipomyia*. Siendo este valor ligeramente superior en el sustrato con pseudotallo de plátano/banano (8,31%) en comparación con la cáscara de cacao (6,05%) (Figura 14).

En estas circunstancias, la polinización natural es definitivamente un factor limitante en la producción de cacao (De la Cruz y Soria, 2015), por lo que en muchas regiones se opta por la polinización asistida por la mano del hombre, también llamada artificial.

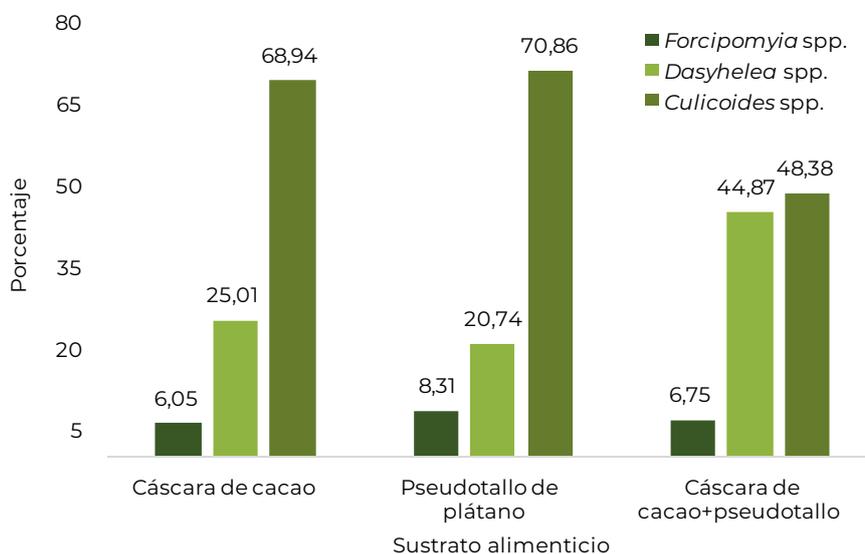


Figura 14. Distribución porcentual de tres principales géneros de la familia Ceratopogonidae asociados a varios sustratos alimenticios en plantaciones de cacao. Litoral ecuatoriano.

Polinización asistida o artificial

La polinización manual suplementaria en el cacao es una técnica sencilla, realizada por la mano experimentada del hombre, con el fin de suplir la falta de insectos polinizadores y elevar el número de frutos sanos y producción de cacao, programando la cosecha en época de menor incidencia de enfermedades (Mogrovejo y Vera, 2010).

El INIAP y la ESPAM-MFL, realizaron un estudio comparativo de la polinización natural y asistida (artificial), bajo las condiciones del Litoral ecuatoriano. Para polinización natural, se marcaron botones florales (Figura 15A) y como control, se aislaron botones florales con mangas construidas con malla antiáfido, que evitaron la participación de visitantes florales en la polinización (Figura 15B). Para la polinización asistida, es necesario seleccionar el árbol donador de polen (padre) y árbol receptor del polen (madre), tomando en cuenta la compatibilidad y las características genéticas que se desea combinar. Veinticuatro horas antes de la polinización, se seleccionan y cubren las flores receptoras (Figura 15C). En las primeras horas del día siguiente, se recolectan las flores donantes a quienes se les retira los estaminodios con una pinza curva (Figura 15D), de manera que quede libre el estambre de la concha para evitar que los granos de polen se desprendan; luego se retiran los estambres y estaminodios de la flor receptora. Finalmente, se frota suavemente dos o tres veces la antera de la flor donante sobre el pistilo de la flor receptora (Figura 15E). Al cabo de 15 días se obtendrá como resultado el fruto de cacao (cherelles) (Figura 15F).

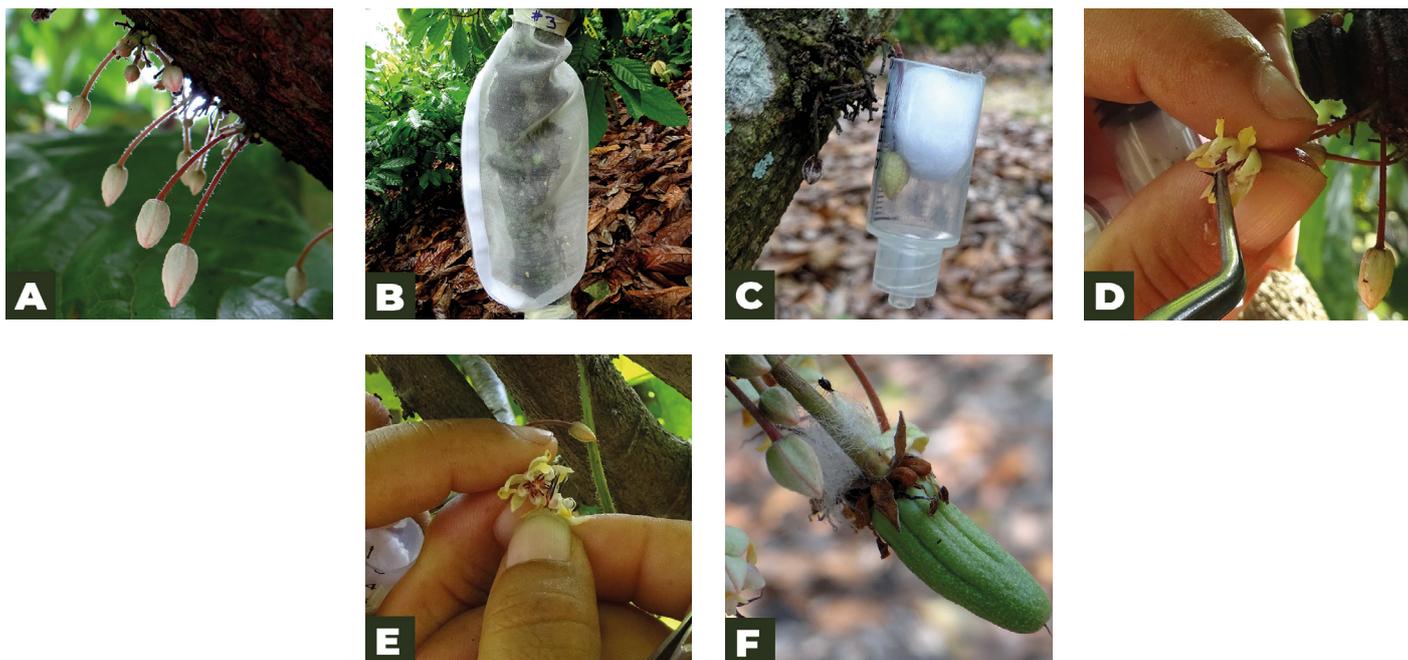


Figura 15. Proceso de polinización natural y asistida de la flor de cacao: selección de botones desarrollados para polinización natural (A); aislamiento de botones florales en mangas de malla antiáfidos (B); cubrimiento del botón floral veinticuatro horas antes (C); eliminación de estaminodios de la flor receptora (D); frotado de la antera donante con el pistilo receptor (E); fruto obtenido de la polinización asistida (F).

Se determinó que, bajo las condiciones ambientales del Litoral, la población existente de polinizadores en las plantaciones de cacao, son responsables del 5,88% de flores polinizadas, de las cuales apenas el 2,74% llegan luego de la fecundación a desarrollarse en frutos. Mientras que cuando se realizó la polinización asistida, se alcanzó una polinización del 18,43%, con una eficiencia de 9,28% de frutos formados (Figura 16).

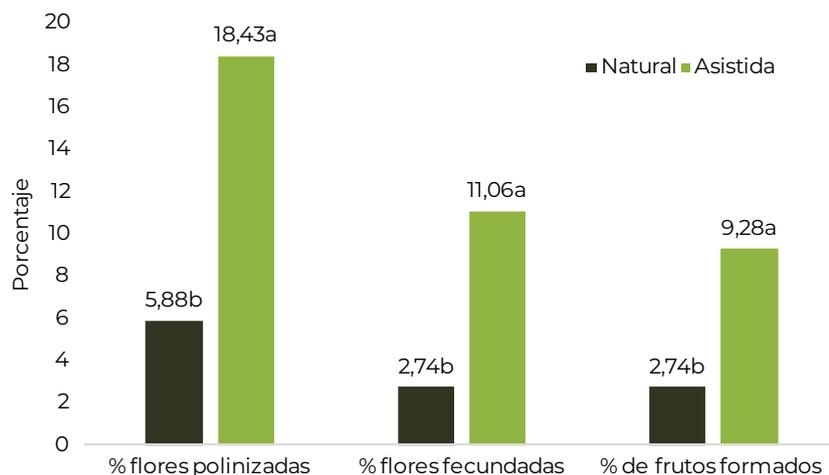


Figura 16. Prueba comparativa de las técnicas de polinización natural (entomófila) y asistida (artificial) del cacao en las condiciones del Litoral ecuatoriano.

Riqueza y abundancia de Ceratopogonidae de cacao en el Litoral ecuatoriano



Es muy escasa la información acerca de las especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae presentes en los sistemas de producción de cacao del Ecuador. Mendoza (1980), reporta varias 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. y más recientemente Cañarte et al. (2016); Montero et al. (2018a, 2018b, 2019), han registrado la presencia de varias especies de los géneros *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Culicoides*.

Desde el 2014 el INIAP y a partir del 2018 en cooperación con la ESPAM-MFL, han realizado colectas de polinizadores presentes en varios sistemas de producción de cacao, bajo las condiciones del Litoral ecuatoriano. Para el efecto se utiliza una trampa tipo “pirámide” truncada según Winder y Silva, modificada por Mendoza (1980), construida de madera de 0,70 m de altura y base de 0,50 x 0,50 m. Las trampas deben permanecer herméticamente cerradas en su base, cubriéndolas con hojarasca de cacao. El dispositivo tiene una abertura superior y lateral, en las que se coloca un tubo de vidrio, seguido de una manguera plástica y en su extremo un frasco de vidrio de 9 cm, conteniendo alcohol al 70%, usado para coleccionar y recuperar a los polinizadores adultos que, emergen del sustrato contenido en el interior de cada trampa (Figura 17). La identificación de los especímenes fue realizada por el taxónomo especialista Pablo Ignacio Marino del Museo de la Plata de Argentina. Actualmente, el INIAP cuenta con una colección de referencia de Ceratopogonidae asociados a cacao, mantenida en el Departamento de Entomología de la Estación Experimental Portoviejo.



Figura 17. Esquema de la trampa tipo "pirámide" propuesta por Winder y Silva y modificada por Mendoza (1980), para la captura de insectos polinizadores en cacao.

De las colectas realizadas en los sistemas de producción, se estableció que insectos del orden Diptera se presentan en mayor abundancia en los sistemas cacaoteros del Litoral ecuatoriano. Entre un total de 220.166 adultos colectados durante los últimos seis años hasta el 2020, se determinó que el 52% de especímenes correspondían a la familia Ceratopogonidae, destacándose según los análisis faunísticos, por ser poblaciones muy dominantes, muy abundantes y muy frecuentes durante todo el año, seguido de la familia Drosophilidae con el 21% (Figura 18).

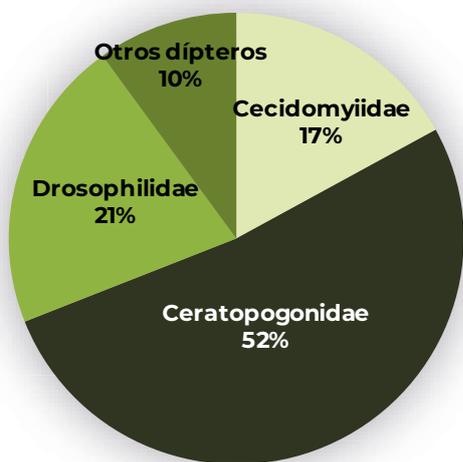


Figura 18. Distribución porcentual de especímenes de varias familias del orden Diptera presentes en los sistemas de producción de cacao.

Hasta el 2020, con el apoyo del proyecto INIAP-ESPAM, se han identificado doce especies de polinizadores de la familia Ceratopogonidae, presentes en diversos sistemas de producción de cacao bajo las condiciones del Litoral ecuatoriano. De estas se conocen siete especies del género *Forcipomyia*, tres especies del género *Dasyhelea* y dos especies del género *Culicoides*.

Descripción de especies de Ceratopogonidae colectados en cacao en el Litoral ecuatoriano

Los insectos del orden Diptera: Ceratopogonidae, son pequeños (1-4 mm), cosmopolitas, pudiendo habitar hasta los 4000 m s.n.m. en la región Neotropical. Se reportan 6.400 especies y 130 géneros agrupados en cinco subfamilias (Lebanoculicoidinae, Leptoconopinae, Ceratopogoninae, Dasyheleinae, Forcipomyiinae).



Los ceratopogónidos son holometábolos (huevo, cuatro estadios larvales, pupa y adulto). Los estados inmaduros requieren ambientes húmedos. Los adultos generalmente son crepusculares y poseen un aparato bucal picador-chupador, el cual se encuentra más desarrollado en las hembras que, en ciertas especies son hematófagas. Algunas especies son insectívoras y otras se alimentan exclusivamente de néctar y polen como *Forcipomyia* spp., que es uno de los géneros más abundantes de la región Neotropical, con 211 especies descritas y agrupadas en 18 subgéneros. Mientras que *Dasyhelea*, reporta 58 especies Neotropicales (Marino y Spinellii, 2008).

A continuación, se realiza una breve descripción de los principales grupos de polinizadores de la familia Ceratopogonidae, colectados por el INIAP y ESPAM-MFL, en diversos sistemas de producción de cacao en el Litoral ecuatoriano.

SUBFAMILIA FORCIPOMYIINAE Lenz

Género *Forcipomyia* Meigen
Subgénero *Forcipomyia* Kieffer

Grupo *argenteola*

Las larvas de las especies del grupo *argenteola* son comúnmente encontradas en tallos de banano en descomposición, vainas de cacao, brácteas de *Calathea* y *Heliconia*, y otros materiales vegetales en descomposición. Sus especies son abundantes en plantaciones de cacao donde los adultos actúan como polinizadores. Muchas especies son de amplia distribución desde Estados Unidos (Florida y California), Costa Rica, Panamá, hasta el sudeste de Brasil, Paraguay y noreste de Argentina, incluyendo ahora Ecuador.

Diagnosis: las especies de este grupo son color pardo. Algunas presentan mandíbulas sin dientes, otras 12-15 dientes robustos e incluso otros 20 pequeños dientes en la mandíbula. Los flagelos distales de la antena de color pardo, excepto su ápice que es claro. Patas amarillentas, mientras que otras presentan un anillo oscuro en el fémur posterior y pequeñas áreas oscuras en la tibia posterior. Ala pardo oscuro con una pequeña área amarillenta al final de la costa; halterio muy claro a pardo. Abdomen pardo excepto los últimos dos segmentos abdominales y cercos amarillentos; otras especies presentan abdomen con grupos visibles de escamas anchas, estriadas y negruzcas en los segmentos pleurales; mientras que otras, el abdomen con bandas segmentarias de anchas escamas negruzcas, estriadas y pleuras con mezcla de escamas doradas (Figura 19).



Figura 19. Diversidad de especies del género *Forcipomyia* (grupo *argenteola*) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Forcipomyia* sp.1 (A); *Forcipomyia* sp.2 (B); *Forcipomyia* sp.3. (C).

Grupo *genualis*

Especies del grupo *genualis*, han sido registradas como asiduos visitantes de las flores del cacao. Esta especie tiene una amplia distribución desde el sur de Estados Unidos, hasta el noreste de Argentina (incluyendo Colombia e Islas Galápagos-Ecuador).

Diagnosis: presenta una relación antenal de 1,15; tercer segmento palpal levemente ensanchado; mandíbula sin dientes; escudo torácico pardo oscuro con dos franjas longitudinales más claras; patas con bandas oscuras en la porción distal del fémur y apical de la tibia; parameros del macho en forma de anchas placas ovaladas, generalmente unidas estrechamente, cada una de ellas llevando un muy delgado proceso casi recto similar a una espina (Figura 20).



Figura 20. Diversidad de especies del género *Forcipomyia* (grupo *genualis*) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano: *Forcipomyia* sp.4.

Grupo no asignado

Especie perteneciente al subgénero *Forcipomyia*, aunque no se la asigna en ninguno de los grupos de especies descritos. Sin embargo, ha sido registrada como visitante de las flores del cacao. Esta especie tiene una amplia distribución desde el sur de Estados Unidos (Texas, Georgia, Louisiana, Florida), Panamá, Jamaica, Trinidad, Brasil, Argentina y Ecuador.

Diagnosis: es una especie con relación antenal de 1.00; mandíbula desarmada; tórax pardo oscuro, pleuras amarillentas; patas con banda subapical pardo oscuro, angosta en el fémur de las patas media y posterior, y con pequeñas marcas oscuras en las tibias; parameros del macho delgados con sus bases anchamente separadas, finalizando en finos procesos retorcidos (Figura 21).

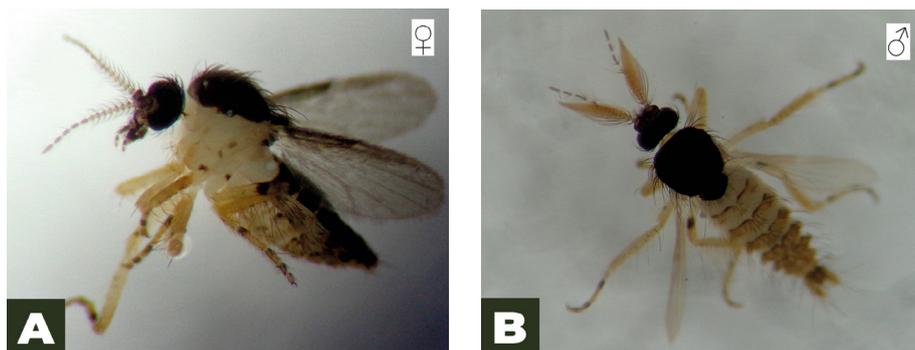


Figura 21. Diversidad de especies del género *Forcipomyia* (grupo no asignado), en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Forcipomyia* sp.5. hembra (A); macho (B).

Subgénero *Lepidohelea* Kieffer

Grupo *bicolor*

Especies neotropicales pertenecientes al grupo bicolor, presentan una distribución restringida, sólo se las conoce para México (Baja California y Sonora), noreste de Brasil y Ecuador. Han sido identificadas como importantes polinizadores de flores de cacao.

Diagnosis: con el 3^{er} segmento palpal no ensanchado en su porción media; tórax marrón rojizo, escutelo con su porción media amarillenta; patas bandeadas con los fémures amarillentos excepto por la presencia de una banda oscura en la mitad apical de la pata posterior. Tibias anterior y media con anillo medio amarillento, tibia posterior con anillos sub-basal y apical amarillentos; ala con un área clara ubicada por detrás de la 2^{da} celda radial; halterio claro u oscuro. Antena del macho con una prominente pluma, la cual es pardo oscuro en su mitad basal y amarillenta en la mitad distal; genitalia del macho con marcas pardas ubicadas lateralmente en el noveno esternito, porción distal del gonocoxito y todo el gonostilo (Figura 22).



Figura 22. Diversidad de especies del género *Forcipomyia* (grupo bicolor) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Forcipomyia* sp.6.: hembra (A); macho (B)). *Forcipomyia* sp.7. (C).

SUBFAMILIA DASYHELEINAE Lenz

Género *Dasyhelea* Kieffer

Grupo *borgmeieri*

Especies neotropicales, de pequeño tamaño, que se crían en plantas de cultivo, particularmente sobre vainas de cacao podridas. Son especies pequeñas con una distribución que incluye el noreste de Brasil, Granada, Panamá, Trinidad e Islas Galápagos-Ecuador. Siendo reconocidas como importantes polinizadores de las flores de cacao.

Diagnosis: color del cuerpo y escudo torácico amarillento a pardo oscuro. Halterio pardo claro, con su base oscura; abdomen con tergos distales amarillentos. Genitalia del macho con aedeagus con procesos laterales que se doblan medialmente, y parameros divididos, asimétricos, con un proceso posterior alargado, el cual sobrepasa el noveno tergito. Aunque otras especies presentan genitalia con aedeagus con procesos laterales robustos, y parameros fusionados y asimétricos, con un proceso posterior alargado, el cual nunca sobrepasa el noveno tergito (Figura 23).



Figura 23. Diversidad de especies del género *Dasyhelea* (grupo *borgmeieri*) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Dasyhelea* sp.8 (A); *Dasyhelea* sp.9 (B); *Dasyhelea* sp.10. (C).

SUBFAMILIA CERATOPOGONINAE Newman

Tribu **Culicoidini** Kieffer
 Género **Culicoides** Latreille

Subgénero Avaritia Fox

Especie perteneciente al subgénero *Avaritia* con una amplia distribución desde Estados Unidos (Florida), México (Chiapas) hasta el noreste de Argentina y ahora Ecuador. Las hembras presentan hábitos hematófagos y son especies de importancia médico-veterinaria.

Diagnosis: especie neotropical pequeña con ojos contiguos, pubescentes; ala pequeña con patrón de manchas claras y oscuras, casi desprovista de macrotriquias; áreas claras de la periferia del ala muy tenue, áreas claras postestigmáticas apoyando en la nervadura M1; patas amarillentas excepto la unión fémur-tibia que es oscuro (Figura 24).

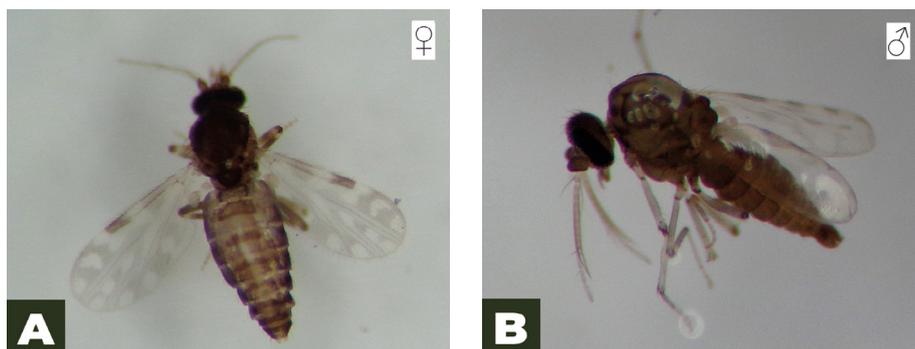


Figura 24. Diversidad de especies del género *Culicoides* (Subgénero *Avaritia*) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Culicoides* sp.11: hembra (A); macho (B).

Subgénero Haematomyidium Goeldi

Especie perteneciente al subgénero *Haematomyidium* con una amplia distribución desde Estados Unidos (este) hasta Argentina y Ecuador. Las hembras presentan hábitos hematófagos y esta especie es considerada el vector más importante del ciclo urbano de una enfermedad que

afecta al hombre.

Diagnosis: Especie neotropical parda, con ojos muy separados; diseño de coloración en el escudo; ala con patrón de manchas claras y oscuras, provista de macrotriquias; las áreas claras de la periferia del ala bien definidas, segunda celda radial totalmente incluida en una mancha oscura, ala sin mancha pálida que atraviesa la vena M2, la cual tiene el ápice oscuro; celda m1 con tres manchas claras apicales (*paraensis* group), celda r3 con cuatro manchas claras, celda m2 con una mancha pálida distal al nivel de la horquilla cubital, halterio pardo claro. Genitalia de macho con la porción distal de parameros con lóbulo ventral desarrollado (Figura 25).



Figura 25. Diversidad de especies del género *Culicoides* (subgénero *Haematomyidium*) en sistemas de producción de cacao del Litoral ecuatoriano. *Culicoides* sp.12

Polinizadores y su interacción con sistemas de producción de cacao

El cacao puede cultivarse en monocultivo, sin embargo, se ha determinado que, bajo sistemas agroforestales (SAF), o en asocio con especies frutales presentes en la mayoría de las fincas cacaoteras (naranja, plátano/banano, aguacate, guaba, tamarindo, etc.), 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. Además, los agricultores aprecian el valor de los árboles frutales, al generarles ingresos que mejoran su economía y calidad de vida de sus hogares (Beer *et al.*, 2003; López y Orozco, 2003; Asare, 2005; Bos, 2007; Gots y Harvey, 2007; Ramos, 2011).

La literatura reporta una mayor diversidad de especies de polinizadores en los sistemas SAF-Cacao, destacando aquellas del género *Forcipomyia* por su abundancia y relación positiva con la cantidad de flores polinizadas/fecundadas, que se duplica en estos sistemas. Mientras que, en los sistemas maderables o monocultivo, la relación es negativa (menor número de flores polinizadas/fecundadas) (Córdoba *et al.*, 2013).

En Ecuador, el cacao es cultivado en sistemas que van desde el monocultivo hasta la asociación con árboles frutales y forestales (Figura 26), que son poco estudiados, por lo que no se conoce con certeza la interacción de insectos polinizadores con estos sistemas.



Figura 26. Sistemas de producción de cacao más frecuentes en el Litoral ecuatoriano: monocultivo cacao (A); Cacao + frutales (B); cacao + forestales (C).

En un estudio reciente realizado por el INIAP y la ESPAM-MFL en dos zonas productoras de cacao en la provincia de Manabí, que correspondió a Santa Ana con un régimen pluviométrico de 800 mm y Bolívar con 1200 mm, se determinó que, poblaciones de insectos polinizadores de la familia Ceratopogonidae, no presentan diferencias significativas entre los principales sistemas de producción de cacao (monocultivo de cacao + frutales y cacao + forestales y cacao). Esto sugirió que los ceratopogónidos se desarrollan bien bajo cualquiera de estos sistemas de producción en el Litoral ecuatoriano. Tampoco hubo diferencias de la abundancia de polinizadores entre las dos zonas de estudio. Sin embargo, cuando comparamos las poblaciones del género *Forcipomyia*, reportados como los principales polinizadores del cacao, se observó que éstas tienen significativamente mayor preferencia por sistemas cacao-forestales en comparación con cacao-frutales o monocultivo. Bajo estas circunstancias, los sistemas forestales, brindan a las especies de *Forcipomyia* un hábitat apropiado, capaz de promover el incremento de sus poblaciones. Sin embargo, es necesario profundizar en este conocimiento a través del estudio en otras áreas de producción de cacao (Figura 27).

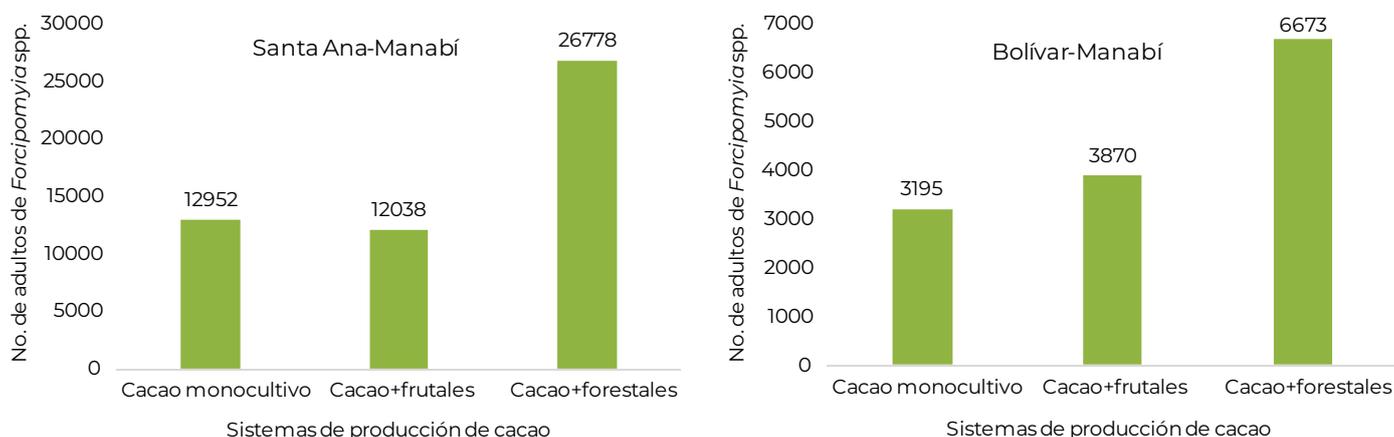


Figura 27. Respuesta de las poblaciones de polinizadores de especies del género *Forcipomyia* (Ceratopogonidae) en varios sistemas de producción de cacao y dos zonas del Litoral ecuatoriano (Santa Ana-Manabí y Bolívar-Manabí).

Sustrato alimenticio de los polinizadores (nichos de supervivencia)

La riqueza y abundancia de estos polinizadores, están influenciadas por la disponibilidad del recurso alimenticio en su hábitat, rico en materia orgánica y buen drenaje. Especialmente durante el período lluvioso, que favorece la descomposición de la biomasa, a partir de pseudotallo de plátano/banano, cáscara de cacao, hojarasca, y otros restos de frutas (Figura 28).



Estas condiciones del suelo brindan un excelente sustrato alimenticio, de reproducción y refugio de sus estados inmaduros (huevos, larvas, pupas), principalmente de sus larvas que se alimentan de bacterias y hongos que crecen en estos ambientes (Azhar y Wahi, 1984; IICA, 2017).

Las larvas además cumplen funciones fundamentales en el ecosistema local interactuando con una compleja comunidad microbiana (Bonkowski *et al.*, 2000), que además cumple un papel importante en el reciclaje de nutrientes o el equilibrio entre patógenos y antagonistas. Algunos son incluso capaces de inmovilizar o transformar metales pesados in situ, reduciendo su biodisponibilidad (Rajendran *et al.*, 2003), así como alterar la toxicidad, solubilidad en agua y la movilidad del elemento, modificando la concentración de metales pesados en el ambiente (Bolan *et al.*, 2014). Se conocen bacterias y ciertas especies de hongos, que tienen la capacidad para la transformación de metales pesados como el Cr, Cd y el Hg, al contar con mecanismos enzimáticos y no enzimáticos para remover metales en solución (Rajendran *et al.*, 2003).



Figura 28. Sustratos alimenticios, de reproducción y refugio de los *Ceratopogonidae* presentes en los sistemas de producción de cacao. Pseudotallo de plátano/banano (A); cáscara de cacao (B); hojarasca de cacao (C).

Los adultos utilizan como refugio, las heridas cicatrizadas de las podas y depresiones del tallo de árboles de cacao (Figura 29). Estos se desplazan a cortas distancias, polinizando árboles cercanos a sus nichos de supervivencia (Besemer y Soria, 1978; Batista, 2009).



Figura 29. Sitios de refugio de adultos polinizadores de *Ceratopogonidae*: en heridas cicatrizadas de las podas (A); depresiones del tallo (B); sobre flores y/o botones florales (C).

En un estudio efectuado por la ESPAM-MFL y el INIAP, se logró registrar la existencia de una diversidad de microorganismos (hongos y bacterias), asociados al suelo en los tres sistemas de producción de cacao más frecuentes en el Litoral ecuatoriano, algunos de los cuales son recurso alimenticio de polinizadores (Tabla 1).

Tabla 1. Microorganismos identificados en suelos bajo tres sistemas de producción de cacao. Santa Ana, Manabí.

Microorganismos	Sistemas de producción de cacao		
	Cacaco monocultivo	Cacao + frutales	Cacao + forestales
Hongos	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i>
	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>
	<i>Fusarium</i>	<i>Beauveria</i>	<i>Fusarium</i>
	<i>Trichoderma</i>	<i>Paecilomyces</i>	<i>Paecilomyces</i>
Bacterias (<i>Bacillus</i>)	Gram positivo	Gram positivo	Gram positivo
	Gram negativo	Gram negativo	Gram negativo

De las investigaciones conjuntas efectuadas por el INIAP y la ESPAM-MFL, en ambientes cacaoteros del Litoral ecuatoriano, se concluye que existe una marcada preferencia de las poblaciones de *Ceratopogonidae* sobre el sustrato pseudotallo de plátano/banano, seguido de cáscara de cacao, muy diferente a la escasa población registrada en el sustrato hojarasca. Estos resultados podrían estar asociados a la mayor capacidad del pseudotallo de retener humedad, creando un ambiente favorable para la reproducción e incremento de estos insectos que, en sus estados inmaduros son de vida semiacuática. La combinación de los sustratos pseudotallo+cáscara de cacao, resulta también favorable para incrementar las poblaciones de *Ceratopogonidae* (Figura 30).

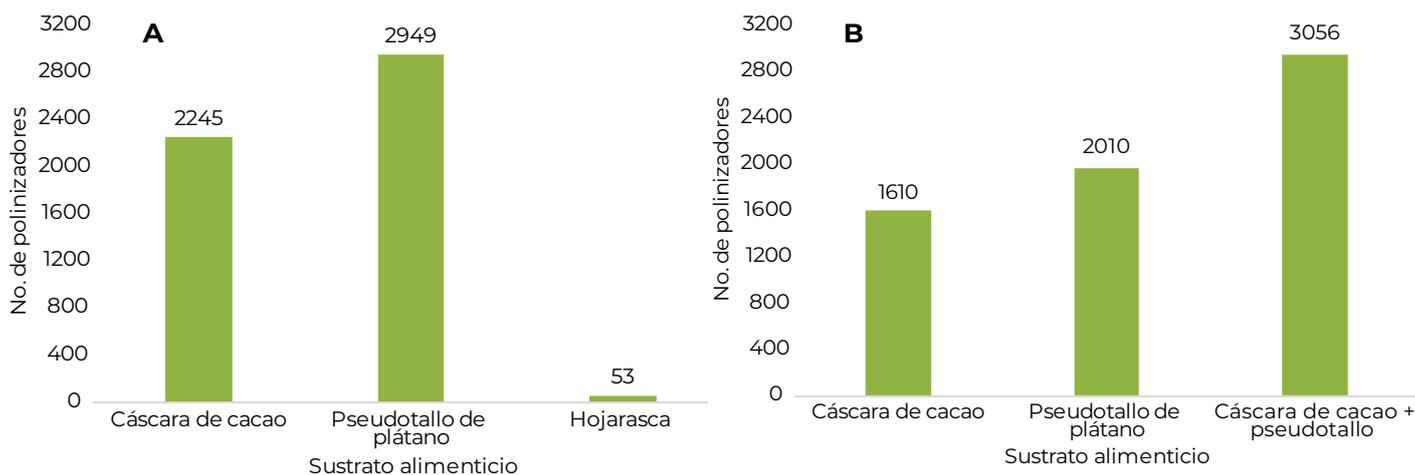


Figura 30. Respuesta de los polinizadores de la familia Ceratopogonidae a varios sustratos alimenticios en varios sistemas de producción de cacao en dos zonas del Litoral ecuatoriano: Bolívar-Manabí (A); Santa Ana-Manabí (B).

Polinización y su interacción con sustratos alimenticios en sistemas de producción de cacao

Con relación a la actividad polinizadora de Ceratopogonidae, tampoco se registran diferencias significativas entre los sistemas de producción, lo que sugiere que estos no influyen en la actividad polinizadora de estas mosquitas. De esta forma, se han observado porcentajes de polinización máximos de 10,15% en el sistema cacao con frutales (cítricos), de los cuales apenas el 4,82% de las flores son fecundadas y el 4,20% llegan a formarse en frutos (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de polinización natural, fecundación y porcentaje de frutos formados de cacao en tres sistemas de producción con tres sustratos alimenticios para insectos polinizadores en cacao.

Sistema de producción	% flores polinizadas	% flores fecundadas	% de frutos formados
Cacao monocultivo	8,39	4,04	4,04
Cacao+frutales	10,15	4,82	4,20
Cacao+forestales	7,36	4,60	5,22
Sustrato alimenticio			
Cáscara de cacao	10,06	4,56b	4,44b
Pseudotallo de plátano/banano	9,51	5,72a	6,46a
Hojarasca	6,33	3,27b	2,58b

Un elemento determinante para la polinización de los Ceratopogonidae dentro de los sistemas de producción de cacao, es el sustrato alimenticio de las larvas. Se han encontrado diferencias significativas para la fecundación y formación de frutos cuando el sustrato presente en el sistema es pseudotallo de plátano/banano, que reporta los mejores valores en comparación con la hojarasca, que resulta ser el sustrato menos favorable, debido a su pobre capacidad de retención de humedad (Tabla 2).

Dinámica de la producción del cacao en condiciones del Litoral ecuatoriano

Hemos corroborado que, la labor de los polinizadores durante el periodo lluvioso, tiempo en el cual son más numerosos, se ve reflejada en el mayor rendimiento del cacao presente en los meses del periodo seco, ya que como ha sido explicado, el tiempo transcurrido desde la polinización hasta la cosecha de una mazorca es de seis meses. (Figura 31).

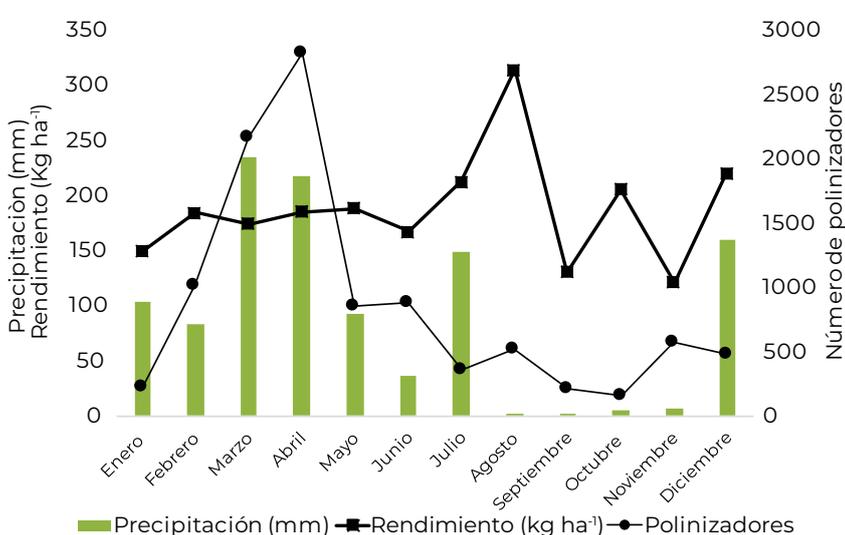


Figura 31. Dinámica de la producción del cacao con la actividad de los polinizadores y factores ambientales (precipitación). Clon EET-48. Santa Ana-Manabí. 2015.

Cuando comparamos el número de mazorcas ha⁻¹ y el rendimiento de cacao en kg ha⁻¹, en suelos con sustrato alimenticio en el hábitat de los polinizadores Ceratopogonidae a base de pseudotallo de plátano/banano y cáscara de cacao, observamos que se mejoró la eficiencia en la fecundación, al obtenerse una mayor producción de mazorcas cuando utilizamos al pseudotallo de plátano/banano como sustrato alimenticio para los polinizadores, lo que repercute en un mayor rendimiento de cacao ha⁻¹ (Figura 32). La combinación de los sustratos alimenticios dentro del sistema, no favoreció al rendimiento de cacao. No obstante, se ha registrado un incremento de la densidad poblacional de Ceratopogonidae, se disminuyó la eficacia en la fecundación por parte de estos polinizadores, obteniéndose un mayor número de mazorcas de cacao, pero con menor carga de granos por mazorcas, que se refleja en el rendimiento.

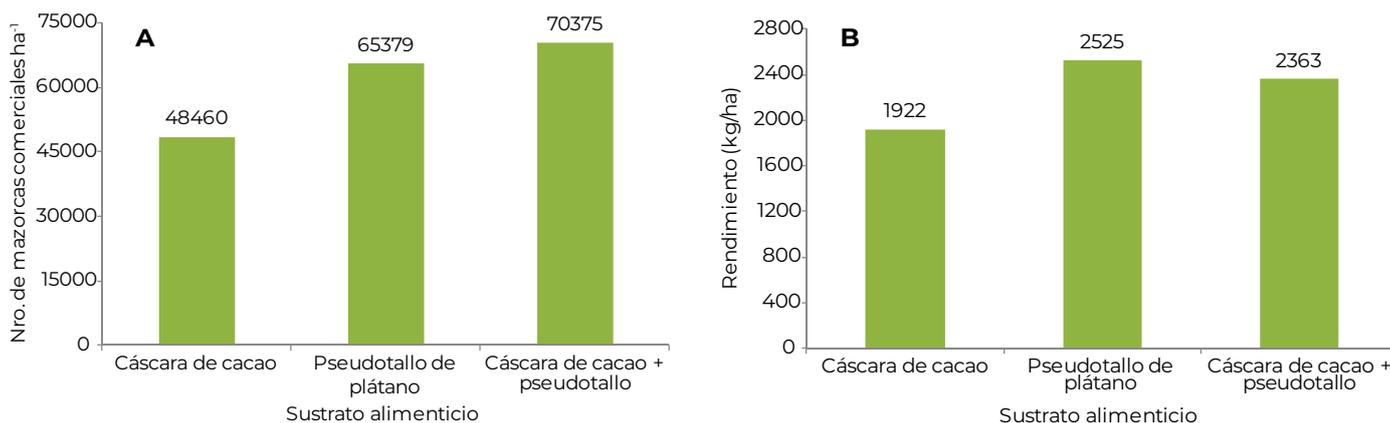


Figura 32. Número de mazorcas (A) y rendimiento (kg/ha) de cacao (B), en suelos con dos tipos de sustrato alimenticios para polinizadores. Clon EET-48. Santa Ana-Manabí. 2015.

Buenas prácticas para el cuidado y conservación de los polinizadores



La diversidad y abundancia de los visitantes florales del cacao de la familia Ceratopogonidae, juegan un papel fundamental en el proceso de polinización y producción del cacao. Sin embargo, muy pocos productores, posiblemente por desconocimiento, realizan labores que fomenten el mantenimiento o incremento de poblaciones de insectos polinizadores en sus plantaciones, lo que repercute en una posible reducción del rendimiento de cacao en la finca. En estas circunstancias debemos considerar la aplicación de las siguientes prácticas que favorezcan a estos polinizadores:

- ☛ Capacitar a productores, técnicos, estudiantes y demás involucrados en la cadena productiva del cacao, sobre el rol determinante que juegan los polinizadores en la producción del cacao.
- ☛ Considerar que al no ser estos agentes polinizadores muy diversos y abundantes en las plantaciones de cacao, es necesario conservar su hábitat de alimentación y reproducción. De esta manera se asegura permanentemente la presencia de restos vegetales para su descomposición, principalmente pseudotallo de plátano/banano y cáscara de cacao, además de un mantillo de hojarasca y otros restos vegetales (frutas, ramas, etc.), con adecuada humedad interna en el cacaotal. Este incremento de materia orgánica en los suelos cacaoteros ayuda también a manejar los problemas de acumulación de metales pesados como el Cadmio.
- ☛ Realizar la actividad de retiro de los granos de la mazorca en el interior de la plantación, con la finalidad de facilitar y asegurar la distribución uniforme y en áreas equidistantes de las cáscaras de cacao, fruto de la cosecha.

- Ø En plantaciones jóvenes en etapa productiva, donde la cobertura vegetal es aún escasa, se recomienda distribuir trozos o rodajas de pseudotallo de plátano/banano y cáscara de cacao en el interior de la plantación. Se recomienda la distribución en al menos nueve puntos por hectárea, creando así un ambiente adecuado para la reproducción, oviposición y alimentación de larvas de estos polinizadores.
- Ø Se sugiere especial cuidado y atención, entre los meses de enero a mayo, periodo de mayor actividad de los polinizadores.
- Ø El manejo de la regulación de sombra del dosel superior es fundamental (maderables, frutales), debiéndose privilegiar la mayor densidad de árboles de cacao, para asegurar así, una mayor cantidad de flores que atraigan a los polinizadores; además de asegurar una gran cantidad de hojarasca y restos vegetales que, mejora el hábitat para estos insectos.
- Ø Un adecuado manejo del dosel superior, implica no saturar la sombra, lo cual es beneficiosa para los polinizadores, debido que, la entrada de luz al cacaotal promueve la producción de flores y por ende la atracción de polinizadores.
- Ø El establecimiento adecuado y regulado de árboles frutales y maderables, así como la conservación de plantas que retengan agua, como las bromelias y heliconias, es muy importante para la conservación de un ambiente húmedo en el cacaotal, favorable para el incremento y mantenimiento de las poblaciones de polinizadores.
- Ø Restringir al máximo el uso de agrotóxicos como insecticidas órganosintéticos en el interior de las plantaciones, ya que, estos afectan la producción de flores y la actividad de los polinizadores del cacao. De igual manera, herbicidas sistémicos y de contacto, terminan en el suelo afectando el hábitat de cría de estos organismos, que se encuentran en el mantillo de hojarasca y otros restos vegetales en descomposición (pseudotallo de plátano/banano, cáscara de cacao, frutas, etc.), además, su uso puede incrementar las cantidades de metales pesados en el suelo.

Referencias

- Adjaloo, M. y Oduro, W. (2013). Insect assemblage and the pollination system in Cocoa (*Theobroma cacao* L). *Journal of Applied Biosciences* 62: 4582-4594.
- Asare, R. (2005). Cocoa agroforests in West Africa: A look at activities on preferred trees in the farming systems. Horsholm, Denmark, *Danish Centre for Forest Landscape and Planning. Forest & Landscape Working Papers* no. 6. 77p.
- Azhar, I., Wahi, M. (1984). Pollination of cocoa in Malaysia: identification of taxonomic composition and breeding sites, ecology and pollinating activities, and seasonal abundance. *The Incorporated Society of Planters*. p. 77-89.
- Batista, L. (2009). El Cultivo de cacao, guía técnica. República Dominicana. Centro para el desarrollo agropecuario forestal (en línea). Consultado el 16 de junio de 2016. Disponible en: <http://docplayer.es/1149300-Guiatecnica-el-cultivode-cacao-autor.htm>
- Beer, J.; Harvey, C.A.; Ibrahim, M.; Harmand, J.M.; Somarriba, E.; Jiménez, F. (2003). Service functions of agroforestry systems. In XII World forestry congress; forest source of life (2003, Quebec, Canada). Proceedings. Quebec, Canada. B. *Forest for the planet*. p. 417-424. Traducido al español por Patricia Hernández, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Besemer H. y Soria S. (1978). Laboratory rearing of *Forcipomyia* spp. midges (Diptera, Ceratopogonidae) Adult feeding, larval feeding and copulation trials; a revision of Saunders method of rearing. *Revista Theobroma* (Brazil) 8: 43-59.
- Bolan, N.; Kunhikrishnan, A.; Thangarajan, R.; Kumpiene, J.; Park, J.; Makino, T.; Kirkham, M. y Scheckel, K. (2014). Remediation of heavy metal (loid) contaminated soils-to mobilize or to immobilize. *Journal of Hazardous Material*, 266: 141-166.
- Bonkowski, M.; Griffith, B.S. y Ritz, K. (2000) 'Food preference of earthworms for soil fungi', *Pedobiologia*, vol. 44, pp. 666-676.
- Borkent, A. y Spinelli, G.R. (2007). Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta). In: Adis, J., J. R. Arias, G. Rueda-Delgado & K. M. Wattzen (Eds): *Aquatic Biodiversity in Latin America* (ABLA). Vol 4. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 198 p.
- Bos, M.S. (2007). Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogens of cacao. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 201-205.
- Bravo, J.C.; Somarriba, E. y Arteaga, G. (2011). Factores que afectan la abundancia de insectos polinizadores del cacao en sistemas agroforestales. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 119-131.
- Cañarte, E., Navarrete, B., Valarezo, O., y Solórzano, R. (2016). Biodiversidad de insectos polinizadores y su rol en la producción de cacao fino y de aroma en Manabí-Ecuador [Resumen]. In XL Jornadas Nacionales de Biología 2016 Guayaquil, Ecuador: ESPOL. Del 16 al 18 de noviembre del 2016. Facultad de Ciencias de la Vida. p. 32.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2008). *Theobroma cacao* L. Sterculiaceae (en línea). Mexico, DF. Consultado el 6 -6-2018. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/68-sterc03m.pdf
- Córdoba, C. (2011). Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción en Bocas del Toro, Panamá. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba C R. p.1
- Córdoba, C.; Cerda, R.; Deheuvels, O.; Hidalgo, E. y Declerck, F. (2013). Polinizadores, Polinización y Producción Potencial de Cacao en Sistemas Agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. *Agroforestería en las Américas* N° 49, 26-32.

De la Cruz, J. y Soria, S. (2015). Estudio de fluctuaciones de polinización del cacao por las mosquitas *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae), en Palmira, Valle, Colombia.

Enríquez, G.A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Esquivel, H.; Ibrahim, M.; Harvey, C.A.; Villanueva, C.; Benjamín, T.; Fergus, L.S. (2003). Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 24-29.

Fajardo M.; Zavaleta H.; Córdova L.; López A.; Delgado A.; Vidales I. y Villegas A. (2012). Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo mexicano. *Fitotec. Mex.* Vol. 35 (3): 189-197.

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.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas / Miguel Ángel Arvelo Sánchez, Diego González León, Steven Maroto Arce, Tanya Delgado López y Paola Montoya López. – San José, C.R.: IICA, 165 p.

Ish-Am, I. (2004). Principios de la polinización del palto-una breve revisión. 2° SEMINARIO INTERNACIONAL DE PALTOS. 29 septiembre Al 01 de octubre de 2004. *Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, Chile.* 12p.

Jaenicke, H; Simons, A.J.; Maghembe, J.A. y Weber, J.C. (2000). Domesticating indigenous fruit trees for agroforestry. *Acta Horticulturae* 523:45-52.

Kearns, C.A.; Inouye, D.W. y Waseret, N.M. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant - pollinator interactions. En: *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 29: 83-112.

López, A.; Orozco, A.L. (2003). Tipología y manejo de fincas cafetaleras en San Ramón y Matagalpa. Tesis Ing. Forestal. Managua, Nicaragua, UNA. 86 p.

Marino, P. y Spinellii, G. (2008). Biting Midges of the *Forcipomyia* (*Forcipomyia*) *argenteola* group in Southern South America, with description of a new species and a key to the eotropical species (Diptera: Ceratopogonidae). *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 56 (2): 789-794.

Mavisoy, K.H.; Cabezas, S.R.; Somarriba, E.; Cerda, R.; Pérez, G.; Ballesteros, W. (2012). Evaluación de la abundancia de ceratopogónidos (Diptera) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao*) en la hojarasca de siete árboles de sombra en Talamanca, Costa Rica. Turrialba Costa Rica, CATIE. (en preparación).

Mejía-Flores, L.A.; Arguello-Castellanos, O. (2000). Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. 30 p.

Mendoza J. (1980). Comparación de diferentes sitios de crianza para insectos polinizadores del cacao. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Portoviejo, EC. Universidad Técnica de Manabí. 69p.

Mogrovejo, E. y Vera, J. (2010). Aumente la Producción de sus Cacaotales. repositorio.iniap.gob.ec. <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1570/1/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20N%C2%BA%2036.pdf>

Montero, S., Cañarte, E., y Sánchez, P. (2018a). Biología floral del cacao y diversidad de insectos polinizadores en tres sustratos alimenticios en Manabí-Ecuador. VII evento Internacional La Universidad en el Siglo XXI. 15 y 16 de noviembre de 2018. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL)-Ecuador.

Montero, S., Cañarte, E., Camacho, J., Sánchez, P., y Solórzano, R. (2018b). Polinizadores de la familia Ceratopogonidae en cacao fino y su relación con sustratos alimenticios, Manabí-Ecuador. XVI Jornada Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía. 17 de octubre de 2018. Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

Montero, S.; Sánchez, P.; Solórzano, R.; Pinargote, A. y Cañarte, E. (2019). Floración y Diversidad de Insectos

Polinizadores en un Sistema Monocultivo de Cacao. *ESPAMCIENCIA*. 10(1): 1-7.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2008). Polinización, un servicio del ecosistema. Consultado el 30 de octubre de 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112e/i0112e06.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2014). Principios y Avances sobre Polinización como Servicio Ambiental para la Agricultura Sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. 57 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2017). Estado del Arte del Servicio Ecosistémico de la Polinización en Chile, Paraguay y Perú. 118p.

Peeters, L.Y.K.; Soto-Pinto, L.; Perales, H.; Montoya, G.; Ishiki, M. (2003). Coffee production, timber and firewood in traditional and Inga shaded plantations in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 481-493.

Pesantes, D. (2011). Información sobre polinización de algunos arbustos y árboles de importancia agrícola y apícola. Universidad de Puerto Rico, 11-14.

Quiroz, V.; Elizalde, M. (2014). Guía técnica del cultivo de cacao para la Amazonia norte del Ecuador, recuperado de <https://www.feedingknowledge.net/>

Rajendran, P.; Muthukrishnan, J.; Gunasekaran, P. (2003). Microbes in heavy metal remediation. *Indian Journal of Experimental Biology*. 41: 935-944.

Ramos-Serrano, R. (2011). Estudio de la Diversidad de Insectos Polinizadores en Sistemas Agroforestales de Cacao y su Relación con la Productividad y Diversidad de Especies del Dosel. Honduras.

Ríos, F. (2013). Estrategia para la Promoción de Exportaciones de Cacao ecuatoriano. Quito: PROECUADOR, CORPEI.

Ríos, D. (2015). Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao*. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf;sequence=1>

Soria, S. (1980). Insect pollination of cacao in Costa Rica. 1. Preliminary list of the ceratopogonid midges collected from flowers, *Revista Theobroma*. 10(2): 61-69.

Tamayo-Sánchez, C. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas en cultivos de cacao *Theobroma cacao* L. como estrategia para prevenir la presencia de cadmio en la cadena cacaofera. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro Pecuario y Agroempresarial. 1 recurso en línea 38 p. <https://hdl.handle.net/11404/5250>

Young, A. (1982). Effects of shade cover and availability of midge breeding sites on pollinating midge population and fruit set in two cocoa farm. *Journal of Applied Ecology*, 19:47-63.

Zamora, S.; García, J.; Bonilla, G.; Aguilar, H.; Harvey, C.A.; Ibrahim, H. (2001). Usos de frutos y follajes arbóreos en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(31):31-38.

Valarezo, O., Cañarte, E. y Navarrete, B. (2010). Artrópodos asociados al cultivo de cacao. In Recomendaciones técnicas para la producción de cacao bajo riego en Manabí. Manual. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. EC. 50p.

Valarezo, O. Cañarte, E. Navarrete, B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao en Manabí. *Revista La Técnica*. 7: 34-42.

Valarezo, O. Cañarte, E. y Navarrete, B. (2013). Artrópodos presentes en el cultivo de cacao. INIAP. Boletín divulgativo. N° 431. EC. 38 p.

Ernesto Gonzalo Cañarte Bermúdez, Ph.D.



Graduado de Ingeniero Agrónomo en 1993 en la Universidad Técnica de Manabí-Ecuador. Desde 1993 investigador del Departamento de Entomología de la Estación Experimental Portoviejo, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador). Obtuvo su maestría en Entomología en 2001 en el Colegio de Postgraduados de México. Doctorado en Entomología en 2014 en la Universidad Federal de Viçosa-Brasil. Experiencia en el Manejo Integrado de Plagas de cacao, cítricos, maracuyá, café, piñón, maíz, algodón, hortalizas, así como en insecticidas vegetales, control biológico y ecología de ácaros. Por siete años fue profesor de Investigación y Entomología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL). Ha participado en al menos 22 proyectos de investigación nacionales e internacionales, en alianza con centros internacionales como el CIAT-Colombia, CIP-Perú y organismos financiadores como FUNDAGRO, COSUDE, GTZ, PROMSA, SENESCYT y actualmente con AECID-España en el proyecto Teca y FAO en el proyecto +Algodón. Además, de alianzas con universidades como Michigan State y USDA-ARS (USA), UFT (Brasil), ESPOL-CIBE (Ecuador). Miembro de los equipos multidisciplinarios del INIAP de PC, teca, Galápagos, Spodoptera, cocotero, otros. Participación en más de 100 eventos de capacitación como asistente y expositor a nivel nacional y en países como México, Chile, Guatemala, Colombia, Perú, Brasil. Autor y coautor de al menos 90 publicaciones internacionales y nacionales. Ha publicado al menos 20 artículos científicos en revistas indexadas de México, Chile, Estados Unidos, Venezuela, Brasil y Ecuador. Es Investigador Acreditado y Categorizado por la SENESCYT. Desde el 2015 es responsable del Departamento de Entomología de la Estación Portoviejo del INIAP. Revisor de revistas científicas indexadas como LA TÉCNICA, ESPAMCIENCIA, NEOTROPICAL ENTOMOLOGY, LA GRANJA, REVISTA AGRONÓMICA MESOAMERICANA, REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA.

Silvia Lorena Montero Cedeño, M.Sc.



Obtuvo su título de Ingeniera Agrónoma en 1994 en la Universidad Técnica de Manabí-Ecuador. Pasante en la Estación Experimental Portoviejo, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en 1992-1994 (INIAP-Ecuador). Obtuvo su maestría en Fitotecnia en la Universidad Federal de Viçosa-Brasil. Doctoranda en Ciencias Agrarias en la Universidad del Zulia-Venezuela, Facultad de Agronomía (2018-2020), Experiencia en Sistemas de producción vegetal en Agricultura orgánica, Agroecología, manejo de plantas espontáneas, plantas medicinales y sistema cero labranza, Fue voluntaria del Grupo ENTRE FHOLIAS en Viçosa-Brasil (2011-2012). Participó del Grupo de Pesquisa del Laboratorio de Plantas Dañinas de la Universidad Federal de Viçosa-Brasil (2013-2014). Miembro del equipo de investigación en maíz orgánico en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Federal de Viçosa de Brasil (2012-2014). Desde el 2015 hasta la fecha, docente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM-MFL). Miembro del grupo de investigación Gestión ambiental, manejo de los recursos naturales y biodiversidad (GIRDS) de la ESPAM. Ha participado en proyectos de investigación I+D+i. Actualmente es directora del proyecto de investigación “Polinizadores en Sistemas de producción de cacao fino y su relación con diferentes sustratos en Manabí” de la ESPAM-MFL. Tutora de tesis y miembro de tribunal de trabajos de titulación de la ESPAM-MFL. Autora y coautora de artículos científicos en revistas indexadas. Es Investigadora Acreditada por la SENESCYT.

José Bernardo Navarrete Cedeño, M.Sc.



Ingeniero Agrónomo (Universidad Técnica de Manabí, 1999) con maestrías en Sanidad Vegetal (Universidad Agraria del Ecuador, 2006) y Entomología y Nematología (University of Florida, 2012). Investigador del Departamento Nacional de Protección Vegetal, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, en las Estaciones Tropical Pichilingue y Portoviejo. Ex miembro de la Comisión Académica de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTM. Miembro actual del Comité Técnico de la Estación Experimental Portoviejo. Veinte años de experiencia en Manejo Integrado de Insectos-plagas, en cultivos tropicales con énfasis en la identificación preliminar de artrópodos (plagas y benéficos), presentes en agroecosistemas de la costa ecuatoriana. Además, en el planeamiento y ejecución de proyectos de investigación con énfasis en el control biológico y cultural. Ha trabajado en la cría de enemigos naturales con potencial para el control de plagas de importancia económica, así como en la evaluación de la eficacia de sustancias insecticidas naturales y de síntesis química. Es autor y coautor de 60 publicaciones técnicas, científicas y de difusión, entre ellas 20 artículos científicos en revistas indexadas de USA, Ecuador, Colombia, Paraguay, Venezuela y Malasia. Miembro del Comité de Revisores de las Revistas ESPAMCIENCIAS y LA GRANJA. Investigador acreditado por la SENESCYT con la categoría de Investigador Agregado 1 (REG-INV-14-00002).

ISBN: 978-9942-22-534-4



www.iniap.gob.ec



PROGRAMA
CADENAS DE VALOR



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



@agroinvestigacionecuador



@iniapecuador



@iniapecuador

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias



República
del Ecuador



**Juntos
lo logramos**