

Estructura poblacional de *Morpho helenor peleides* kollar, 1850 (lepidoptera: nymphalidae) en un paisaje de bosque seco tropical, departamento de Bolívar, Colombia.*

Johana Marquez-P¹. & Neis Martínez-H²

RESUMEN

Objetivo. Teniendo en cuenta la alta tasa de destrucción de los bosques en la región Caribe colombiana y la escasa información disponible sobre la ecología poblacional de las mariposas del género *Morpho*, se analizó la variación de estructura poblacional de *Morpho helenor peleides* Kollar, 1850 en un paisaje de Bosque seco tropical (BST) en los Montes de María, Caribe colombiano. **Metodología.** Para el estudio de la mariposa, se utilizó el método de captura-marca-recaptura (CMR) en siete estaciones, en las cuales se instalaron trampas Van Someren-Rydon cebadas con una mezcla de frutas fermentadas. **Resultados.** La abundancia total fue de 287 individuos, con 59 recapturas (20,5%). Se obtuvieron tamaños poblacionales entre 8 y 339 individuos. La proporción sexual macho-hembra fue 3:1. Se capturaron mayores porcentajes de mariposas nuevas (41,8%) e intermedias (38,6%). El tiempo de residencia máximo registrado fue de 38 días. Se calcularon distancias totales de vuelo entre 149 y 1,231m, aunque las hembras presentaron los mayores promedios (303.7±189.4m) de distancia recorrida; pero no se encontraron diferencias significativas entre las distancias recorridas entre sexos ($U = 265,5$, $p > 0,05$). **Conclusiones:** La estructura poblacional de *M. helenor peleides* presentó una variación espacial y temporal en el paisaje de bosque seco estudiado. Adicionalmente, se determinó que la cobertura de dosel natural juega un papel importante en la dinámica temporal y la distribución de la abundancia de este grupo de mariposas en el bosque seco tropical y se resalta la importancia de este ecosistema en la conservación de esta especie.

Palabras clave: *Morpho*, ecología de poblaciones, BST, CMR, Región Caribe.

* FR: 8-I-2020. FA: 6-VI-2020

¹ Bióloga. Grupo de investigación Biodiversidad del Caribe colombiano. Universidad del Atlántico, Barranquilla. E-mail: jpatriciamarquez@mail.uniatlantico.edu.co  orcid.org/0000-0001-6642-0874 **Google Scholar**

² Semillero de Investigación NEOPTERA. Grupo de investigación Biodiversidad del Caribe colombiano, Programa de Biología, Universidad del Atlántico, Barranquilla. E-mail: neyjosemartinez@gmail.com

 orcid.org/0000-0002-7815-1437 **Google Scholar**



CÓMO CITAR:

Marquez, J., Martínez, N. (2020). Estructura poblacional de *Morpho helenor peleides* kollar, 1850 (lepidoptera: nymphalidae) en un paisaje de bosque seco tropical, departamento de Bolívar, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24 (2): 169-189. <https://doi.org/10.17151/bccm.2020.24.2.12>



Population structure of *Morpho helenor peleides* Kollar, 1850 (Lepidoptera: Nymphalidae) in a tropical dry forest landscape, department of Bolivar, Colombia.

ABSTRACT

Objective. Considering the high destruction rate of forest in the Caribbean of Colombia and the lacking of available information about population ecology of butterflies from the genus *Morpho*, we analyzed the variation of the population structure of *Morpho helenor peleides* Kollar, 1850 in a Tropical Dry Forest (TDF) landscape on “Montes de María”, in the Caribbean of Colombia. **Methodology.** For the butterfly study, we used the capture-mark-recapture method (CMR) on seven stations, in which we installed Van Someren-Rydon traps, baited with a mixture of fermented fruits. **Results.** The total abundance was 287 individuals, with 59 recaptures (20,5%). The population size we obtained was between 8 and 339 individuals. Sexual proportion male-female was 3:1. We captured a higher percentage of new butterflies (41,8%) and intermediate butterflies (38,6%). The maximum residence time we registered was 38 days. We calculated total distances of flight between 149 and 1,231; although females presented the highest average distances ($303.7 \pm 189.4m$), there was not statistical significance in the distances of flight between sexes ($U = 265,5, p > 0,05$). **Conclusions.** The population structure of *M. helenor peleides* presented a spatio-temporal variation in the dry forest landscape we studied. Additionally, we determined that natural canopy cover plays an important role in the temporal dynamic and distribution of the abundance of this butterfly group in tropical dry forest, and it is emphasized the importance of this ecosystem in the conservation of this species.

Key Words: *Morpho*, population ecology, TDF, CMR, Caribbean.

Introducción

La estructura y dinámica de una población es el resultado de las interacciones entre los rasgos de la historia de vida de las especies y las características ambientales de sus hábitats (Clark *et al.*, 1978); razón por la cual las mariposas son excelentes modelos para hacer estudios poblacionales, dada su sensibilidad a pequeños cambios ambientales en el espacio y el tiempo (Schaeffer *et al.*, 2019).

Dentro de estos insectos, los Satyrinae son un grupo dominante en la mayoría de las comunidades de mariposas, debido a sus características biológicas, diversidad y distribución (Brown & Freitas, 2002; Ribeiro *et al.*, 2008; Vu, 2009). Esta subfamilia

contiene especies que exhiben especial afinidad por ciertos tipos de formaciones vegetales como bosques primarios, secundarios o áreas abiertas (Devries *et al.*, 1997); razón por la cual se consideran buenos indicadores de las características del ecosistema (Kremen, 1994; Uehara *et al.*, 2007) y son empleadas en estudios poblacionales (Besold *et al.*, 2008). Una de las especies de este grupo de mariposas es *Morpho helenor peleides* Kollar 1850, la cual está presente al norte de Colombia, en los valles bajos del río Cauca, alto y medio Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y serranía de Perijá. Habita en zonas de bosque seco tropical (BST), así como en bosques húmedos entre los 1000-1800 m de altitud (García *et al.*, 2002). Los adultos suelen libar en suelo húmedo, excrementos de animales y sobre todo en fruta descompuesta (Andrade *et al.*, 2007).

En la Costa Caribe se han registrado poblaciones de *M. helenor peleides* en el departamento del Cesar, en el Santuario de Vida Silvestre Los Besotes (Rodríguez *et al.*, 2008), en Córdoba en los alrededores del complejo de humedales del valle inundable del río San Jorge (Campos *et al.*, 2011), en el Magdalena en la Reserva Natural Las Delicias (Vargas *et al.*, 2011) y en Sucre en la Reserva Campo Aventura Roca Madre (Sampedro *et al.*, 2013). En el caso de Bolívar, se ha registrado en el Santuario de Fauna y Flora los Colorados (SFFC) y la Reserva la Flecha (RLF) (datos sin publicar). Sin embargo, la dinámica y el tamaño poblacional de los insectos tropicales a nivel de paisajes es un tema que no ha recibido la atención por parte de algunos investigadores en las zonas bajas del Caribe colombiano; sobre todo en el departamento de Bolívar, el cual presenta la mayor extensión de BST natural (61,165ha) (Pizano & García, 2014). El BST es un ecosistema de vital importancia por tener poca representación en el sistema de áreas protegidas; razón por la cual ha sido explotado de manera indiscriminada (Martínez *et al.*, 2010) y representa un 2,3% de lo que existía originalmente. La cobertura natural presenta remanentes debido a las modificaciones del paisaje natural por los procesos antrópicos, como la extracción de maderas y la expansión de áreas ganaderas y áreas agrícolas (Pizano & García, 2014). Teniendo en cuenta que la pérdida de hábitats es actualmente la amenaza más grande para las mariposas (Basset *et al.*, 2012) del género *Morpho* y siendo el departamento de Bolívar una región donde los problemas ambientales asociados a la pérdida de hábitat crecen a un ritmo muy acelerado; se hace urgente llevar a cabo estudios que permitan comprender las causas de la variación temporal y espacial en el número de individuos en una población y dilucidar los mecanismos que la estructuran. Lo anterior toma relevancia si se tiene en cuenta que la información disponible sobre la ecología poblacional de las mariposas del género *Morpho* en paisajes de bosque seco es aún escasa (Ochoa *et al.*, 2018; Prieto *et al.*, 2005).

Con el fin de contribuir a esta discusión, se analizó la variación de la estructura poblacional de *M. helenor peleides*, en un paisaje de BST en el departamento de Bolívar, a través del estudio de varios parámetros demográficos.

Metodología

Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un paisaje de bosque seco tropical (BST) en la Vereda La Flecha (VLF), municipio de San Jacinto, departamento de Bolívar, Colombia. La zona se encuentra localizada a 09° 51' 09-74" N, 75° 10' 32-32" O, con una altitud que oscila entre 324 y 451m y una extensión de 149ha. Se encuentra enmarcada en la subunidad climática D2 (Rangel & Carvajal, 2012) con un promedio anual de temperatura de 25°C (Castaño Uribe, 1999), y un promedio mensual de precipitación de 166mm respectivamente. El régimen de lluvias es bimodal tetrastacional, caracterizado por un periodo de sequía intenso correspondiente al periodo comprendido entre diciembre y marzo, y un periodo de sequía menos marcado, entre junio y julio (Rangel & Carvajal, 2012). La vegetación climática regional es de tipo higrotropofítica, lo que quiere decir que las plantas predominantes en la vegetación son de tipo caducifolio; sin embargo, en algunos sitios dentro de las estribaciones es de tipo subhigrotropofítica, donde cobran mayor importancia los elementos perennifolios o siempre verdes (Díaz *et al.*, 1986). En la VLF se encuentran fragmentos de bosque en buen estado de conservación, bosques en regeneración y riparios inmersos en matrices de potreros y cultivos, destacándose la palma amarga (*Sabal mauritiiformis*), maíz (*Zea mays* L), aguacate (*Persea americana*), ñame (*Dioscorea esculenta*) y ají (*Capsicum annum* L).

Diseño de muestreo

En un paisaje de BST en la zona se delimitó una ventana de 3,0 x 3,0 Km y se marcaron siete estaciones con un promedio de distancia de 384,1±91 m (mínimo 300m - máximo 622m), en diferentes unidades composicionales (cultivos, potreros, borde de bosque, bosque en sucesión, fragmentos de bosque) (Figura 1). Las estaciones seleccionadas se describen en el material suplementario 1 (SP. 1). En cada estación se instalaron cinco trampas Van Someren-Rydon (VSR) (Devries, 1987) distanciadas entre sí con un promedio de 61,8±9 m (50m-70m), a una altura entre 1 y 1,2 m del suelo, para un total de 35 trampas. Se realizaron siete muestreos cada 15 días, entre marzo y julio de 2018. Las VSR fueron cebadas y revisadas durante tres días consecutivos y los cebos fueron reemplazados cada 24 horas. El cebo consistió en una mezcla de frutas (*Musa paradisiaca*, *Carica papaya*, *Ananas comosus*, *Mangifera indica*) y panela fermentada durante 48 horas (Devries *et al.*, 1997; Ribeiro & Freitas, 2011).

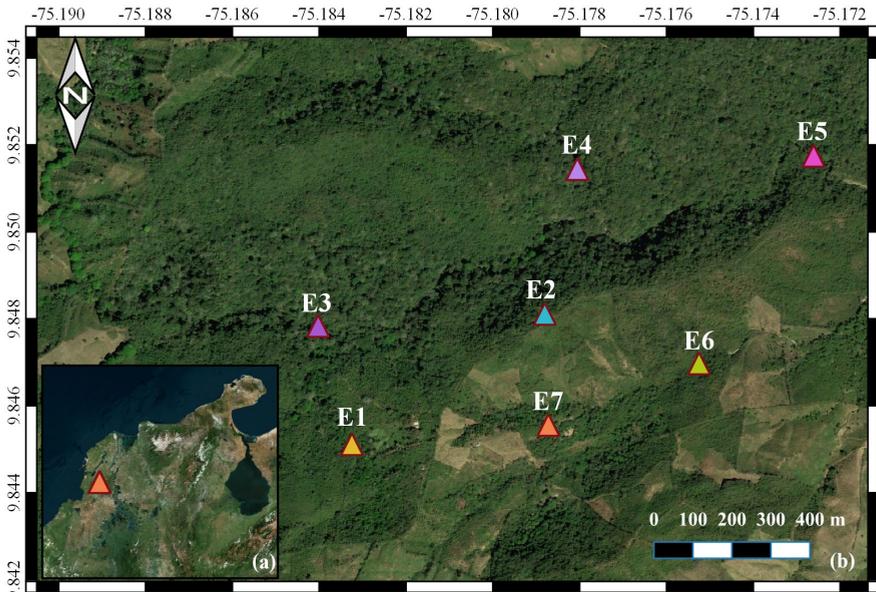


Figura 1. Localización del paisaje de BST en la Vereda la Flecha, San Jacinto, Caribe colombiano (a) y las estaciones (E) de muestreo en el área de estudio (b).

Para realizar el marcaje de los ejemplares se removieron las escamas en la parte ventral de la celda discal del ala anterior izquierda con ayuda de un hisopo de algodón y se colocó un código alfanumérico con marcadores indelebles (Figura 2) (Heyer *et al.*, 1994; Ramos & Freitas, 1999). Las mariposas fueron sexadas mediante la inspección visual de las estructuras genitales, con ayuda de pinzas entomológicas planas y se clasificaron por edad (young, middle-aged, old) según el grado de pérdida de las escamas y el estado general de las alas (Ehrlich & Gilbert, 1973; Freitas & Ramos, 2001; Prieto *et al.*, 2005; Schaeffer *et al.*, 2019).

Por otro lado, en cada punto/estación, se registró la temperatura ambiente y la humedad relativa con un termohigrómetro (Extech-IR), y la intensidad de luz con un luxómetro (Extech-DT-1308). La cobertura de dosel se determinó con un densitómetro, siguiendo la metodología propuesta por Strickler (1959) y con un pluviómetro se registró la cantidad de lluvia (mm) para cada muestreo.



Figura 2. Captura y marcaje de *Morpho helenor peleides*. Marcaje de los individuos (A), marca en la parte ventral de *M. helenor peleides* (B), vista ventral de *M. helenor peleides* (C) y vista dorsal de *M. helenor peleides* (D).

Análisis de datos

La abundancia observada se expresó de dos formas: (I) abundancia total (N_{total}) como el número de individuos marcados y (II) abundancia neta (N_{neta}) como el número de individuos marcados y recapturados. Por otro lado, se realizó un modelo lineal generalizado (MLG) para determinar el efecto tanto de las estaciones como de los muestreos (variables explicativas) sobre la abundancia total (variable respuesta) de *M. helenor peleides* en el área de estudio. Este análisis se realizó con el programa InfoStat, versión 2019 (Di Rienzo *et al.* 2019). Usando el método de Jolly-Seber (1965), se estimaron tres parámetros poblacionales por muestreo: tamaño de la población, tasa de supervivencia y número de individuos nuevos o tasa de reclutamiento. Este método además de proporcionar el mejor ajuste a nuestro conjunto de datos (bondad de ajuste; $X^2=43,055$; $p<0,001$), es apropiado para estimar parámetros demográficos en poblaciones abiertas y no sobreestima la amplitud de los intervalos de confianza (Allen & Thompson, 2014). Los parámetros de la población se estimaron con el programa Ecological Methodology versión 5,1 (Krebs & Kenney, 1998).

La proporción de sexos se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula: machos/machos + hembras; el valor resultante de la proporción sexual es 0,5 si el número de machos y hembras es igual (Wilson & Hardy, 2002). Este método es el más recomendado para estimar las proporciones sexuales en la naturaleza debido a que considera a los individuos como unidades discretas y por lo tanto refleja la abundancia relativa de cada sexo en una población (Ancona *et al.*, 2017). Se realizó la prueba de Chi-cuadrado para determinar diferencias significativas entre las proporciones observadas y esperadas, utilizando el programa PAST 3.17 (Hammer, 2013). La estructura de edad se estimó para cada muestreo a partir de la proporción de cada una de las tres categorías de edad registradas en campo. Para evaluar diferencias en el número de individuos por categoría entre muestreos se realizó un test de homogeneidad con Chi-cuadrado. El tiempo de residencia se calculó como una medida indirecta de la longevidad, considerando el número de días entre la primera y la última captura (Brussard *et al.*, 1974; Schaeffer *et al.*, 2019). Posteriormente los datos se compararon mediante una prueba U de Mann-Whitney, para evaluar si el tiempo de residencia difería entre sexos. El movimiento de los individuos marcados se calculó como la distancia entre la trampa donde fueron marcados y las trampas donde fueron recapturados. Se utilizó el software QGIS “Las Palmas” (Versión 2.18.0) para graficar las distancias recorridas. Se usó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar si las distancias recorridas diferían entre sexos. Para determinar el grado de correlación entre la abundancia de individuos de *M. helenor peleides* y las variables abióticas registradas en campo (temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, cobertura de dosel), se realizó el índice de correlación de Spearman (programa PAST 3.17) (Hammer, 2013).

Resultados

Tamaño poblacional

Se capturaron y marcaron 287 (N_{total}) individuos de *M. helenor peleides* (217 machos; 70 hembras). La abundancia neta (N_{neta}) fue de 346 individuos (Tabla 1). El mayor número de capturas se presentó en junio-julio (M7) y mediados de abril (M3) con 92 y 83 individuos respectivamente; mientras que el menor número se registró en marzo (M1), mayo (M5) y principios de junio (M6) (Tabla 1).

Se recapturaron 59 mariposas (20,5%), 46 machos (21,1%) y 13 hembras (18,5%); de las cuales 40 fueron recapturadas una vez, 8 fueron recapturadas dos veces y sólo un individuo fue recapturado tres veces. Hay que destacar que los machos presentaron el mayor porcentaje de recaptura con 21,1%, mientras que para las hembras fue de 18,5%. Por otro lado, el mayor valor de recapturas se presentó a finales mayo (M4) con 21 mariposas (16 machos; 5 hembras) y los menores valores a principios de abril (M2) y julio (M7) con 3 y 2 individuos respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de la abundancia de *M. belenor peletides* durante los periodos de muestreo y por estaciones, en un paisaje de BST en la Vereda la Flecha, San Jacinto, Bolívar.

Estación/Muestreos	M1 (marzo)	M2 (abril)	M3 (abril)	M4 (mayo)	M5 (mayo)	M6 (junio)	M7 (junio-julio)	Total	P-sexual
E1	C	0	1 (1♂-0♀)	2 (0♂-2♀)	0	0	3 (3♂-0♀)	6 (4♂-2♀)	2:1
	R	0	0	0	0	0	0	0	
E2	C	2 (2♂-0♀)	5 (3♂-2♀)	6 (5♂-1♀)	3 (2♂-1♀)	0	0	8 (7♂-1♀)	24 (19♂-5♀)
	R	0	0	0	2 (2♂-0♀)	2 (1♂-1♀)	0	4 (3♂-1♀)	3:1
E3	C	1 (0♂-1♀)	3 (2♂-1♀)	12 (11♂-1♀)	11 (9♂-2♀)	0	2 (2♂-0♀)	14 (12♂-2♀)	43 (36♂-7♀)
	R	0	0	1 (0♂-1♀)	2 (1♂-1♀)	2 (2♂-0♀)	0	1 (1♂-0♀)	6 (4♂-2♀)
E4	C	4 (2♂-2♀)	20 (17♂-3♀)	24 (17♂-7♀)	11 (6♂-5♀)	5 (2♂-3♀)	2 (2♂-0♀)	45 (42♂-3♀)	111 (88♂-23♀)
	R	0	0	3 (3♂-0♀)	3 (2♂-1♀)	3 (3♂-0♀)	1 (0♂-1♀)	10 (8♂-2♀)	4:1
E5	C	2 (2♂-0♀)	14 (13♂-1♀)	29 (19♂-10♀)	9 (2♂-7♀)	1 (0♂-1♀)	0	19 (19♂-0♀)	74 (55♂-19♀)
	R	0	2 (2♂-0♀)	10 (10♂-0♀)	13 (10♂-3♀)	2 (2♂-0♀)	3 (2♂-1♀)	1 (1♂-0♀)	31 (27♂-4♀)
E6	C	2 (2♂-0♀)	6 (4♂-2♀)	10 (4♂-6♀)	4 (1♂-3♀)	2 (0♂-2♀)	0	3 (3♂-0♀)	27 (14♂-13♀)
	R	0	1 (1♂-0♀)	3 (2♂-1♀)	1 (1♂-0♀)	2 (0♂-2♀)	1 (0♂-1♀)	0	8 (4♂-4♀)
E7	C	0	1 (1♂-0♀)	1 (0♂-1♀)	0	0	0	2 (1♂-1♀)	1:1
	R	0	0	0	0	0	0	0	
Total	C	11 (8♂-3♀)	49 (40♂-9♀)	83 (57♂-26♀)	40 (20♂-20♀)	8 (2♂-6♀)	4 (4♂-0♀)	92 (86♂-6♀)	287 (217♂-70♀)
	R	0	3 (3♂-0♀)	17 (15♂-2♀)	21 (16♂-5♀)	11 (8♂-3♀)	5 (2♂-3♀)	2 (2♂-0♀)	59 (46♂-13♀)
Total	C+R	11 (8♂-3♀)	52 (43♂-9♀)	100 (72♂-28♀)	61 (36♂-25♀)	19 (10♂-9♀)	9 (6♂-3♀)	94 (88♂-6♀)	346 (263♂-83♀)
Proporción sexual	3:1	5:1	2:1	1:1	3:1	4:0	14:1		3.2:1

Abreviaturas: Capturas (C), Recapturas (R), Macho (♂), Hembra (♀).

Teniendo en cuenta las estaciones, la E4 presentó el mayor número de capturas con 111 mariposas (88 machos; 23 hembras) y la E5 presentó el mayor número de recapturas con 31 individuos (27 machos; 4 hembras), mientras que la E1 y E7 presentaron los menores valores de captura (6 y 2 respectivamente) y recaptura (0) (Tabla 1). Con el Modelo lineal generalizado (MLG) se demostró que la abundancia de *M. helenor peleides* varía de forma significativa ($p < 0.05$) entre muestreos y entre estaciones. Además, se determinó que en la variación de la abundancia de esta mariposa en el área de estudio hay un efecto tanto de los muestreos y de las estaciones.

El tamaño de la población teniendo en cuenta el estimador de Jolly-Seber varió de 8 a 338 individuos durante los siete eventos de captura y recaptura en el área de estudio (Figura 3). Las probabilidades de supervivencia más altas se observaron en abril, donde también se registró la población más alta de individuos según el método utilizado (Tabla 2). Se registraron números poblacionales bajos en la época seca (marzo) y durante las lluvias fuertes (mayo), con picos en la abundancia poblacional luego de las primeras lluvias (abril) (Figura 3).

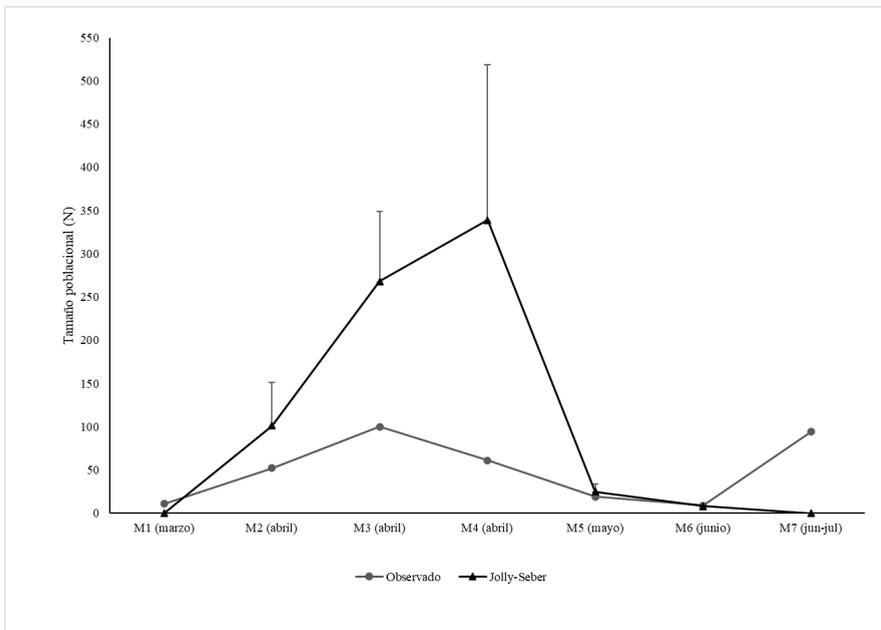


Figura 3. Tamaño poblacional estimado de *Morpho helenor peleides* durante el período de estudio (de marzo a julio de 2018) según el método Jolly-Seber en un paisaje de BST en la Vereda la Flecha, San Jacinto, Bolívar.

Tabla 2. Fluctuación del tamaño poblacional observado y estimado (N_t) de *Morpho helenor peleides* con el método de Jolly-Seber en un paisaje de BST en la Vereda la Flecha, San Jacinto, Bolívar.

Muestreos	Observado			Jolly-Seber				
	Número de individuos	Población estimada (N_t)	Proporción marcada (α_t)	ϕ_t	B_t	EEN _t	EE ϕ_t	EEB _t
1 (marzo)	11	-	-	-	-	-	-	-
2 (abril)	52	100.8	0.075	0.843	182.9	50	0.22	77.3
3 (abril)	100	267.9	0.178	0.919	92.5	81	0.474	91.9
4 (mayo)	61	338.7	0.335	0.094	-6.7	179.5	0.05	8.9
5 (mayo)	19	25	0.6	0.217	2.9	8.9	0.095	0.6
6 (junio)	9	8.3	0.6	0.222	61.5	2.4	0.139	0
7 (jun-jul)	94	-	-	-	-	-	-	-

Abreviaturas: ϕ_t : Probabilidad de supervivencia; B_t : Número de ganancias; **EEJ**: Error estándar Jolly-Seber; **EE ϕ_t** : Error estándar supervivencia; **EEB_t**: Error estándar número de las ganancias.

Proporción Sexual

La proporción sexual (macho-hembra) fue 3:1, donde el número de machos generalmente fue mayor con respecto al número de hembras (Tabla 1). Se encontraron diferencias significativas ($X^2=45,734$; $p<0,001$) entre las proporciones observadas y esperadas para los sexos. La máxima proporción de macho-hembra (14:1) se presentó en el muestreo siete, y la mínima (1:1) se presentó en el muestreo cuatro (Tabla 1). En el muestreo cinco la proporción sexual observada se invierte, siendo mayor el número de hembras (Tabla 1).

Estructura de edades

La estructura de edades de la población no fue constante durante el periodo de estudio; se encontraron diferencias significativas en el número de individuos por categoría de edad ($X^2=45,55$; $p<0,001$). La mayor parte del tiempo, se capturaron mariposas nuevas (41,8%) e intermedias (38,6%) y pocos individuos viejos (19,5%) (Figura 4). En el mes de abril y principios de julio (M7) se registró el mayor porcentaje de individuos nuevos (M3) e intermedios (M2); mientras que el mayor porcentaje de individuos viejos se registró en junio (M6) (Figura 4). Por sexos, se encontró que el mayor porcentaje de machos (44,7%) se obtuvo en la categoría nuevo, mientras que el mayor porcentaje de hembras (45,7%) se obtuvo en la categoría intermedia. Para ambos sexos se obtuvo un menor porcentaje en la categoría viejos (18,8% machos y 21,4% hembras).

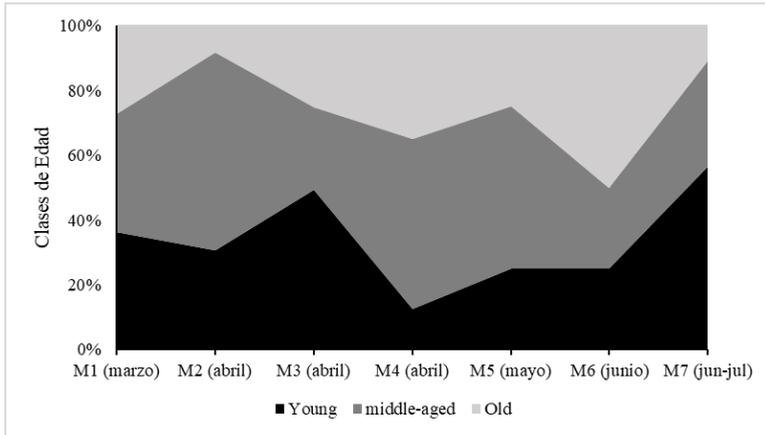


Figura 4. Clases de edad de la población de *M. helenor peleides* durante el período de estudio (de marzo a julio de 2018) en un paisaje de BST en el área de estudio.

Tiempo de Residencia

No se encontraron diferencias significativas entre el tiempo de residencia de machos ($17,02 \pm 7,3$ días; $N = 46$) y hembras ($18,6 \pm 6,8$ días; $N = 13$) ($U = 273$; $p > 0,05$). La mayoría de las recapturas ocurrieron en los intervalos de 11 a 20 días y de 21 a 30 días (Figura 5). La mariposa con el tiempo de residencia más largo fue un macho capturado y marcado por primera vez en los primeros días de abril y recapturado por última vez a mediados de mayo, con 38 días después de su primera captura.

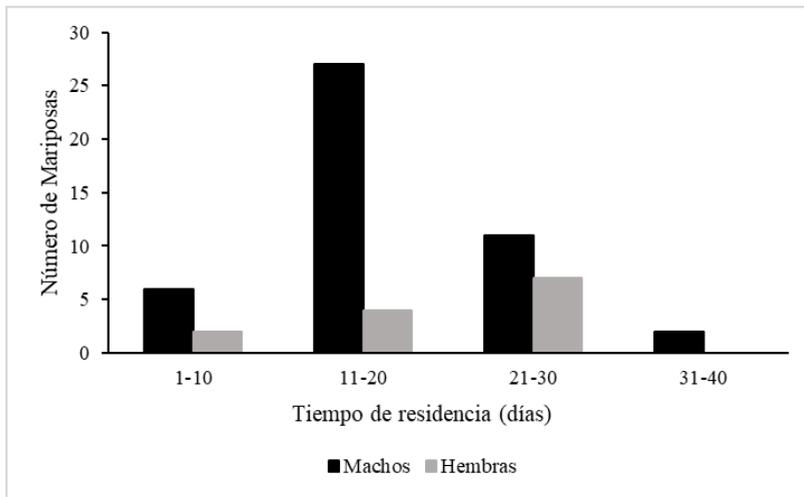


Figura 5. Tiempos de residencia de *Morpho helenor peleides* durante el período de estudio (de marzo a julio de 2018) en un paisaje de BST en el área de estudio.

Desplazamiento

Se calcularon distancias totales de vuelo (Dt) entre los 149m hasta los 1,231m. La distancia máxima recorrida por una hembra fue de 669m, mientras que la distancia máxima recorrida por un macho fue de 1231m. Se encontró un mayor promedio de distancia recorrida en las hembras ($303.7 \pm 189.4m$), mientras que en los machos fue menor ($276.8 \pm 209.9m$) (Figura 6). No se encontraron diferencias significativas entre las distancias recorridas por los machos y las hembras ($U = 265,5$; $p > 0,05$); (mediana hembras = 220, $N = 13$; mediana machos = 200, $N = 46$). Se registraron desplazamientos entre las estaciones dos, cuatro, cinco y seis (E2, E4, E5 y E6). El mayor número de individuos recapturados se desplazó entre la E4 y E5 (Figura 7).

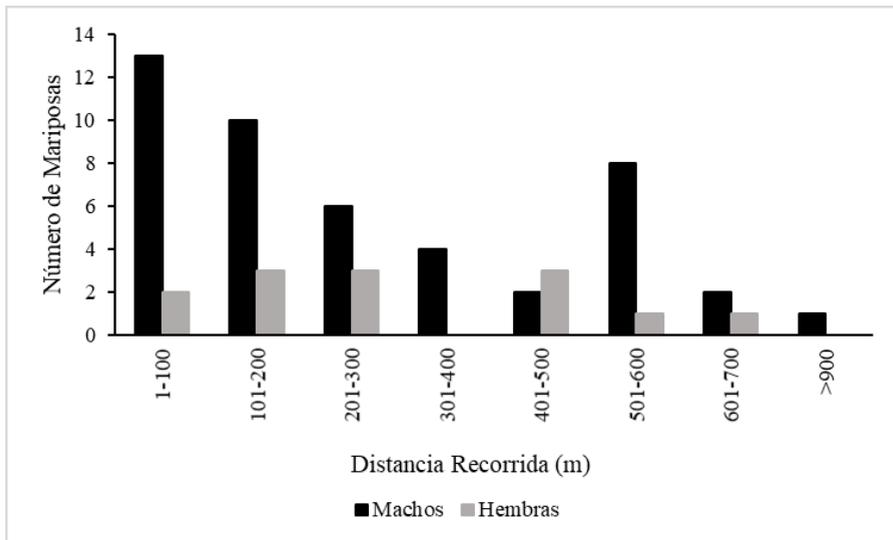


Figura 6. Distancias recorridas por *M. helenor peleides* durante el período de estudio (de marzo a julio de 2018) en un paisaje de BST en el área de estudio.

Correlación entre la abundancia de *Morpho helenor peleides* y las variables abióticas analizadas.

Teniendo en cuenta las variables ambientales, la temperatura (T) presentó el mayor valor ($35,92 \pm 1,10^\circ C$) en marzo en E4 y el menor ($24,18 \pm 0,80^\circ C$) en mayo en E3; mientras que la humedad relativa (H.R) fue inversamente proporcional a la temperatura, ya que el mayor valor ($93,06 \pm 2,24\%$) se registró en mayo en E3 y el menor valor ($42,18 \pm 1,47\%$) en marzo en E4. Por otro lado, el mayor valor ($9,55 \pm 4,87$ Klux) de intensidad lumínica (I.L) se registró en marzo en E2 cuando la cobertura de dosel (C.D) fue menor ($35,94 \pm 5,47\%$) y el menor valor ($0,29 \pm 0,075$ Klux) se registró

en junio en E5 cuando la cobertura de dosel fue mayor ($97,84 \pm 0,43\%$). En el caso de la precipitación, los mayores valores ($79,5; 113\text{mm}$) se presentaron en abril (M4) y mayo respectivamente y los menores (0 y 5mm) en marzo y junio (tabla de variables, material suplementario 2).

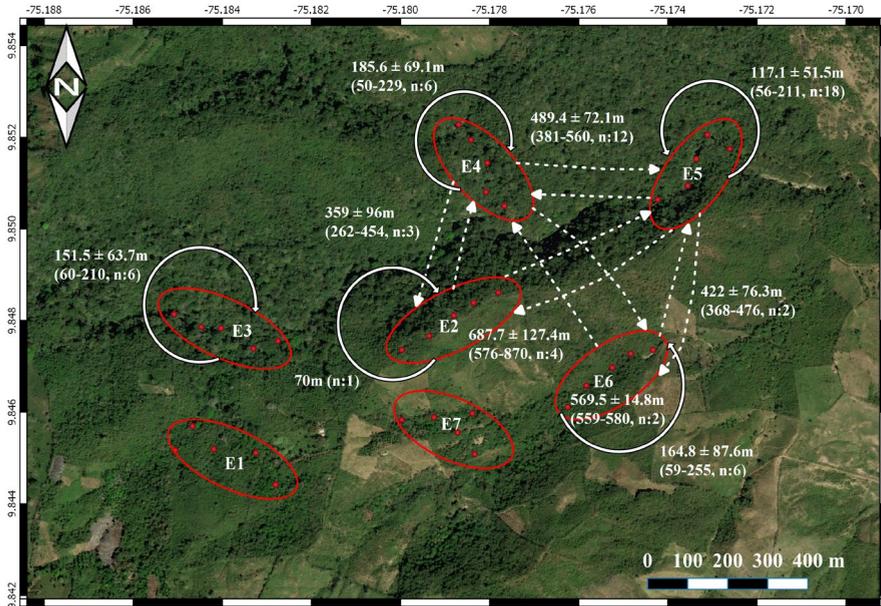


Figura 7. Desplazamiento de *M. helenor peleides* entre las estaciones (E) de muestreo en un paisaje de BST en la Vereda La Flecha, San Jacinto, Bolívar, Colombia. Se indica el promedio y la desviación estándar; en paréntesis se indican los valores mínimos-máximos y el número de individuos. Las flechas continuas y curvas indican desplazamiento dentro de las estaciones. Las flechas punteadas y rectas indican desplazamiento entre las estaciones.

Los análisis de correlación entre las variables abióticas (cobertura de dosel, temperatura, intensidad de luz, humedad relativa) mostraron que existe una correlación significativa entre la cobertura de dosel y el resto de las variables analizadas. Se observó una correlación inversa entre la cobertura de dosel con la temperatura ($r = -0,58; p < 0,001$) y la intensidad de luz ($r = -0,49; p < 0,001$), es decir que en puntos con alta cobertura de dosel se registraron bajas temperaturas y valores bajos de intensidad lumínica. En el caso de la humedad relativa, se observó una correlación positiva ($r = 0,64; p < 0,001$), es decir que en puntos con alta cobertura de dosel se registraron valores altos de humedad relativa. Teniendo en cuenta lo anterior se realizaron análisis de correlación entre la abundancia de *M. helenor peleides* y la cobertura de dosel, por muestreos y estaciones. Los análisis de correlación por muestreos fueron bajos y no significativos. En los análisis de correlación por estaciones se observaron correlaciones altas y significativas entre la abundancia de esta mariposa y la cobertura de dosel, en las estaciones cuatro (E4) ($r = 0,75; p < 0,001$) y cinco (E5) ($r = 0,62; p < 0,001$).

Discusión

La abundancia de *M. helenor peleides* registrada a mediados de abril, puede deberse a que su ciclo reproductivo este sincronizado con las primeras precipitaciones; las cuales inciden en la productividad primaria del BST proporcionando un beneficio indirecto para este grupo de mariposas, debido a la alta disponibilidad de recursos alimenticios y sustratos para la ovoposición (Fagua & Ruiz, 1996; Pollar, 1988; Vargas *et al.*, 2012; Wolda, 1978). Lo anterior refuerza lo obtenido por Freire, Nascimento, Konstantino y Diniz (2014); García, Galluser, Lachaume y Blandin (2014); quienes expresan que la transición entre la época seca y de lluvias es el periodo asociado con la mayor abundancia de mariposas *Morpho*. El incremento en el número de individuos a finales de junio y principios de julio, sugiere un nuevo pico de emergencia de imagos, ya que hasta esa fecha transcurrieron 73 días después de las primeras lluvias y del registro del mayor número de hembras. Lo anterior coincide con el tiempo de desarrollo desde huevo hasta adulto (entre 69 y 75 días) que se ha reportado para esta especie por Constantino y Corredor (2004), y Ruiz, Vásquez, Zarate y Pinedo (2015).

El método de JS funciona mejor cuando se tiene una gran cantidad de capturas y buen porcentaje de recapturas (Lemos *et al.*, 2005), razón por la cual las estimaciones del tamaño poblacional en abril (M3 y M4) deben ser las más cercanas al tamaño de la población estimado para el paisaje estudiado. Así mismo, la población estimada para este mes concuerda con largos periodos de sol, lluvias moderadas y un aumento en la tasa de emergencia de imagos, lo que conllevó a un alto número de capturas y recapturas.

Comúnmente en las poblaciones de especies del género *Morpho* la cantidad de machos detectables es mayor que la de hembras; sin embargo, esto no se debe a una proporción diferencial en los nacimientos (Young, 1973; Young & Thomason, 1974), sino como resultado de los diferentes patrones de comportamiento y/o mortalidad entre los sexos que afectan las probabilidades de captura (Ochoa *et al.*, 2018; Schaeffer *et al.*, 2019; Young, 1982). Los machos de esta especie vuelan con mayor frecuencia a través de quebradas y senderos en el bosque, exhibiendo un comportamiento de patrullaje; mientras que las hembras vuelan a mayor altura cerca de la vegetación, probablemente en busca de plantas hospederas. De esta manera, este tipo de comportamiento influye en la probabilidad de captura de esta mariposa; por lo tanto, el sexo más activo es comúnmente el más recolectado u observado (Schaeffer *et al.*, 2019). Estas observaciones son similares a las de Young (1973), García, Constantino, Heredia y Kattan (2002); Chazot, Panaras y Zilbermann (2016), quienes reportan que los machos de estas mariposas patrullan un área estableciendo rutas de vuelo. Por otro lado, la mejor estrategia para aumentar el número de hembras capturadas, sería instalar algunas trampas VSR a mayor altura y de forma alterna, de tal manera que se cubran varios estratos verticales de la vegetación. Esto no fue posible debido a la

complejidad topográfica de algunas áreas del paisaje en las que el acceso y la instalación de las trampas era complicado.

La estructura de edades con respecto al porcentaje de individuos nuevos y viejos, fue similar a lo reportado por Ochoa, Escorcia, Duran y Prieto (2018) para *M. rhodopteron* en la Sierra Nevada de Santa Marta y contrario a lo descrito por Prieto, Takegami y Rivera (2005) para *Morpho sulkowskyi* en la cordillera occidental colombiana. La distribución bimodal de la abundancia (dos picos marcados, en abril y julio), sugiere que probablemente esta es una especie bivoltina, sin embargo, es posible que se den más de dos generaciones anuales debido a los ciclos de vida cortos (menos de tres meses) reportados para *M. helenor* y todas sus subespecies (excepto *M. helenor carillensis*) (Constantino & Corredor, 2004; García *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2015); por lo que es necesario analizar el número de generaciones durante un ciclo anual completo. El menor porcentaje de individuos viejos en la población puede indicar alta mortalidad en esta categoría de edad por el aumento de la tasa de depredación por parte de aves, puesto que el deterioro de las alas afecta la capacidad de vuelo y la habilidad para escapar de los depredadores (Young & Thomason, 1974). Lo anterior se evidenció en que muchos individuos viejos, carecían de porciones muy simétricas de ambas alas posteriores; además en varias ocasiones se encontraron restos de alas debajo de algunos árboles en senderos y quebradas.

El individuo más longevo en este estudio fue capturado y registrado por primera vez en la categoría de edad nuevo, posteriormente al ser recapturado por última vez presentaba las alas deterioradas y muy descamadas, lo que ratifica las observaciones realizadas por Young y Thomason (1974) para *M. peleides limpida* en Costa Rica. Para las mariposas frugívoras los beneficios nutricionales de consumir frutas y materia orgánica en descomposición pueden ser uno de los factores responsables de prolongar la vida y pueden estar relacionados con la inclusión de aminoácidos en la dieta (Molleman *et al.*, 2008).

Entre los diversos componentes del paisaje estudiado, se dan variaciones microclimáticas locales que condicionan la distribución de *M. helenor peleides*. El desplazamiento a través del borde (E2) indica que estas mariposas utilizan esta zona como corredor para moverse entre el interior del bosque (E3, E4, E5) y remanentes de vegetación en sucesión (E6), probablemente en busca de recursos alimenticios. En lugares con alto porcentaje de cobertura de dosel natural (84,03-99,59%) en los que el estrato arbóreo se encuentra bien representado (E4, E5), se mantienen niveles altos de humedad (77,5±9,8%) que son detectados por estas mariposas a través de receptores higroscópicos cuticulares (Palanca, 1975; Freire *et al.*, 2014). Esto favorece la permanencia de la mariposa en lugares con alto porcentaje de cobertura vegetal natural, lo que se evidenció en la gran abundancia registrada en estas estaciones. Otro factor que podría explicar la abundancia de esta mariposa en estas estaciones (E4, E5)

es la disponibilidad de la planta hospedera (*Machaerium* sp); en la cual se observaron hembras ovopositando. Por otro lado, en las áreas de cultivos y potreros (E1, E7), los cambios en la abundancia, composición y diversidad vegetal, ocasionados por los distintos usos del suelo, hacen que los parámetros microclimáticos sean más cambiantes (Collinge *et al.*, 2003). Esto dificulta la estancia de esta mariposa en estos hábitats, por lo que la mayoría de los individuos se concentran en el interior del bosque (E3, E4, E5); donde las condiciones ambientales son más favorables para llevar a cabo muchas de sus funciones vitales.

Estos resultados sugieren que la cobertura de dosel natural y la presencia de las plantas hospederas, es un factor fundamental en la variación espacial de la estructura poblacional de *M. helenor peleides* en la VLF. Los registros de recaptura indican que esta mariposa se desplaza entre áreas de bosque y vegetación secundaria en la VLF, lo que sugiere que el movimiento de los individuos está influenciado por la variación de los parámetros ambientales en pequeñas escalas espaciales y la distribución de recursos alimenticios para larvas y adultos. De esta manera, la heterogeneidad del paisaje en la zona juega un papel importante en la variación de la abundancia de esta mariposa, demostrándose que este lepidóptero tiene una marcada preferencia por el interior de bosque. Esto representa mayor vulnerabilidad de extinción local (Vargas *et al.*, 2011), razón por la cual se hace necesario gestionar la inclusión de esta “reserva” dentro del marco legal de áreas protegidas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los miembros del semillero de Investigación NEOPTERA y demás estudiantes de la Universidad del Atlántico que hicieron parte de la fase de campo. A Dylan Padilla beneficiario de la convocatoria 775 de 2017 “JOVENES INVESTIGADORES E INNOVADORES POR LA PAZ 2017” del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS, Colombia y la Universidad del Atlántico; enmarcadas dentro del macroproyecto “Diversidad, distribución y algunos tópicos comportamentales de grupos selectos de artrópodos en zonas de posconflicto en el Caribe colombiano: Mariposas fruteras de la familia Nymphalidae”.

Contribución de los autores

Neis Martínez realizó el diseño de muestreos.

Johana Marquez ejecutó el trabajo experimental en campo.

Johana Marquez y Neis Martínez realizaron el análisis de los datos y escribieron el manuscrito.

Referencias

- Allen, K.A. & Thompson, D.J. (2014). Population size and survival estimates for the rare damselflies, *Coenagrion mercuriale* and *Ichnura pumilio*. *Insect Conservation and Diversity*, 7: 241-251.
- Ancona, S., Dénes, F.V., Krüger, O., Székely, T., Beissinger S.R. (2017). Estimating adult sex ratios in nature. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1729), [20160313].
- Andrade-C, M.G., Campos, S.L., Gonzales, M.I., Pulido, H.W. (2007). Santa María, Mariposas, Alas y Color: 100. ICN, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Basset, Y., Eastwood, R., Sam, L., Lohman, V., Treuer, T., Miller, S., Osorio, M. (2012). Cross-continental comparisons of butterfly assemblages in tropical rainforests: implications for biological monitoring. *Insect Conservation and Diversity*, 6:223-233.
- Besold, J., Huck, S., Schmitt, T. (2008). Allozyme polymorphisms in the small heath, *Coenonympha pamphilus*: recent ecological selection or biogeographical signal?. *Annales Zoologici Fennici*, 45: 217-228.
- Brown, K. & Freitas, A.V. (2000). Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape conservation. *Biotropica*, 32(4b): 934-956.
- Brussard, P.F., Ehrlich, P.R., Singer M.C. (1974). Adult movements and population structure in *Euphydryas editha*. *Evolution*, 28: 408-415.
- Campos-Salazar, L.R., Gómez, B.J., Andrade-C, M.G. (2011). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de las áreas circundantes a las Ciénagas del Departamento de Córdoba, Colombia. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.*, 35(134):45-60.
- Castaño Uribe, C.S. (1999). Serranías de Colombia. *Banco de Occidente I/M Editores*. Cali, 329.
- Chazot, N., Panaras, S., Zilbermann, N., Blandin, P., Le Poul, Y., Cornette, R., Elias, M., Debat, V. (2016). *Morpho* morphometrics: Shared enecyry and selection drive the evolution of wings size and shape in *Morpho* butterflies. *Evolution*, 70(1):181-194.
- Clark, L.R., Geier, P.W., Hugues, R.D., Morris, R.F. (1978). *The Ecology of insect Populations in Theory and Practice*, 4th ed.; The English Language Book Society and Methuen Book Society: London, UK, pp 1-24, ISBN 416766900.
- Collinge, S.K., Prudic, K.L., Oliver, J.C. (2003). Effects of local habitat characteristics and landscape context on grassland butterfly diversity. *Conservation Biology*, 17(1):178-187.
- Constantino, L.M. & Corredor, G. (2004). The biology and morphology of the early stages of *Morpho macrophtalmus* and *M. peleides telamon* (Nymphalidae: Morphinae) from western Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 8:201-209.
- Devries, P.J., Murray, D., Lande, R. (1997). Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biol. J. Linn. Soc.*, 62: 343-364.
- Devries, P.J. (1987). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Princeton Univ Press, 327 p.
- Díaz, A.C., Barbosa, C.E., De la Ossa, J. (1986). Aspectos ecológicos y etológicos de primates con énfasis en *Alouatta seniculus* (Cebidae), de la región de Coloso, Serranía de San Jacinto (Sucre), Costa Norte de Colombia. *Caldasia*, 14:709-741.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo C.W. (2019). InfoStat (versión 2019). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar>.
- Ehrlich, P.R. & Gilbert, L.E. (1973). Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica*, 5, 69-82.
- Fagua, G. & Ruiz, N. (1996). Relaciones de herbivoría entre papilioníidas (Lepidoptera) y especies de *Aristolochia* (Aristolochiaceae). En: Andrade, C.G., García, A.G., Fernández, F. (eds.). *Insectos de Colombia*. Centro Editorial Javeriano (ceja). *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.*, 541 p.
- Freire, G., Nascimento, A.R., Konstantino, I.M., Diniz, I.R. (2014). Temporal occurrence of two *Morpho* butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae): influence of weather and food resources. *Environmental Entomology*, 43:274-282.
- Freitas, A. & Ramos, R. (2001). Population biology of *Parides Anchises nephalion* (Papilionidae) in a coastal site in southeast Brazil. *Braz. J. Biol.*, 61(4):623-630.
- García, C.R., Gallusser, S., Lachaume, G., Blandin, P. (2014). The ecology and life cycle of the Amazonian *Morpho cisseis phanodemus* Hewitson, 1869, with a comparative review of early stages in the genus *Morpho* (Lepidoptera: Nymphalidae: Morphinae). *Tropical Lipidoptera Research*, 24(2):67-80.
- García, R.C., Constantino, L.M., Heredia, M.D., Kattan, G. (2002). *Guía de campo: Mariposas comunes de la cordillera central de Colombia*. p.130, ISBN:958-33-3190-2.
- Hammer. (2013). PAST Paleontological Statistics Version 3.0: Reference Manual University of Oslo.
- Heyer, W.R., Donnelly, M.A., Mcdiarmid, R.W., Hayec, L.A., Foster, M.S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian institution. Washington, 364 p.
- Jolly, G.M. (1965). Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration stochastic model. *Biometrika*, 1: 225-247.
- Krebs, C.J., Kenney, A.J. (1998). *Ecology Methodology*. Department of zoology, University of British Columbia, Vancouver, B.C Canada V6T 1Z4.
- Kremen, C. (1994). Biological inventory using target taxa a case study of the butterflies of Madagascar. *Ecological Applications*, 4(3): 407-422.
- Lemos, J.A., Rojas, R.I., Zúñiga, J.J. (2005). *Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre*. Jiménez editores. Universidad Nacional autónoma de México, México D.F, 157 p.
- Martínez, N., García, S., Gutierrez, M., Sanjuán, S., Contreras, C. (2010). Composición y estructura de la fauna de escarabajos (Insecta: Coleoptera) atraídos por trampas de luz en La Reserva Ecológica de Luriza, Atlántico, Colombia. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 373-381 p.
- Molleman, F., Ding, J., Wang, J.L., Zwaan, B.J., Carey, J.R., Brakefield, P.M. (2008). Adult diet affects lifespan and reproduction of the fruit-feeding butterfly *Charaxes fulvescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129(1): 54-65.

- Ochoa, S.J.A., Escorcía, D.K., Duran, J., Prieto, C. (2018). Population Structure of *Morpho* rhodopteron, Godman & Salvin (Lepidoptera: Nymphalidae) an Endemic Butterfly from the Sierra Nevada De Santa Marta, Colombia. *J. Lepid. Soc.* 72(4): 320-326.
- Palanca, A. (1975). Lepidópteros y tiempo atmosférico. *Graellsia*, 31:61-77.
- Pizano, C., García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos.
- Pollard, E. (1988). Temperature, rainfall and butterfly numbers. *J. Appl. Eco.*, 819-828.
- Prieto, C., Takegami, C., Rivera, J.M. (2005). Estructura poblacional de *Morpho sulkowskyi* Kollar, 1850 (Lepidoptera: Nymphalidae) en un sector de la cordillera occidental, departamento del Cauca (Colombia). *Entomotropica*, 20(1):15-22.
- Ramos, R., Freitas, A. (1999). Population biology, wing color variation and ecological plasticity in *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae). *J. Lepid. Soc.*, 53:11-21.
- Rangel, J., Carvajal, C.J. (2012). Clima de la región Caribe colombiana. Colombia Diversa, Biótica XII. Región Caribe Colombia. Bogotá. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia: 67–129.
- Ribeiro, D.B., Freitas, A.V.L. (2011). Large-sized insects show stronger seasonality than small-sized ones: a case study of fruit-feeding butterflies. *Biol. J. Linn. Soc.*, 104:820-827.
- Ribeiro, D.B., Prado, P.I., Brown J.R., K.S., Freitas, A.V.L. (2008). Additive partitioning of butterfly diversity in a fragmented landscape: importance of scale and implications for conservation. *Diversity and Distributions*, 14: 961-968.
- Rodríguez, J.V., Rueda, J.V., Gutiérrez, T.D. (2008). *Guía ilustrada de la fauna del Santuario de Vida Silvestre Los Besotes, Valledupar, Cesar, Colombia*. Serie de guías tropicales de campo N°7, Conservación Internacional. Editorial Panamericana. Bogotá, Colombia.
- Ruiz, E., Vásquez, J., Zárate, R., Pinedo, J. (2015). Aspectos biológicos de *Morpho helenor theodoris* (Fruhstorfer) (Lepidoptera: Nymphalidae: Morphinae) y *Mechanitis polymnia* (Linnaeus) (Lepidoptera: Nymphalidae: Ithomiinae), en la Amazonia baja del Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), 24(1):45-54.
- Sampedro, A., Álvarez, A., Domínguez, L.M., Herrera, I. (2013). Especies promisorias para el ecoturismo en “Campo Aventura Roca Madre”, Toluviéjo-Sucre, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1):3387-3398.
- Schaeffer, P.V., Oliveira, M.N., Piccoli, R.H. (2019). Population structure and natural history of the South American fruit-feeding butterfly *Taygetis ypthima* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Austral Entomology*, 58(4): 753-761.
- Seber, G.A. (1965). A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, 52: 249-259.
- Strickler, G. (1959). Use of the densitometer to estimate density of forest canopy on permanent sample plots. USDA For Serv Research.
- Uehara-Prado, M., Brown J.R., K.S., Freitas, A.V.L. (2007). Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 16: 43-54.
- Vargas, M., Martínez, N., Gutiérrez, L.C., Prince, S. (2011). Riqueza y abundancia de Hesperioidea y Papilionoidea (Lepidoptera) en la Reserva Natural Las Delicias, Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Acta Biol. Colomb.*, 16(1):43-60.
- Vargas, M., Prince, S., Martínez, N. (2012). Estructura poblacional de *Heliconius erato hydara* Hewitson, 1867 (Lepidoptera: Nymphalidae) en la Reserva Campesina la Montaña, departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 51:273-281.
- Vu, L.V. (2009). Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tamdao National Park Vietnam. *Journal of Zoology*, 227: 15-22.
- Wilson, K., Hardy, I.C.W. (2002). *Statistical analysis of sex ratios: An introduction*. In *Sex Ratios: Concepts and Research Methods*, 1st ed, Hardy ICW, ed, Cambridge University Press: New York, NY, USA, pp. 48-92, ISBN 978052181896.
- Wolda, H. (1978). Seasonal fluctuation in rainfall, food and abundance of tropical insects. *J. Anim. Ecol.*, 47:369-381.
- Young, A.M., Muysshondt, A. (1973). The biology of *Morpho peleides* in Central America. *Caribb. J. Sci.*, 13:1- 49.
- Young, A.M., Thomason, J.H. (1974). The demography of a confined population of the butterfly *Morpho peleides* during a tropical dry season. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 9:1-34.
- Young, A.M. (1982). Notes on the natural history of *Morpho granadensis polybaptus* Butler (Nymphalidae: Morphinae), and its relation to that of *Morpho peleides limpida* Butler. *J.N.Y Entomol. Soc.*, 90:35-54.

Material complementario

Material complementario 1. Descripción de las estaciones de muestreo en un paisaje de BST en la Vereda la Flecha, San Jacinto, Bolívar, Colombia.

Nombre estación	Coordenadas/ altitud	Descripción
Estación 1 (E1)	0 9 ° 5 0 ' 4 2 . 7 " N - 075°11'03.1"O. 446m	Se caracteriza por estar distribuida en parcelas o lotes delimitados con cercas artificiales, en los cuales se observan cultivos de aguacate (<i>Persea americana</i>), Ñame (<i>Dioscorea esculenta</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>), plátano (<i>Musa paradisiaca</i>), ají (<i>Capsicum annuum</i>). Presenta poca vegetación nativa, ya que en su gran mayoría ha sido talada para la siembra de estos cultivos. Es un área muy transitada por los campesinos de la zona y también se usa para el pastoreo de equinos y bovinos.
Estación 2 (E2)	0 9 ° 5 0 ' 5 3 . 2 " N - 075°10'43.7"O 451m	Se encontraba en un área de transición entre el borde de un fragmento de bosque, vegetación en sucesión (15 años) y zonas de cultivo: maíz (<i>Zea mays</i>), yuca (<i>M. esculenta</i>), ají (<i>C. annuum</i>), Ñame (<i>D. esculenta</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).
Estación 3 (E3)	0 9 ° 5 0 ' 5 2 . 2 " N - 075°11'02.5"O 412m	Ubicada en bosque de galería, sobre el cauce principal de una quebrada que atraviesa el lugar. En esta área el sustrato de la quebrada es arenoso con rocas de distinto tamaño y presenta agua sólo en época de lluvias. La topografía del terreno adyacente es inclinada, y la cobertura boscosa cubre las laderas. Se observan especies vegetales nativas como <i>Hura crepitans</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Terminalia amazónica</i> , <i>Pseudobombax septenatum</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Spondias mombin</i> , <i>Aspidosperma polyneuron</i> , <i>Machaerium</i> sp.
Estación 4 (E4)	0 9 ° 5 1 ' 0 5 . 2 " N - 075°10'41.0"O 414m	Se localizó en el interior del bosque de galería, sobre el cauce secundario de la quebrada. Presenta sustrato rocoso con grietas y oquedades que conservan agua de manera permanente. La topografía del terreno adyacente es inclinada y la cobertura boscosa cubre las laderas. Se observan especies vegetales nativas (<i>B. simaruba</i> , <i>Machaerium</i> sp, <i>T. amazónica</i> , <i>P. septenatum</i> , <i>E. cyclocarpum</i> , <i>S. mombin</i> , <i>A. polyneuron</i>), así como musgos y helechos que cubren las rocas.
Estación 5 (E5)	0 9 ° 5 1 ' 0 5 . 5 " N - 075°10'24.1"O 347m	Ubicada a 378 m de la estación 4, sobre el cauce principal de la quebrada. En esta área el sustrato es arenoso con rocas de gran tamaño y presencia de abundante agua en época de lluvias. La topografía del terreno es inclinada en algunas áreas. Se observan especies vegetales nativas como <i>B. simaruba</i> , <i>Machaerium</i> sp, <i>T. amazónica</i> , <i>P. septenatum</i> , <i>E. cyclocarpum</i> , <i>S. mombin</i> , <i>A. polyneuron</i> . A su alrededor se observa la expansión de áreas ganaderas y zonas dedicadas a la explotación de maderas.

Estación 6 (E6)	0 9 ° 5 0 ' 4 9 . 1 " N - 075°10'30.9"O 346m	Remanentes de bosque seco en sucesión (15 años) adyacentes a una quebrada temporal con sustrato arenoso y roca. Está rodeada de zonas de cultivos (<i>Z. mays</i> , <i>M. esculenta</i>) y potreros; así como relictos de palma amarga (<i>Sabal mauritiiiformis</i>). La zona de la pendiente conserva vegetación que facilita la conexión con la E2. En las partes adyacentes es común la quema en algunos meses del año para la siembra y la tala de árboles.
Estación 7 (E7)	0 9 ° 5 0 ' 4 4 . 0 " N - 075°10'43.4"O 395m	Se encontraba en un área donde predomina la vegetación secundaria con árboles de mango (<i>Mangifera indica</i>), guanábana (<i>Annona muricata</i>), ciruela (<i>Spondias purpurea</i>) y caimito (<i>Chrysophyllum cainito</i>). También se observan cultivos de aguacate (<i>P. americana</i>), Plátano (<i>M. paradisiaca</i>) y piña (<i>A. comosus</i>).

Material complementario 2. Parámetros ambientales medidos durante los periodos de muestreo en un paisaje de BST en la Vereda La Flecha. Se indica el promedio, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos (en paréntesis).

Muestreo/ Estación	T (°C)	H.R (%)	LL (KLux)	C.D (%)	Prec (mm)
M1E1	29.98±0.99 (28.7-31.1)	68.11±4.82 (61.1-73.06)	0.42±0.21 (0.15-0.66)	80.62±1.73 (18-22)	
M1E2	34.65±2.56 (30.7-37.06)	49.7±6.63 (42.9-58.8)	9.55±4.87 (5.8-17.4)	35.94±5.47 (3.7-18)	
M1E3	32.92±0.81 (32.1-34.1)	53.06±1.60 (50.5-54.7)	0.34±0.17 (0.15-0.62)	94.18±0.89 (21.5-23.5)	
M1E4	35.92±1.10 (34.3-37.2)	42.18±1.47 (40.9-44.7)	0.82±0.46 (0.37-1.5)	59.90±3.02 (11-18.5)	0
M1E5	35.44±0.66 (34.8-36.4)	42.8±2.65 (39.8-47.1)	0.32±0.11 (0.18-0.49)	84.03±5.20 (11-23.5)	
M1E6	31.42±1.58 (29.4-33.4)	55.27±4.68 (49.4-59.5)	0.32±0.18 (0.17-0.59)	82.11±0.81 (19-20.7)	
M1E7	29.56±0.66 (28.9-30.6)	59.12±0.83 (58.5-60.5)	0.40±0.19 (0.25-0.63)	89.93±0.95 (20.7-22.7)	
M2E1	28.3±1.65 (26.3-29.7)	78.97±4.3 (74.4-85.08)	2.29±0.56 (1.9-3.09)	92.85±1.21 (21.2-24)	
M2E2	32.54±2.65 (28.6-35.1)	60.92±7.48 (52.6-69.5)	0.92±0.36 (0.53-1.44)	78.29±2.21 (15.2-21.2)	
M2E3	31.64±1.00 (30.7-33.2)	66.18±4.50 (61-72.9)	1.02±0.57 (0.3-1.7)	97.76±0.27 (23.2-23.7)	
M2E4	31.45±1.03 (30.2-33.06)	67.86±7.09 (56.9-73.6)	6.65±9.22 (0.88-23)	85.52±2.03 (17.2-22.2)	28
M2E5	32.01±1.99 (28.5-33.3)	58.13±1.91 (55.4-60.2)	2.06±1.50 (0.74-4.6)	96.42±0.94 (21.7-24)	
M2E6	30.85±0.27 (30.6-31.2)	72.71±2.08 (70.3-74.7)	4.12±2.48 (0.97-7.9)	89.52±1.7 (19.5-23.7)	
M2E7	28.63±0.76 (28.01-29.9)	73.58±3.59 (70.7-79.7)	1.11±0.38 (0.73-1.6)	97.2±0.59 (22.7-249)	
M3E1	25.38±0.38 (24.8-25.8)	83.88±1.36 (81.6-85.1)	7.36±5.11 (1.03-14.6)	92.85±0.90 (21.2-23.2)	
M3E2	29.94±0.70 (28.9-30.7)	68.59±3.33 (64.9-73.08)	7.26±5.34 (1.8-15.9)	94.59±1.07 (21-23.7)	
M3E3	29.42±0.34 (29-29.7)	66.7±2.17 (63.1-68.5)	0.71±0.41 (0.16-1.3)	94.51±0.63 (21.7-23.2)	
M3E4	29.02±1.22 (28.01-30.6)	70.69±3.75 (65.1-74.4)	0.59±0.16 (0.43-0.78)	93.26±1.03 (20.7-23.2)	
M3E5	30.84±0.35 (30.3-31.2)	62.58±4.04 (58.3-68.03)	0.49±0.16 (0.26-0.7)	96.17±0.40 (22.7-23.5)	38
M3E6	32.28±0.23 (31.9-32.5)	59.83±1.49 (58.06-61.8)	0.52±0.31 (0.25-0.95)	95.59±0.55 (22.2-23.5)	
M3E7	32.08±0.48 (31.3-32.4)	60.2±1.97 (58.9-63.6)	0.81±0.40 (0.18-1.2)	95.09±0.97 (21.5-23.7)	

Material complementario 2. Continuación.

Muestreo/ Estación	T (°C)	H.R (%)	I.L (KLux)	C.D (%)	Prec (mm)
M4E1	28.14±0.53 (27.4-28.7)	79.58±2.70 (75.4-82.9)	1.66±0.86 (0.76-3)	94.09±1.07 (21.2-24)	
M4E2	27.72±0.38 (27.5-28.4)	77.60±3.19 (72.2-80.6)	1.88±0.98 (1.01-3.5)	95.43±1.31 (21-24)	
M4E3	27.48±0.37 (27.1-28.1)	82.48±2.39 (79.4-86.01)	1.17±0.75 (0.4-2.3)	98.09±0.60 (22.7-24)	
M4E4	26.82±0.64 (26.1-27.8)	83.88±3.05 (80-88.4)	0.84±0.38 (0.55-1.5)	98.25±0.37 (23-24)	79.5
M4E5	27.54±0.37 (27.1-28.1)	80.05±1.38 (78.08-81.4)	0.78±0.16 (0.61-1.05)	98.50±0.34 (23.2-24)	
M4E6	27.12±0.67 (26.5-28.2)	85.22±3.04 (80.4-88.8)	1.21±0.64 (0.76-2.3)	95.76±0.40 (22.5-23.5)	
M4E7	25.62±1.16 (23.9-26.9)	85.81±1.42 (84.4-88)	0.57±0.42 (0.23-1.1)	98.50±0.34 (23.2-24)	
M5E1	28.61±4.56 (25.4-36.6)	82.24±2.72 (80.1-86.6)	1.36±0.44 (0.71-1.9)	97.67±0.32 (23.2-24)	
M5E2	28.61±1.50 (20.7-24.6)	82.24±3.13 (89.4-96.8)	1.36±0.51 (0.15-1.4)	97.67±0.65 (22.5-24)	
M5E3	24.18±0.80 (23.6-25.6)	93.06±2.24 (91.2-96.7)	0.84±0.47 (0.41-1.6)	98.50±0.43 (23.2-24)	
M5E4	24.64±0.40 (24.2-25.2)	87.86±4.08 (82.1-92.7)	0.72±0.27 (0.38-1.1)	98.42±0.28 (23.2-24)	113
M5E5	25.33±0.52 (24.7-26.03)	87.2±2.51 (83.5-90.2)	0.76±0.19 (0.53-1)	99.09±0.16 (23.7-24)	
M5E6	25.98±0.44 (25.4-26.5)	90.78±0.94 (89.3-91.5)	1.17±0.57 (0.51-1.8)	97.26±0.79 (22-24)	
M5E7	27.26±0.54 (26.4-27.7)	79.52±2.49 (75.7-81.5)	0.68±0.35 (0.39-1.3)	98.67±0.32 (23.2-24)	
M6E1	27.78±0.68 (26.8-28.6)	82.72±2.76 (81.1-87.6)	0.76±0.22 (0.46-1.1)	98.59±0.44 (23-24)	
M6E2	29.90±0.65 (29-30.8)	80.92±2.82 (77.7-84.1)	0.83±0.83 (0.24-2.2)	97.92±0.77 (22.2-24)	
M6E3	30.48±0.57 (29.5-31.01)	78.86±3.66 (74.1-83.4)	0.45±0.37 (0.14-1.1)	98.34±0.49 (23-24)	
M6E4	29.44±0.05 (29.4-29.5)	83.50±2.55 (80.2-86.1)	0.34±0.09 (0.21-0.48)	98.34±0.65 (22.5-24)	5
M6E5	29.72±0.18 (29.5-30.01)	83.69±3.36 (80.2-88.5)	0.29±0.07 (0.19-0.38)	97.84±0.43 (23.2-24)	
M6E6	30.54±0.54 (30-31.3)	82.08±1.47 (79.5-83.1)	0.59±0.45 (0.31-1.4)	97.42±0.58 (22.5-24)	
M6E7	30.50±0.29 (30.3-31.01)	78.49±2.29 (74.6-80.05)	0.96±0.17 (0.71-1.2)	99.59±0.13 (23.7-24)	
M7E1	25.48±0.75 (24.3-26.2)	88.38±1.80 (86.4-91.08)	0.57±0.20 (0.35-0.85)	98.92±0.21 (23.5-24)	
M7E2	27.69±0.40 (27.3-28.2)	83±0.79 (82.4-84.3)	1.3±1.11 (0.51-3.2)	99.17±0.23 (23.5-24)	
M7E3	28.4±0.35 (28.01-28.8)	85.56±2.02 (83.5-88.3)	0.45±0.20 (0.13-0.68)	98.25±0.29 (23.2-24)	
M7E4	28.56±0.24 (28.3-28.8)	80.3±3.04 (77.03-84.1)	0.75±0.59 (0.25-1.7)	98.67±0.32 (23.2-24)	15
M7E5	29.46±0.18 (29.3-29.7)	76.92±3.90 (73.3-81.8)	0.6±0.28 (0.26-0.85)	99.59±0.13 (23.7-24)	
M7E6	30.04±0.39 (29.5-30.5)	75.87±3.12 (71.1-79.3)	1.04±0.12 (0.85-1.2)	99.34±0.16 (23.7-24)	
M7E7	30.72±0.88 (29.2-31.4)	71.62±3.85 (69.1-78.4)	1.68±0.57 (1.1-2.3)	99.17±0.23 (23.5-24)	