

Diversidad y patrón de emergencia de libélulas en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba

Diversity and emergence pattern of dragonflies in a lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba

Gabriela Lim-Franco^{1,*} y Adrian Trapero-Quintana²

¹ Departamento Curatorial, Museo Nacional de Historia Natural, Calle Obispo # 61 entre Oficios y Baratillo, Habana Vieja, La Habana, Cuba. CP: 10100

² Departamento de Biología Animal y Humana, Facultad de Biología de la Universidad de la Habana, Calle 25 # 455 entre J e I, Vedado, La Habana, Cuba. CP: 10400.

*Autor para correspondencia (e-mail: limi23773@gmail.com).

RESUMEN

La transferencia de biomasa hacia los ecosistemas terrestres la hacen en parte los adultos de los insectos acuáticos después que emergen del agua, como es el caso de los odonatos. Este estudio tiene como objetivo caracterizar el patrón de emergencia de un ensamble de odonatos en un hábitat léntico artificial del Jardín Botánico Nacional de Cuba, a partir de la recolección de exuvias. Se realizaron 52 muestreos con una frecuencia de una vez por semana y de siete a nueve días de intervalo, en cuatro transectos de 8 m². Para caracterizar la emergencia se consideró el modelo climático estacional: periodo lluvioso, poco lluvioso y de transición. Se registró el cambio de las variables climáticas y características del hábitat, se relacionó con el patrón de emergencia, y se describió la variación del uso de los recursos durante la emergencia. El estudio demostró que el patrón de emergencia con un volumen de agua constante es asincrónico, con predominio de especies accidentales y de distribución de abundancia poco equitativa. El periodo lluvioso fue la etapa con mayor porcentaje de emergencia, del cual las precipitaciones y la humedad relativa resultaron los factores climáticos que más influyeron sobre el patrón de emergencia. Las plantas fueron el sustrato de emergencia más empleado y la disminución de cobertura vegetal estuvo en correspondencia con el uso alternativo de otros sustratos.

Palabras clave: Cuba, exuvias, Odonata, sustrato de emergencia

ABSTRACT

The transference of biomass to terrestrial ecosystems is carried out in part by the adults of aquatic insects after their emergence from water, as it is in the case of odonates. The aim of this study is to characterize the emergence pattern of an odonate assemblage in an artificial lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba, from the harvest of exuviae. Fifty two samplings were carried out with a frequency of once a week, and an interval of seven to nine days, in four transect of 8 m². To characterize the emergence, the seasonal climate model was considered: rainy, poorly rainy and transition seasons. The change in climatic variables and habitat characteristics was registered, and was related to the emergence pattern. The variation in the use of resources during emergence was described. The emergence with a constant volume of water turned out to be asynchronous, with a predominance of accidental species and unequal abundance distribution. The rainy period was the season with the highest percentage of emergence, in which rainfall and relative humidity were the factors that most influenced the emergence pattern. The plants were the most used emergence substrate, and the decrease in vegetation cover corresponded to the alternative use of other substrates.

Keywords: Cuba, exuviae, Odonata, emergence substrate

Citación: Lim, G. & Trapero-Quintana, A. 2020. Diversidad y patrón de emergencia de libélulas en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 41: 119-130.

Recibido: 17 de febrero de 2020. **Aceptado:** 19 de junio de 2020. **Publicado en línea:** 4 de noviembre de 2020. **Editor encargado:** Luis Manuel Leyva.

INTRODUCCIÓN

Una parte considerable de la transferencia de biomasa hacia los ecosistemas terrestres la hacen las larvas de los insectos acuáticos después de emerger del agua y efectuar la última metamorfosis. El proceso por el cual las larvas salen del agua y pasan al medio aéreo como adultos se denomina emergencia (Chacón & al. 2016). El conocimiento de los factores que la regulan es importante para comprender parte de los mecanismos de transferencia de energía que determinan y condicionan la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas (*op. cit.*).

Entre los insectos acuáticos, los odonatos, comúnmente conocidos como libélulas, constituyen uno de los grupos más ubicuos en estos ecosistemas (Corbet 2004). Las larvas de estos insectos son más susceptibles a cambios en la calidad del agua que los adultos. En este sentido la exuvia, como vestigio del último estadio larval, contribuye a estimar los

efectos que puedan condicionar la vida en el medio acuático (Giugliano & al. 2012, Bried & al. 2015). Los ecosistemas acuáticos artificiales son modelos útiles para evaluar los principales factores que afectan a la dinámica y composición de las comunidades que allí viven. Si se trata de algún lugar con interés conservacionista y una buena forma de conocer su estado de salud es el estudio de los grupos componentes de esa comunidad (Clifford & Heffernan 2018).

El clima parece ser el factor regulador más importante sobre la diversidad y composición de especies de odonatos en regiones tropicales (Alves-Martins & al. 2018). En los trópicos, debido a la estabilidad de los factores climáticos, se dificulta el establecimiento de relaciones entre estos y los patrones de emergencia (Wolf & al. 1988). Según Suhling & al. (2005), para esta región, la asincronía en el patrón de emergencia está más influenciada por las características del hábitat.

Los trabajos con odonatos realizados en Cuba dedicados a temas ecológicos y de su historia natural son limitados y enfocados hacia la región oriental del archipiélago. Para esa región se ha referido el carácter asincrónico del patrón de emergencia en tres hábitats dulceacuícolas naturales, con predominio de especies accidentales y multivoltinas (Trapero-Quintana 2011). Sin embargo, no se ha comprobado la influencia de las variables climáticas sobre el patrón de emergencia en ensambles de odonatos del occidente cubano y de las características físicas y estructurales en un hábitat artificial, lo que constituye el problema científico del presente trabajo. El objetivo de este estudio es caracterizar el patrón de emergencia de un ensamble de odonatos en un hábitat léntico artificial dulceacuícola del Jardín Botánico Nacional, a partir de la recolección de exuvias.

La recolección de exuvias es un método de mínimo impacto sobre ensambles de odonatos y los ecosistemas dulceacuícolas. La metodología de la presente investigación ofrece datos sobre la ecología de estos insectos para Cuba y las Antillas. Asimismo, permite estimar el patrón de emergencia para las especies estudiadas en regiones con hábitat similar al analizado y los resultados del patrón de emergencia, pueden ser usados como estudio de caso en asignaturas como Ecología y Entomología de la carrera de Biología.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Jardín Botánico Nacional, ubicado en los 23°08'00" lat. N y 82°22'00" long. W, 25 km al sur de la ciudad de La Habana en el municipio Boyeros, en el occidente de Cuba (Figura 1). El área se caracteriza por un clima húmedo, con valores anuales de humedad relativa media de 80 %. Los valores medios de temperatura oscilan entre 20 y 27°C y se registran 2 000 mm de lluvia aproximadamente (Instituto Nacional de Meteorología 2018).

El área de muestreo es un hábitat lacustre permanente de aproximadamente 100 m², con plantas de porte herbáceo como

Hydrocotyle umbellata L. y *Commelina erecta* L. como vegetación riparia de la laguna y la superficie del agua está cubierta por *Salvinia auriculata* Aubl. (Figura 1). El fondo es sólido de origen artificial, sin embargo, presenta materia orgánica asentada, lo que permite inferir que sea una laguna tipo eutrófica, según criterios cualitativos de Moreno & al. (2010). La profundidad máxima de la misma hacia el centro es de 45 cm.

Con el fin de conocer la abundancia y riqueza específica de los odonatos que emergieron, se realizó la recolección de exuvias a partir del método propuesto por Hardersen & al. (2017). El mismo implica la recolecta directa de exuvias sobre la vegetación, rocas y tierra en cuatro transectos de 8 m de largo y 1 m de ancho en la transición agua-tierra separadas por cuatro metros. Se realizaron 52 muestreos entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018, con la toma de muestras una vez por semana, con un intervalo promedio entre siete y nueve días y siempre entre las 9:30 y 13:00 horas (Johansson & al. 2005). Las exuvias se preservaron en frascos de 25 ml con alcohol a 70 %. Para cada ejemplar se registró la fecha, sustrato, estructura y posición al ser recolectada.

Los registros de precipitaciones acumuladas, número de días lluviosos, humedad relativa mínima, media y máxima, así como temperatura ambiente mínima, media y máxima, se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Santiago de Las Vegas. Para el análisis de los periodos de emergencia, se consideró el modelo climático propuesto por Lecha & Chugayev (1989) dividido en: periodo lluvioso (desde mayo hasta octubre), poco lluvioso (entre diciembre y marzo) y meses de transición (abril y noviembre).

Las exuvias fueron identificadas taxonómicamente con el auxilio de las claves dicotómicas de Trapero-Quintana & Naranjo (2009) y se midió el largo total expresado en milímetros para estimar la biomasa. La identificación y medición de la talla se realizó bajo un microscopio estereoscópico Novel NTB-2B, con aumento de 40× y un error de 0,5 mm.

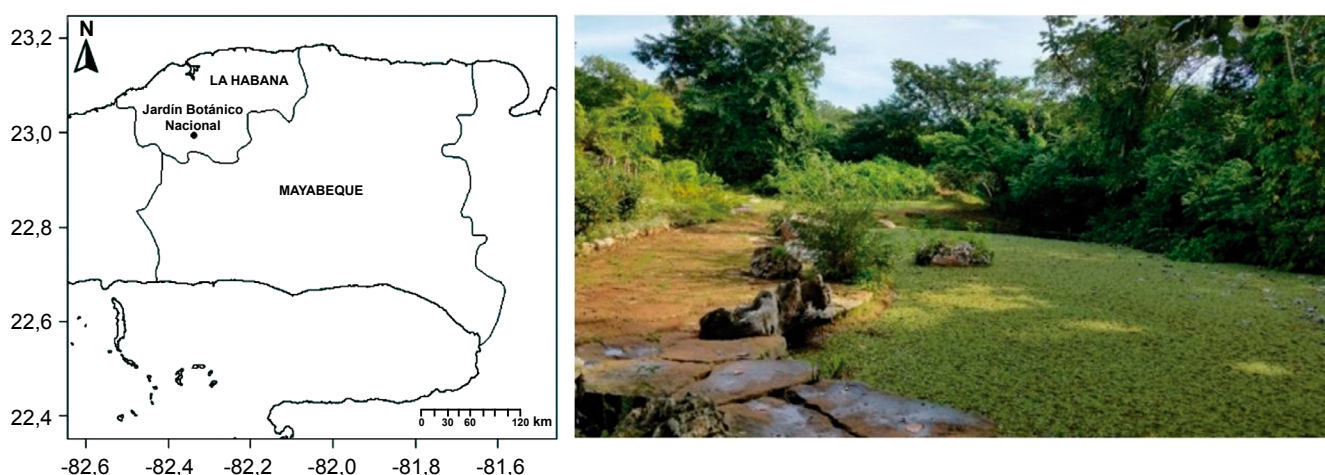


Fig. 1. Ubicación geográfica y hábitat léntico artificial en el Jardín Botánico Nacional de Cuba.

Fig. 1. Geographic location and the lentic artificial habitat in the National Botanical Garden of Cuba.

La composición y abundancia se caracterizaron a partir de la riqueza específica y el número de exuvias por especies respectivamente. Para caracterizar la odonatocenosis se calculó la abundancia y biomasa relativas según la ecuación $P_i = n_i/N$, donde: n_i es el número de individuos (o suma de la biomasa) de la especie i , y N es el número total de individuos (o su biomasa total).

Para representar la distribución de abundancia se construyeron las gráficas de rango-abundancia o curvas de Whittaker (1965), con ejes expresados en escala logarítmica. Se consideró como especie dominante la que presentó más de 100 exuvias, las de abundancia intermedia entre 4 y 100 exuvias y las restantes como raras.

La biomasa promedio por especie se calculó a partir de la relación lineal entre el largo total y la masa, propuesta por Benke & al. (1999) a través de la ecuación general: $B = a+b*L$, donde: L es la talla promedio de la exuvia por especies, a es la constante que indica el punto de intersección con el eje Y y b el coeficiente de regresión. La ecuación particular para el orden Odonata es la que sigue: $B = 0,0078+2,702*L$ ($r^2 = 0,95$)

Con el fin de caracterizar la variación mensual de la emergencia se graficó el número de exuvias y de especies. A partir del número de exuvias por muestreos se elaboraron histogramas de emergencia por especie o grupos de especie con similar abundancia. El número de picos con valores mayor o igual a 50% de emergencia fue denominado emergencia máxima, según lo asumido por Mathavan & Pandian (1977) y Corbet (2004).

A partir de los sustratos sobre los que se recolectaron las exuvias se definieron cinco categorías: planta, roca, exuvia, agua y sustrato flotante (hojas secas, desechos como latas o envases vacíos). Se tabuló y graficó el número de exuvias y de especies por cada sustrato. Dentro de la categoría plantas, se anotó también la estructura usada para la emergencia: hoja, tallo, raíz y flor, y se graficó el número de exuvias sobre cada estructura. Las especies vegetales utilizadas como sustrato de emergencia se clasificaron según su forma biológica en: enraizada emergente, enraizada de tallo flotante, flotante libre y libre sumergida (Mora-Olivo & Villaseñor 2007). Para determinar la posición de las exuvias respecto a los sustratos de emergencia y su variación temporal, se consideraron las inclinaciones horizontal y vertical (Jakob & Suhling 1999). También se registraron las estructuras vegetales empleadas (hoja, tallo, flor) y se discriminó entre las que emergieron sobre la haz o la envés de las hojas.

La normalidad de las variables se verificó mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para estimar la relación entre las variables climáticas y el número de exuvias por especie y los resultados significativos fueron tabulados. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa *Statistica* versión V.10.0 (StatSoft 2011).

RESULTADOS

A partir de la recolecta de 582 exuvias de odonatos, se registraron 12 especies de libélulas: 11 del suborden Anisoptera y una especie de Zygoptera. La familia mejor representada fue Libellulidae con 10 taxones, mientras que Coenagrionidae y Aeshnidae presentaron una especie respectivamente. *Perithemis domitia* fue la especie de mayor registro, con 411 exuvias, lo que significó el 70,6 % del total (Tabla I).

Los valores de abundancia obtenidos para cada especie permitieron confeccionar la curva de rango-abundancia, la cual muestra un ensamble con distribución poco equitativa según la abundancia por especies (Figura 2). *Perithemis domitia* resultó la especie dominante del ensamble, de acuerdo con el número de individuos observados (Tabla I). Las especies de abundancia intermedia, con registros de entre 4 y 100 exuvias fueron: *Miathyria marcella*, *Erythemis plebeja*, *Crocothemis servilia*, *Macrothemis celeno*, *Brachymesia furcata*, *B. herbida* y *Tramea abdominalis*. Las especies con dos y una sola exuvia fueron: *Erythrodiplax umbrata*, *Macrodiplax balteata*, *Coryphaeschna viriditas* y *Telebasis dominicanum*, consideradas raras en este estudio.

En el intervalo de las especies de abundancia intermedia, se ubicaron *Miathyria marcella*, *Erythemis plebeja* y *Crocothemis servilia* con registros entre 38 y 64 exuvias. En la segunda inflexión en la curva donde los valores de recolectas oscilaron entre 4 y 10 exuvias, aparecen *Macrothemis celeno*, *Brachymesia furcata*, *B. herbida* y *Tramea abdominalis* (Figura 2).

Respecto a la biomasa relativa, la curva muestra una notable dominancia por parte de *Coryphaeschna viriditas*, cuya biomasa representa el 21,4 % del total (Tabla I), seguida por las restantes especies consideradas de distribución intermedia según la biomasa relativa (Figura 3). Este conjunto representa valores de biomasa que están entre 5 y 10 % del total. *Perithemis domitia* fue la especie con menor aporte de biomasa (4,85 %) (Tabla I), pese a su incuestionable dominancia según la abundancia registrada (Figura 2). *Coryphaeschna viriditas* muestra la mayor talla del grupo de especies registradas, con 50,3 mm (Figura 3). Para el resto de las especies se observan dos subgrupos, a partir de una ligera inflexión en la curva (Figura 3), con un primer subgrupo conformado por *Tramea abdominalis*, *Brachymesia furcata*, *B. herbida* y *Macrothemis celeno*, cuya talla media oscila entre 19-24 mm. Las del segundo conjunto en la curva fueron las restantes especies con tallas medias entre los 11-16 mm (Figura 3).

A partir del análisis de la variación mensual del número de exuvias y especies de odonatos, los mayores valores de riqueza y abundancia se registraron para el periodo lluvioso, con 11 especies y 279 exuvias, lo que representa 92 % de la riqueza y 47,94 % del total de exuvias. En el caso del periodo poco lluvioso se cuantificaron 137 exuvias (23,54 % del total) (Figura 4). El mayor registro de emergencia se reportó para el mes de abril, con 103 exuvias y el de menor registro

fue enero con cinco. Los meses con mayor riqueza fueron: junio, septiembre y octubre de 2018, con seis especies cada uno, mientras que febrero, marzo, mayo y noviembre de 2018 solo presentaron dos especies (Figura 4). De forma general, la mayor abundancia y riqueza observada durante el estudio se obtuvo para el periodo lluvioso, aunque el mes de transición abril en 2018 fue el de mayor número de registros durante todo el estudio.

Los histogramas de emergencia obtenidos a partir del número de exuvias por mes mostraron a *Perithemis domitia* como

especie dominante del estudio, con pico máximo de emergencia en abril de 2018 con 93 registros (Figura 5A). Las especies de abundancia intermedia presentaron los valores de emergencia máxima en octubre de 2018 para *Miathyria marcella* con 48 individuos (Figura 5E) y *Erythemis plebeja* con 23 en diciembre de 2017 (Figura 5B). En el caso de *Macrothemis celeno* y *Crocothemis servilia*; aunque quedaron dentro del rango de abundancia intermedia, presentaron los picos máximos de emergencia en marzo y abril, pero con valores entre cinco y siete exuvias, respectivamente (Figura 5C, 5D).

TABLA I

Porcentaje de exuvias y biomasa por especies de odonate recolectados en un hábitat léntico permanente del Jardín Botánico Nacional de Cuba entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018

%E: Porcentaje de exuvias, %B: Porcentaje de biomasa.

TABLE I

Percentage of exuviae and biomass for each species of odonate sampled in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba, Cuba between November of 2017 and November of 2018

%E: Percentage of exuviae, %B: Percentage of biomass.

Suborden	Familia	Especie	%E	%B
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Telebasis dominicanum</i>	0,17	5,73
Anisoptera	Aeshnidae	<i>Coryphaeschna viriditas</i>	0,17	21,40
		<i>Brachymesia furcata</i>	0,86	9,35
	Libellulidae	<i>Brachymesia herbida</i>	1,03	8,84
		<i>Crocothemis servilia</i>	6,53	6,30
		<i>Erythemis plebeja</i>	6,70	6,55
		<i>Erythrodiplax umbrata</i>	0,34	7,15
		<i>Macrodiplax balteata</i>	0,17	5,10
		<i>Macrothemis celeno</i>	1,72	8,28
		<i>Miathyria marcella</i>	11,00	6,25
		<i>Perithemis domitia</i>	70,62	4,85
		<i>Tramea abdominalis</i>	0,69	10,2

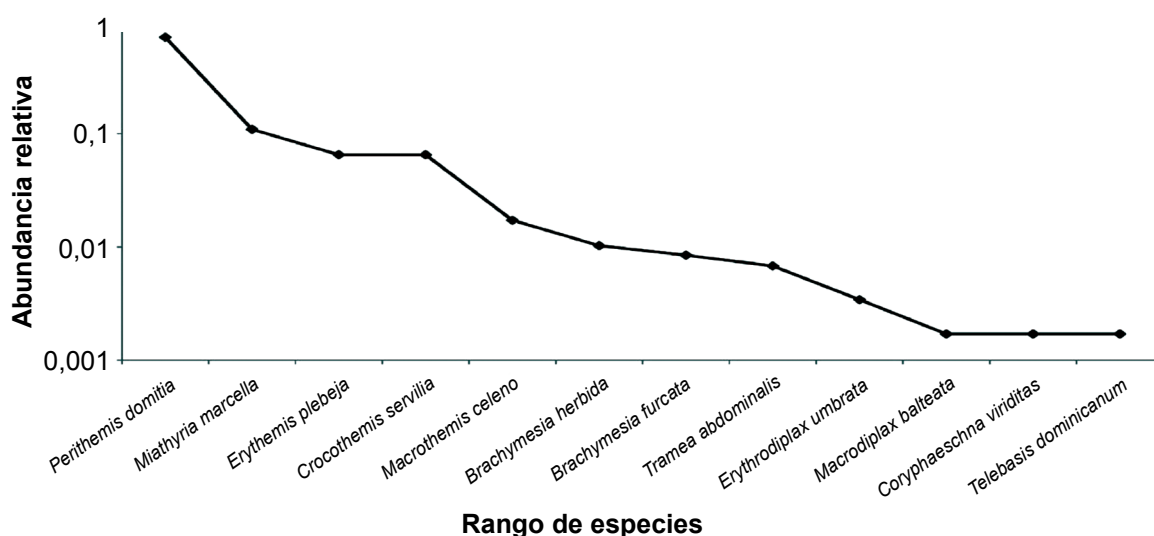


Fig. 2. Curva de rango-abundancia para las especies de Odonata en un hábitat léntico permanente del Jardín Botánico Nacional de Cuba entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018.

Fig. 2. Curve of rank-abundance for species of Odonata in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba between November of 2017 and November of 2018.

Se observó segregación temporal de la emergencia máxima entre *Perithemis domitia* y las especies de abundancia intermedia (Figura 5A-F), excepto con *Crocothemis servilia* (Figura 5C), con quien coincidió en abril. *Miathyria marcella* presentó coocurrencia de picos máximos de emergencia con respecto a los taxones de *Brachymesia* en octubre de 2018 (Figura 5E, 5F). Las especies que según la abundancia relativa resultaron raras, aparecieron segregadas temporalmente entre ellas y con patrón de emergencia temporalmente disperso (Figura 5G, 5H).

Al evaluar la relación entre la media mensual de las variables climáticas y el número de exuvias por especie se

comprobó que existe una correlación estadísticamente significativa entre el número de exuvias de *Brachymesia furcata* y *Tramea abdominalis* respecto a las precipitaciones acumuladas (Tabla II). En el caso del libelúlido *Macrothemis celeno*, la correlación mostró resultados estadísticamente significativos en relación a humedad relativa mínima, media y máxima, pero en valores negativos (Tabla II).

Entre los cinco sustratos empleados por las larvas para emerger del agua, las plantas resultó ser el más usado. Sobre el mismo se observaron 301 exuvias (51,7 % del total) (Figura 6) y de ellas 167 exuvias correspondieron a *Perithemis domitia* (56 %). El segundo sustrato más empleado fueron las rocas

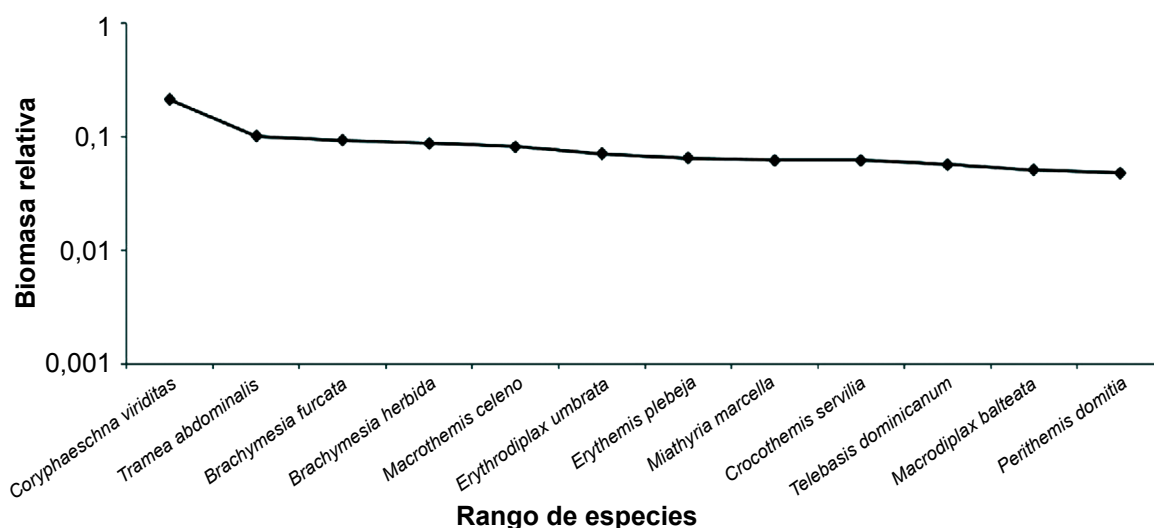


Fig. 3. Curva de rango-biomasa para las especies de Odonata en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018.

Fig. 3. Curve of rank-biomass for species of Odonata in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba between November of 2017 and November of 2018.

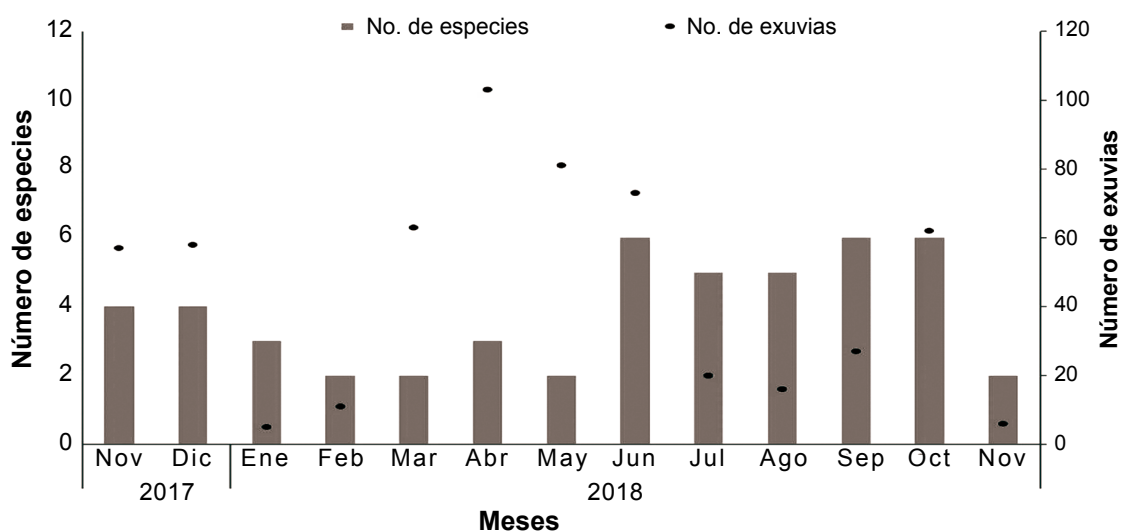


Fig. 4. Número de exuvias y especies recolectadas desde noviembre de 2017 a noviembre de 2018 en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba.

Fig. 4. Number of exuviae and species recorded between November of 2017 and November of 2018, in a lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba.

con 262 exuvias (45,02 %), mientras que para los demás se contabilizaron 19 registros (3,28 %) (Figura 6). La especie de Odonata con mayor diversidad de sustratos al emerger fue *P. domitia*, ya que se recolectaron exuvias de este taxón sobre las cinco categorías declaradas. El sustrato piedra resultó ser el más usado por esta especie, con 229 exuvias (55,72 % del total).

A partir de las plantas registradas en el área de estudio, se identificaron 12 familias que fueron empleadas por las larvas

durante la emergencia. *Salviniaceae* fue la de mayor registro con 149 exuvias (48,8 % del total) (Tabla III), de las cuales la especie de libélula más representativa fue *Perithemis domitia* con 85 exuvias (57 %). La familia *Araliaceae* fue la de mayor diversidad de especies de odonatos al emerger sobre sus estructuras, con ocho especies de libélulas de las 12 observadas (66,7 %).

De forma general, durante el periodo lluvioso ocurrió el mayor uso de las plantas como sustrato de emergencia con

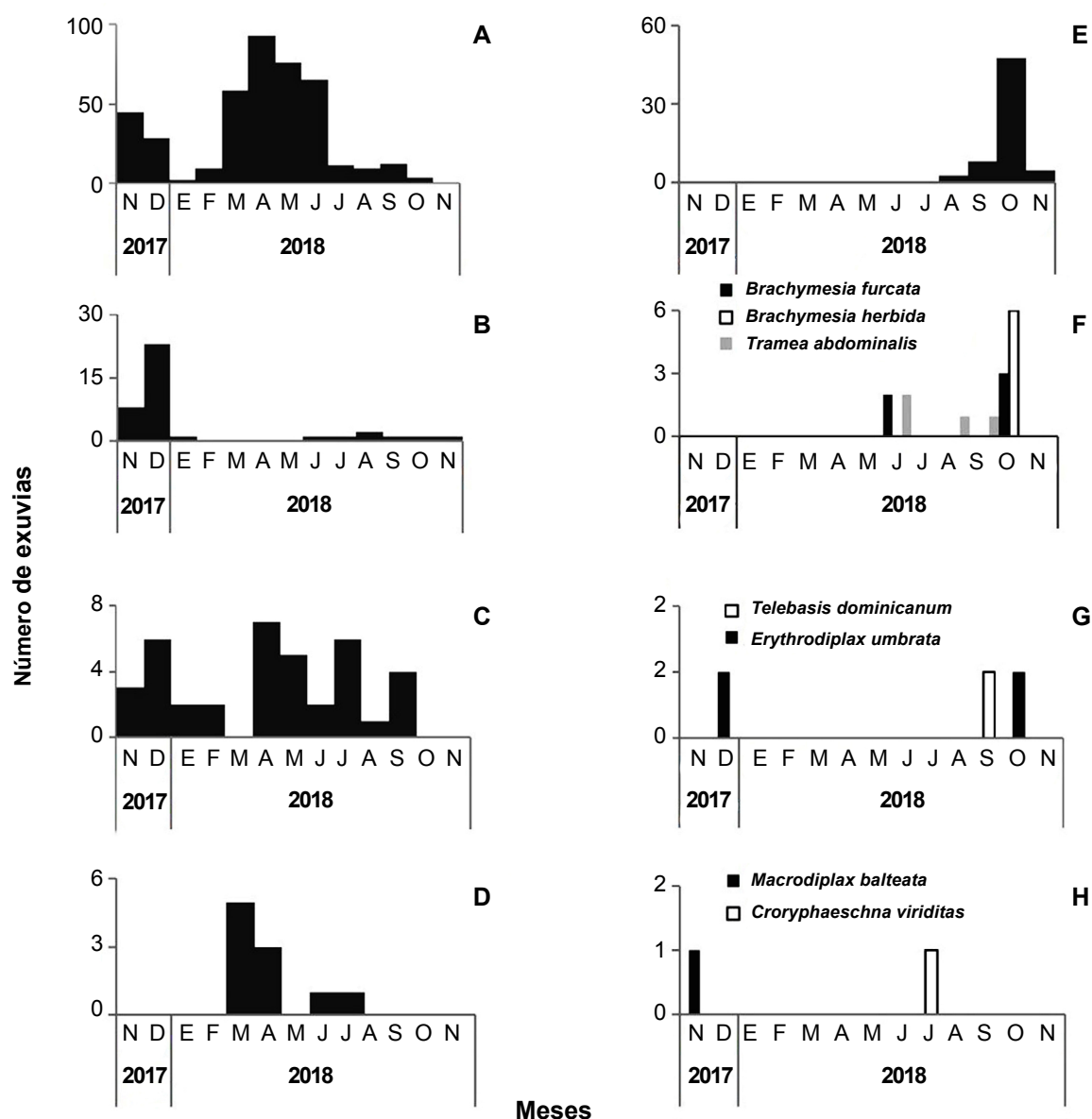


Fig. 5. Histogramas de emergencia para las especies de Odonata en un hábitat léntico permanente del Jardín Botánico Nacional de Cuba entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018. A: *Perithemis domitia*; B: *Erythemis plebeja*; C: *Crocothemis servilia*; D: *Macrothemis celeno*; E: *Miathyria marcella*; F: *Brachymesia furcata*, *Brachymesia herbida*, *Tremea abdominalis*; G: *Telebasis dominicanum*, *Erythrodiplax umbrata*; H: *Macrodiplax balteata*, *Croryphaeschna viriditas*.

Fig. 5. Emergence histograms for the species of Odonata in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba between November 2017 and November 2018. A: *Perithemis domitia*; B: *Erythemis plebeja*; C: *Crocothemis servilia*; D: *Macrothemis celeno*; E: *Miathyria marcella*; F: *Brachymesia furcata*, *Brachymesia herbida*, *Tremea abdominalis*; G: *Telebasis dominicanum*, *Erythrodiplax umbrata*; H: *Macrodiplax balteata*, *Croryphaeschna viriditas*.

169 exuvias, mientras que en el periodo poco lluvioso se registraron 61 exuvias. Según el modo de vida de las plantas acuáticas y semiacuáticas identificadas, se clasificaron 11 como enraizadas emergentes y una como flotante libre que fue *Salvinia auriculata* (Tabla III). Para ambas épocas del año el 66,7 % de las plantas fueron empleadas como sustrato de emergencia, con *Salviniaceae* como representante del 34 % de todas las plantas empleadas durante la emergencia.

Según la estructura vegetal empleada al emerger, la hoja resultó la de mayor número de registros con 269 exuvias (89,37 %) y entre estas, la haz resultó la superficie de mayor frecuencia con 188 (69,89 % del total), mientras que el resto aparecieron en el envés (81; 30,11 %). En relación a la posición adoptada durante la emergencia, con más del 75 % de todos los registros analizados la posición vertical fue la más frecuente.

TABLA II

Coefficiente de correlación entre el número de exuvias por especie de Odonata y las variables climáticas, registradas entre noviembre de 2017 y abril de 2018 en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba.

TABLE II

Correlation coefficient between the number of exuviae per species of Odonata and the climate variables, recorded between November of 2017 and April of 2018, in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba.

Variable climática	Especie	Pearson (p)
Precipitaciones acumuladas	<i>Brachymesia furcata</i>	0,621 (0,023)
	<i>Tamea abdominalis</i>	0,652 (0,016)
Humedad relativa mínima	<i>Macrothemis celeno</i>	-0,742 (0,004)
Humedad relativa media	<i>Macrothemis celeno</i>	-0,851 (0,000)
Humedad relativa máxima	<i>Macrothemis celeno</i>	-0,786 (0,001)

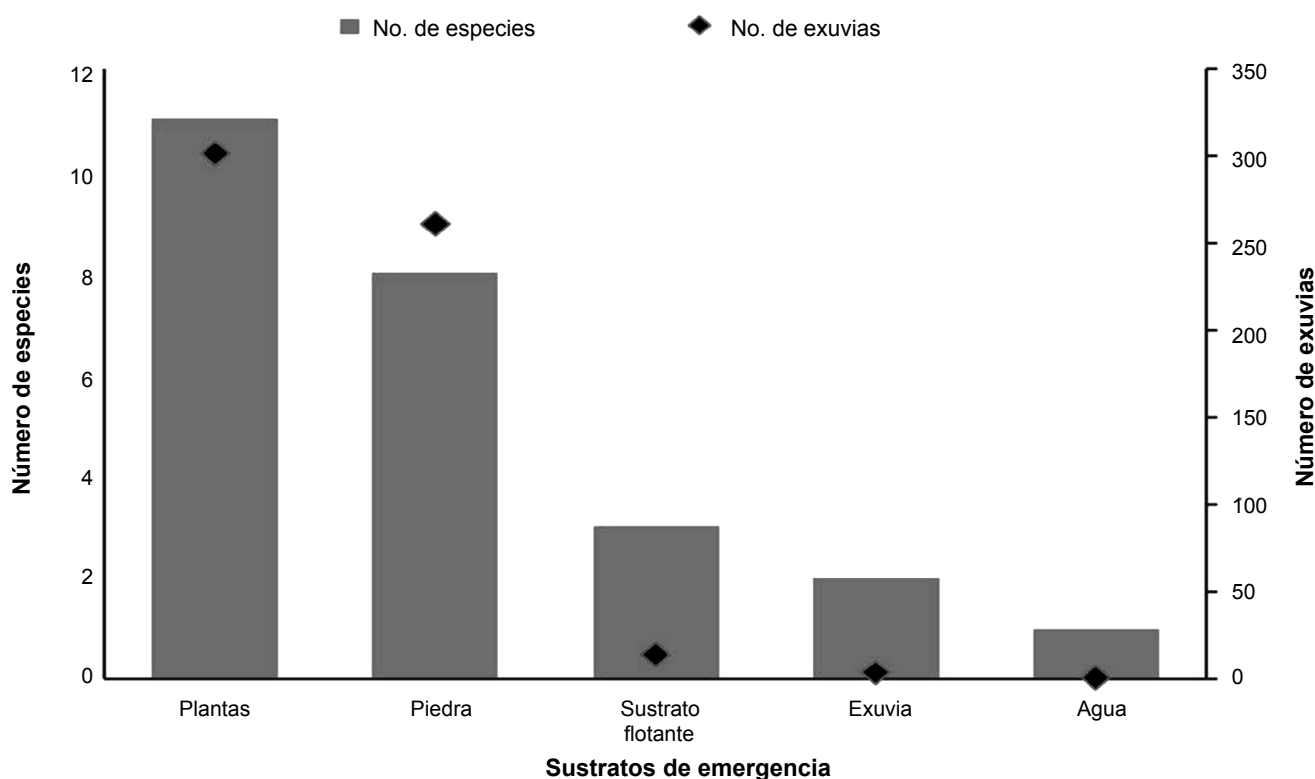


Fig. 6. Número de exuvias y especies de Odonata por sustrato de emergencia registrados entre noviembre de 2017 y noviembre de 2018 en un hábitat léntico del Jardín Botánico Nacional de Cuba.

Fig. 6. Number of exuviae and species of Odonata by emergence substrate recorded between November 2017 and November 2018 in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden of Cuba.

TABLA III

Variación temporal del número de exuvias de Odonata por sustrato de emergencia, en un hábitat léntico permanente del Jardín Botánico Nacional, Cuba.

PLL: Periodo poco lluvioso; LL: Periodo lluvioso; T: Meses de transición; FL: Flotante libre; EE: Enraizada emergente.

TABLE III

Temporary variation of the number of Odonata exuviae by emergence substrates, in a permanent lentic habitat of the National Botanical Garden, Cuba.

PLL: low rain period; LL: rainy period; T: transition months; FL: floating plant; EE: emergent plant with roots on the substrate.

Sustrato de emergencia	Clasificación	T		PLL					LL					T
		N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
<i>Salviniaceae</i>	FL	21	14		1		26	8	12	3	1	4	54	5
<i>Araliaceae</i>	EE	3	15	2	1	1	5	9	15	5	3	5		
<i>Alismataceae</i>	EE		1						5	3	2	11	2	
<i>Bignoniaceae</i>	EE		7						3	2			3	
<i>Pteridaceae</i>	EE	4	3				4			1				
<i>Commelinaceae</i>	EE	1	3							5		2		
<i>Poaceae</i>	EE		4	1						3	1	1		
<i>Equisetaceae</i>	EE		5							1	1			
<i>Cyperaceae</i>	EE	1					3							
<i>Vitaceae</i>	EE								3				1	
<i>Araceae</i>	EE	1	1		2									
<i>Thelypteridaceae</i>	EE						1							

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la mayor riqueza específica de odonatos corresponde al suborden Anisoptera, como es característico de los hábitats lénticos de Cuba. Una posible explicación para este particular, es el éxito adaptativo de los miembros del suborden, especialmente de los representantes de Libellulidae. Sus especies presentan altas tasas de renovación anual de la biomasa, lo que significa que sus ciclos larvales son cortos. Además, son capaces de desarrollarse en hábitats dulceacuícolas lénticos y lóticos (Trapero-Quintana 2011). Por otro lado, los anisópteros presentan mayor capacidad de dispersión que los zigópteros, ya que la probabilidad de dispersión generalmente parece incrementarse con la talla de las especies (Michiels & Dhondt 1991).

La mayor riqueza detectada respecto a Libellulidae, responde a su amplia distribución y mayor diversidad en Cuba. Además, García-Junior & al. (2018) afirman que la mayor abundancia de Libellulidae puede deberse a que la mayoría de sus miembros son generalistas en relación a la ocupación de microhábitats en los ambientes en que se desarrollan. Sin embargo, en el caso de los eschnidos y cenagrionidos, precisan de plantas emergentes para realizar la ovoposición endofítica (Abbott 2011, Paulson 2011).

Perithemis domitia como la especie dominante en el presente estudio, pertenece al grupo morfofuncional agarradores según Trapero-Quintana & al. (2012), cuyas larvas suelen

encontrarse con frecuencia adheridas a las oquedades de las rocas u otros sustratos del fondo. Por otro lado, esta especie con reiteración ha sido referida a los ambientes lacustres lénticos sombreados (Alayo 1968) y en menor frecuencia para remansos de ríos con igual incidencia de luz (Aldana & Fonseca 2001).

Resulta significativo el hallazgo de *Macrodiplax balteata* en este ambiente léntico, ya que hasta el presente se había asociado a ambientes salobres tanto del oriente como del occidente de Cuba (Alayo 1968, Trapero-Quintana & al. 2009). Por lo tanto, se sugiere una mayor precaución al considerar clasificar esta especie para uno u otro hábitat.

La complejidad de la vegetación acuática, confiere mayor heterogeneidad de microhábitats dentro del sistema dulceacuícola, lo que constituye una fuente importante de refugio, sustrato y alimento para las larvas de odonatos de talla considerable como los anisópteros. González-Soriano (1997), Schindler & al. (2003) y Remsburg & Turner (2009), han manifestado dicha tendencia para hábitats similares con valores de riqueza específica como los obtenidos en el presente estudio.

La distribución de biomasa relativa observada es consistente con respecto a las dimensiones larvales. La tendencia a la equitatividad según la curva de biomasa relativa, responde a que los valores del largo total de las larvas son próximos entre sí. El peso está estrechamente relacionado con la talla corporal (Smock 1980), lo cual permite calcular biomasa a

partir de las dimensiones de los animales. *Coryphaeschna viriditas* aunque resultó ser especie rara, según la abundancia presentó el mayor aporte de biomasa, ya que fue la exuvia de mayor talla, lo que supera en más del doble las dimensiones de los libelúlidos y el zigóptero. Sin embargo, *Perithemis domitia*, dominante según valores de abundancia resultó la de menor biomasa relativa, probablemente relacionado con el menor registro en relación al largo total de las exuvias.

Los resultados del presente trabajo, sugieren que la competencia interespecífica no siempre implica la completa exclusión de alguna de las especies involucradas, sino que es posible la segregación temporal o espacial. En las libélulas, la actividad larval es un rasgo que se relaciona con la abundancia. Las especies activas o con determinada capacidad de movimiento, generalmente crecen rápido y dominan numéricamente en los ensambles. Frecuentemente, cuando no coexisten con peces, dichas especies son depredadoras y se consideran consumidores secundarios (Stoks & McPeck 2003).

En los cuerpos dulceacuícolas cubanos el desarrollo acelerado de la vegetación acuática y de las orillas durante el periodo lluvioso, se asocia con el aumento de las poblaciones de invertebrados y sus respectivos picos reproductivos. Lo anterior podría explicar la mayor riqueza y abundancia de los odonatos registrados en este periodo, que utilizan estos sustratos como sitios para la alimentación, reproducción, ovoposición y refugio (Ponce de León & Rodríguez 2007).

Si bien abril es un mes de transición, resultó ser el de mayor registro de exuvias en el presente trabajo, lo que puede estar relacionado con el aumento de las precipitaciones a partir de este mes en 2018 y que prevaleció durante mayo. Además, todo esto coincide con que el 90 % de los registros en ese mes fueron exuvias de *Perithemis domitia*, dominante en el estudio y cuyo pico máximo de emergencia corresponde a abril. Para el hábitat léntico estudiado no se demuestra que las larvas experimenten letargo o diapausa. En este tipo de hábitat, la segregación temporal de los picos máximos de emergencia, reduce la probabilidad de los encuentros potenciales entre las especies y la presión de competencia. Para el cuerpo de agua léntico artificial del Jardín Botánico Nacional lo anterior se cumplió para nueve de las 12 especies registradas durante el año de muestreo.

La coexistencia de picos máximos durante la emergencia para *Miathyria marcella* y las especies del género *Brachymesia*, puede ser argumentado con las diferencias en las características morfofuncionales de sus larvas. Mientras la primera ocupa el microhábitat entre las macrófitas, las larvas de las segundas son mayormente bentónicas, es decir sobre el fondo de la laguna, con la consecuente disminución de la probabilidad de interacciones entre estas especies. Algo similar ocurrió con *Perithemis domitia* y *Crocothemis servilia*, las cuales alcanzan su pico máximo de emergencia en abril, sin embargo, existe segregación espacial entre estas especies, ya que integran grupos morfofuncionales diferentes. *Perithemis*

domitia es clasificada entre los agarradores y *C. servilia* como epibentónica (Trapero-Quintana 2011), lo que probablemente evite la competencia al explotar microhábitats diferentes.

Para las cinco especies con registro máximo entre una y cuatro exuvias, la emergencia resultó ser temporalmente dispersa y la segregación resulta poco significativa. Una posible explicación es que las especies que comparten hábitats y tienen conductas similares, poseen menor éxito para completar sus ciclos larvales y disminuye notablemente el número de larvas que alcanza el estadio F0 (último estadio larval, al final del cual ocurre la écdisis). En esto puede influir la depredación, la disponibilidad de recursos, cantidad de huevos viables e incluso las muertes no selectivas en los primeros estadios larvales (Trapero-Quintana 2011).

La correlación no significativa entre la temperatura y el número de exuvias por especie se contrapone a lo planteado por otros autores, que han afirmado que esta es la variable que más influye en la emergencia (Tobias 1967), con repercusión en la estructura de los ensambles (Burgherr & Ward 2001, Milner & al. 2001). Por otro lado, coincide con lo referido por Botger (1975), quien no observó influencia significativa de la temperatura en relación a la emergencia. De igual forma Trapero-Quintana (2011) tampoco observó correlación significativa entre la temperatura y el número de exuvias por especie. Además, cuando la temperatura presenta bajo rango de variación, resulta poco relevante para este tipo de análisis. Según estudios similares para los anisópteros, la vegetación riparia y el nivel de conectividad del paisaje son importantes en la estructura del ensamble, mientras que la temperatura no lo es (Simaika & al. 2016).

En relación a las precipitaciones, estudios previos arrojaron correlación positiva entre la duración del hidropereodo con la emergencia (Schriever & al. 2014). Las precipitaciones constituyen un factor importante en la emergencia, ya que los patrones de precipitación afectan el contenido de iones y el pH del agua, el cual se ha relacionado con una mayor o menor riqueza de especies (Matthias 1982). La mayoría de los invertebrados de agua dulce son capaces de mantener la concentración interna de iones constante, aunque dentro de determinado rango de salinidad, fuera del cual solo las especies tolerantes son capaces de completar su ciclo de vida. El régimen de precipitaciones en determinado hábitat influye en la concentración de los iones y consecuentemente sobre la fauna bentónica del mismo (Gonzalez-Achem & al. 2015). Si bien varios estudios han relacionado el patrón de emergencia con la variación de la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones, la importancia relativa de dichos factores abióticos está en correspondencia con las características del hábitat (De Marco & al. 2015, Alves-Martins & al. 2018).

La prevalencia de las plantas empleadas como sustrato de emergencia está en estrecha relación con la casi total cobertura de *Salvinia auriculata* sobre la superficie del agua en el cuerpo de agua objeto de estudio. Es probable que la conducta de dicha planta influyera en los resultados

obtenidos, al ser la especie más usada para la emergencia por los odonatos. Carchini & *al.* (2005) refirieron la influencia positiva de la cobertura de macrófitas en la presencia de odonatos, principalmente de familias como Aeshnidae y Coenagrionidae, así como algunas de Libellulidae, ya que tienden a insertar los huevos sobre las macrófitas y donde, por lo general, las larvas se desarrollan y suelen vivir asociadas a los tallos sumergidos.

Se ha sugerido que los odonatos muestran determinada correspondencia con la composición vegetal, ya sea terrestre o acuática (Cordero & *al.* 1999, Foote & Hornung 2005, Remsburg & Turner 2009). Debido a que la emergencia es la fase más vulnerable del ciclo de vida de los odonatos, la preferencia en el uso de las hojas como estructura de emergencia, constituye una estrategia conductual que permite reducir la influencia negativa de factores bióticos y abióticos. Las hojas sirven como protección a las larvas al disminuir la posibilidad de ser detectadas visualmente por los depredadores, así como del embate del viento, la lluvia e incidencia directa de la luz solar. Estas condiciones constituyen un microhábitat adecuado para el éxito de la emergencia, ya que evita la deshidratación acelerada del exoesqueleto recién formado (Jakob & Suhling 1999, Andrew 2010). No obstante, el hecho de que el 45,02 % de las exuvias recolectadas emergió sobre rocas, puede estar relacionado con la disminución considerable observada en la cobertura de *Salvinia auriculata* de la laguna y parte de la vegetación riparia.

Miathyria marcella, la segunda especie en cuanto a abundancia, ha sido referida como frecuente debido a su carácter generalista para este tipo de hábitat, y a su asociación con *Eichhornia crassipes*, donde los adultos depositan los huevos (Beckemeyer 2009, García-Junior & *al.* 2018). Aunque esta especie vegetal no se registró en el área de estudio, comparte características en relación al modo de vida flotante libre con *Salvinia auriculata*.

En estudios similares con odonatos en estanques artificiales no se refiere elevado número de especies raras o accidentales, pero sí un aumento del área de ocupación y el tamaño poblacional de muchas especies generalistas, como las del género *Crocothemis* (Simaika & *al.* 2016). Por otro lado, Suhling & *al.* (2006) encontraron que los estanques artificiales en áreas de Namibia, aumentan la diversidad gamma, mientras que Williams & *al.* (2004) mostraron que estanques artificiales en Reino Unido contribuyen a la conservación de los insectos, al proporcionar hábitats potenciales y consecuentemente el aumento del tamaño poblacional para especies locales.

CONCLUSIONES

La estabilidad del volumen hídrico y la baja variabilidad estructural del ambiente léntico, favorece el desarrollo de ensamblajes de odonatos mayoritariamente de Anisoptera, con distribución de abundancia poco equitativa. El patrón de emergencia de odonatos en este tipo de ambientes, resultó temporalmente amplio y no sincronizado, con baja influencia de las variables climáticas. Independientemente de la temporada

del año la disponibilidad de la cobertura vegetal incrementa el uso de este tipo de sustrato durante la emergencia y una disminución de la misma se corresponde con el uso alternativo de otros sustratos. Como estrategias exitosas para la metamorfosis final se corroboró la inclinación vertical y el uso de la haz en las hojas.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores y la dirección del Jardín Botánico Nacional de la Universidad de La Habana, por toda la colaboración y facilidades brindadas para el exitoso desarrollo del presente resultado. Al profesor Carlos Sánchez por la identificación de las plantas del área de estudio. A Víctor Manuel Ramírez-Arrieta por la colaboración brindada en la confección del mapa. A los revisores anónimos y editores de la Revista del Jardín Botánico Nacional por sus sugerencias y comentarios durante el proceso editorial.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A. Trapero-Quintana concibió la idea original, definió la zona de muestreo, los objetivos, tareas y el método a emplear. G. Lim-Franco recolectó las muestras, registró los datos de campo y solicitó los que fueron aportados por el INSMET, y realizó el análisis de los datos. Ambos autores contribuyeron en la redacción, discusión de los resultados y revisión del manuscrito.

CUMPLIMIENTO DE NORMAS ÉTICAS

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Aprobación de ética: Los autores han lleado a cabo el trabajo de campo y la generación de los datos de forma ética, incluida la obtención de permisos adecuados.

Consentimiento para la publicación: Los autores han dado su consentimiento para publicar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, J.C. 2011. Damselflies of Texas. A field guide. University of Texas press, Austin.
- Alayo, P. 1968. Las libélulas de Cuba. *Torreia, Nueva Serie* 2: 1-102.
- Aldana, M., & Fonseca, L. 2001. Caracterización ecológica de la macrofauna del río Mayarí, Santiago de Cuba, Cuba. Tesis de Diploma. Universidad de Oriente.
- Alves-Martins, F., Calatayud, J., Medina, N.G., Marco, P.D., Juen, L. & Hortal, J. 2018. Drivers of regional and local diversity of Amazonian stream Odonata. *Insect Conserv. Divers.* 1-11. doi:10.1111/icad.12327.
- Andrew, R. 2010. Mortality during emergence of *Pantala flavescens* Fabricius in central India (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 39(1): 57-62.
- Beckemeyer, R.J. 2009. First record of the dragonfly *Miathyria marcella* (Selys) for Kansas (Odonata: Anisoptera: Libellulidae). *Trans. Kansas Acad. Sci.* 112(1/2): 130-132.
- Benke, A., Hurny, A., Smock, L. & Wallace, J. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 18: 308-343.
- Botger, K. 1975. Studies on the productivity of the Kalengo Stream in Central Africa. *Arch. Hydrobiol.* 75(1): 1-31.
- Bried, J.T., Dillon, A.M., Hager, B.J., Patten, M.A. & Luttbeg, B. 2015. Criteria to infer local species residency in standardized adult dragonfly surveys. *Freshw. Sci.* 34: 1105-1113.

- Burgherr, P. & Ward, J. 2001. Longitudinal and seasonal distribution patterns of the benthic fauna of an alpine glacial stream. *Fresh. Biol.* 46: 1705-1721.
- Carchini, G., Solimini, A.G. & Ruggiero, A. 2005. Habitat characteristics and odonate diversity in mountain ponds of central Italy. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 15: 573-581.
- Chacón, M.M., Segnini, S. & Briceño, D. 2016. Temperatura y emergencia diaria de siete géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río de la Selva Nublada de los Andes Tropicales. *Rev. Biol Trop.* 64: 133-146.
- Clifford, C.C.Z. & Heffernan, J.B. 2018. Artificial Aquatic Ecosystems. *Water* 10(1096): 1-30. doi:10.3390/w10081096.
- Corbet, P.S. 2004. Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Cordero, A., Utzeri, C. & Santolamazza, S. 1999. Emergence and adult behaviour of *Macromia splendens* (Pictet) in Galicia, northwestern Spain (Anisoptera: Corduliidae). *Odonatologica* 28(4): 333-342.
- De Marco, P., Batista, J.D. & Cabette, H.S.R. 2015. Community assembly of adult odonates in tropical streams: an ecophysiological hypothesis. *PLoS ONE* 10(4).
- Foote, A. & Hornung, C. 2005. Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecol. Ent.* 30:273-283.
- García-Junior, M.D.N., Rakes, M., Pazini, M., Pasini, R.A., Garcia, F.R.M. & Grützmacher, A.D. 2018. The diversity of Odonata adults's at Pampa Biome from Brazil. *Rev. Biol. Trop.* 67(1): 107-117.
- Giugliano, L., Hardersen, S. & Santini, G. 2012. Odonata communities in retrodunal ponds: a comparison of sampling methods. *Int. J. Odonatol.* 15(1): 13-23.
- Gonzalez-Achem, A.L., Rolandi M.L., Fernandez H.R. 2015. Saline waters and macroinvertebrates in subtropical Andean streams. *Ecol. Aust.* 25: 26-36.
- González-Soriano, E. 1997. *Odonata*. En González-Soriano, E., Dirzo, R. & Vogt, R. (ed.). Historia Natural de los Tuxtlas. pp. 245-255. Mexico, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hardersen, S., Corezzola, S., Gheza, G., Dell'Otto, A. & La Porta, G. 2017. Sampling and comparing assemblages by means of exuviae: statistical and methodological aspects. *J. Insect Conserv.* 21: 207-218. doi 10.1007/s10841-017-9969-z.
- IMM [Instituto Nacional de Meteorología]. 2018. Temperatura, humedad relativa y precipitaciones acumuladas de la estación meteorológica de Santiago de Las Vegas de 2017 a 2018. [datos no publicados]
- Jakob, C. & Suhling, F. 1999. Risky times? Mortality during emergence in two species of dragonflies (Odonata: Gomphidae, Libellulidae). *Aq. Insects.* 21(1): 1-10.
- Johansson, F., Crowley, P. & Brodin, T. 2005. Sexual size dimorphism and sex ratios in dragonflies. *Biology Journal of Linneus Society.* 86: 507-513.
- Lecha, L. & Chugaev, A. 1989. La bioclimatología y alguna de sus aplicaciones en condiciones de clima tropical húmedo. Editorial Academia, La Habana, Cuba.
- Matthias, U. 1982. Der einfluss der wasserstoffionenkonzentration auf die zusammensetzung von bergbachbiozonosen, Dargestellt an ligenen Mittelgebirgsbachen des kaufunger waldes (Nordhessen/ Sudniedersachsen). Tesis de Doctorado. Univ. des Landes Hessen. Alemania Federal.
- Mathavan, S. & Pandian, T. 1977. Patterns of emergence, import of egg energy and energy export via emerging dragonfly populations in a tropical pond. *Hydrobiologia* 54: 257-272.
- Michiels, N.K. & Dhondt, A.A. 1991. Characteristics of dispersal in sexually mature dragonflies. *Ecol. Entomol.* 16: 449-459.
- Milner, A.M., Brittain, J.E., Castellás, E. & Petos, G.E. 2001. Trenes of macroinvertebrate community structure in glacier-fed rivers in relation to environmental conditions: a synthesis. *Freshwat. Biol.* 46: 1833-1847.
- Mora-Olivo, A. & Villaseñor, J. 2007. Diversidad y distribución de la flora vascular acuática de Tamaulipas, México. *J. Bot. Res. Inst. Texas* 1(1): 511-527.
- Moreno, D., Quintero, J. & López, A. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS* 78: 25-33.
- Paulson, D. 2011. Dragonflies and damselflies of the east. Princeton University, USA.
- Ponce de León, J. & Rodríguez, R. 2007. Dinámica poblacional de tres especies de Poeciliidae (Teleostei: Cyprinodontiformes) en Govea, un arroyo intermitente de Cuba. *Rev. Biol.* 21(1-2): 40-45.
- Rensburg, A. & Turner, M. 2009. Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 28(1): 44-56.
- Schindler, M., Fesl, C. & Chovanec, A. 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia* 497: 169-180.
- Schriever, T.A., Williams, D.D. & Cadotte, M.W. 2014. How hydroperiod and species richness affect the balance of resource flows across aquatic-terrestrial habitats. *Aquatic Sciences* 76: 131-143.
- Simaika, J., Samways, M. & Frenzel, P. 2016. Artificial ponds increase local dragonfly diversity in a global biodiversity hotspot. *Biodivers. Conserv.* 25:1921-1935. doi 10.1007/s10531-016-1168-9.
- Smock, L.A. 1980. Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshw. Biol.* 10: 375-383.
- StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10. Disponible en: <http://www.statsoft.com>.
- Stoks, R. & McPeck, M. 2003. Antipredator behavior and physiology determine *Lestes* species turnover along the pond-permanence gradient. *Ecology* 84:3327-3338.
- Suhling, F., Sahlén, G., Kasperski, J. & Gaedecke, D. 2005. Behavioural and life history traits in temporary and perennial waters: Comparison among three pairs of sibling dragonfly species. *Oikos* 108: 609-617.
- Suhling, F., Sahlén, G., Martens, A., Marais, E. & Schutte, C. 2006. Dragonflies in arid tropical environments: a case study from Western Namibia. *Biodivers. Conserv.* 15: 311-332.
- Tobias, W. 1967. Sur schlupfrhythmik von Kockerfliegen (Trichoptera). *Oikos* 18: 55-75.
- Trapero-Quintana, A. & Naranjo, C. 2009. Clave para la identificación de especies de Odonata en estado larval de Cuba. *Boletín S. E. A.* 44: 459-467.
- Trapero-Quintana, A., Alonso, M., Reyes-Tur, B., Alonso, Y. & López, M. 2009. Notes on the Odonata of Refugio de Fauna Monte Cabaniguán, Las Tunas, Cuba. *Bull. Amer. Odonatologica* 11: 26-28.

Trapero-Quintana, A. 2011. Diversidad y patrón de emergencia en ensamblajes de Odonata (Arthropoda: Insecta). Tesis Doctoral. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Trapero-Quintana, A., Reyes-Tur, B. & Cuellar, N. 2012. Morphofunctional groups of Odonata larvae in three freshwater ecosystems from eastern Cuba. *Odonatologica* 41: 135-150.

Williams P., Whitefield, M., Briggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P. & Sear, D. 2004. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biol. Conserv.* 226: 329–341.

Whittaker, R. 1965. Dominance and diversity in land plant community. *Science* 147: 250-260.

Wolf, M., Matthias, U. & Roldán, G. 1988. Estudio del desarrollo de los insectos acuáticos, su emergencia y ecología en tres ecosistemas diferentes en el departamento de Antioquia. *Act. Biol.* 17(63): 2-23.