

**EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE CERATOPOGONIDOS (DÍPTERA)
POLINIZADORES DE CACAO (*Theobroma cacao L*) EN LA HOJARASCA DE 7
ARBOLES DE SOMBRA, TALAMANCA – COSTA RICA¹**

**ABUNDANCE EVALUATION OF CERATOPOGONIDAE (DÍPTERA)
POLLINATORS OF COCOA (*Theobroma cacao L*) IN LITTER OF 7 SHADE
TREES, TALAMANCA - COSTA RICA**

SERVIO ROBINSON CABEZAS M²

KAROL HENRY MAVISOY M²

WILLIAM BALLESTEROS P³

EDUARDO SOMARRIBA⁴

RESUMEN

En la comunidad de Watsi, Pueblo indígena Bri-Bri, suroeste de Costa Rica, Cantón de Talamanca, Provincia de Limón, localizada a 9° 37' 26,3" N y 82° 52' 53,1" W, con una altura entre 70 y 180 msnm, se evaluó la abundancia de los géneros *Forcipomyia*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea* (Díptera: Ceratopogonidae) insectos polinizadores de cacao y sus principales enemigos naturales *Dermápteras*, *Chillópodos* y *Formicidos*; se analizó la hojarasca de: Banano *Musa AAA*, laurel *Cordia alliodora*, mamón chino *Nephelium lappaceum*, guaba *Inga sp*, pejívalle *Bactris gasipaes*, aguacate *Persea americana*, manzana de agua *Syzygium malaccense* especies utilizadas como sombrío y cacao *Theobroma cacao* sin sombra como tratamiento control. Se tomaron muestras de hojarasca de cada especie, se contaron las larvas y se criaron adultos en trampas de emergencia bajo condiciones controladas de humedad, las variables evaluadas fueron número de individuos de Ceratopogonidos, enemigos naturales, porcentaje de sombra y

¹Documento presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar el título de Ingeniero Agroforestal

²Estudiantes Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2009 E-mail: roca1120@yahoo.com, mavikhm86@yahoo.es

³Profesor asistente. M.Sc Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Colombia; E-mail: wballesterosp@yahoo.com

⁴Ph.D División de Investigación y Desarrollo, Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza CATIE-Turrialba, Costa Rica; E-mail: esomarri@catie.ac.cr

peso húmedo de la muestra. El análisis de datos se realizó mediante prueba no paramétrica de Friedmann y análisis multivariado de componentes principales. Se encontró que la mayoría de los sustratos estudiados ofrecen condiciones favorables para la reproducción de larvas e insectos adultos del género *Forcipomyia* polinizador de cacao.

Palabras claves: porcentaje de sombra, peso húmedo, enemigos naturales, sistemas agroforestales.

ABSTRACT

In the community of Watsi, Bri-Bri Indigenous Town, southwest of Costa Rica, Canton of Talamanca, Limon Province, located at 9 ° 37 '26.3 "N and 82 ° 52' 53.1" W, with a height between 70 and 180 masl, the abundance of genus *Forcipomyia*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea* (Diptera: Ceratopogonidae) insects pollinators of cocoa was assessed and its main natural enemies Dermaptera, Chilopoda and Formicidae, we analyzed the litter of banana *Musa AAA*, laurel *Cordia alliodora*, Rambutan *Nephelium lappaceum*, guaba *Inga sp*, pejivalle *Bactris gasipaes*, avocado *Persea americana*, apple water *Syzygium malaccense* type shade used and cocoa *Theobroma cacao* not shaded as control treatment. Litter samples were taken of each species, the larvae were count and adults were breeding in emergency traps under moist controlled conditions, the valued variables were number of Ceratopogonidae, natural enemies, percentage of shade and sample`s wet weight. Data analysis was performed using Friedman's nonparametric test and multivariate analysis. We found that the most litter studied offered suitable conditions for breeding of larvae and adult insects *Forcipomyia* genus pollinators of cocoa.

Key words: percentage of shade, wet weight, natural enemies, agroforestry systems.

INTRODUCCION

La polinización, un proceso que involucra la transferencia del polen de las anteras a los estigmas de las flores de una misma planta o de distintas plantas, es en la mayoría de las angiospermas mediado por animales y representa un servicio crítico para los ecosistemas, desde el punto de vista biológico como económico, cerca del 90% de las 300.000 especies de angiospermas son polinizadas por animales siendo insectos el 90% de los polinizadores Kearns, Inouye y Waser (1998).

En el cultivo de cacao todas las variedades son estrictamente dependientes de la polinización realizada por insectos, debido al reducido tamaño y estructura floral donde las anteras con sus granos pegajosos de polen están protegidos por los pétalos Klein *et al.* (2008) limitando la actividad polinizadora a insectos diminutos de 2 a 3 mm Bystrack y Wirth (1978), además muchas variedades de cacao son autoincompatibles Kaufmann (1975) por lo cual es necesario el transporte de polen de la flor de un árbol a otro, esta actividad es realizada principalmente por insectos del género *Forcipomyia* (Díptera: Ceratopogonidae) el cual es considerado como el más eficiente polinizador en las zonas productoras de cacao Kaufmann (1975), Soria (1980), Hernández (1965), Azahar y Wahi (1984), Winder y Silva (1975), otros géneros como *Dasyhelea*, *Atrichopogon* han sido reportados en Centroamérica Soria (1980).

Estudios similares al presente estudio han evaluado hábitats potenciales dentro de agroecosistemas cacaoteros determinaron la importancia de la hojarasca, mazorcas en descomposición de cacao, vástagos de plátano y plantas retenedoras de agua o phytotelmas como principales refugios de estadios inmaduros de Ceratopogonidos Fish y Soria (1978), Young (1979), Winder (1976) y Brew (1988); otros estudios han establecidos que las poblaciones de Ceratopogonidos fluctúan de acuerdo a variaciones estacionales de temperatura, humedad así como la cobertura arbórea y sombra Young (1982, 1983).

El estudio parte de la comprensión del concepto de hábitat y la complejidad de los sistemas agroforestales tradicionales de cacao. El término hábitat es definido como el área en el cual la combinación de los recursos y las condiciones del medio necesarias

que permiten la ocupación, sobrevivencia y reproducción de los individuos Jhonson (1980) y la complejidad de los sistemas agroforestales tradicionales debido a la estructura y composición del dosel de sombra que los constituyen como un uso de la tierra similar al bosque natural que contribuyen a la conservación de la biodiversidad Rice y Greenberg (2007).

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la contribución de los sustratos orgánicos (hojarasca) aportados por el componente arbóreo de los sistemas agroforestales de cacao en la generación de hábitats más propicios para la permanencia y desarrollo de insectos polinizadores de cacao y sus principales enemigos naturales.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio: La comunidad de Watsi, del Pueblo indígena Bri-Bri, se ubica al suroeste de Costa Rica, en el Cantón de Talamanca, Provincia de Limón, con coordenadas geográficas 9° 37' 26,3" latitud norte y 82° 52' 53,1" longitud oeste. La altitud varía entre 70 y 180 msnm, la precipitación oscila de 2.000 a 5.000 mm anuales, la temperatura media anual es de 25,6 °C, con máximas de 30 °C y mínimas de 20,4 °C, un promedio de 4,5 horas luz/día⁻¹ Suatunce *et al.* (2004).

Selección del área de estudio: El Proyecto Cacao de Centroamérica (PCC) en Costa Rica comprende el Territorio indígena Bri-Bri conformado por las comunidades de Watsi, Shiroles, Amubri, Soki y Namuwoki en el Cantón de Talamanca; para el desarrollo de esta investigación se tomó la información de Avelino y Deheuvels (2008) del estudio caracterización de diferentes dominios agroecológicos para enfermedades, productividad y biodiversidad quienes adelantaron la caracterización florística en 36 parcelas agroforestales con cacao. De acuerdo a los resultados de este estudio se escogieron cinco (5) fincas cacaoteras de la comunidad de Watsi por ser las de mayor abundancia y riqueza de especies forestales y frutales, las características de plantación en cada finca se describe en la tabla 1.

Tabla 1: Características de las fincas de la comunidad de Watsi-Talamaca

	PROPIETARIO	COORDENADAS	ALTITUD (msnm.)	SUPERFICIE (Ha)	ARREGLO CON SURCOS	DIST. ENTRE SURCOS	DIST. ENTRE PLANTAS	FECHA DE ESTABLECIMIENTO	METODO DE PROPAGACION
1	Silverio Servio Morales	N 09° 37' 26,3" W 082° 52' 53,1"	62	5,30	SI	4,20	4,00	1951	Semillas
2	Ana Grisela Jimenez Morales	N 09° 37' 22,8" W 082° 52' 38,3"	82	2,60	NO	variable	variable	1968	Semillas
3	Wilfred Augusto Brown	N 09° 37' 34,3" W 082° 53' 51,1"	77	1,60	SI	2,80	4,00	2001	Semillas
4	Elsa Lopez Lopez	N 09° 37' 30,0" W 082° 53' 58,3"	85	1,60	NO	variable	variable	1973	Plántulas de vivero
5	Augusto Morales Morales	N 09° 37' 55,0" W 082° 53' 05,6"	138	1,50	NO	variable	variable	1992	Semillas

Diseño experimental: Se utilizó un diseño de bloques correspondieron a cinco (5) fincas con sistemas agroforestales; en estas se distribuyeron 8 tratamientos (Tab. 2); la parcela útil se formó con tres (3) submuestras de 0,25 x 0,25 m, para un total de 0,18m² donde se hizo la recolección de hojarasca teniendo en cuenta que cada submuestra se tomó de los lugares de mayor concentración de hojarasca tanto de la especie seleccionada como del cacao y de la interacción maderable/frutal – cacao. Estas submuestras se agruparon para formar una muestra compuesta de cada tratamiento (Fig. 1).

Tabla 2: Tratamientos utilizados para la evaluación de Ceratopogonidos y enemigos naturales

Tratamiento	Descripción (hojarasca)
T1	T. cacao-banano (<i>Musa AAA</i>)
T2	T. cacao-laurel (<i>Cordia alliodora</i>)
T3	T. cacao-mamón chino (<i>Nephelium lappaceum</i>)
T4	T. cacao-guaba (<i>Inga sp</i>)
T5	T. cacao-pejiballe (<i>Bactris gasipaes</i>)
T6	T. cacao-aguacate (<i>Persea americana</i>)
T7	T. cacao-manzana de agua (<i>Syzygium malaccense</i>)
T8 (Testigo)	T. cacao-cacao (<i>Theobroma. cacao</i>)

Sitios de recolección: Los sitios de recolección se hicieron en lugares de interacción entre el cacao y la especie arbórea escogida como tratamiento, teniendo en cuenta que la muestra contenía hojarasca tanto del cacao como del árbol incluyendo frutos, flores y ramas.

Recolección de sustratos: En cada sitio definido se recogió la hojarasca con un marco metálico de 0,25 x 0,25 x 0,03 m; en cada punto se recolectaron dos (2) muestras en forma paralela, una para el conteo de larvas de Ceratopogónidos y sus enemigos naturales y la otra muestra para determinar adultos (Fig. 1). La segunda muestra se llevó a trampas de emergencia para la cría y captura de Ceratopogonidos bajo condiciones controladas, así en total se recolectaron 40 muestras para cría de adultos y 40 para recolección de larvas y enemigos naturales (Fig. 1); este muestreo se realizó dos veces, la primera en el mes de diciembre de 2008 y la segunda en enero de 2009, con esto el total de repeticiones por tratamiento fue de 10.

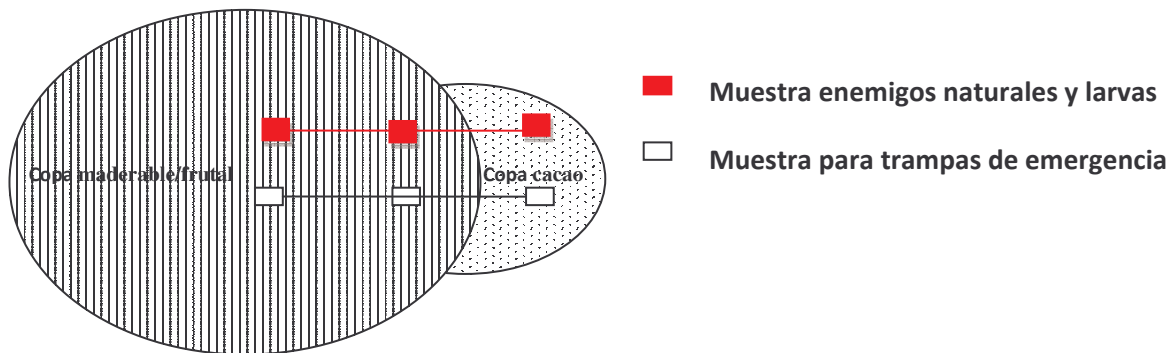


Figura 1. Sitios de recolección de hojarasca en los sistemas agroforestales con cacao

Criterios para recolección de muestras: El radio de dispersión para Ceratopogónidos considerado para el presente estudio es de 9 m de acuerdo con los estudios realizados por Kaufman (1975) y Mossu y Lotodé (1975), por lo cual las condiciones para escoger los puntos de muestreo fueron:

- La distancia entre cada punto de muestreo fue mayor a 18 m para evitar la influencia de otras fuentes de hojarasca.
- La muestra se tomó a una distancia mayor a los 9 m del borde del predio, para evitar efecto de borde.

VARIABLES DE ESTUDIO Y DE RESPUESTA:

- 1. Peso de la muestra húmeda:** cada muestra tomada en campo fue conservada en bolsas de plástico y debidamente etiquetada para luego ser pesada individualmente en el laboratorio de Entomología de CATIE con una balanza de precisión.
- 2. Porcentaje de sombra:** en cada punto de recolección de sustrato se midió la oclusión de la luz utilizando un densiómetro óptico; con estas mediciones determinó el porcentaje de sombra según la fórmula:

$$\% \text{ sombra} = \frac{(\text{PG}) * 1.04}{24} * 100$$

Donde:

PG = promedio de la sombra en las direcciones N, E, S, O

1.04 = constante

24 = número de cuadros contados

- 3. Cantidad de larvas y enemigos naturales:** debido a que esta metodología requiere mucho tiempo para la revisión del sustrato, las muestras recolectadas fueron guardadas en cámara fría a 4 °C con el fin de detener el metabolismo de los insectos y evitar que se descompongan, luego cada muestra fue revisada directamente con el fin de recuperar el mayor número de larvas, así como la presencia de enemigos naturales. El material fue lavado en 4 tamices correspondientes a las mallas número 10, 20, 50 y 100 marca Newark (Fig. 2 A) para separar los organismos de interés de la materia orgánica; los enemigos naturales como son de mayor tamaño se recolectaron principalmente en los tamices número 10 y 20, mientras que las larvas se recolectaron a nivel de los cuatro (4) tamices, para esto se dispersó la muestra que quedó en el tamiz en un recipiente con agua (Fig. 2 B) donde se capturaron las larvas y se identificaron de acuerdo a rasgos morfológicos en microscopio.

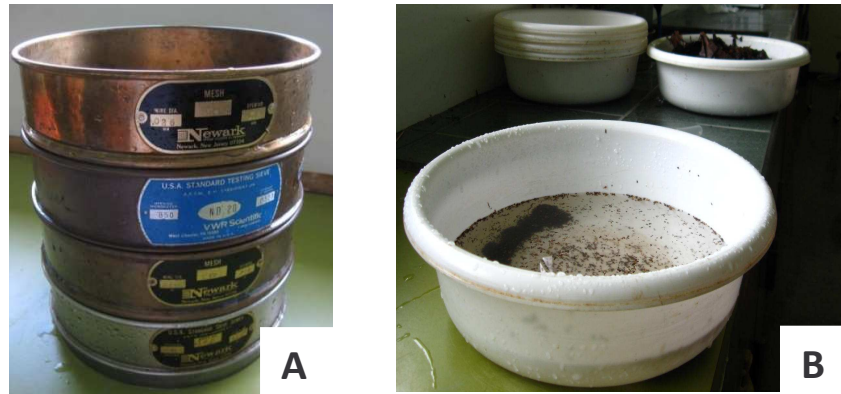


Figura 2: Implementos para la recuperación de larvas y enemigos naturales A) Batería de tamices para la separación de organismos de interés y B) Recipiente de recuperación de larvas.

4. Cantidad de adultos de Ceratopogonidos: Se realizó incubación de insectos y captura bajo condiciones controladas en cajas de emergencia. Los sustratos recolectados fueron pesados inicialmente y mantenidos a peso constante, para lo cual cada dos (2) días eran pesados y se les adicionaba agua destilada equivalente a la pérdida de su peso. Las cajas de plástico (41 x 28 x 16 cm) tenían en la parte superior una abertura de 10 cm de diámetro cubierta con tela de agujero fino color negro para restringir la entrada de luz y mantener la humedad y aireación, también contenían un tubo plástico de 10 cm de largo por 2 cm de diámetro (Fig. 3) dentro de la cual se adicionaron 20 ml de solución de sacarosa al 20% como trampa de atracción y captura. Las evaluaciones se iniciaron una vez que todas las muestras estuvieran montadas en las cajas; las observaciones sobre las trampas de sacarosa se realizaron cada dos días, los especímenes colectados se lavaron con agua destilada y se conservaron en alcohol al 75% para posteriormente identificarlos en con ayuda de un microscopio y claves taxonómicas Borkent (2008).



Figura 3. Cajas de emergencia y captura de Ceratopogonidos.

Análisis estadístico: Se utilizaron pruebas de normalidad de Shapiro Wilks para determinar la distribución de los datos, posteriormente se realizó una prueba no paramétrica de Friedmann para determinar diferencias de las poblaciones entre tratamientos, los datos fueron previamente transformados a rangos. Para determinar las relaciones entre las variables estudiadas se realizó un análisis de ordenación a través del método de componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis previo

Determinación de las poblaciones de Ceratopogonidos y enemigos naturales. El número de individuos de las poblaciones evaluadas por cada tratamiento fue variable. La abundancia de insectos adultos se caracterizó por la ausencia de insectos del género *Dasyhelea* y la baja abundancia del género *Atrichopogon* (2 individuos, 1 en sustrato de *Inga sp* y otro en *Persea americana*). En la evaluación de poblaciones de larvas se encontró ausencia del género *Dasyhelea* y baja abundancia del género *Atrichopogon* (3 individuos, 2 en sustratos de *Inga sp* y 1 en *Theobroma cacao*), el género *Forcipomyia* fue el más abundante tanto en la evaluación de larvas como en insectos adulto estas poblaciones como la de enemigos naturales se distribuyen variablemente entre tratamiento (Tab. 3). Debido a la ausencia del género *Dasyhelea* y baja incidencia de individuos del género *Atrichopogon* solo se tomó en cuenta el género *Forcipomyia*.

Se contabilizaron 1702 larvas, el 4.8 % (82 larvas) correspondieron al género *Forcipomyia*, 0.29 % (3 larvas) al género *Atrichopogon* y el 94 % (1615 larvas) a otros géneros. El número de insectos adultos fue de 2260, el 5.22 % (118 insectos) correspondieron al género *Forcipomyia*, 0.09 % (2 insectos) al género *Atrichopogon* y el 94,69 % (2140 insectos) a otros géneros. Estas proporciones permiten demostrar que las poblaciones de insectos polinizadores de cacao que emergen de los sustratos evaluados son relativamente bajas.

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de las variables evaluadas en cada tratamiento

TRAT	POBLACIONES DE <i>Forcipomyia</i> y OTROS GÈNEROS								ENEMIGOS NATURALES						% SOM		PESO HÚM	
	A FOR		A OTR		L FOR		L OTR		QUILL		DERM		FORM		x̄	DS	x̄	DS
	x̄	DS	x̄	DS	x̄	DS	x̄	DS	x̄	DS	x̄	DS	x̄	DS				
<i>M. AAA</i>	0,7	1,6	9,3	6,2	2,6	3,8	45,9	92,6	0,5	0,8	0,2	0,4	13,0	31,2	85,5	6,8	315,7	105,4
<i>C.alliodora</i>	1,9	2,6	30,8	41,6	1,2	3,2	17,4	12,0	0,7	1,2	0,1	0,3	1,0	1,3	86,1	2,6	389,7	151,5
<i>N.lappaceum</i>	0,4	1,0	14,3	14,4	0,1	0,3	7,7	5,0	0,8	1,5	0,2	0,4	3,0	4,4	84,6	4,1	395,1	103,7
<i>Inga sp</i>	0,8	1,5	16,9	14,6	0,1	0,3	9,0	9,6	0,2	0,4	0,1	0,3	2,6	3,5	82,4	2,0	361,4	153,9
<i>B. gasipaes</i>	1,2	2,1	18,8	14,6	2,1	3,1	19,1	14,3	1,9	3,4	0,2	0,6	20,9	39,3	81,6	6,4	375,0	101,0
<i>P.americana</i>	4,0	8,4	41,2	35,9	0,9	2,2	34,5	64,7	0,3	0,5	0,0	0,0	1,1	1,1	84,0	3,1	307,1	90,0
<i>S.malaccense</i>	2,3	4,1	36,0	41,2	0,5	0,8	13,1	11,4	0,4	0,5	0,0	0,0	2,3	4,3	87,0	2,7	361,1	180,0
<i>T. cacao</i>	0,5	1,0	46,7	58,6	0,7	1,6	14,8	14,0	1,9	1,0	0,2	0,4	0,7	0,8	81,9	5,4	368,7	143,2

A FOR: Adultos del género *Forcipomyia*. A OTR: Adultos de otros géneros, L FOR: Larvas del género *Forcipomyia*, L OTR: Larvas otros géneros, QUILL: Quillópodos, DERM: Demápteros, FORM: Formícidos, % SOM: Porcentaje de sombra, PESO HUM: peso húmedo de la muestra, x̄ : promedio, DS: desviación estándar.

x̄

Prueba de normalidad: mediante la prueba Shapiro Wilks se determinó que las variables número de individuos de Ceratopogonidos y enemigos naturales no tienen una distribución normal (Tab. 4).

Tabla 4. Prueba de normalidad de Shapiro Wilks (p<0.05)

Variable	n	Media	DS	p
<i>A. Forcipomyia</i>	80	1,48	3,64	<0,0001
A. otros géneros	80	26,75	34,26	<0,0001
<i>L. Forcipomyia</i>	80	1,03	2,37	<0,0001
L. otros géneros	80	20,19	41,23	<0,0001
Quillopodos	80	0,65	1,49	<0,0001
Dermàpteros	80	0,13	0,37	<0,0001
Formícidos	80	5,58	18,47	<0,0001

Diferencia de las poblaciones entre tratamientos: Mediante la prueba no paramétrica de Friedmann se determinó que no existen diferencias de abundancia entre tratamientos para las poblaciones de *Adultos de Forcipomyia*. Se detectaron diferencias significativas en las poblaciones de *adultos de otros géneros* (Tab. 5) siendo el tratamiento *Musa AAA* el que menor número de individuos aportó y el tratamiento *Persea americana* el cual generó mayores contribuciones. En las variable *larvas de Forcipomyia* (Tab. 6) y *larvas de otros géneros* (Tab. 7) existen diferencias entre el tratamiento *Nephelium lappaceum* el cual presentó menor número de individuos y *Bactris gasipaes* el cual presentó mayores poblaciones de larvas. En la variable *abundancia de Formicidos* (Tab. 8) existen diferencias entre el tratamiento *Cordia allidora* el cual presentó menor número de individuos y *Bactris gasipaes* el cual realizó mayores aportes a las poblaciones de formicidos.

Tabla 5. Prueba de Friedmann para la variable *adultos otros géneros*

Tratamiento	Suma(Rangos)	Media(Rangos)	n						
<i>Musa AAA</i>	28,00	2,80	10	A					
<i>N. lappaceum</i>	33,50	3,35	10	A	B				
<i>Inga sp</i>	39,00	3,90	10	A	B	C			
<i>B. gasipaes</i>	41,00	4,10	10	A	B	C	D		
<i>C. allidora</i>	49,00	4,90	10		B	C	D	E	
<i>S. malaccense</i>	51,50	5,15	10		B	C	D	E	
<i>T. cacao</i>	56,50	5,65	10			C	D	E	
<i>P. americana</i>	61,50	6,15	10						E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,050$)

Tabla 6. Prueba de Friedmann para la variable *larvas del género Forcipomyia*

Tratamiento	Suma(Rangos)	Media(Rangos)	n						
<i>N. lappaceum</i>	36,50	3,65	10	A					
<i>Inga sp</i>	37,50	3,75	10	A	B				
<i>C. allidora</i>	42,00	4,20	10	A	B	C			
<i>T. cacao</i>	44,00	4,40	10	A	B	C	D		
<i>S. malaccense</i>	44,50	4,45	10	A	B	C	D		
<i>P. americana</i>	44,50	4,45	10	A	B	C	D		
<i>Musa AAA</i>	54,00	5,40	10			C	D		
<i>B. gasipaes</i>	57,00	5,70	10						D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,050$)

Tabla 7. Prueba de Friedmann para la variable *Larvas de otros géneros*

Tratamiento	Suma(Rangos)	Media(Rangos)	n		
<i>N. lappaceum</i>	33,00	3,30	10	A	
<i>Inga sp</i>	37,00	3,70	10	A	B
<i>S. malaccense</i>	42,50	4,25	10	A	B
<i>T. cacao</i>	43,00	4,30	10	A	B
<i>Musa AAA</i>	46,00	4,60	10	A	B
<i>P. americana</i>	49,00	4,90	10	A	B
<i>C. alliodora</i>	54,50	5,45	10	A	B
<i>B. gasipaes</i>	55,00	5,50	10		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,050$)

Tabla 8. Prueba de Friedmann para la variable *abundancia de Formicidos*

Tratamiento	Suma(Rangos)	Media(Rangos)	n			
<i>C. alliodora</i>	34,50	3,45	10	A		
<i>T. cacao</i>	36,00	3,60	10	A	B	
<i>P. americana</i>	41,50	4,15	10	A	B	C
<i>S. malaccense</i>	43,00	4,30	10	A	B	C
<i>Inga sp</i>	46,00	4,60	10	A	B	C
<i>Musa AAA</i>	50,00	5,00	10	A	B	C
<i>N. lappaceum</i>	50,00	5,00	10	A	B	C
<i>B. gasipaes</i>	59,00	5,90	10			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,050$)

Análisis de componentes principales ACP: con los dos primeros componentes (porcentaje de sombra y peso húmedo de la muestra) se explica el 77.72 % de la variación total lo que indica que estas variables son las más determinantes para agrupar los tratamientos (Tab.9).

Tabla 9. Proporción de la varianza explicada por cada componente

Variable	Componente	valores propios	% absoluto	% acumulado
% SOMBRA	1	9,29723	44,27250	44,27250
PESO HÚMEDO	2	7,02519	33,45330	77,72580
ADULTOS FOCIPOMYIA	3	2,76707	13,17650	90,90230
ADULTOS OTROS	4	1,07887	5,13750	96,03980
LARVAS FORCIPOMYIA	5	6,26790	2,98470	96,03980
LARVAS OTROS	6	0,14143	0,67350	99,69800
QUILLOPODOS	7	0,63415	0,30200	100
DERMÁPTEROS	8	0,00000	0,00000	100
FORCMICIDOS	9	0,00000	0,00000	100

Se puede observar que los tratamientos se distribuyen de acuerdo a los dos componentes principales: peso húmedo de la muestra y porcentaje de sombra (Fig. 4). Los tratamientos *Musa AAA* y *Persea americana* presentan los promedios mas altos en el número de larvas y adultos del género *Forcipomyia* (Tab. 3) y por lo cual se agruparon como tratamientos similares, en el análisis de componentes principales, estos sustratos se caracterizan por presentar bajos porcentajes de sombra y pesos húmedos. Por otra parte en el tratamiento con *Nephelium lappaceum* se observó las menores contribuciones de número de individuos de larvas y adultos del género *Forcipomyia*, en el ACP este tratamiento se caracterizó por presentar altos porcentajes de sombra y contenidos de humedad.

Los tratamiento *Syzygium malacense*, *Cordia alliodora* y *Bactris gasipaes* generan contribuciones similares en el número de individuos de larvas e insectos adultos del género *Forcipomyia*, sin embargo en el ACP estos tratamientos difieren por sus características de sombra y peso húmedo.

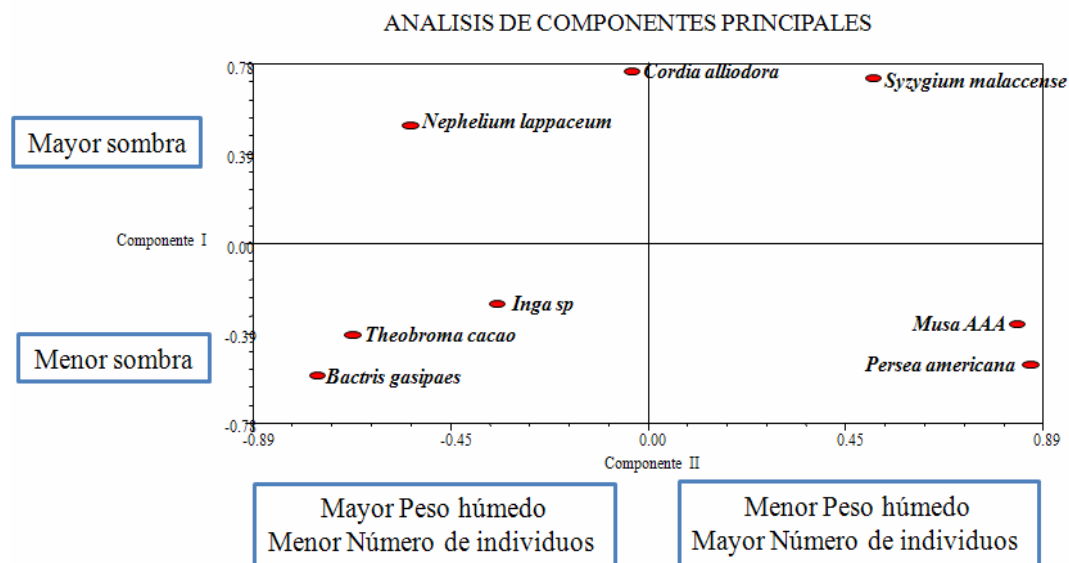


Figura 4. Análisis de componentes principales de las variables y tratamientos estudiados

La hojarasca en descomposición brindada por las principales especies de sombrío genera condiciones favorables para la permanencia y desarrollo de las poblaciones del género *Forcipomyia* principalmente.

Las larvas de Ceratopogonidos tienen una fuerte afinidad por el agua y continuamente se están moviendo a áreas húmedas y saturadas de medios de alimentación Saunders (1924), Zumbado (1999). Las características de humedad en cada sustrato pueden variar de acuerdo a las condiciones de sombra que genera cada especie, *Musa AAA* uno de los mejores tratamiento según este estudio, presenta una copa rala que permite la entrada de mayores cantidades de agua precipitada al sustrato manteniéndolo con humedad apropiada, en épocas de menores precipitaciones la humedad puede mantenerse debido a que las hojas caídas forman microcapas entre si que impiden la fácil evaporación, brindando refugios idóneos para larvas y pupas. Elizondo (1987), menciona que las mosquitas de *Forcipomyia* prefieren como sitios de oviposición musáceas que se descomponen rápidamente ya que contienen hongos y bacterias que sirven como fuentes de alimentación para el instar larval Azahar y Wahi (1984), Soria y Wirth (1975), Kaufmann (1974), Saunders (1924)

El tratamiento *Persea americana* que presenta una copa más amplia y densa se caracteriza por ser caducifolio, esta condición hace que forme una capa uniforme de sustrato en el suelo manteniéndolo con condiciones apropiadas de humedad. Las observaciones realizadas en campo en el momento de muestreo permitieron identificar las condiciones que presentan los anteriores tratamientos.

La especie *Cordia alliodora* se ubica en el estrato superior de sombrío Somarriba y Harvey (2003) por lo cual no se pueden encontrar concentraciones de hojarasca en puntos específicos ya que por acción del viento las hojas tienen una amplia dispersión en el cacaotal, esta característica pudo haber influenciado en que las poblaciones encontradas sean menores en comparación con especies de estratos inferiores que concentran la hojarasca bajo el dosel. La especie *Syzygium malaccense* caracterizada por su copa densa y pequeña que concentra los aportes de hojarasca en capas anchas sobre el suelo manteniendo la humedad del sustrato, característica que pudo haber favorecido a encontrar poblaciones de Ceratopogónidos.

Bactris gasipaes el cual generó aportes similares en número de individuos del género *Forcipomyia* con el tratamiento *Musa AAA*, se puede observar que en el ACP (Fig. 4) es

agrupado con las especies de menores aportes de individuos de *Forcipomyia*, esto puede explicarse ya que genera condiciones favorables para el desarrollo de *Forcipomyia*, pero también se encontraron las mayores poblaciones de enemigos naturales lo cual es una condición negativa para el desarrollo y supervivencia de Ceratopogonidos.

Los tratamientos *Inga sp* y *Nephelium lappaceum* presentaron menor número de individuos de Ceratopogonidos que el tratamiento testigo *Theobroma cacao*. Una similitud que presentan los dos tratamientos es que sus frutos son muy lignificados impidiendo su rápida descomposición y colonización por las larvas.

Debido a lo anterior recomendamos utilizar el método de trampas de emergencia puesto que este considera la posibilidad de que los huevos ovipositados en los sustratos evaluados emerjan el estadio larval y éstas hagan uso de los recursos disponibles en el sustrato, prosigan al estadio de pupa y finalmente en el estado adulto ser capturados por atracción del cebo utilizado mientras que la metodología de conteo directo de larvas presenta algunas desventajas como la dificultad de eliminar las arcillas suspendidas en los sustratos, la alta demanda de tiempo para la revisión minuciosa, el tamaño de la larva y su translucidez que la hace poco visible, no se toman en cuenta huevos y pupas ya que son de difícil reconocimiento, la posibilidad de que los sustratos en estado prolongado de refrigeración pierdan viabilidad para el mantenimiento de larvas, aunque en el presente estudio fue posible encontrar larvas vivas después de que el sustrato permaneció 30 días a 4° C.

CONCLUSIONES

Los sustratos de cacao en combinación con las especies *Musa AAA*, *Persea americana*, *Cordia alliodora*, *Syzygium malaccense* y *Bactris gasipaes* generan condiciones mas favorables para los Ceratopogonidos polinizadores de cacao que el sustrato de cacao solo o en combinación con las especies *Inga sp* y *Nephelium lappaceum*, estas especies además de brindar condiciones favorables para el desarrollo y mantenimiento de las poblaciones de Ceratopogonidos ofrecen beneficios extras como la producción de madera, frutos, leña y otros servicios ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

AVELINO, J. y DEHEUVELS, O. 2008. Caracterización de diferentes dominios agroecológicos para enfermedades, productividad y biodiversidad, proyecto cacao centroamérica (PCC), CATIE-Turrialba Costa Rica, artículo sin publicar.

AZAHAR, I. y WAHI, M. 1984. Pollination of Cocoa in Malaysia: Identification of Taxonomic Composition and Breeding Sites, Ecology and Pollinating Activities, and Seasonal Abundance, Cocoa and coconut Division, MADRID Hilir Perak, Teluk Intan, Perak. The incorporated society of planters. Kuala Lumpur, Malaysia. p. 77-91.

BORKENT, A. 2008. The Ceratopogonidae of Costa Rica. Consultado el 30 de Noviembre de 2008. Disponible en <http://borkent+ceratopogonidae+keys&source=ceratopogonidae%20keys>.

BREW, A. 1988. Cocoa pod husk as a breeding substrate for *Forcipomyia* midges and related species which pollinate cocoa in Ghana. Cocoa Growers` Bulletin. No. 40 p. 40-42.

BYSTRACT, P. y WIRTH, W. 1978. The North American species of *Forcipomyia* subgenus *Euprojoannisia* (Díptera: Ceratopogonidae). U.S. Dept of Agriculture Technical Bulletin No. 1591.

ELIZONDO, J. 1987. Evaluación de 12 diferentes tipos de Musáceas como sitios de crianza para las mosquitas polinizadoras del cacao (*Forcipomyia spp.*) a la sombra y al sol en la Lola, Costa Rica. En Memorias de la 10ª Conferencia internacional de investigación en cacao Santo Domingo. p. 297-301

FISH, D. y SORIA, S. 1978, Water-holding plants (phytotelmata) as larval habitats for Ceratopogonid pollinators of cacao in Bahia, Brazil. Revista Theobroma. 8:133-146.

HERNANDEZ, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Thesis for the degree of doctor of philosophy (Entomology). University of Wisconsin (EUA). 300 p.

JOHNSON, D. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*.61:65–71.

KAUFMANN, T. 1974. Behavioral biology of a cocoa pollinator, *Forcipomyia inornatipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in Ghana. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 47(4):541-548.

KAUFMANN, T. 1975. Studies on the ecology and biology of a cocoa pollinator, *Forcipomyia aquamipennis* I. & M. (Díptera, Ceratopogonidae), in Ghana, Cocoa Research Institute. *Bulletin Entomology Research* No 65, p. 263-268.

KEARNS, C, INOUE, D Y WASER, N. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator Interactions. *Annual review of Ecology and Systematics* 29:83-112.

KLEIN, A, CUNNINGHAM, S, BOS, M y DEWENTER, I. 2008. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. *Ecology*. 89(4):935-943

MOSSU, G. y LOTODÉ, R. 1975. Fecondation, nouaison chez *Theobroma cacao* L. 5th International Cocoa Research Conference, Ibadan, Nigeria, 25 p.

RICE,R y GREENBERG, R. 2007. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29:167–173

SAUNDERS, L.G. 1924. On the life history and the anatomy of the early stages of *Forcipomyia* (Diptera, Nematocera, Ceratopogonidae). *Parasitology* 16:164-213.

SOMARRIBA, E y HARVEY, C. 2003. ¿Cómo integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas*. 10(37-38):12-17

SORIA y WIRTH. 1975. Ciclos de vida dos polinizadores do cacaueiro *Forcipomyia spp.* (Diptera, Ceratopogonidae) e algumas anotações sobre o comportamento das larvas no laboratorio. *Revista Theobroma, CEPEC, Ilbéis, Brasil*. 5(4):3-22.

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

SUATUNCE, P, SOMARRIBA, E, HARVEY, C, FINEGAN, B. 2004, Diversidad de escarabajos estiercoleros en el bosque y en cacaotales con diferente estructura y composición florística en Talamanca, Costa Rica, *Revista Agroforestería en las Américas*, No. 41-42, 37 p.

WINDER, A y SILVA, P. 1975. Current research on insect pollination of cocoa in Bahia. *Proceedings 4 th International Cocoa Research conference, Trinidad and Tobago*, p. 553-565.

WINDER A. 1976. Recent research on insect pollination of cocoa. *Cocoa growers` Bulletin No. 24*, 14 p.

YOUNG, A. 1979. Comparative experimental studies on the distribution and abundance of cocoa-pollinating midges in two cocoa farms in Costa Rica. *Proceedings of the tropical region*. 23:125-132.

YOUNG, A. 1982. Effects of shade cover and availability of midge breeding sites on pollinating midge population and fruit set in two cacao farms. *Journal of Applied Ecology*. 19:47-63.

YOUNG, A. 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*. 20:801-831.

ZUMBADO M. 1999: Dípteros de Costa Rica. Primera edición, San José, Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 84 p.