

Estudio de la comunidad y del patrón de colonización de simúlidos (Diptera, Simuliidae) en ecosistemas fluviales mediterráneos de montaña

Enrique Ricoy-Llavero¹, Fernando Ortega¹, Francisco Guerrero^{1,2} y Francisco J. Márquez^{1,*}

¹ Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Jaén. Campus de Las Lagunillas, s/n. 23071 Jaén (España).

² Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra. Universidad de Jaén. Campus de Las Lagunillas, s/n. 23071 Jaén (España).

* Corresponding author: jmarquez@ujaen.es

Received: 31/10/18

Accepted: 10/04/19

RESUMEN

Estudio de la comunidad y del patrón de colonización de simúlidos (Diptera, Simuliidae) en ecosistemas fluviales mediterráneos de montaña

Se ha realizado un estudio de los patrones de colonización por simúlidos basada en el seguimiento de fases larvarias y pupas en dos localidades de la Sierra de Segura (arroyo de los Molinos y río Orcera). El muestreo se llevó a cabo durante el periodo de marzo a septiembre de 2014 mediante la aplicación de un dispositivo en el que se disponían hojas de caña (*Arundo donax*) que se iban reemplazando regularmente. Se han registrado un total de 9 especies (8 en el río Orcera y 7 en el arroyo Molino), con 1576 larvas y 523 pupas. Entre las larvas dominan las pertenecientes al complejo *Simulium* (*Simulium*) *ornatum/intermedium*, seguida por *S. (Eusimulium) rubzovianum* y *S. (Nevermania) cryophilum*. En el caso de las pupas la especie dominante es *S. (S.) ornatum*, siendo *S. (E.) petriculum*, *S. (S.) argyreatum*, *S. (S.) xanthinum* y *S. (Wilhemia) pseudequinum* las menos abundantes. El patrón de colonización muestra la presencia de especies con máximos invierno-primaverales y otras con máximos primo-estivales.

Palabras clave: Simuliidae, patrones de colonización, Sierra de Segura

ABSTRACT

Study of the community and the colonization pattern of simuliids (Diptera, Simuliidae) in Mediterranean mountain fluvial ecosystems

A study was conducted to address the colonization patterns of blackflies based on the follow-up of larval phases and pupae in two localities of Sierra de Segura (arroyo de los Molinos and río Orcera). Sampling was carried out from March to September 2014 by using giant leaves (Arundo donax) that were replaced regularly. A total of 9 simuliid species were recorded (8 in the río Orcera and 7 in arroyo de los Molinos), with a total count of 1576 larvae and 523 pupae. The larvae were dominated by the complex Simulium (Simulium) ornatum/intermedium, followed by S. (Eusimulium) rubzovianum and S. (Nevermania) cryophilum. In the case of pupae, the dominant species was S. (S.) ornatum, being S. (E.) petriculum, S. (S.) argyreatum, S. (S.) xanthinum and S. (Wilhemia) pseudequinum the less abundant. The colonization pattern shows the presence of species with winter-spring peaks and others with spring-summer peaks.

Key words: Simuliidae, colonization patterns, Sierra de Segura

INTRODUCCIÓN

Los simúlidos o moscas negras (Diptera, Simuliidae) constituyen una de las principales familias de dípteros en los ecosistemas acuáticos lóticos (Martínez & Portillo, 1999). Los simúlidos presentan una distribución muy ubicua, faltando solo en el continente antártico y en algunas islas oceánicas (Adler & McCreadie, 2002; Reeves & Adler, 2011), mostrando un rango de altitud que oscila desde el nivel del mar hasta los 5000 m s.n.m. (Coscarón & Coscarón-Arias, 2007; Adler, 2019). Esta familia de insectos juega un importante papel como bioindicador de la calidad del agua, siendo fácil encontrar larvas y pupas en ecosistemas fluviales bien oxigenados con condiciones oligo-mesotróficas, en las que juegan un papel fundamental como recurso alimenticio para otros invertebrados y vertebrados (Wallace & Webster, 1996; Buitrago *et al.*, 2018). A pesar de estas características, el aspecto por el que los simúlidos son más conocidos se relaciona con el comportamiento hematófago de algunas especies que determina un importante papel vectorial de parásitos de aves y mamíferos, incluidos el hombre (Schulz-Key & Wenk, 1981; Cooter, 1982; Reid & Lehane, 1984; Shelley, 1994; Ivković *et al.*, 2014). En nuestro ámbito geográfico, la acción tóxica directa de los componentes de la saliva introducida durante la picadura de estos insectos puede provocar distintos trastornos, tales como taquicardia, disnea, hipertermia e hipotermia o distintos trastornos nerviosos (Crosskey, 1990; Ruiz-Arrondo *et al.*, 2014).

El estudio de este grupo de insectos en España ha sido escaso (Villanúa-Inglada *et al.*, 2013), habiéndose citado un total de 54 especies (López-Peña & Jiménez-Peydro, 2017; Adler, 2019). En Andalucía este conocimiento es más amplio que para el resto de la península Ibérica gracias a la aportación de algunos autores en los ríos Guadalhorce y Guadiaro (González *et al.*, 1987; Crosskey & Crosskey, 2000), Genil y Fardes (Beaucournu-Saguez, 1975), Guadalete (Crosskey & Crosskey, 2000; Gallardo-Mayenco & Toja, 2002), Guadaira (Gallardo-Mayenco & Toja, 2002), Guadiana (Martínez & Portillo, 1999; Crosskey & Crosskey, 2000), Guadalquivir (Martínez & Portillo, 1999) y Andarax (Crosskey

& Crosskey, 2000), entre otros.

La mayor parte de estos estudios se basan en la descripción de la composición específica de la comunidad de simúlidos presentes en cada río. Sin embargo, muy poco se conoce sobre los patrones de colonización de estos organismos. La colonización es un proceso por el que los organismos recolonizan o se desplazan a nuevas áreas. Este proceso está ampliamente influenciado por una serie de variables tales como la disponibilidad de espacio, de alimento, características del sustrato, temperatura, velocidad de corriente, anchura del canal fluvial, profundidad, etc. (MacKay, 1992; Figueroa *et al.*, 2006).

Los sustratos artificiales han sido ampliamente utilizados para evaluar la colonización y composición de las comunidades de macroinvertebrados en aguas corrientes siendo considerados como un método válido para el estudio de estas comunidades en arroyos de montaña en los que las condiciones ambientales pueden dificultar la eficiencia de un muestreo individualizado (Lencioni *et al.*, 2006). Por todo ello y para profundizar en este conocimiento, en este trabajo se lleva a cabo el seguimiento de los patrones de colonización de simúlidos (fases larvares y pupas) sobre sustratos naturales forzados (semi-naturales) en dos arroyos de montaña del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén).

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se localiza en la comarca del Alto Guadalquivir, concretamente en la Sierra de Segura, dentro del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén). Se han seleccionado dos cursos fluviales localizados en la cabecera de los ríos Guadalquivir y Guadalimar; el arroyo de los Molinos y el río Orcera, respectivamente (Fig. 1). En cada ecosistema fluvial se seleccionó un punto de muestreo donde se realizó un seguimiento de las fases acuáticas de los simúlidos (larvas y pupas) durante la primavera y el verano de 2014 (marzo-septiembre de 2014). Este periodo coincide con el de máxima actividad de las poblaciones de simúlidos en otras cuencas andaluzas cercanas (véase Gallardo-Mayenco & Toja, 2002). La tabla 1 muestra los valores obtenidos de diferentes variables ambientales

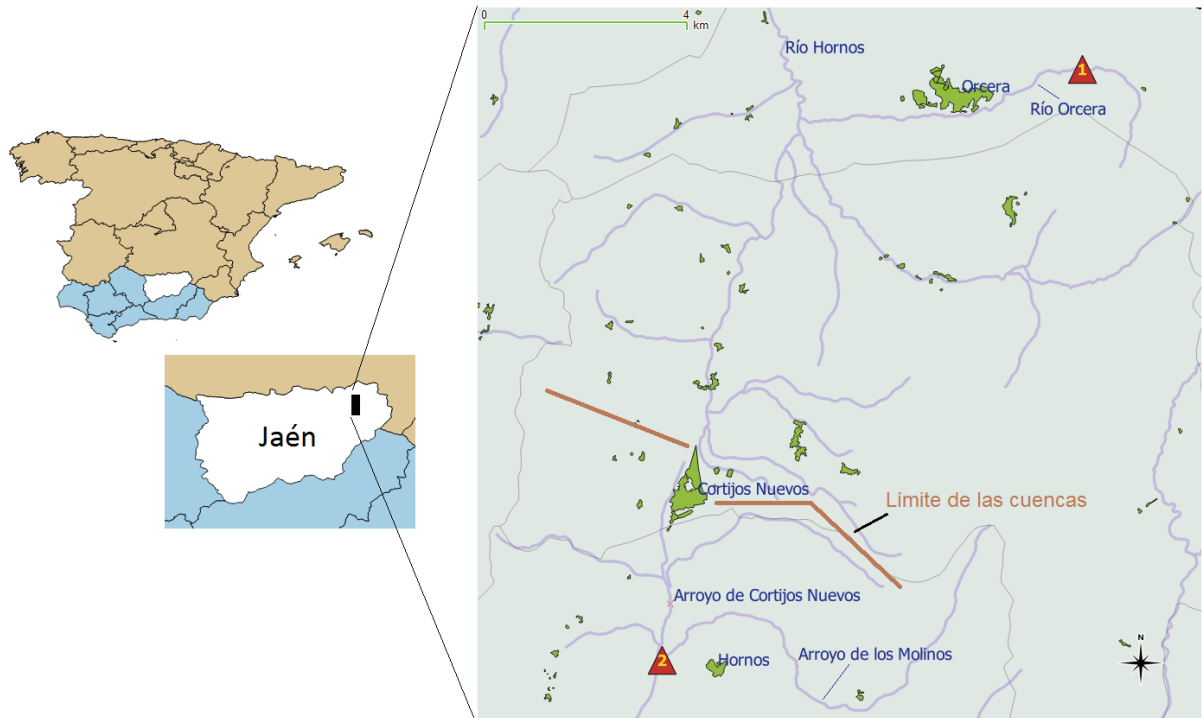


Figura 1. Localización de la zona de muestreo en la Sierra de Segura (Jaén): (1) río Orcera; y (2) arroyo de los Molinos. *Location of the sampling area in the Sierra de Segura (Jaén): (1) río Orcera and (2) arroyo de los Molinos.*

para ambas estaciones de muestreo. Los datos mostrados fueron registrados *in situ*, con carácter estacional (primavera y verano), con una multi-sonda 556 MPS-YSI (Ohio, EE.UU.) y con un correntómetro FP111 – Global Water Solutions Ltd. (Massachusetts, EE.UU.). Al mismo tiempo se tomó una muestra de agua que fue transportada en frío y oscuridad al laboratorio donde se procedió a medir las concentraciones de fósforo y nitrógeno total mediante un test NANOCOLOR, Macherey-Nagel® (Düren, Alemania). El punto de muestreo en el río Orcera se sitúa a 2.5 km aguas abajo del nacimiento, sobre un sustrato de roca calcárea. La vegetación de la cuenca está dominada por un pinar (*Pinus halepensis* Mill.) y la de ribera por una sauceda (*Salix alba* L.) con zarzales (*Rubus ulmifolius* Schott) y juncales (*Scirpoides holoschoenus* L.). Por su parte el punto de muestreo en el arroyo de los Molinos se sitúa a 9 km aguas abajo del nacimiento, sobre un basamento triásico y sedimentario. La vegetación de la cuenca está más alterada con la presencia de

zonas agrícolas de cultivo de olivar, algunas granjas de ganadería vacuna y bosquetes de encinas (*Quercus rotundifolia* L.) y pinar (*Pinus halepensis*). En la orla del río aparece una olmeda (*Ulmus minor* Mill.) que se circunscribe a 1–2 metros en los márgenes del río, lindando con los cultivos.

En cada punto de muestreo se instalaron cuatro dispositivos que soportaban seis hojas de caña común (*Arundo donax* L.) de tal modo que quedaban situadas en la parte superior de la columna de agua para servir de superficie de fijación a los simúlidos. Cada 15 días se procedió a la retirada y sustitución de tres hojas de caña común para el recuento de larvas. Transcurridos otros quince días se retiraban y sustituían las otras tres hojas para el recuento de pupas. Esta dinámica era repetida durante todo el periodo de estudio (180 días). Con ello tenemos que el tiempo de permanencia de las hojas en sus emplazamientos fue de 15 días para el recuento de larvas y de 30 días para el recuento de pupas, aunque las muestras se recogían en ambos casos con una periodi-

Tabla 1. Valores (primavera y verano de 2014) de las variables físico-químicas y morfométricas obtenidas en las zonas de estudio. *Values (spring and summer 2014) of the physico-chemical and morphometric variables obtained in the study areas.*

	Río Orcera		Arroyo de los Molinos	
	Primavera	Verano	Primavera	Verano
Anchura del cauce (m)	2.50	2.10	2.8	2.2
Velocidad superficial (m/s)	0.80	0.40	1.05	0.61
Temperatura (°C)	9.50	13.10	8.5	10.5
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	475	494	380	399
Oxígeno disuelto (mg/L)	11.31	9.50	12.97	10.21
pH	9.00	9.50	9.13	9.33
Fósforo total ($\mu\text{g/L}$)	< 100	< 100	< 100	< 100
Nitrógeno total ($\mu\text{g/L}$)	< 500	< 500	< 500	< 500

cidad quincenal. Al final de cada uno de los periodos se contabilizaba el número total de simúlidos presentes, siendo importante indicar que las hojas de caña nunca llegaron a descomponerse entre cada recogida.

Una vez recolectadas las hojas en campo fueron trasladadas al laboratorio donde las larvas y pupas fueron conservadas en alcohol al 70 %. Para la determinación taxonómica de los simúlidos se empleó una lupa binocular Olympus SZ30 (Tokio, Japón) provista de luz fría Kyowa FLG-2 (Chōfu, Tokio, Japón) y un microscopio binocular Olympus Cx31 (Tokio, Japón), utilizándose las claves dicotómicas de la fauna ibero-magrebí (González, 1997; Belqat & Dakki, 2004), así como información bibliográfica adicional relativa a Andalucía (Crosskey & Crosskey, 2000; Belqat & Garrido, 2007). Por razones operativas, en el estudio taxonómico de las larvas se han excluido los ejemplares < 1 mm de longitud (2907 ejemplares) que no pudieron ser correctamente determinados.

Finalmente, y para poder expresar los valores de abundancia obtenidos por unidad de superficie, las hojas de caña fueron escaneadas, midiendo su superficie con el programa ImageJ (Schneider *et al.*, 2012). El valor de la superficie obtenido para cada hoja fue duplicado ya que tanto larvas como pupas podían instalarse en ambas caras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muchos estudios han utilizado soportes artificiales estandarizados para realizar un seguimiento de las poblaciones de las fases acuáticas de los simúlidos (Ross & Merritt, 1978; Pruess, 1989; Robinson *et al.*, 1993; Figueroa *et al.*, 2006; Lencioni *et al.*, 2006). Los materiales utilizados en estos estudios han sido muy amplios, tales como tiras de plástico fijadas sobre soportes metálicos, ladrillos, cajas de plástico con cestas con piedras, etc. En nuestro caso, los ensayos piloto previos realizados pusieron de manifiesto que un soporte natural (hojas de *A. donax*) favorecían la instalación de las larvas y pupas de simúlidos.

Los resultados obtenidos han permitido determinar un total de 1615 larvas (717 procedentes del río Orcera y 898 del arroyo de los Molinos) y 564 pupas (227 procedentes del río Orcera y 337 del arroyo de los Molinos). La taxonomía de este grupo de dípteros es particularmente compleja. Se han descrito numerosos complejos de especies con diversas criptoespecies que pueden identificarse mediante la aplicación de técnicas citogenéticas a través del estudio de los cromosomas politénicos (Adler *et al.*, 2015; Adler, 2019) o a través de la caracterización molecular mediante el desarrollo de estrategias de código

Tabla 2. Abundancia de larvas en las dos estaciones de muestreo (media \pm desviación típica y abundancia total entre corchetes). *Larvae abundance in the two sampling sites (mean \pm standard deviation and total number of larvae in brackets).*

Estación	Periodo	<i>S. (E.) petriculum</i>	<i>S. (E.) rubzovianum</i>	<i>S. (N.) cryophilum</i>	<i>S. (S.) xanthinum</i>	<i>S. (S.) orn.int.</i>	<i>S. (T.) bezzi</i>	Ind./100 cm ²
R. Orcera	12/04	--	--	1.00 \pm 2.04 [12]	--	1.92 \pm 2.23 [23]	0.25 \pm 0.45 [3]	13.25
	26/04	--	--	1.58 \pm 2.02 [19]	--	2.83 \pm 3.81 [34]	0.08 \pm 0.29 [1]	27.33
	10/05	--	1.50 \pm 2.61 [18]	1.83 \pm 1.80 [22]	--	5.42 \pm 5.53 [65]	0.08 \pm 0.29 [1]	58.55
	28/05	--	2.75 \pm 3.02 [33]	2.66 \pm 3.34 [32]	--	6.25 \pm 5.89 [75]	--	60.57
	07/06	--	0.42 \pm 0.79 [5]	0.92 \pm 1.16 [11]	--	8.50 \pm 9.55 [102]	--	53.87
	22/06	--	--	0.42 \pm 0.51 [5]	--	0.25 \pm 0.62 [3]	0.58 \pm 1.08 [7]	7.84
	06/07	--	2.67 \pm 2.60 [32]	0.08 \pm 0.29 [1]	--	4.25 \pm 5.72 [51]	--	18.83
	21/07	0.08 \pm 0.29 [1]	0.92 \pm 1.16 [11]	--	--	2.25 \pm 2.18 [27]	--	9.06
	05/08	--	1.25 \pm 1.54 [15]	--	--	4.00 \pm 5.26 [48]	--	19.16
20/08	--	0.42 \pm 0.79 [5]	0.83 \pm 1.27 [10]	--	0.82 \pm 0.98 [9]	--	7.48	
04/09	--	0.25 \pm 0.62 [3]	1.83 \pm 1.19 [22]	0.08 \pm 0.29 [1]	0.83 \pm 1.40 [10]	--	13.22	
A. Molinos	26/04	--	--	2.83 \pm 5.86 [34]	--	24.17 \pm 35.10 [290]	0.42 \pm 1.44 [5]	169.93
	10/05	--	--	--	--	1.42 \pm 2.97 [17]	--	9.39
	28/05	--	--	0.08 \pm 0.29 [1]	0.08 \pm 0.29 [1]	5.33 \pm 10.07 [64]	--	31.80
	07/06	--	2.50 \pm 6.26 [30]	3.50 \pm 8.04 [42]	--	8.58 \pm 18.23 [103]	--	42.95
	21/06	--	0.17 \pm 0.39 [2]	--	--	0.92 \pm 3.17 [11]	--	6.97
	06/07	--	--	--	--	1.25 \pm 4.33 [15]	--	7.06
	21/07	--	0.58 \pm 0.79 [7]	--	--	5.50 \pm 8.34 [66]	--	27.97
	05/08	--	0.92 \pm 1.50 [11]	--	--	5.00 \pm 6.77 [60]	--	31.53
	20/08	--	0.75 \pm 1.29 [9]	--	--	7.75 \pm 13.52 [93]	--	62.35
04/09	--	0.33 \pm 0.65 [4]	--	--	2.25 \pm 3.62 [27]	--	12.11	
20/09	--	0.27 \pm 0.47 [3]	--	--	0.25 \pm 0.62 [3]	--	2.83	

de barras de ADN basado en el estudio de fragmentos del gen mitocondrial citocromo oxidado I (*coxI*; Ruiz-Arrondo *et al.*, 2018). Asumiendo estas limitaciones, se han determinado un total de 9 especies en la zona de estudio, todas ellas pertenecientes al género *Simulium*: *S. (Eusimulium) rubzovianum* Sherban, 1961; *S. (Eusimulium) petricolum* (Rivosecchi, 1963); *S. (Nevermania) cryophilum* (Rubtsov, 1959); *S. (Wilhemia) pseudequinum* Seguy, 1921; *S. (Simulium) argyreatum* Meigen, 1838; *S. (S.) bezzi* (Corti, 1914); *S. (S.) ornatum* (Meigen, 1818); *S. (S.) intermedium* Roubau, 1906 y *S. (S.) xanthinum* Edwards, 1933; habiendo sido detectadas 8 especies en el río Orcera y 7 en el arroyo de los Molinos. Las larvas dominantes han sido las pertenecientes al complejo *S. (S.) ornatum/intermedium*, que fueron agrupadas bajo esta denominación por la imposibilidad de separar entre ambas especies en este estadio (62.3 % en el río Orcera y 83.4 % en el arroyo de los Molinos), seguida por *S. (E.) rubzovianum* (17 y 7.3 % respectivamente) y *S. (N.) cryophilum* (18.7 y 8.6 % respectivamente) (Tabla 2). En el caso de las pupas (Tabla 3), las especies del complejo *S. ornatum/intermedium* ya son diferenciables, siendo la dominante *S. (S.) ornatum*, que constituye el 75.3 y 89 % del total de pupas determinadas en el río Orcera y en el arroyo de los Molinos, respectivamente. El resto de las especies halladas [*S. (E.) petricolum*, *S. (S.) argyreatum*, *S. (S.) xanthinum* y *S. (W.) pseudequinum*] se encontraban representadas por un reducidísimo número de individuos (1–2) en el conjunto del muestro. *S. (S.) argyreatum* y *S. (W.) pseudequinum* aparecen solamente en el río Orcera, mientras que *S. (S.) bezzi* se captura exclusivamente en el arroyo de los Molinos.

Todas estas especies han sido citadas previamente en la provincia de Jaén (véase Crosskey & Crosskey, 2000; Belqat & Garrido, 2007). Cabe señalar que si bien *S. (E.) velutinum* ha sido señalado por distintos autores en Andalucía (Crosskey & Crosskey, 2000), actualmente se considera que dichas citas deben asignarse a *S. (E.) rubzovianum* (Adler *et al.*, 2015). En comparación con otros cursos fluviales, el número de especies encontradas en estas localidades está en el rango de valores hallados en los ríos de la península

Ibérica (rango de valores entre 4 y 21 especies; Lestón *et al.*, 2013). En este sentido es importante señalar que el periodo de 15–30 días para el estudio de las larvas y pupas de simúlidos es adecuado en la época primaveral-estival en ecosistemas mediterráneos. En este sentido Figueroa *et al.* (2006) observan como las curvas de acumulación de especies de macroinvertebrados llegan a la asíntota en 15–22 días, siendo los quironómidos y los simúlidos los grupos de invertebrados que presentaron las mayores velocidades de colonización. Este patrón de colonización temprana de los simúlidos ha sido igualmente observado por otros autores en los tramos altos y medios de los ríos (de Moor *et al.*, 1986), habiendo sido también señalados reiteradamente como primeros colonizadores en distintos estudios en los que se han empleado soportes artificiales (Robinson *et al.*, 1993; Figueroa *et al.*, 2006).

El patrón de colonización de los simúlidos en la zona de estudio debe responder a la existencia de un stock larvario constituido aguas arriba de los puntos de muestreo. En nuestro caso, este patrón muestra dos picos de máxima abundancia para los estadios larvarios, siendo el primero de ellos (abril-mayo) más prominente que el segundo (junio-julio; Fig. 2; Tabla 2). En relación a los estadios pupales el patrón de colonización observado es similar al de los estadios larvarios, con algunas excepciones (Fig. 3; Tabla 3), entre las que destaca la marcada diferencia en términos de abundancia total entre los dos máximos, siendo mucho más elevado el primaveral que el estival. Por otro lado, no se muestran especies que estaban presentes en los estadios larvarios, tales como *S. (N.) cryophilum*, que no aparece en el arroyo de los Molinos; mientras que *S. (E.) rubzovianum* no aparece en el río Orcera. Sin embargo, es reseñable la presencia de pupas de las especies *S. (S.) argyreatum* y *S. (W.) pseudequinum* de las que no hay constancia de estadios larvarios. Debemos igualmente señalar la presencia constante del complejo *S. (S.) ornatum/intermedium*, mientras que el resto de especies son eminentemente invierno-primaverales [*S. (N.) cryophilum*, *S. (S.) xanthinum* y *S. (S.) bezzi*] o primo-estivales [*S. (E.) rubzovianum*, *S. (S.) argyreatum* y *S. (W.) pseudequinum*].

A modo de conclusión podemos señalar que los sistemas fluviales objeto de este estudio

Tabla 3. Abundancia de pupas en las dos estaciones de muestreo (media ± desviación típica y abundancia total entre corchetes). *Pupae abundance in the two sampling sites (mean ± standard deviation and total number of larvae in brackets).*

Estación	Periodo	<i>S. (E.) petriculum</i>	<i>S. (E.) rubzovianum</i>	<i>S. (N.) cryophilum</i>	<i>S. (S.) xanthinum</i>	<i>S. (S.) argyreatum</i>	<i>S. (S.) ornatum</i>	<i>S. (S.) intermedium</i>	<i>S. (T.) bezzi</i>	<i>S. (W.) pseudoequinum</i>	Ind./100 cm ²
R. Orcera	12/04	--	--	0.17 ± 0.39 [2]	--	--	--	--	--	--	0.70
	26/04	--	--	0.50 ± 0.67 [6]	--	--	0.21 ± 0.41 [4]	0.08 ± 0.28 [2]	--	--	4.52
	10/05	--	--	0.17 ± 0.39 [2]	--	--	0.92 ± 1.38 [20]	0.12 ± 0.34 [3]	--	--	13.32
	28/05	0.04 ± 0.20 [1]	--	0.37 ± 0.82 [9]	--	--	1.18 ± 1.86 [27]	0.17 ± 0.39 [2]	--	--	22.40
	07/06	--	--	0.62 ± 0.92 [15]	--	0.17 ± 0.39 [2]	2.62 ± 4.46 [64]	0.25 ± 0.61 [6]	--	0.04 ± 0.20 [1]	35.97
	22/06	--	--	--	--	--	0.42 ± 1.64 [9]	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	5.18
	06/07	--	--	--	--	--	0.37 ± 0.92 [11]	--	--	--	5.91
	21/07	--	--	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	0.79 ± 1.21 [18]	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	5.50
	05/08	--	--	--	--	--	0.17 ± 0.38 [4]	--	--	--	0.98
	20/08	--	--	--	--	--	0.33 ± 0.70 [7]	0.08 ± 0.28 [2]	--	--	2.65
04/09	--	--	--	--	--	0.28 ± 0.54 [7]	--	--	--	2.57	
A. Molinos	26/04	--	--	--	0.17 ± 0.39 [2]	--	5.60 ± 5.83 [56]	0.08 ± 0.28 [2]	--	--	30.99
	10/05	--	--	--	--	--	4.60 ± 3.40 [69]	0.25 ± 0.44 [6]	0.17 ± 0.38 [4]	--	39.81
	28/05	--	--	--	--	--	2.00 ± 2.52 [48]	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	26.93
	07/06	--	0.44 ± 0.62 [8]	--	--	--	5.24 ± 6.59 [89]	0.12 ± 0.34 [3]	--	--	47.90
	21/06	--	0.33 ± 0.82 [8]	--	--	--	0.83 ± 2.87 [20]	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	7.65
	06/07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	21/07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	05/08	--	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	--	0.29 ± 0.62 [7]	--	--	--	2.84
	20/08	--	--	--	--	--	0.28 ± 0.46 [7]	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	3.44
	04/09	--	--	--	--	--	0.12 ± 0.34 [3]	--	--	--	1.76
20/09	--	--	--	--	--	0.04 ± 0.20 [1]	--	--	--	0.47	

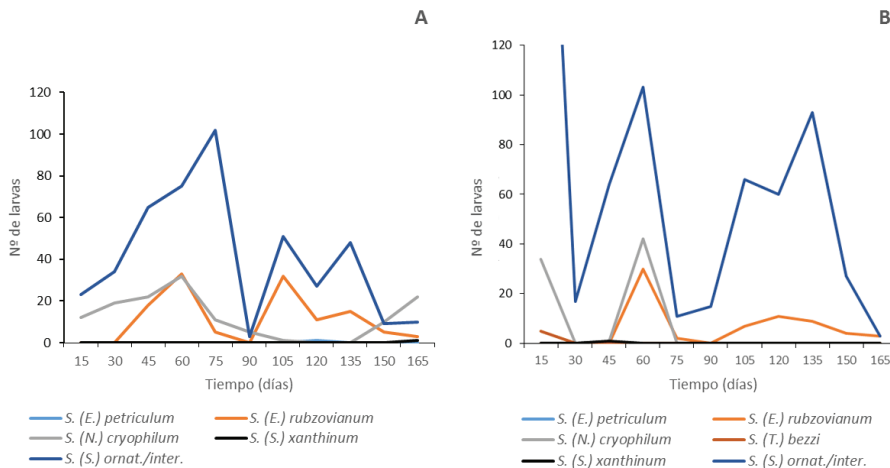


Figura 2. Dinámica quincenal de la abundancia total de larvas de simúlidos: (A) río Orcera y (B) arroyo de los Molinos. *Biweekly dynamics of the total abundance of simuliid larvae: (A) río Orcera and (B) arroyo de los Molinos.*

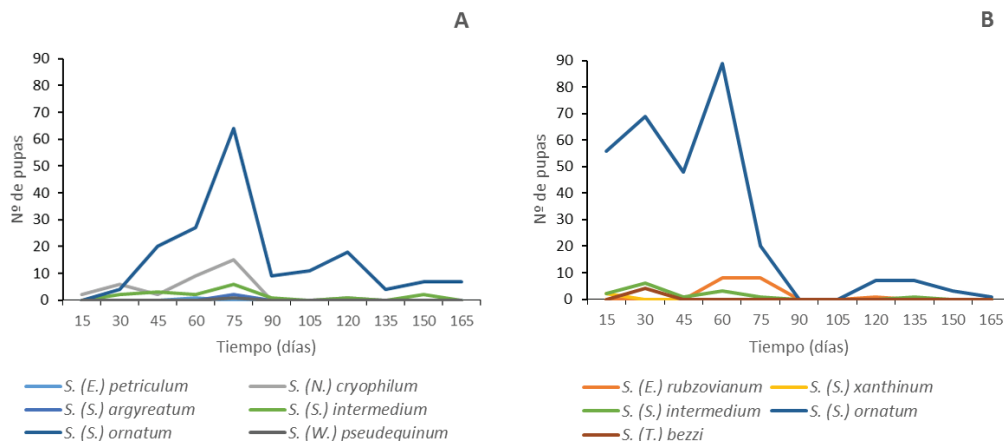


Figura 3. Dinámica quincenal de la abundancia total de pupas de simúlidos: (A) río Orcera y (B) arroyo de los Molinos. *Biweekly dynamics of the total abundance of simuliid pupae: (A) río Orcera and (B) arroyo de los Molinos.*

presentan una diversidad media en el número de especies de simúlidos, con presencia de especies invierno-primaverales y primo-estivales; siendo el complejo *S. (S.) ornatum* la especie que muestra una mayor prevalencia (en torno al 80 % de las pupas estudiadas). Considerando el carácter anautógeno de esta especie, un incremento en la abundancia de la misma podría convertirse en una importante causa de molestia tanto para el ganado como para las personas que visiten o residan en las áreas circundantes durante el periodo de actividad de las hembras. Este simúlido ha sido repetidamente señalado como una especie agresi-

va para mamíferos (Gallego *et al.*, 1994; Villanúa-Inglada *et al.*, 2013), que podría generar posibles daños indirectos, a través de la transmisión de enfermedades. Entre las especies que hemos encontrado, cabe destacar a *S. (S.) ornatum* por haber sido citada reiteradamente como vector de las filarias. Así, *Onchocerca flexuosa* (Wedl, 1856) ha sido citada en ciervo (Santín-Durán *et al.*, 2001; San-Miguel *et al.*, 2003; Hidalgo *et al.*, 2015), *Onchocerca lupi* Rodonaja, 1967 en perro (Miró *et al.*, 2016) y distintas especies, entre las que destacan *Onchocerca gutturosa* (Neumann, 1910) y *Onchocerca lienalis* (Stiles,

1892), en ganado bovino (Eichler & Nelson, 1971; Dohnal *et al.*, 1990; Ferenc *et al.*, 1989; Cordero del Campillo, 1994). Atendiendo a todo lo expuesto, sería necesario en un futuro desarrollar estudios de dinámica poblacional, que atiendan especialmente a los adultos de estas especies, de modo que nos permitan determinar la situación de estas poblaciones en la zona objeto de estudio, valorar la acción de las hembras y verificar la transmisión vectorial de agentes patógenos. Para ello deberemos aplicar, de forma ineludible, técnicas citogenéticas y de caracterización molecular que posibilitan soslayar las limitaciones impuestas por el estudio morfológico de los ejemplares recolectados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía los permisos concedidos para la recolección de muestras. Del mismo modo deseamos manifestar nuestro agradecimiento a los revisores del trabajo, cuyas aportaciones han mejorado considerablemente el mismo. En la realización de este estudio han participado miembros de los grupos PAIDI de la Junta de Andalucía, RNM300 (Ecología y Biodiversidad de Sistemas Acuáticos) y BIO294 (Inmunogenética).

BIBLIOGRAFÍA

- ADLER, P. H. & J. W. MCCREADIE. 2002. Black flies (Simuliidae). In: *Medical and veterinary entomology*. G. R. Mullen & L. A. Durden (eds.): 185-202. Academic Press. San Diego. EE.UU. DOI: 10.1016/B978-012510451-7/50013-X
- ADLER, P. H., M. CHERAIRIA, S. F. ARIGUE, B. SAMRAOUI & B. BELQAT. 2015. Cryptic biodiversity in the cytogenome of bird-biting blackflies in North Africa. *Medical and Veterinary Entomology*, 29: 276-289. DOI: 10.1111/mve.12115
- ADLER, P. H. 2019. *World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory [2019]*. <http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>.
- BEAUCOURNU-SAGUEZ, F. 1975. Récoltes de simulies (Diptera Simuliidae) dans le sud-est de l'Espagne. *Annales de la Société Entomologique de France*, 11: 73-89.
- BELQAT, B. & J. GARRIDO. 2007. Inventaire faunistique et bibliographique des simulies d'Espagne (Diptera, Simuliidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 24: 201-219.
- BELQAT, B., & M. DAKKI. 2004. Clés analytiques des simulies (Diptera) du Maroc. *Zoologica Baetica*, 15: 77-138.
- BUITRAGO-GUACANEME, A., A. SOTELO-LONDOÑO, G. A. PINILLA-AGUDELO, A. GARCÍA-GARCÍA, L. I. MONCADA & P. H. ADLER. 2018. Abundance and diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in rivers of the Andean eastern hills of Bogotá (Colombia), and its relationship with water stream physicochemical variables. *Universitas Scientiarum*, 23: 291-317. DOI: 10.11144/Javeriana.SC23-2.aado
- COOTER, R. J. 1982. Studies on the flight of blackflies (Diptera: Simuliidae). 1. Flight performance of *Simulium ornatum* Meigen. *Bulletin of Entomological Research*, 72: 303-317. DOI: 10.1017/S0007485300010609
- COSCARÓN, S. & C. L. COSCARÓN-ARIAS. 2007. *Neotropical Simuliidae (Diptera: Simuliidae)*. *Aquatic biodiversity in Latin America* 3. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria.
- CORDERO DEL CAMPILLO, M., L. CASTAÑÓN ORDÓÑEZ & A. REGUERA FEO. 1994. *Índice-catálogo de zooparásitos ibéricos*. 2nd edn. 650 pp. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, León, España.
- CROSSKEY, R. W. 1990. *The natural history of blackflies*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, Reino Unido.
- CROSSKEY, R. W. & M. E. CROSSKEY. 2000. An investigation of the blackfly fauna of Andalusia, southern Spain (Diptera: Simuliidae). *Journal of Natural History*, 34: 895-951. DOI: 10.1080/002229300299309
- DE MOOR, F. C., F. M. CHUTTER & I. J. DE MOOR. 1986. Drift behaviour and microhabitat selection in the preimaginal stages of *Simulium chutteri* (Diptera Simuliidae). *Hydrobiologia*, 133: 143-154. DOI: 10.1007/BF00031863
- DOHNAL J., J. BLINN, G. WAHL & H. SCHULZ-KEY. 1990. Distribution of microfi-

- larvae of *Onchocerca lienalis* and *Onchocerca gutturosa* in the skin of cattle in Germany and their development in *Simulium ornatum* and *Culicoides nubeculosus* following artificial infestation. *Veterinary Parasitology*, 36: 325-332. DOI: 10.1016/0304-4017(90)90044-C
- EICHLER, D. A. & G. S. NELSON. 1971. Studies on *Onchocerca gutturosa* (Neumann, 1910) and its development in *Simulium ornatum* (Meigen, 1818). I. Observations on *O. gutturosa* in cattle in south-east England. *Journal of Helminthology*, 45: 245-258.
- FERENC, S. A., T. M. HARTY, C. H. COURTNEY & D. B. COPEMAN. 1989. Distribution of *Onchocerca* spp. microfilariae in the dermis of cattle. *Veterinary Parasitology*, 31: 345-349.
- FIGUEROA, R., V. RUÍZ, X. NIELL, E. ARAYA & A. PALMA. 2006. Invertebrate colonization patterns in a Mediterranean Chilean stream. *Hydrobiologia*, 571: 409-417. DOI: 10.1007/s10750-006-0214-0
- FONSECA, D. M. & D. D. HART. 1996. Density-dependent dispersal of black fly neonates is mediated by flow. *Oikos*, 75: 49-58. DOI: 10.2307/3546320
- GALLARDO-MAYENCO, A. & J. TOJA. 2002. Spatio-temporal distribution of simuliids (Diptera) and associated environmental factors in two Mediterranean basins of Southern Spain. *Limnetica*, 21: 47-57.
- GALLEGO, J., F. BEAUCOURNU-SAGUEZ & M. PORTUS 1994. Aggressiveness of *Simulium* of the *ornatum* complex (Diptera Simuliidae) in Catalonia (Spain), First observation. *Parasite*, 1: 288.
- GONZÁLEZ, G. 1997. *Claves para la identificación de las larvas y pupas de los simúlidos (Diptera) de la Península Ibérica*. Asociación Española de Limnología, Madrid, España.
- GONZÁLEZ, G., M. G. DEL TÁNAGO & D. G. DE JALÓN. 1987. Los Simúlidos (Diptera) de los ríos Guadalhorce y Guadiaro (Málaga, SE de España). In: *Actas IV congreso Español de Limnología*. J. Toja (ed.): 233-242. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- HIDALGO, M. R., A. MARTÍNEZ, R. A. CARREÑO, S. GONZÁLEZ, M. C. FERRE-RAS & N. DíEZ. 2015. Levels of infection, pathology and nodule size of *Onchocerca flexuosa* (Nematoda: Onchocercidae) in red deer (*Cervus elaphus*) from northern Spain. *Journal of Helminthology*, 89: 326-334. DOI: 10.1017/S0022149X1400011X
- IVKOVIĆ, M., M. KESIĆ, Z. MIHALJEVIĆ & M. KÚDELA. 2014. Emergence patterns and ecological associations of some haematophagous blackfly species along an oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology*, 28: 94-102. DOI: 10.1111/mve.12019
- LENCIONI, V., B. MAIOLINI, R. FOCETTI, M. GRASSO, A. BOSCAINI, & E. DUMNICKA. 2006. Artificial substrate colonization by invertebrates in two high altitude Alpine streams. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 29: 1866-1870.
- LESTÓN, V., J. DÍAZ, C. QUIRCE & F. COBO. 2013. Los Simuliidae (Insecta, Diptera) de la cuenca del río Serpis (SE, España). Estudio faunístico. *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 37: 285-299.
- LÓPEZ-PEÑA, D & R. JIMÉNEZ-PEIDRÓ. 2017. Updated checklist and distribution maps of blackflies (Diptera: Simuliidae) of Spain. *The Simuliid Bulletin*, 48: S1-S45.
- MACKAY, R. J. 1992. Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 617-628. DOI: 10.1139/f92-071
- MARTÍNEZ, R. E. & M. PORTILLO. 1999. Faunistic and ecological study of simuliids (black-flies) (Diptera: Simuliidae) in a zone in southeast Spain. *Memoirs on Entomology, International*, 14: 605-623.
- MIRÓ, G., A. MONTOYA, R. CHECA, R. GÁLVEZ, J. J. MÍNGUEZ, V. MARINO & D. OTRANTO. 2016. First detection of *Onchocerca lupi* infection in dogs in southern Spain. *Parasites & Vectors*, 9: 290. DOI: 10.1186/s13071-016-1587-1
- PRUESS, K. P. 1989. Colonization of immature black flies (Diptera: Simuliidae) on artificial substrates in a Nebraska sandy river. *Environmental Entomology*, 18: 433-437.
- REEVES, W. K. & P. H. ADLER. 2011. Colonization of Pacific islands by black flies (Dipte-

- ra: Simuliidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 113: 371-376. DOI: 10.4289/0013-8797.113.3.371
- REID, G. D. F. & M. J. LEHANE. 1984. Peritrophic membrane formation in three temperate simuliids, *Simulium ornatum*, *S. equinum* and *S. lineatum*, with respect to the migration of onchocercal microfilariae. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 78: 527-539. DOI: 10.1080/00034983.1984.11811859
- ROBINSON, C. T., G. W. MINSHALL & L. VAN EVERY. 1993. Seasonal trends and colonization patterns of macroinvertebrate assemblages in two streams with contrasting flow regimes. *The Great Basin Naturalist*, 53: 321-331.
- ROSS, D. H. & R. W. MERRITT. 1978. The larval instars and population dynamics of five species of black flies (Diptera: Simuliidae) and their responses to selected environmental factors. *Canadian Journal of Zoology*, 56: 1633-1642. DOI: 10.1139/z78-226
- RUIZ-ARRONDO, I., L. M. HERNÁNDEZ-TRIANA, A. IGNJATOVIĆ-ĆUPINA, N. NIKOLOVA, J. A. GARZA-HERNÁNDEZ, M. A. RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. A. OTEO, A. R. FOOKS & J. LUCIENTES CURDI. 2018. DNA barcoding of blackflies (Diptera: Simuliidae) as a tool for species identification and detection of hidden diversity in the eastern regions of Spain. *Parasites & Vectors*, 11: 463. DOI: 10.1186/s13071-018-3046-7
- RUIZ-ARRONDO, I., P. M. ALARCÓN-ELBAL, L. FIGUERAS, S. DELACOUR-ESTRELLA, A. MUÑOZ, H. KOTTER, R. PINAL & J. LUCIENTES. 2014. Expansión de los simúlidos (Diptera: Simuliidae) en España: un nuevo reto para la salud pública y la sanidad animal. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 54: 193-200.
- SANTÍN-DURÁN, M., J. M. ALUNDA, C. D. L. FUENTE & E. P. HOBERG. 2001. Onchocercosis in red deer (*Cervus elaphus*) from Spain. *Journal of Parasitology*, 87: 1213-1215.
- SAN-MIGUEL, J. M., G. ÁLVAREZ, C. RODRÍGUEZ-VIGAL & M. LUZÓN. 2003. Nodular onchocercosis of red deer in central Spain. *Veterinary Parasitology*, 114: 75-79.
- SCHNEIDER, C. A., W. S. RASBAND & K. W. ELICEIRI. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9: 671-675.
- SCHULZ-KEY, H. & P. WENK. 1981. The transmission of *Onchocerca tarsicola* (Filarioidea: Onchocercidae) by *Odagmia ornata* and *Prosimulium nigripes* (Diptera: Simuliidae). *Journal of Helminthology*, 55: 161-166. DOI: 10.1017/S0022149X0002681X
- SHELLEY, A. J. 1994. Factors affecting filarial transmission by simuliids. In: *Advances in disease vector research*. K. F. Harris (ed.): 183-214. Springer, Nueva York, EE.UU. DOI: 10.1007/978-1-4612-2590-4_7
- VILLANÚA-INGLADA, D., P. M. ALARCÓN-ELBAL, I. RUIZ-ARRONDO, S. DELACOUR-ESTRELLA, R. PINAL, J. A. CASTILLO & J. LUCIENTES. 2013. Estudio faunístico de los simúlidos (Diptera, Simuliidae) del río Flumen, Huesca (España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 52: 212-218.
- WALLACE, J. B. & J. R. WEBSTER. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41: 115-139. DOI: 10.1146/annurev.en.41.010196.000555

Con el patrocinio de:



VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad