

Composición temporal de dípteros en un relictto de bosque seco tropical en Huila

Temporal composition of dipterans in a tropical dry forest fragment in Huila (Colombia)

Wilber López-Murcia^{1*}, Jamir Diaz Valderrama², Nathalie Baena-Bejarano^{1,3}

- Recibido: 11/Ene/2023
- Aceptado: 02/Feb/2024
- Publicación en línea: 13/Mar/2024

Citación: Lopez-Murcia W, Diaz J, Baena-Bejarano N. 2024. Composición temporal de dípteros en un relictto de bosque seco tropical en Huila. *Caldasia* 46(3):587-602. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n3.105334>

RESUMEN

El Bosque seco tropical (BST) es uno de los ecosistemas más amenazado a nivel mundial. La mayoría de estudios de artropofauna en BST se han enfocado en órdenes de insectos como Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera, pero pocos han trabajado Diptera, a pesar de ser un grupo hiperdiverso y con varios roles tróficos. Este trabajo aporta una revisión exhaustiva de este orden para un relictto de BST en Colombia, localizado en la Ecoreserva La Tribuna, Neiva, Huila. Se buscó identificar los dípteros de la Ecoreserva, estimar riqueza y abundancia, y analizar índices de recambio de familias. Para esto, se ubicaron trampas Malaise en tres comunidades vegetales (Bosque interno, Chaparral y Lote 2) por cinco meses. Se recolectaron 16 997 individuos en 54 familias, de estas 19 familias se registran por primera vez con distribución en el Huila. Las familias que dominaron la riqueza y abundancia en las tres comunidades vegetales fueron Phoridae, Sciaridae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Sarcophagidae y Tachinidae; donde Phoridae presentó una abundancia de más del 50 % en todas las coberturas. En el análisis entre zonas, la riqueza fue similar entre las comunidades vegetales y la abundancia fue diferente, donde Bosque interno obtuvo la mayor abundancia de dípteros y fue diferente de Lote 2; este mismo patrón se mantuvo en el tiempo. La tasa de recambio muestra que las comunidades de Diptera en la Ecoreserva están sufriendo un cambio constante en la composición de familias, donde queda por entender cuáles factores están detrás de estas dinámicas de recambio.

Palabras clave: Abundancia, Diptera, índice de Recambio Phoridae, Riqueza.

¹ Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. wlopezm@unal.edu.co

² Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

³ Department of Entomology, University of California - Riverside, Kearney Agricultural Research and Extension Center, 9240 S. Riverbend Ave. Parlier, CA, 93648, United States. nathalie.baenabejarano@ucr.edu

* Autor para correspondencia.



ABSTRACT

The Tropical Dry Forest (BST) is one of the most threatened ecosystems in the world. Much of the research characterizing insects in this environment has focused on orders such as Coleoptera, Lepidoptera, and Hymenoptera, but few are studying Diptera, a hyper-diverse group with various trophic levels. This research comprises an exhaustive revision of Diptera for a BST relict in Colombia that is located at the Ecoreserva La Tribuna, Neiva, Huila. We aimed to identify the dipterans of the Ecoreserva, estimate richness and abundance, and analyze turnover rates for families. Malaise traps were set up for five months in three plant communities (Bosque interno, Chaparral, and Lote 2). A total of 16 997 specimens were collected in 54 families. Of the 54 families, 19 were reported for the first time from Huila. The families with dominance of abundance in the three vegetal communities were Phoridae, Sciaridae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Sarcophagidae, and Tachinidae. Phoridae represented more than 50 % abundance in all the sites. Richness was similar across sites. Bosque interno had the highest dipteran abundance of all sites and was significantly greater than Lote 2; this pattern was also found over time. The turnover index shows that the communities of Diptera in the Ecoreserva are in a constant process of change in their composition and it remains to be understood what factors are driving this turnover dynamic.

Keywords: Abundance, Diptera, Phoridae, Richness, Turnover index.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas secos cubren más de la mitad del área total de los trópicos, y a pesar de su cobertura y extensión original actualmente son de los ecosistemas más amenazados del neotrópico (Miles *et al.* 2006). Sólo en Colombia queda el 8 % del área original de bosques secos y de estos sólo el 5 % se encuentra en áreas protegidas bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas “SINAP” (Ariza *et al.* 2014, Pizano *et al.* 2017), en comparación con los bosques húmedos tropicales es uno de los ecosistemas que menos ha recibido atención por parte de los científicos (García y González c2019). Según Ariza *et al.* (2014), en el Huila queda una extensión de 9 015 hectáreas (Ha) de Bosque Seco Tropical (BST), lo cual representa un 0,8 % de este tipo de bosque en el país. Entre las principales amenazas registradas para este ecosistema se encuentran procesos de deforestación, incremento del área en la ganadería, la agricultura, minería, entre otros (Ariza *et al.* 2014).

En Colombia se han realizado grandes esfuerzos por conocer el BST, de los cuales han resultado diversos estudios sobre la taxonomía y la ecología de insectos enfocándose principalmente en hormigas, coleópteros coprófagos y mariposas (Ariza *et al.* 2014, Olascuaga-Vargas *et al.* 2015, Hernández-Jaramillo *et al.* 2018, Herazo *et al.* 2021,

Ibáñez-Bernal y Sandoval-Ruiz 2021), pero otros grupos de insectos de gran abundancia y diversidad requieren mayor exploración como las moscas y zancudos en el orden Diptera.

Dentro del grupo de los artrópodos, Diptera comprende alrededor de 120 000 especies, donde en la región neotropical encontramos 24 000 especies descritas (Rojas-Sandino *et al.* 2018, Eggleton 2020), es el cuarto orden de insectos más diverso luego de Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera. Algunas de sus especies cuentan con gran interés médico y forense donde estas especies a excepción del resto han sido ampliamente estudiadas (Brown *et al.* 2009). Diptera posee una gran variedad morfológica y funcional, cumpliendo roles entre los que se encuentran descomponedores, polinizadores, predadores, parásitos, y parasitoides (Keiper *et al.* 2002, Delgado y Sáenz 2011, Ibáñez-Bernal y Sandoval-Ruiz 2021). Los estudios de dípteros para este tipo de ecosistemas en Colombia y en el Neotrópico han incluido por ejemplo a la familia Sphaeroceridae tratando sus aspectos ecológicos (Medina-Chavarría *et al.* 2017); Sarcophagidae sobre los efectos crónicos de los disturbios antropogénicos (Mello-Patíu 2016, Barbosa *et al.* 2021), Streblidae sobre registros de especies en un fragmento de bosque seco tropical (Ascuntar-Osnas et

al. 2020); y Muscidae sobre los aspectos sinantrópicos y ecológicos (Uribe et al. 2010, Barbosa y Vasconcelos 2018).

En este trabajo se buscó caracterizar las familias de dípteros de la Ecoreserva La Tribuna localizada en un relictio de Bosque Seco Tropical en el Huila, comparar la riqueza y abundancia de la comunidad de dípteros en tres comunidades vegetales en función de variables ambientales y estimar el recambio temporal de familias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La recolección de individuos adultos se llevó a cabo en la Ecoreserva La Tribuna, ubicada en las veredas Tamarindo y San Francisco a 26 Km de Neiva, Huila (Tabla 1), en el costado oriental de la cordillera oriental sobre el margen del río Magdalena. Dueñas y Rosero (2019) registran cotas mínimas de 480 m y máximas de 800 m con un clima bimodal, presentando estacionalidad marcada de lluvias con varios meses de sequía, temperaturas superiores a 25°C y dominado por árboles deciduos (pierden sus hojas durante época seca) (Tabla 1, Anexo 1), lo que lo clasifica como un BST. En los eventos de muestreo se registraron alturas de hasta 846 msnm aumentando levemente este rango registrado en literatura. La Ecoreserva cuenta con un área de 128 Ha, compuesto por bosque secundario, matorrales altos y bajos, pastizales, además de una infraestructura petrolera (Dueñas y Rosero 2019). Estas 128 Ha corresponden a la cobertura inicial de la Ecoreserva, pero no incluye zonas aledañas conocidas como Lote 2 y La Virginia, estas zonas están en proceso de ser anexadas a los predios de la Ecoreserva, y se incluyeron en el muestreo (Fig. 1)

Recolección de muestras

Se realizó un muestreo entre mayo y septiembre, que inició el 5 de mayo de 2021 y finalizó el 29 de septiembre de 2021. Dentro de la Ecoreserva se instalaron tres trampas Malaise, distribuidas entre el Bosque interno (Parcela nueve), bosque del Chaparral (Parcela uno) y Lote 2 (Parcela seis, Fig. 1), correspondientes a tres comunidades vegetales. Cada comunidad se caracteriza por compartir especies similares, pero con diferentes abundancias. Las más representativas son del tipo arbustivo como: *Curatella americana* Linneo. 1759, *Xylopia aromatic* (Lam.) Mart. 1841, *Maprounea guianensis* Guiane. 1775, *Hirteilla Racemosa* Prance. 1972 (Laura Pabón, comunicación personal, 10 Jun 2022; Tabla 1). El Bosque interno como el bosque de chaparral hacen parte del área inicial de la Ecoreserva con más de 25 años en restauración y Lote 2 es el área iniciando proceso de adición a la Ecoreserva. El convenio Fibras fue un esfuerzo en La Tribuna que buscó generar información de la biodiversidad incluyendo temporalidad e información genética, con la interacción de estudiantes y residentes de la región. Los estudiantes desarrollaron estudios en diferentes grupos biológicos, en donde las trampas Malaise fueron montadas por la línea de botánica del proyecto Fibras.

Las muestras de las trampas Malaise se recolectaron semanalmente y se hicieron conteos de individuos por familias recolectadas, para un total de 21 semanas y 63 muestras; se excluyeron de los análisis las semanas doce y trece debido a pérdida del material en Chaparral y Bosque interno respectivamente, pero se incluyeron para el listado de familias de la Ecoreserva. El frasco recolector de 500 ml se cambió cada miércoles de la semana, llenando ¾ del frasco con etanol al 96 %.

Tabla 1. Ubicación de las zonas donde se instalaron trampas Malaise para recolección de dípteros por cinco meses, y las especies vegetales con mayor abundancia para cada lugar. Las parcelas registradas corresponden al montaje realizado por el equipo de plantas que trabaja en la Ecoreserva.

| Vereda | Zona | Coordinadas | Parcela | Altura | Especie arbustiva dominante en cada comunidad vegetal L. Pabón, Comunicación personal, 10 Junio del 2022 |
|---------------|----------------|------------------------------|---------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tamarindo | Chaparral | 03°04'02,4"N 75°22'6,7"W | 1 | 544 | <i>Curatella americana</i> Loefl (1759), domina el 67,9 % |
| San Francisco | Lote 2 | 03°04'2,9"N 75°23'2,97"W | 6 | 846 | <i>Maprounea guianensis</i> Guiane (1775), domina el 41,1 % |
| Tamarindo | Bosque interno | 03°03'51,0"N 75°22'23,1"W | 9 | 545 | <i>Xylopia aromatic</i> Bras (1841), domina el 30,0 % de la zona |

Todas las muestras recolectadas se preservaron en alcohol al 96 % y a -20°C para futuros estudios de extracción de ADN.

Preparación e identificación de ejemplares

La Ecoreserva cuenta con un equipo de biomonitoros, personas de la comunidad que fueron entrenadas durante el inicio de este proyecto para el procesamiento de ejemplares *in situ*. Los biomonitoros realizaron la separación de los ejemplares a orden, en algunos a familia y conteo preliminar de individuos. El material se recibió y procesó en el Laboratorio de Ecología de la Sede Venado del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) en Bogotá. Cuando fue necesario, se continuó el proceso de identificación de dípteros hasta familia. Se usaron las claves taxonómicas

de Marshall *et al.* (2017) y Brown *et al.* (2009). Se usó un estereoscopio de la marca Zeiss modelo 580 para las determinaciones taxonómicas.

Revisión de distribución geográfica de Diptera para el Huila

Para complementar los registros de familias de dípteros de la Ecoreserva, se revisaron ejemplares provenientes de otros muestreos como jameo (red entomológica), trampas van Someren-Rydon, y trampas de cebo. Los individuos recolectados en van Someren-Rydon fueron suministrados por Rendón (2023) de la línea Lepidoptera, quien uso cebo de fruta fermentada (piña, banano y cerveza) y pescaido de río podrido. Los de jameo fueron suministrados por el equipo de entomología-Hemíptera del proyecto Fibras,

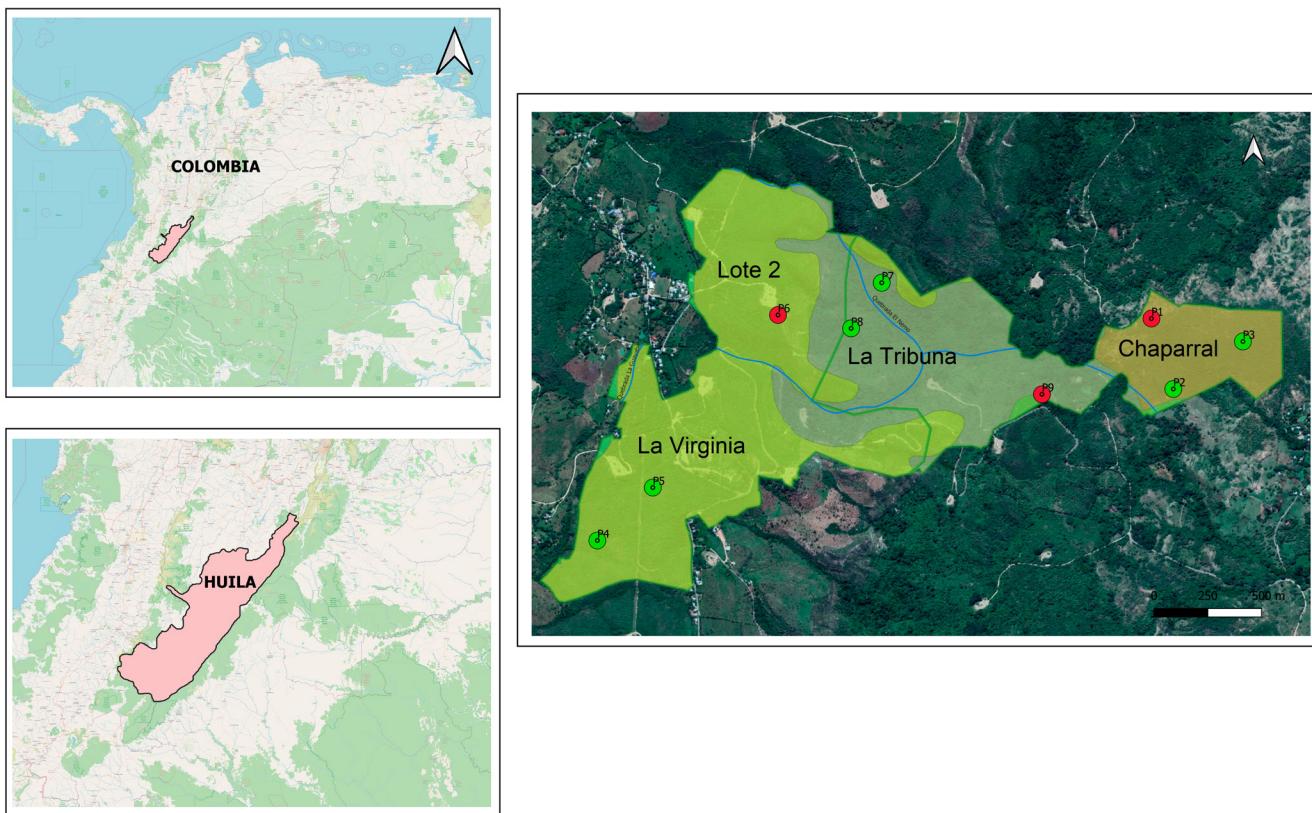


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio de la Ecoreserva La Tribuna (Colombia, Huila) con zonas aledañas conocidas como Lote 2 y La Virginia. Los puntos corresponden a ubicaciones de las parcelas del equipo de plantas, en rojo ubicación de parcelas 1 (P1), 6 (P6) y 9 (P9) donde se instalaron trampas Malaise para la caracterización temporal de dípteros por cinco meses. Área sombreada denominada como Tribuna corresponde al bosque interno. Imagen de la ecoreserva suministrada por el equipo Fibras-IAvH 2022 y las imágenes del mapa de Colombia y el departamento del Huila obtenido de Google maps.

quienes realizaron jameos en la mañana y en la tarde en las nueve parcelas disponibles de la Ecoreserva (Fig. 1). Para las trampas de cebo, instaladas en los mismos cuadrantes de las Malaise (Tabla 1), se utilizaron necrotrampas (hígado de pollo), coprotrampas (estiércol humano) y carpotrapas (banano y piña). Los cebos fueron montados la última semana de cada mes, recogiendo los individuos al cuarto día de la implementación de la trampa. De los individuos recolectados en estas trampas, se seleccionaron los ejemplares de familias y/o morfoespecies no presentes en Malaise. Por otro lado, el equipo de mastozoología del IAvH realizó capturas murciélagos en la ecoreserva, donde los dípteros parásitos encontrados en estos organismos fueron cedidos para esta investigación.

Para entregar un listado completo de las familias de dípteros de la Ecoreserva La Tribuna e identificar potenciales nuevos registros para la Ecoreserva, el Huila y Colombia se hicieron búsquedas en línea de los registros de familias de Diptera para el Huila y el país. La revisión se extendió a las plataformas GBIF (<https://www.gbif.org/es/>) y SIB (<https://biodiversidad.co>) Colombia, en Google y Google Scholar se hicieron búsquedas de publicaciones y catálogos de dípteros para el Huila y Colombia. Se revisaron repositorios en línea de las colecciones entomológicas de la Universidad de Antioquia (Wolff et al. 2023), Universidad Nacional de Colombia (Mesa Cobo et al. 2023), Universidad del Valle y Universidad del Tolima (Sánchez et al. 2022). Las palabras clave usadas en la búsqueda fueron: Diptera + Colombia, familia taxonómica + Colombia, fa-

milia taxonómica + Huila, Colección de entomología + Nombre de la Universidad + Colombia, Colecciones zoológicas + Colombia + Diptera.

Datos climáticos

Se usaron datos de temperatura y humedad relativa recolectados por la estación climatológica de la Ecoreserva que se encuentra al lado del mariposario, cercano al Bosque interno. Esta estación meteorológica tomó 190 registros diarios de variables como temperatura, humedad, velocidad del viento, e índice ultravioleta. Los 190 registros se tomaron en intervalos de seis minutos. Se obtuvo un valor promedio diario a partir de los 190 registros, y luego se promedió dichos valores para obtener un valor semanal para dichas variables ambientales (Anexo 1). Se instalaron dos datalogger USB Extech a partir de julio, uno en Chaparral (Parcela uno) y otro en Lote 2 (Parcela seis). Los datalogger hicieron registros de temperatura y humedad con los que se calcularon los promedios semanales para dichas parcelas.

Análisis estadísticos

El análisis descriptivo se hizo hasta el nivel de familia con el programa PAST 4.03 (Hammer et al. 2001). Para evaluar la riqueza y la abundancia entre las tres comunidades vegetales se aplicaron análisis no paramétricos Kruskal-Wallis, y el post hoc Dunn's. Para los análisis de riqueza y abundancia se realizaron transformaciones de datos con la ecuación $\sqrt{x+0,5}$ (Uribe 2013), donde x representa la

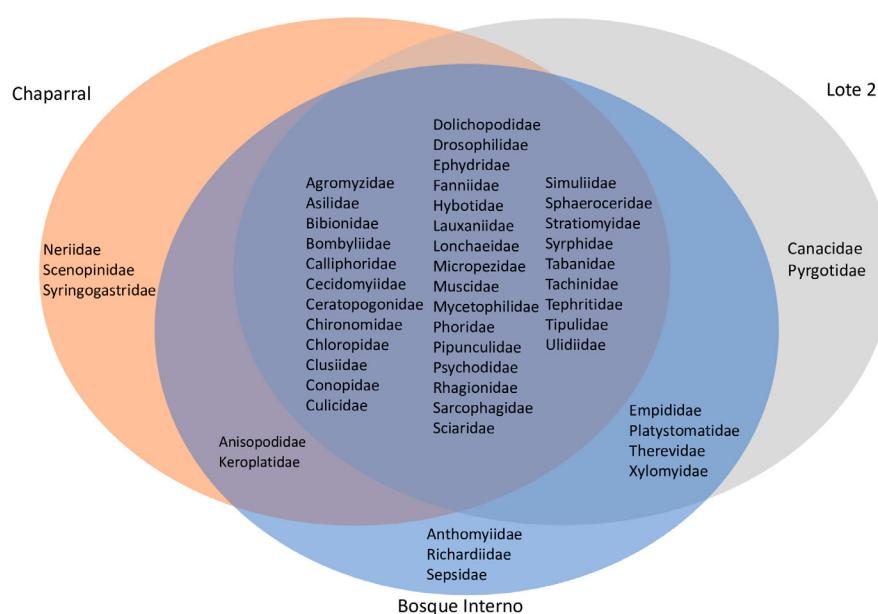


Figura 2. Diagrama de Venn de las 51 familias capturadas en trampas Malaise en la Ecoreserva. Se agrupan por coberturas vegetales y se muestran las familias compartidas y las familias únicas.

variable para la abundancia registrada y se evaluaron los supuestos con la prueba de Levene's.

Se realizó una correlación de Pearson con la temperatura y la humedad por parcelas para determinar si los factores climáticos tienen relación con la abundancia registrada en las recolecciones de trampas Malaise. Las relaciones fuerte, moderada y leve se definieron siguiendo la interpretación de coeficientes de correlación de Chan Yh (Akoglu 2018).

Se hizo una exploración de la composición de dípteros entre parcelas con los datos de abundancia, para esto se realizó un análisis de escalamiento multidimensional nométrico (Nonmetric multidimensional Scaling, MDS) con índice de similaridad de Bray-Curtis. Este método es un exploratorio de reducción de datos en los cuales utiliza un algoritmo iterativo que toma los datos multidimensionales de una matriz y genera agrupaciones entre los datos. Las agrupaciones de la composición de dípteros se pusieron a prueba con un análisis de similitud (Anosim de una vía). Se realizó una permutación 10 000 para determinar las diferencias estadísticas con un nivel de significancia de $p<0,05$ (Lugo *et al.* c2013). Tanto el MDS como el Anosim se realizaron usando las distancias de Bray-Curtis, en el paquete PAST 4,03 (Hammer *et al.* 2001).

Para evaluar el cambio en la composición de familias a lo largo del tiempo para cada comunidad vegetal, se calcu-

laron tres tasas de recambio (Turnover): Tasa de recambio total (total turnover), tasa de inmigración (aparición) y tasa de emigración (desaparición) (Xu *et al.* 2019). Estas tasas se han empleado en el estudio de la composición de especies (Xu *et al.* 2019), aquí modificamos la ecuación para el uso de familias; donde se cambió la unidad taxonómica a familia por ser la categoría en la que se tuvo la mayor cobertura de identificación de ejemplares. Entonces, el índice de recambio total fue la proporción de familias ganadas y perdidas con respecto al total de familias observadas, mientras que la tasa de inmigración y emigración representa las familias ganadas y perdidas durante los intervalos de tiempo respectivamente. Las tres tasas se obtuvieron en el programa R studio (RStudio Team c2020) usando los paquetes ggplot2 (Wickham c2016), codyn (Buelow c2021) y ggpubr (Kassambara c2021).

$$\text{Total Turnover} = \frac{\Delta \text{familias ganadas} + \Delta \text{familias perdidas}}{\text{Total de familias presentadas en un intervalo de tiempo}}$$

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de dípteros

Se revisaron un total de 16 997 individuos provenientes entre trampas Malaise, trampas adicionales (Cebo, van Someren), jameo y parásitos de murciélagos. Las trampas Malaise registraron un total de 16 913 en las tres coberturas vegetales, los cuales se clasificaron en 51 familias (Fig.

Tabla 2. Análisis no paramétrico Kruskal-Wallis y Dunn para la riqueza y abundancia. Análisis multivariante Anosim: Se usó el índice de Bray curtis para determinar los índices de similaridad. Asterisco *denota diferencias significativas.

| Prueba estadística | | Estadístico | Valor P | R | Permutación |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------|------|-------------|
| Prueba de Levene | | F=1,38 | 0,25 | - | - |
| Kruskal Wallis | Comunidades vegetales | F=6,3 | 0,03* | - | - |
| | Bosque interno x Chaparral | - | 0,68 | - | - |
| Prueba de Dunn | Bosque interno x Lote 2 | - | 0,03* | - | - |
| Abundancia | Chaparral x Lote 2 | - | 0,52 | - | - |
| Anosim con índice de Bray curtis | Coberturas | - | 0,04* | 0,26 | N:10 000 |
| | Bosque interno x Chaparral | - | 0,07 | - | - |
| | Bosque interno x Lote 2 | - | 0,03* | - | - |
| | Chaparral x Lote 2 | - | 0,65 | - | - |
| Riqueza | Prueba de Levene | F=0,6 | 0,5 | - | - |
| | Kruskal Wallis | Comunidades vegetales | F=1,0 | 0,6 | - |

2, Anexo 2). En la zona del Bosque interno se obtuvieron 8 114 individuos en 45 familias, en Chaparral fueron 4 799 en 42 familias y en el Lote 2 fueron 4 000 en 42 familias (Anexo 2, Figs. 2 y 3). No hubo diferencias estadísticas en la riqueza ($K-W$, $F=1,0$, $p=0,60$) entre las tres parcelas. Se encontraron diferencias significativas para la abundancia ($K-W$, $F=6,3$, $p=0,03$); donde el Bosque interno y Lote 2 fueron diferentes (Dunn's, $p=0,03$), pero entre Bosque interno x Chaparral y Chaparral x Lote 2 no se encontraron diferencias ($p>0,05$) (Tabla 2).

El Bosque interno presentó variaciones en la riqueza y la abundancia a nivel temporal (Fig. 3a). Al comparar la riqueza, se encontró que las tres coberturas vegetales comparten 37 familias (Anexo 2, Fig. 2). Las familias Anisopodidae y Keroplatidae se registraron entre Bosque interno y Chaparral; mientras que Empididae, Platystomatidae, Therevidae y Xylomyidae se registraron tanto en Bosque interno como en Lote 2 (Fig. 2). Cada una de las tres coberturas vegetales registraron familias únicas: Anthomyiidae, Richardiidae y Sepsidae (Bosque interno), Neriidae, Scenopinidae y Syringogastridae (Chaparral), y Canacidae y Pyrgotidae (Lote 2).

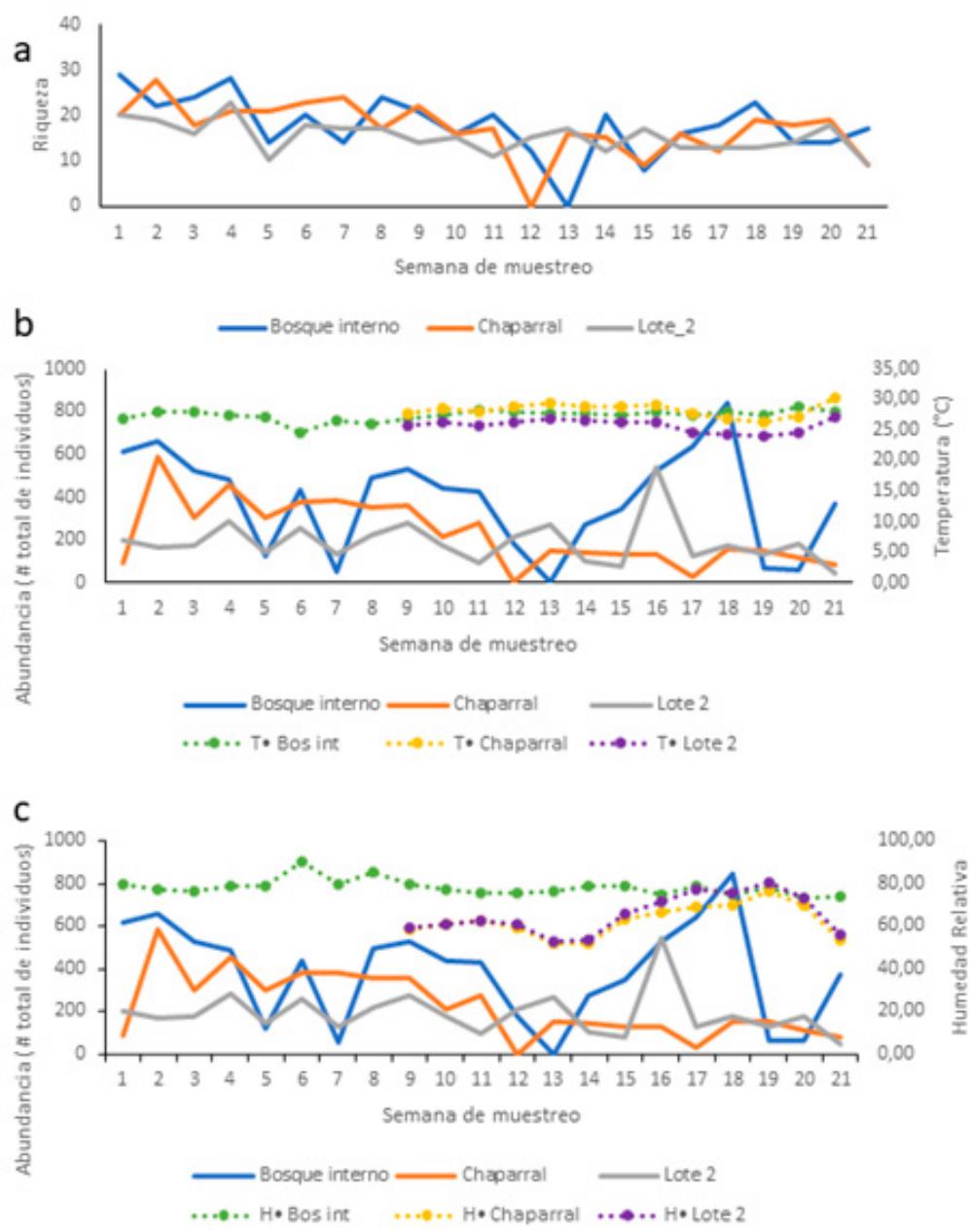


Figura 3. Registros de abundancia, riqueza y datos climáticos en las tres coberturas vegetales de la Ecoreserva La Tribuna: Bosque Interno, Chaparral y Lote 2. Las semanas doce (21-28 jul 2021, Chaparral) y trece (28 jul a 4 ago 2021, Bosque interno) son datos faltantes y fueron excluidas de los análisis. Bosque interno: Bos. int. **a.** Riqueza de familias de dípteros por semana. **b.** Abundancia y temperatura promedio semanal ($T \bullet$). **c.** Abundancia y humedad relativa ($H \bullet$).

Dentro de las tres coberturas vegetales, Bosque interno tuvo los valores más altos de abundancia entre las tres comunidades vegetales, pero a nivel temporal sólo catorce semanas, de las 21 semanas de muestreo, registró los valores más altos entre las tres zonas (Fig. 3b), donde se encontraron valores de recolecta mínimos de 51 y máximos de 833 individuos para las familias. Chaparral tuvo dos picos en las semanas cinco y siete, presentó mínimos de 31 y máximos de 589 individuos. Lote 2 registro dos picos (semanas 16 y 20) con un mínimo 42 y máximo de 546 (Fig. 3b). Las cinco familias con los valores porcentuales más altos para cada comunidad vegetal se listan a continuación (Fig. 4a). Bosque interno, Phoridae con un 71,0 % y 5 750 individuos, seguido por Sciaridae con 5,3 % y 428 individuos, Cecidomyiidae con 2,8 % y con 230 individuos, Sarcophagidae con 2,8 % y 229 individuos y Ceratopogonidae 2,7 %, y con 222 individuos (Tabla 3, Fig. 4b). Para Chaparral encontramos que está dominado por la familia Phoridae con un 57,5 % y 2722 individuos, Sciaridae con 9,0 % y 425 individuos, Ceratopogonidae 4,7 % con 243 individuos, Cecidomyiidae 4,0 % y 195 individuos, por último, Sarcophagidae 3,9 % con 175 individuos (Tabla 3, Fig. 4c). Lote 2 está dominado por Phoridae con 53,7 %

y 2118 individuos, Cecidomyiidae 11,1 % y 438 individuos, Sciaridae 7,7 % con 305 individuos, Ceratopogonidae con 6,2 % con 246 y por último Sarcophagidae con 4,6 % y con 183 individuos (Tabla 3, Fig. 4d, Anexo 2).

Análisis de la composición de dípteros

A nivel temporal, la exploración de los datos en ejes produjo un modelo de agrupación de las tres coberturas en función de variables sintéticas (prueba MDS 2D Stress= 0,084, índice de similaridad= Bray-Curtis, Fig. 5). Se encontraron diferencias en la composición de familias entre coberturas (Anosim, índice de similaridad= Bray-Curtis, $P=0,036$, $R=0,26$, permutación $N=10\ 000$, Tabla 2). Bosque interno es diferente de Lote 2 (Anosim $P=0,04$), pero no se encontraron diferencias entre Bosque interno con Chaparral o entre Chaparral y Lote 2 (Tabla 2).

Recambio de familias en las tres coberturas

Se realizó un análisis de recambio de familias para las tres coberturas vegetales, que permite entender la dinámica mensual de los dípteros y la ganancia o pérdida de familias (Fig. 6). Lote 2 tuvo la tasa de recambio total más alta (0,34-0,49), seguido por Chaparral (0,23-0,40) y Bosque

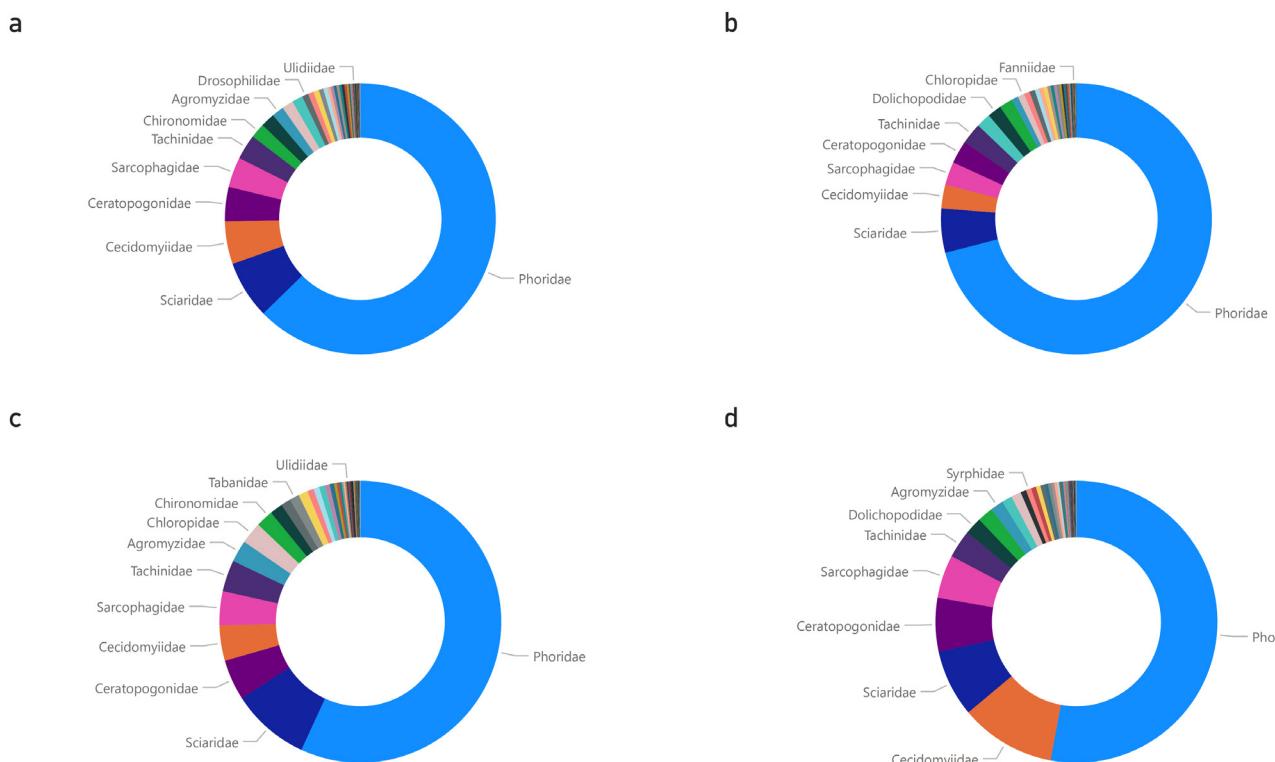


Figura 4. Representación gráfica de anillos para la abundancia por familias en la Ecoreserva La Tribuna, Huila. **a.** Datos globales de la ecoreserva, **b.** Bosque interno, **c.** Chaparral, **d.** Lote 2. El área dentro de la figura de la proyección solar es proporcional a la abundancia de cada familia.

Interno (0,12-0,32). Las tasas de aparición y desaparición variaron entre 0,02 y 0,37 para los sitios (Fig. 6).

Factores Climáticos

Al examinar los factores ambientales de temperatura y humedad con la abundancia registrada en cada semana de muestreo (Fig. 3), mediante la correlación de Pearson, se determinó que la temperatura tiene correlación muy fuerte con el Bosque interno ($p = 0,82$) y Lote 2 ($p = 0,80$) y una correlación moderada con Chaparral ($p = 0,63$). En torno a la humedad, la correlación fue moderada en Lote 2 ($p = 0,72$), seguido por Bosque interno siendo leve ($p = 0,59$) y Chaparral fue leve ($p = 0,55$).

Registros de Diptera en el Huila

Al hacer una revisión de registros de distribución de las familias de Diptera, se encontró que 19 de las 54 familias presentes en la Ecoreserva La Tribuna corresponden a nuevos registros para el Huila, ampliando su rango de distribución (Anexo 3). Del total, 51 familias fueron capturadas en las trampas Malaise. Las familias Hippoboscidae y Streblidae, corresponden a captura manual en murciélagos, y la familia Ropalomeridae corresponde a captura de cebo de fruta (Anexo 3).

DISCUSIÓN

Caracterización de la Ecoreserva La Tribuna

En este estudio detallado de las familias de Diptera se lograron identificar 54 familias, de las cuales 19 corresponden a los primeros registros en el Huila ampliando la distribución conocida de estos grupos en el país (Anexo 3). Además, se ahonda en el conocimiento de la diversidad de Diptera en BST. La gran mayoría de los ejemplares y 94 % de las familias identificadas fueron recolectadas en trampas Malaise en un periodo de cinco meses, lo que permitió la captura de grandes cantidades de individuos ($>16\ 000$ individuos, Anexo 2). Este tipo de trampa es ideal para la captura de insectos voladores y efectiva en la captura de moscas y mosquitos (Brown 2005, Cultid *et al.* c2007). Sin embargo, son escasos los trabajos que proveen la composición de dípteros capturados con trampas Malaise en el Neotrópico (Brown 2005) y Colombia no es la excepción, resaltando los trabajos de Uribe *et al.* (2010), Perez y Wolff (2011), Medina-Chavarria *et al.* (2017), Ascuntar-Osnas *et al.* 2020, Ángelet *et al.* (2021) y Ramos-Pastrana *et al.* (2022). En otros estudios se han registrado hasta 73 familias de Diptera ($>52\ 000$ individuos) con dos trampas Malaise ubicadas en un Bosque Nublado Tropical en Cos-

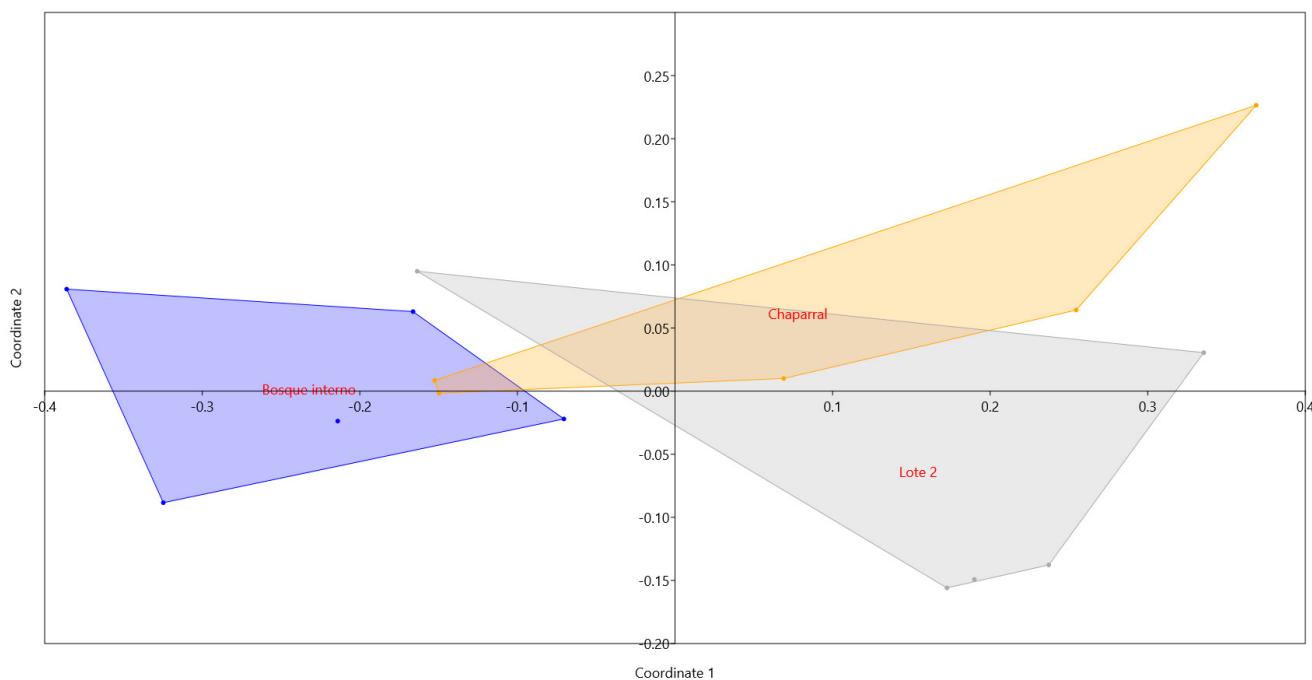


Figura 5. Modelo multivariante MDS bidimensional. Se crearon variables sintéticas por medio de una transformación lineal. El valor de similitud de 81,16 % explica las tres primeras variables sintéticas agrupaciones para las zonas. Morado: Bosque interno; amarillo: Chaparral; gris: Lote 2.

ta Rica en un periodo de un año (Brown *et al.* 2018). La captura y preservación de los dípteros en la Ecoreserva La Tribuna representa una oportunidad única para futuros estudios del Bosque Seco Tropical, y para áreas en proceso de restauración, siendo uno de los primeros trabajos donde se aborda de forma exhaustiva la composición de familias de Diptera y el estudio de la dinámica temporal en BST en Colombia.

La diversidad de dípteros puede ser una herramienta importante para entender el grado de conservación del BST. Santos *et al.* (2015) y Zamora *et al.* (2015) encontraron que la comunidad del género *Aedes* Meigen, 1818 en BST se ve influenciada por la perturbación antropogénica, además, de estar correlacionado con el incremento de enfermedades asociadas a *Plasmodium* por procesos de deforestación (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa 2010, Santos *et al.* 2015). Otros ejemplos de cómo la diversidad de dípteros puede indicar el estado del BST incluyen Travi *et al.* (1996) que estudiaron el impacto de la degradación de hábitat en la fauna de flebótomos, subfamilia de la familia Psychodidae, para el BST del Norte de Colombia. Los autores encontraron que la degradación de estos bosques influye en el aumento de su abundancia. En la Familia Sarcophagidae de un BST del Norte de Brasil se ha encontrado que la perturbación antropogénica influye en la comunidad de forma que se reduce la diversidad de especies especialistas en comparación con las especies generalistas, que logran vivir en las zonas antropogénicas perturbadas (Barbosa *et al.* 2021).

Abundancia y riqueza

La abundancia de dípteros en la Ecoreserva no es homogénea. Al examinar las tres coberturas seleccionadas se encontró que el Bosque interno es la zona que alberga la mayor abundancia (Fig. 3a y Fig. 4a, Tabla 4). El Bosque Interno en su abundancia es diferente de Lote 2 (Tabla 2), pero no se encontraron diferencias con Chaparral, o entre Chaparral y Lote 2 (Tabla 2). El Bosque interno cuenta con el mayor número de especies vegetales que las otras zonas a partir de la información suministrada por Laura Pabón (Tabla 1). Por lo tanto, es posible que la presencia de más especies vegetales esté influyendo en que sea el lugar con la mayor abundancia de dípteros. Aún hay gran desconocimiento sobre los efectos de la diversidad de plantas sobre los dípteros (Allgood *et al.* 2009), pero lo que se ha encontrado es que el tipo de cobertura vegetal (Scherber *et al.* 2014), la abundancia (Menéndez 2006), y el estado

de preservación del ecosistema son factores que influyen en la abundancia de las familias y/o taxones presentes en ese ecosistema (Courtney *et al.* 2017). Cada cobertura vegetal ofrece recursos, microclimas y microambientes que permiten que ciertos taxones incrementen su abundancia. Por esto es necesario en futuros estudios determinar cómo la estructura de la comunidad de plantas influye sobre las comunidades de dípteros.

En términos de riqueza, con las trampas Malaise se reportó un total de 51 familias para las tres comunidades vegetales. La riqueza no tuvo diferencias estadísticas entre coberturas, de hecho, el 70 % de las familias recolectadas se encuentra en las tres comunidades vegetales. La familia más abundante en todas las coberturas fue Phoridae, que representó un 62,6 % del total de muestras. Las otras familias más abundantes fueron Sciaridae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae y Sarcophagidae (Fig. 3a, Tabla 3). Troya *et al.* (2016) y Escribano-Ávila (2016) y Rodríguez-Rodríguez *et al.* (c2005) en un muestreo para cuatro localidades diferentes dentro de remanentes de BST, encontraron que las familias más dominantes fueron Cecidomyiidae, Phoridae, Sarcophagidae y Sciaridae, representando más de la mitad de las moscas recolectadas, muy similar a las familias recolectadas en este trabajo y que dominaron las tres zonas; con excepción de Ceratopogonidae, familia que no se encontró en el trabajo de Troya *et al.* (2016). Borkent *et al.* (2018) encontraron que en un Bosque Nublado Tropical la familia Phoridae fue la más hiper-abundante y estimaron que revisaron más de 50 000 ejemplares, resultados similares a nuestra investigación.

Los Phoridae, presentan una amplia distribución mundial, siendo la región Neotropical la más rica en especies, y encontrándose entre las familias biológicamente más diversas de este orden (Uribe 2013, García 2017). Es posible que su abundancia muy por encima de Sciaridae, Sarcophagidae, Cecidomyiidae sea debido a su gran versatilidad y a la amplia cobertura de grupos funcionales tanto en adultos como larvas (Disney c1994, Fadamiro y Chen 2005). Phoridae alcanzó la máxima abundancia en Bosque interno con un 71,0 %. Este bosque a comparación de las otras coberturas cuenta con menor dominancia de una sola especie vegetal como: *X. aromatica* en un 30,0 % y *C. americana* con 17,5 %. La variedad de especies vegetales que se encuentran en esta zona puede influir en la supervivencia y reproducción de esta familia al proveer recursos de alimentación o indirectamente al ser fuente alimenticia

de otros artrópodos hospederos de Phoridae (Uribe 2013). Los Phoridae al ser una de las familias más diversas dentro de este orden y con distintos roles ecológicos, es una excelente herramienta como bioindicador para comparar y/o caracterizar el estado de conservación del BST y el efecto del impacto antrópico sobre este (García 2017, Amorim et al. 2022).

Las otras familias registradas entre las más abundantes como Sciaridae, Cecidomyiidae y Sarcophagidae también presentan similar a Phoridae cierta diversidad en sus hábitos alimenticios, en sus diferentes estadios de vida y corresponden a taxones 'oscuros' con poca información taxonómica (Srivathsan et al. 2023). Sciaridae pueden ser detritívoros, nectarívoros y micrótrofos (Rodríguez-Rodríguez et al. 2005, Brown et al. 2009), Cecidomyiidae son nectarívoros o micrótrofos (Brown et al. 2009, Grégoire-Taillefer y Wheeler 2011) y ambas familias recientemente han sido identificadas, a partir de códigos de barras de ADN, como familias con mayor riqueza y abundancia a nivel mundial, siendo Cecidomyiidae la que encabeza el grupo (Srivathsan et al. 2023). Sarcophagidae registra hábitos necrófagos, coprófagos, depredadores y parasitoides (Pape 1996).

Como se mencionó anteriormente, las familias más abundantes encontradas fueron en su mayoría de taxones generalistas, en donde prima la herbívora y la omnívora (Phoridae, Sciaridae, Cecidomyiidae, Chloropidae, Sarcophagidae, Calliphoridae). Caso contrario las familias poco abundantes fueron especialistas como Bombyliidae (cinco ejemplares) que se alimentan de polen o néctar, Conopidae (dos ejemplares) que son nectarívoros, Syrphidae (114 ejemplares) son visitantes florales en busca de néctar o polen (Brown et al. 2009, Montoya 2016, Riccardi 2016). Esta abundancia de especies generalistas puede estar relacionada con el estado de sucesión. Se han registrado abundantes artrópodos generalistas en estados de sucesión primaria (Smith y Smith 2007, Higgins et al. 2014). Cuando se presentan etapas de sucesión secundarias o tardías, la diversidad estructural de plantas disminuye por un proceso de estabilización y se ha encontrado que la diversidad de la artropofauna también disminuye (Higgins et al. 2014). En los primeros estados de sucesión, las plantas son más nutritivas y menos resistentes, por lo cual los artrópodos tienen mayor recurso y menos presión para alimentarse, lo que conlleva a un aumento significativo en su riqueza y su abundancia. A medida que las plantas adquieren estra-

tegias para evitar esa depredación, la artropofauna tiende a estabilizarse (Ballard et al. 2013, Cleland et al. 2013, Higgins et al. 2014, Lynggaard et al. 2020). Por otra parte, Amorim et al. (2022) en su estudio abundancia y riqueza en bosques tropicales del Amazonas menciona que la explotación de diversos recursos es un factor determinante para la diversidad de insectos, en especial en dípteros.

Los factores climáticos influyeron en la abundancia de los dípteros del conjunto de datos en cada zona. La tem-

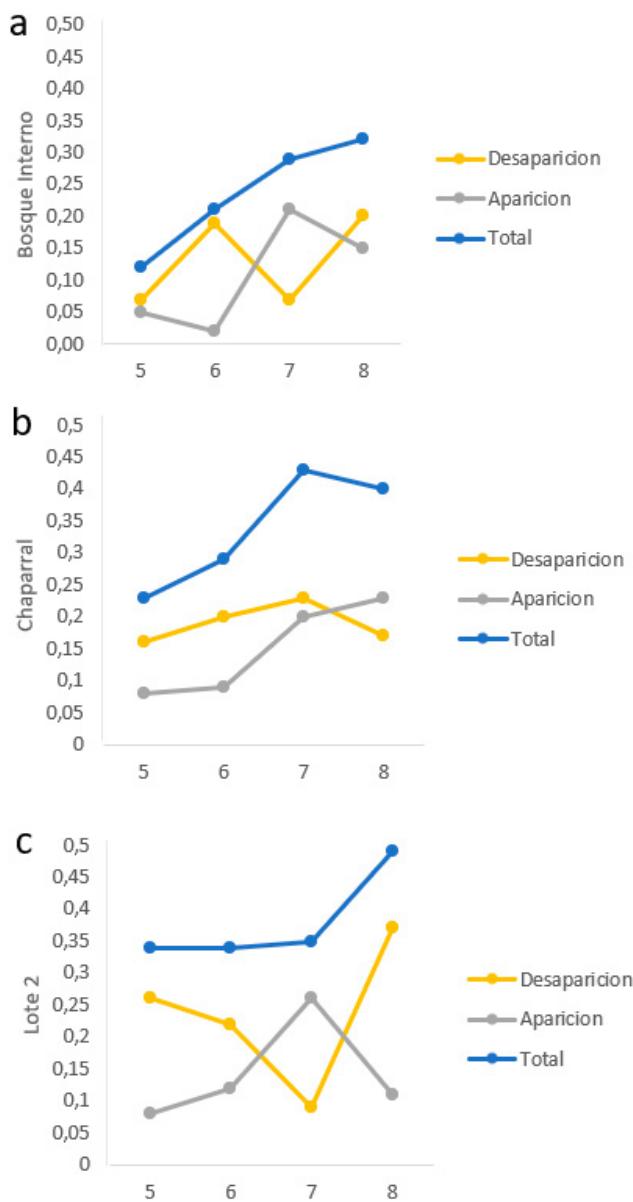


Figura 6. Recambio de desaparición, aparición y total para las familias muestreadas en los cinco meses de muestreo. **a.** Bosque interno, **b.** Chaparral, **c.** Lote 2. En el eje X se refiere al intervalo de tiempo, 5: Mayo a Junio, 6: Junio-Julio, 7: Julio-Agosto, 8: Agosto-Septiembre.

peratura en la Ecoreserva presentó mínimas de 24,1°C y máximas de 29,3°C. La correlación de Pearson indica que la temperatura influye en gran medida en el Bosque interno, seguido de Lote 2 y por último muy levemente en Chaparral. Correlaciones positivas entre la temperatura y la abundancia de familias de insectos han sido ampliamente reportadas en literatura (Cannon 1998, Kleynhans y Terblanche 2011, Mahmoud *et al.* 2017, Abril y Guarmán 2019, Baltazar 2019). Debido a que los insectos son ectotérmicos, la temperatura está involucrada en varios de sus procesos metabólicos, como poder volar o aparearse; también influyen tanto en los tiempos de eclosión como en la maduración de las larvas de dípteros (García 2013).

Se encontraron correlaciones entre leve y moderada para la humedad y la abundancia en las tres coberturas. En las familias Chloropidae, Chironomidae, Drosophilidae y Syrphidae se ha reportado que el incremento en la humedad favorece al aumento en la abundancia (Coutinho-Silva *et al.* 2017). Aunque estas no fueron las familias con mayor dominancia en las zonas evaluadas, se pudieron evidenciar picos de incremento de estas familias cuando aumentaba la humedad (Anexo 2). En contraste, la literatura indica que hay patrones inversos en donde hay una correlación negativa entre la humedad y la abundancia, como en el caso de la familia Bibionidae en donde disminuye conforme aumenta la humedad y la temperatura, debido a que las humedades altas afecta la actividad y mortalidad de algunas especies de dípteros (Abril y Guarmán 2019), en esta investigación no se evidenció esta correlación negativa, pero pudo ser debido a la baja cantidad de individuos evaluados en esta familia. Por lo cual, futuros estudios pueden evaluar la correlación entre humedad y la temperatura por familias para detectar patrones que pudieron no ser reflejados en estos análisis globales de dípteros.

Dinámica temporal

Las diferencias en la comunidad de insectos entre el Bosque interno y Lote 2 se mantienen en el tiempo. Olivier *et al.* (2015) mencionan que la similitud entre comunidades a nivel temporal de insectos se debe en gran medida al tipo de zona en el que se encuentran, adicionalmente a variables como el microclima y los microhábitats se correlaciona con la estructura de la comunidad de insectos. En este caso las comunidades vegetales poseen diferencias entre las especies arbóreas que las constituyen, el Bosque interno contiene 23 especies vegetales, el bosque del Chaparral con quince especies y Lote 2 con 20 especies. Aunque Cha-

parral tiene menor cantidad de especies vegetales, posiblemente la estructura vegetal de cada zona influya para la diversidad de dípteros, y por esto sólo estas diferencias se encontraron para el Bosque interno y Lote 2.

El análisis de recambio total muestra la dinámica de intervalos de tiempo mensual entre la tasa de desaparición y la tasa de aparición de familias. A diferencia del MDS y Anosim que sólo nos indica qué zonas son diferentes estadísticamente a nivel temporal, el recambio nos indica si hay cambios (valores diferentes y alejados de cero) (Baeten *et al.* 2012), el sentido y la magnitud de este para cada cobertura en el tiempo. En general, no se encontraron patrones evidentes entre las tres tasas de recambio por sitio, como sucede cuando dos o las tres tasas aumentan o disminuyen de forma sincronizada (Xu *et al.* 2019), lo que sugiere que hubo un recambio continuo de aparición y desaparición de familias en las tres comunidades vegetales durante los cinco meses. Sin embargo, Lote 2 alcanzó valores de recambio total cercanos a 0,5 indicando un recambio de casi la mitad de las familias, seguido por Chaparral que tuvo un máximo de 0,43 y Bosque Interno que siempre se mantuvo por debajo de 0,32. (Tabla 3, Fig. 6a y Fig. 6b). Además, Lote 2 tuvo la mayor tasa de desaparición entre las comunidades vegetales (Tabla 3, Fig. 6c). Este análisis cubrió cinco meses por lo que para darle robustez se recomienda complementar los datos con un trabajo a largo plazo. Se conoce poco sobre fluctuaciones estacionales de este grupo en BST (Da Silva *et al.* 2015, Stephenson *et al.* 2022), de forma que la desaparición de familias puede estar influenciada por la temporada (estacionalidad) de lluvias o seca,

Tabla 3. Listado de las cinco familias más abundantes en la Ecoreserva La tribuna con Malaise en tres coberturas vegetales. Bos_r: Bosque interno, Chap: Chaparral

| | Bos_r | Chap | Lote_2 | Total Abundancia |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| Phoridae | 5750 | 2728 | 2117 | 10 595 |
| Sciaridae | 428 | 429 | 308 | 1165 |
| Cecidomyiidae | 230 | 195 | 438 | 863 |
| Ceratopogonidae | 222 | 224 | 246 | 692 |
| Sarcophagidae | 229 | 186 | 215 | 630 |
| Otras familias | 1254 | 1038 | 676 | 2968 |
| Total Abundancia | 8113 | 4800 | 4000 | 16913 |

migración (Abril y Guarmán 2019), por los ciclos de vida de estos organismos, en el cual los estados inmaduros no son capturados en trampa Malaise al no ser voladores, o por inestabilidad de la comunidad en respuesta a las perturbaciones que ha sufrido este ecosistema. El índice de recambio permitió entender que la comunidad de dípteros de la Ecoreserva está en permanente cambio y es importante determinar cuáles son los factores responsables de estas dinámicas.

CONCLUSIONES

La revisión de dípteros de la ecoreserva La Tribuna generó una línea base para estos organismos en BST, uno de los ecosistemas más afectados a nivel global. A nivel del departamento del Huila se contribuye con la ampliación de distribución de 19 registros nuevos de familias y a nivel de la ecoreserva la Tribuna se consolidó la presencia de 54 familias. La evaluación detallada de abundancia y riqueza de dípteros permitió identificar la dominancia de ciertas familias de hábitos alimenticios diversos, en particular Phoridae, Sciaridae y Cecidomyiidae. La distribución de las familias de Diptera en las coberturas vegetales fue similar, variando en la abundancia donde Bosque interno y Lote 2 fueron las más contrastantes; además, se evidenciaron continuos recambios en la composición de familias. El seguimiento temporal de las familias y su análisis entre coberturas demostró que las similitudes en riqueza y diferencias en abundancia observadas se mantuvieron durante los cinco meses de estudio. Bosque interno y Lote 2 mostraron diferencias entre su composición, lo que sugiere presiones que han afectado la diversidad de dípteros para Lote 2. Se recomienda para futuros estudios usar una mayor extensión temporal e inclusión de otros factores extrínsecos e intrínsecos que permitan entender el papel que cumplen en la composición de Díptera e integrar esta información a las estrategias de conservación de este ecosistema amenazado a nivel mundial.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

WLM concepción, diseño, identificación taxonómica, análisis de datos, y escritura del documento. NBB diseño, análisis de datos y escritura del documento. JD recolección e identificación de muestras.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los biomonitoros que participaron en el proyecto fibras que ayudaron en la recolección de individuos en los cinco meses de muestreo. Al Convenio Fibras No. 19-155, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ecopetrol S.A. por la financiación de este proyecto No. 21-19-155-062FN. A las investigadoras María Claudia González y Mailyn Gonzalez por la asesoría que nos brindaron mientras se ejecutaba el proyecto. Al profesor Hector Anibal, de la Universidad Nacional sede Bogotá, Departamento de Biología, por la asesoría en parte de los análisis estadísticos que se aplicaron en este trabajo. Por último, agradecemos a los evaluadores y editor por su comentarios constructivos y valiosas sugerencias.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

LITERATURA CITADA

- Abril M, Guarmán X. 2019. Factores climáticos como determinantes de la presencia y riqueza diaria de insectos polinizadores Dípteros, Himenópteros. [Tesis]. [Cuenca]: Universidad del Azuay.
- Akoglu H. 2018. User's guide to correlation coefficients. *Turk. J. Energy. Med.* 18(3):91–93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Allgood DW, Miller DA, Kalcounis-Rueppell MC. 2009. Influence of intensive pine management on Dipteran community structure in coastal North Carolina. *Environ. Entomol.* 38(3):657–666. doi: <https://doi.org/10.1603/022.038.0317>
- Amorim D, Brown B, Boscolo D, Ale-Rocha R, Alvarez-García DMA, Balbi ME, De Marco BA, Capellari RS, De Carvalho JCB, Couri MS, De Vilhena PDR, Fachin DA, Ferro G, Flores HF, Fraire LM, Gudin FM, Hauser M, Lamas CJE, Lindsay KG, Marinho MDW, Marshall SA, Mello-Patiu C, Menezes MA, Morales MN, Nihei SS, Oliveira SS, Pirani G, Ribeiro GC, Riccardi PR, de Santis MD, Santos D, dos Santos JR, Silva VR, Wood EM, Rafael JA. 2022. Vertical stratification of insect abundance and species richness in an Amazonian tropical forest. *Scientific Report*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>
- Ángel SL, Bogotá-Ángel RG, Montoya AL. 2021. Comunidades de sírfidos (Diptera) asociadas a coberturas influenciadas por actividades antrópicas en los cerros orientales de Bogotá, Colombia. *Caldasia*. 43(1):161-171. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.82464>

- Ariza A, Isaacs P, González-M R. 2014. Memoria técnica para la validación del mapa de coberturas de bosque seco tropical en Colombia (escala 1:100.000, 2.0v). Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 62p.
- Ascuntar-Osnas O, Montoya-Bustamante S, González-Chávez B. 2020. Records of Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) in a tropical dry forest fragment in Colombia. *Bio. Colomb.* 21(1). doi: <https://doi.org/10.21068/c2020.v21n01a02>
- Baeten, L, Vangansbeke P, Hermy M, Peterken G, Vanhuyse K, Verheyen K. 2012. Distinguishing between turnover and nestedness in the quantification of biotic homogenization. *Biodivers. Conserv.* 21(6):1399–1409. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0251-0>
- Ballard M, Hough-Goldstein J, Tallamy D. 2013. Arthropod communities on native and nonnative early successional plants. *Environ. Entomol.* 42(5):851–859. doi: <https://doi.org/10.1603/EN12315>
- Baltazar CH. 2019. Factores climáticos que influyen en la diversidad de insectos en *Spartium junceum* L. (Fabales: Fabaceae). *Prospectiva Universitaria.* 13(1):30–48. doi: <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2016.13.382>
- Barbosa M, Vasconcelos D. 2018. Muscidae Diptera of medico-legal importance associated with ephemeral organic substrates in seasonally dry tropical forests. *Pap. Avulsos. Zool.* 58, 26. doi: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.26>
- Barbosa TM, Rodrigues RF, Mello-Patiu C, Leal IR, Vasconcelos SD. 2021. Effects of chronic anthropogenic disturbances on flesh fly Diptera, Sarcophagidae assemblages in areas of seasonally dry tropical forest. *Journal of Insect Conservation.* 25:485–498. doi: <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00317-8>
- Borkent A, Brown BV, Adler PH, Amorim DS, Barber K, Bickel D, Boucher S, Brooks SE, Burger J, Burington ZL, Capellari RS, Costa DN, Cumming JM, Curler G, Dick CW, Epler JH, Fisher E, Gaimari SD, Gelhaus J, Grimaldi DA, Hash J, Hauser M, Hippa H, Ibáñez-Bernal S, Jaschhof M, Kameneva EP, Kerr PH, Korneyev V, Korytkowski CA, Kung GA, Kvifte GM, Lonsdale O, Marshall SA, Mathis WN, Michelsen V, Naglis S, Norrbom AL, Paiero S, Pape T, Pereira-Colavite A, Pollet M, Rochefort S, Rung A, Runyon JB, Savage J, Silva VC, Sinclair BJ, Skevington JH, Stireman JOI, Swann J, Vilkamaa P, Wheeler T, Whitworth T, Wong M, Wood DM, Woodley N, Yau T, Zavortink TJ, Zumbado MA. 2018. Remarkable fly (Diptera) diversity in a patch of Costa Rican cloud forest: Why inventory is a vital science. *Zootaxa,* 4402(1):53–90. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4402.1.3>
- Brown BV. 2005. Malaise Trap Catches and the Crisis in Neotropical Dipterology. *American Entomologist,* 51(3):180–183. Doi: <https://doi.org/10.1093/ae/51.3.180>
- Brown BV, Borkent A, Adler PH, De Souza Amorim D, Barber KN, Bickel DJ, Boucher S, Brooks SE, Burger JF, Burington ZL, Capellari RS, Costa DNR, Cumming JM, Curler G, Dick CW, Epler JH, Fisher E, Gaimari SD, Gelhaus JK, Zumbado MA. 2018. Comprehensive inventory of true flies (Diptera) at a tropical site. *Communications Biology,* 1:21. Doi: <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0022-x>
- Brown BV, Borkent A, Cumming JM, Wood DM, Woodle NE, Zumbado MA. 2009. *Manual of Central American Diptera: Volume 1.* NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada.
- Buelow CA. c2021. Codyn: Community dynamics metrics. [Revisada en: 5 jun 2022] <https://cran.r-project.org/web/packages/codyn/index.html>
- Cannon RJC. 1998. The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Glob. Change. Bio.* 4(7):785–796. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00190.x>
- Cleland EE, Collins SL, Dickson TL, Farrer EC, Gross KL, Gherardi LA, Hallett LM, Hobbs RJ, Hsu JS, Turnbull L, Suding KN. 2013. Sensitivity of grassland plant community composition to spatial vs. temporal variation in precipitation. *Ecology.* 94(8):1687–1696. doi: <https://doi.org/10.1890/12-1006.1>
- Courtney GW, Pape T, Skevington JH, Sinclair, BJ. 2017. Biodiversity of Diptera. *Insect Biodiversity;* p. 229–278. doi: <https://doi.org/10.1002/978118945568.ch9>
- Coutinho-Silva RD, Montes MA, Oliveira GF, de Carvalho-Neto FG, Rohde C, García ACL. 2017. Effects of seasonality on Drosophilids Insecta, Diptera in the northern part of the Atlantic forest, Brazil. *B. Entomol. Res.* 107(05):634–644. doi:<https://doi.org/10.1017/S0007485317000190>
- Cultid CA, Cabra J, Rengifo L, Ascuntar-Osnas O. c2007. Universidad del Valle web site. [Revisada en: 10 ago 2022]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/757/Vol%208%2c%20No%202%2c%20p.14-22%2c2007.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Da Silva R, Aranda R, Neves M, Lobo AG. 2015. Habitat structure in the composition leaf-litter insect in mosaic environment. *Acta. Biol. Par.* 44(3-4):71–87. doi: <https://doi.org/10.5380/abpr.v44i1-4.43831>
- Delgado C, Sáenz A. 2011. Dípteros (Insecta: Diptera) asociados a sistemas productivos del Quindío y Valle del Cauca (Colombia). *Boletín de la S.E.A.* (48):425–430.
- Disney RHL. c1994. Internet Archive web site [Revisada en: 7 ago 2022]. <https://archive.org/details/scuttlefliesphoroooodisn>
- Dueñas HDC, Rosero JH. c2019. Universidad Surcolombiana web site [Revisada en: 1 ago 2022]. <https://biblioteca.usco.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45637>
- Eggleton, P. 2020. The state of the world's insects. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 45(1):61–82. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035>
- Escribano-Ávila G. 2016. El bosque seco neotropical de la provincia Ecuatoriana: Un pequeño gran desconocimiento. *Ecosistemas.* 25(2):1-4. doi: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.01>
- Fadamiro HY, Chen L. 2005 Utilization of aphid honeydew and floral nectar by *Pseudacteon tricuspis* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of imported fire ants, *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae). *Biol. Control.* 34(1):73–82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.04.006>

- García B. 2013. Dípteros Insecta: Diptera sarcosaprófagos de Gómez Palacio, Durango. [Tesis]. [Coahuila]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- García C. 2017. Estudios faunísticos y ecológicos de la familia Phoridae en el P.N del Monseny. [Tesis]. [Barcelona]: Universidad Autónoma de Barcelona.
- García H, González M. c2019. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [Revisada en: 27 jul 2022]. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35427>
- Grégoire-Taillefer A, Wheeler TA. 2011. Community assembly of Diptera following restoration of mined boreal bogs: taxonomic and functional diversity. *J. Insect. Conserv.* 16(2):165–176. doi: <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9403-x>
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data Analysis. *Paleontologia Electronica*. 4(1):1-9. https://www.researchgate.net/publication/259640226_PAST_Paleontological_Statistics_Software_Package_for_Education_and_Data_Analysis
- Herazo F, Carrascal DE, Herrera M, Valencia-Cuellar DS. 2021. Inventario florístico de plantas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical en el departamento Magdalena, Colombia. *Acta. Bot. Mex.* 128: e1828. doi: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1828>
- Hernández-Jaramillo A, Achury R, Aguilar J, Arcila L, Caycedo-Rosales P, Díaz-Pulido A, Rodríguez-Buriticá S, Muñoz M, González-M R. 2018. Bosque seco tropical: guía de especies. Bogotá: Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, Fondo Mundial para el medio ambiente, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Higgins JW, Cobb NS, Sommer S, Delph RJ, Brantley SL. 2014. Ground-dwelling arthropod responses to succession in a pinyon-juniper woodland. *Ecosphere*. 5(1):1-29. doi: <https://doi.org/10.1890/es13-00270.1>
- Ibáñez-Bernal S, Sandoval-Ruiz CA. 2021. Los enviados de Belcebú: Moscas y mosquitos (Diptera) exóticos con interés médico y veterinario en México. *Ciencia ergo-sum*. 28(1): 1–15. doi: <https://doi.org/10.30878/ces.v28n1a8>
- Kassambara A. c2021. ggpubr: ‘ggplot2’ Based publication ready plots. [Revisada en 12 jul 2022] <https://cran.r-project.org/web/packages/ggpubr/index.html>
- Keiper JB, Walton WE, Foote BA. 2002. Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annu. Rev. Entomol.* 47(1):207–232. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145159>
- Kleynhans E, Terblanche JS. 2011. Complex interactions between temperature and relative humidity on water balance of adult tsetse (Glossinidae, Diptera): Implications for climate change. *Frontiers in Physiology*. 2. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00074>
- Lugo DH, Casotto M, Aguilar VH, Casotto M, Lauretin A, Gómez A. c2013. Scielo web site. [Revisada en: 15 jul 2022]. <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v63n3/arto6.pdf>
- Lynggaard C, Yu DW, Oliveira G, Caldeira CF, Ramos SJ, Ellegaard MR, Gilbert MTP, Gastauer M, Bohmann K. 2020. DNA-based arthropod diversity assessment in Amazonian iron mine lands show ecological succession towards undisturbed reference sites. *Front. Ecol. Evol.* 8. doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.590976>
- Mahmoud MA, El-Khawass KA, Hammad SA, Ali MI. 2017. Effect of temperature, relative humidity and natural enemies on some insect pests infesting Faba bean plants at El-Monofia Governorate. *J. Plant. Prot. Pathol.* 8(9):447–451. doi: <https://doi.org/10.21608/jppp.2017.46375>
- Marshall S, Kirk-Spriggs H, Muller B, Paiero S, Yau T, Jackson M. 2017 Key to Diptera families. *Manual of Afrotropical Diptera*. 1(4):267-355.
- Medina-Chavarria J, Valderde C, Wolff M. 2017. Aspectos ecológicos de Sphaeroceridae Diptera: Acalyptratae en el bosque seco tropical del Caribe Colombiano. *Rev. Colomb. Entomol.* 43(1):100-105. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i1.6656>
- Mello-Patiú CA. 2016. Family Sarcophagidae. *Zootaxa*. 1:884-903. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.75>
- Menéndez N. 2006. Abundancia y riqueza de dípteros asociados a fragmentos de diferentes tamaños de bosque maulino y plantaciones de pino aledaños. [Tesis]. [Santiago de Chile]: Universidad de Chile- Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Merritt RW, Courtney GW, Keiper JB. 2009. Chapter 76-Diptera: (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats). In *Elsevier eBooks*. (pp. 284-297). doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374144-8.00085-0>
- Mesa Cobo NC, Figueroa A, De la Cruz J, Zuluaga I, Cano M, Manzano MDR, Rivera A, Mena Y. 2023. Colección entomológica universidad nacional de Colombia, sede Palmira (CEUNP). v1.3. Universidad nacional de Colombia. Dataset/Occurrence. doi: <https://doi.org/10.15472/4ku09h>
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilius C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J. Biogeogr.* 33(3):491–505. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Montoya AL. 2016. Family Syrphidae. *Zootaxa*, 4122(1):457. Doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.39>
- Olascuaga-Vargas D, Mercado-Gómez J, Sanchez-Montaño L. 2015. Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Tolviejo-Sucre Colombia. *Colombia Forestal*. 19(1):23-40. doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a02>
- Olivier R, Aranda R, Godor M, Vilalva AG. 2015. Habitat structure in the composition of leaf-litter insects in mosaic environment. *Acta biológica par. Curitiba*. 44(3-4):71-87. doi: <https://doi.org/10.5380/abpr.v44i1-4.43831>

- Pape T. 1996. Catalogue of the Sarcophagidae of the world Insecta: Diptera. Mem. Entomol. Int. 8: 558 p.
- Perez S, Wolff M. 2011. Muscidae (Insecta, Diptera): Importancia y diversidad para Colombia. Boletín del museo entomológico Francisco Luís gallego 3(2):15-22 p.
- Pizano C, González R, Hernández-Jaramillo A, García H. 2017. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. [Revisada en: 3 ago 2022]. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34048>
- Portillo-Quintero CA, Sánchez-Azofeifa GA. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. Biol. Conserv. 143(1):144–155. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Ramos-Pastrana, YR, Córdoba-Suarez EC, Wolf M. 2022. Synanthropy and ecological aspects of the Muscidae (Diptera) in the Andean Amazon, Florencia, Caquetá, Colombia. Boletín científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas. 26(2):97-119. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.2.5>
- Rendón A. 2023. Mariposas de la Ecoreserva La Tribuna (Vereda Tamarindo-Neiva, Huila). Una aproximación integral como aporte al conocimiento y conservación de la biodiversidad del Bosque Seco Tropical en Colombia. [Tesis]. [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia
- Riccardi PR. 2016. Family Chloropidae. Zootaxa, 4122(1):696–707. doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.60>
- Rodríguez-Rodríguez MD, Menzel F, Aguilera AM, Smith J. c2005. La mosquilla negra (Diptera, Sciaridae): un problema emergente en los cultivos bajo plástico en Almería Rev. Cienc. Hortic. [Revisada en: 18 ago 2022]. <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/172-octubre-2005/la-mosquilla-negra-diptera-sciaridae-un-problema-emergente-en-los-cultivos-bajo-plstico-en-almera>
- Rojas-Sandino LD, Reinoso-Flórez G, Vásquez-Ramos JM. 2018. Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. Biotat Colombia. 19(1):70–91. doi: <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n01a05>
- RStudio Team. c2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL. [Revisada en: 12 jul 2022]. <http://www.rstudio.com/>
- Sánchez RI, Sua PWK, Galeano OPE, Canal DNA. 2022. Museo Laboratorio de Entomología (MENT-UT). v2.4. Universidad del Tolima. [Revisada en: 14 jul 2022]. Dataset/Occurrence. doi: <https://doi.org/10.15472/tqztcq>
- Santos C, Silva AC, Rodrigues R, de Jesus JS, Borges M. 2015. Inventory of mosquitoes Diptera: Culicidae in conservation units in Brazilian tropical dry forest. Rev. I. Med. Trop. SP. 57(3): 227–232. doi: <https://doi.org/10.1590/S0036-46652015000300008>
- Scherber C, Vockenhuber EA, Stark A, Meyer H, Tscharntke T. 2014. Effects of tree and herb biodiversity on Diptera, a hyperdiverse insect order. Oecologia, 174:1387–1400. doi: <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2865-7>
- Smith TM, Smith RL. 2007. Ecología 6.^a edición; p. 370-400. ISBN: 978-84-7829-084-0
- Srivathsan AY, Ang Y, Heraty JM, Hwang WS, Jusoh WFA, Kutty SN, Puniamoorthy J, Yeo D, Roslin T, Meier R. 2023. Convergence of dominance and neglect in flying insect diversity. Nat. Ecol. Evol. 7:1012–1021. doi: <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02066-0>
- Stephenson K, Wilson B, Taylor M, McLaren K, van Veen R, Kunna J, Campbell J. 2022. Modelling climate change impacts on Tropical Dry Forest fauna. Sustainability. 14(8):4760. doi: <https://doi.org/10.3390/su14084760>
- Travi BL, Montoya J, Gallego J, Jaramillo C, Llano R, Velez ID. 1996. Bionomics of *Lutzomyia evansi* (Diptera: Psychodidae) Vector of visceral leishmaniasis in northern Colombia. J. Med. Entomol. 33(3):278–285. doi: <https://doi.org/10.1093/jmedent/33.3.278>
- Troya A, Bersosa F, Espinoza L. 2016. Insectos de los remanentes de bosques secos andinos del norte de Ecuador. Ecosistemas. 25(2):79–82. doi: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.10>
- Uribe-M N, Wolff M, Carvalho CJB. 2010. Synanthropy and ecological aspects of Muscidae Diptera in a tropical dry forest ecosystem in Colombia. Rev. Bras. Entomol. 54(3):462–470. doi: <https://doi.org/10.1590/s0085-56262010000300018>
- Uribe S. 2013. Fóridos Diptera: Phoridae. Asociados al hábitat de hormigas de hojas *Atta cephalotes* y *Acromyrmex octospinosus* y sus patrones de localización en un bosque seco tropical andino. [Tesis]. [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia.
- Wickham H. c2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. [Revisada en: 10 May 2022]. <https://ggplot2.tidyverse.org/>
- Wolff M, Torres-Toro J, Henao-Sepúlveda C, Montoya A, Vélez-Bravo A (2023): Colección Entomológica Universidad de Antioquia. v4.6. Universidad de Antioquia. [Revisada en: 14 Jul 2022]. Dataset/Occurrence. doi: <https://doi.org/10.15472/tyebaw>
- Xu Y, Wan D, Xiao Z, Wu H, Jiang M. 2019. Spatio-temporal dynamics of seedling communities are determined by seed input and habitat filtering in a subtropical montane forest. For. Ecol. Manage. 449:117475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117475>
- Zamora J, Castaño J, Hoyos R. 2015. DNA barcode sequences used to identify *Aedes Stegomyia albopictus* Diptera: Culicidae in La Tebaida Quindío, Colombia. Rev. Colomb. Entomol. 41(2):212–217.