

Artículo original

## Dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú y obtención de adultos a partir de pupas en el laboratorio

### Aquatic Diptera from two wetlands of the central coast of Perú and obtention of adults from pupae in the laboratory

✉ Rodolfo Mauricio Castillo-Velásquez\*, ✉ Ernesto W. Alvarado-García,  
✉ Adriana R. Laurent-Ríos, ✉ Ana A. Huamantínco-Araujo

Laboratorio de Invertebrados Acuáticos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

#### Resumen

Los humedales costeros son ecosistemas que cada día se reducen más debido a factores antrópicos. Los estudios taxonómicos y ecológicos de estos ambientes son escasos, en especial en el Neotrópico. La falta de monitoreos biológicos en estas zonas impide evidenciar la probable pérdida de biodiversidad acuática. El presente estudio tuvo como objetivo elaborar los primeros listados taxonómicos de larvas de dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú, así como describir la crianza de pupas y emergencia de adultos de Ephydridae (Diptera) en el laboratorio. Las estaciones de muestreo con presencia de pupas de efíridos se caracterizaron por presentar aguas rasas con sustrato fangoso y vegetación emergente de porte bajo; solo las pupas de *Ephydra gracilis* se encontraron en pozas poco profundas y sin vegetación, flotando o incrustadas en costras de sal. El éxito de la crianza de efíridos fue del 53 %, donde el desarrollo de hongos y la aparición de himenópteros parasitoides redujo dicho porcentaje en algunos de los géneros. El éxito de los adultos emergidos de *E. gracilis* fue menor que el de los demás, probablemente por la ausencia de alguna condición fisicoquímica que solo encuentran en su hábitat natural. Se brinda aquí un primer listado taxonómico de dípteros acuáticos y parasitoides en estos dos humedales costeros, el primer registro de *Ephydra gracilis* (Packard, 1871) en Suramérica e ilustraciones de las pupas como apoyo para su identificación. Además, se presentan recomendaciones para la recolección y el cuidado de dípteros en estadios tempranos en el laboratorio.

**Palabras Clave:** Insecta; Ephydridae; Primer registro; Crianza; Neotrópico; Desierto costero.

#### Abstract

Coastal wetlands are ecosystems that are being reduced every day due to anthropic factors. In these environments, taxonomic and ecological studies are scarce, especially in the Neotropical zone. The lack of biological monitoring in these areas has prevented the gathering of evidence on a probable loss of aquatic biodiversity. In the present study, we present the first taxonomic list of aquatic Diptera larvae from two wetlands of the central coast of Perú. Additionally, we describe the breeding of pupae and the emergence of Ephydridae (Diptera) adults in the laboratory. The sites with the presence of Ephydridae pupae were characterized by shallow waters with a muddy substrate and low vegetation; only *Ephydra gracilis* pupae were found in shallow pools with no vegetation, floating or embedded in salt crusts. The success of ephedrid flies breeding was 53% as the development of fungi and the emergence of parasitoid Hymenoptera reduced the emergence success of some of the genera. Adult emergence success from *Ephydra gracilis* was lower than that of others, probably due to the lack of some physicochemical condition only found in its natural habitat. We present a first taxonomic listing of aquatic Diptera for two coastal wetlands, the first record of *Ephydra gracilis* (Packard, 1871) in South America, and illustrations of the pupae supporting its identification. We also give recommendations for the collection and care of early stages of Diptera flies in the laboratory.

**Keywords:** Insecta; Ephydridae; First record; Breeding; Neotropical; Coastal desert.

**Citación:** Castillo-Velásquez RM, Alvarado-García EW, Laurent-Ríos AR, *et al.* Dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú y obtención de adultos a partir de pupas en el laboratorio. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(176):795-805, julio-septiembre de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1350>

**Editor:** Gabriel Roldán

**\*Correspondencia:**  
Rodolfo Mauricio Castillo-Velásquez;  
[rodolfomauricio.castillo@unmsm.edu.pe](mailto:rodolfomauricio.castillo@unmsm.edu.pe)

**Recibido:** 23 de noviembre de 2020

**Aceptado:** 15 de julio de 2021

**Publicado:** 17 de septiembre de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

## Introducción

Los humedales de la costa peruana son ecosistemas muy sensibles que están siendo sometidos a fuertes presiones antropogénicas. No obstante, los humedales y su biota pueden amortiguar estas presiones hasta cierto nivel (Castillo & Huamantínco, 2020). Carquín-Hualmay y Las Salinas de Chilca son dos humedales cercanos al mar, ubicados en la costa central del Perú, en el departamento de Lima, los cuales no cuentan con la protección del estado peruano.

Entre la fauna acuática de estos humedales se encuentran los dípteros, ampliamente distribuidos y de gran diversidad (Keiper, *et al.*, 2002), lo que se evidencia en la riqueza y abundancia de especies que suelen encontrarse al estudiar la entomofauna en humedales costeros de Suramérica (Figueroa, *et al.*, 2009; Clavijo-Awazacko & Amarillo-Suárez, 2013; Peralta & Huamantínco, 2014; Castillo & Huamantínco, 2020). Entre los Díptera de los humedales costeros se encuentra la familia Ephydriidae, cuyos individuos se conocen como moscas de la orilla, con una riqueza de alrededor de 2.000 especies (Dawah, *et al.*, 2019) que incluyen organismos capaces de colonizar desde plantas de importancia agrícola (Korytkowsky, 1982; Nodomura & Toyoda, 2020) hasta ambientes inhóspitos como lagos alcalinos, hipersalinos, pozas de petróleo y aguas termales sulfurosas (Foote, 1995; Mathis & Simpson, 1981). Esta capacidad convierte a los efídridos en organismos idóneos para realizar pruebas relacionadas con la adaptación reproductiva en distintos hábitats (estables, inestables, efímeros y duraderos) (Connel & Sheiring, 1982). Las larvas acuáticas poseen caracteres morfológicos poco marcados y suelen ser un problema a la hora de su identificación en inventarios y estudios ecológicos, pues muchas especies se recolectan e identifican en un estadio determinado, por lo que muchos autores crían las larvas y ninfas en el laboratorio o en campo hasta la aparición de los adultos para aumentar el conocimiento taxonómico de la familia.

La obtención de efídridos en distintos estadios de desarrollo varía ampliamente en la literatura: Keiper & Walton (2000) capturaron adultos en campo y propiciaron su reproducción en frascos y la oviposición en diferentes sustratos, entre ellos, medios acuosos con algas donde flotaban los huevos, larvas y pupas, así como sustratos sólidos y detritus que, además, servían de alimento (Foote, 1982, 1990); otros autores han recurrido a invertir la cámara de reproducción directamente sobre el sustrato con algas que para que ocurra la oviposición y pueda caracterizarse el ciclo de vida (Zack, 1983). En otros estudios las larvas o pupas se recolectan directamente y no se requiere de la oviposición de adultos, en su reemplazo se utilizan recipientes individuales con un sustrato de algodón que se humedece periódicamente como describen Mathis & Simpson (1981). En síntesis, los principales requerimientos de las pupas de Ephydriidae para que de ellas emerjan los adultos son los sustratos húmedos, preferentemente en el agua del hábitat, y el uso de elementos donde pueda posarse el adulto al emerger.

Se escogió a los dípteros, en especial los efídridos, como objeto de estudio debido a su importancia como primer eslabón en algunas cadenas tróficas en ambientes lénticos, y su papel de plaga y también de alimento para la vida silvestre (Diamond, *et al.*, 2001; Lietti, *et al.*, 2016; Dawah, *et al.*, 2019), pues en muchos de sus estadios inmaduros representan una importante fuente de recursos para las aves migratorias (Wirth, *et al.*, 1987; O'Grady, *et al.*, 2014), hasta el punto de que su abundancia se relaciona con la distribución de las aves en el área donde se asientan (Rooth, 1965; Van de Craats, 2016). Los efídridos también tienen la capacidad de colonizar nuevos hábitats y recursos de manera rápida (Tomberlin & Adler, 1998) y muchas de sus especies pueden ocupar una gran variedad de microhábitats en ambientes lénticos (Keiper, *et al.*, 2002), siendo la biomasa que producen equiparable con la de familias como la Chironomidae (King & Brazner, 1999).

Si bien existen algunas claves y descripciones generales de los adultos de la familia Ephydriidae en el Neotrópico (Mathis, 2008; Mathis, *et al.*, 2014; Mathis & Marinoni, 2016), las requeridas para los estadios inmaduros son escasas (Lizarralde de Grosso, 1980; 2001), ya que los trabajos al respecto corresponden al hemisferio norte (Zatwarnicki, 1997;

**Merritt, et al., 2008**). Las larvas y pupas suelen ser difíciles de identificar en inventarios y estudios ecológicos, por lo que se obtienen adultos a partir de la crianza de pupas en el laboratorio para respaldar la identificación en su diversidad corporal y ornamentación. Esta interrelación entre pupa y adulto es una óptima herramienta complementaria para la identificación de los dípteros acuáticos. El objetivo del presente estudio fue inventariar la comunidad de dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú y describir la crianza de efídridos a partir de sus pupas en el laboratorio.

## Materiales y métodos

Los muestreos y crianza de dípteros se realizaron en noviembre del 2018 en Salinas de Chilca y en abril del 2019 en el humedal Carquín-Hualmay. Durante el trabajo de campo se describieron someramente los puntos de recolección y se registró el pH, la conductividad, los sólidos disueltos totales (SDT) y la salinidad del agua en cuatro de los siete puntos muestreados, dos de ellos en Salinas de Chilca y dos en el humedal Carquín-Hualmay.

En la recolección cuantitativa de macroinvertebrados se utilizó una red de tipo D con abertura de malla de 500  $\mu\text{m}$  y se hicieron barridos de un metro a lo largo de un área de 0,3 m<sup>2</sup> en cada estación de muestreo (**Domínguez & Fernández, 2009**). La muestra fue depositada en bolsas plásticas y fijada con alcohol al 96 %. La identificación taxonómica se realizó hasta el nivel de familia o género utilizando claves especializadas (**Hamada, et al., 2018; Domínguez y Fernández, 2009**).

Para la crianza, se recolectaron larvas y pupas de Diptera: Ephydridae en los bordes y entre la vegetación de las lagunas. En el laboratorio se acondicionó el espacio y los materiales necesarios para recibir las pupas siguiendo hasta donde fue posible las recomendaciones del protocolo utilizado por **Mathis & Simpson (1981)**. Las pupas se transportaron en recipientes plásticos de 15 x 15 cm que contenían agua y plantas del humedal. En el laboratorio se colocaron en frascos de plástico individuales con una base de algodón humedecido con gotas de agua de la propia laguna y una fracción de vegetación para que las moscas tuvieran un sustento a la hora de emerger; por último, los frascos se cerraron con un tapón de algodón para evitar que los ejemplares escaparan al eclosionar (**Mathis & Simpson, 1981**). Las pupas se criaron a temperatura ambiente y con luz natural. Posteriormente, dado que los días que los adultos de Ephydridae tardan en emerger suman aproximadamente una semana (**Mathis & Simpson, 1981; Foote, 1982, 1990**), se optó por esperar 10 días y llevar un registro de cada día. Una vez emergidos los adultos, se les facilitó el alimento, cambiándolo cada día para evitar la contaminación del frasco. Además de algas, se les proporcionó barro extraído del borde de las lagunas y jalea real. Se dejaron pasar dos días para que sus estructuras quitinosas se endurecieran y luego se procedió a sacrificarlos y montarlos utilizando minucias (**Bertone, et al., 2019**). Para la identificación se emplearon claves especializadas (**Mathis, 2008; Cumming, et al., 2009; Mathis, et al., 2014; Mathis, et al., 2016**) y se consultó a especialistas. Las ilustraciones de los puparios se hicieron a partir de fotos de diferentes vistas generales y detalles estructurales y de ornamentación desde distintas posiciones. Las fotografías se tomaron con un estereoscopio Nikon SMZ745 utilizando una tableta de dibujo Huion Kamvas Pro 13 y se procesaron con el programa en línea Photopea (<https://www.photopea.com/>), tomando la escala, delineando las siluetas de las vistas generales y colocando los detalles según lo observado en las distintas fotografías. Por último, el material identificado se depositó en la colección de macroinvertebrados bentónicos del Laboratorio de Invertebrados Acuáticos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## Resultados

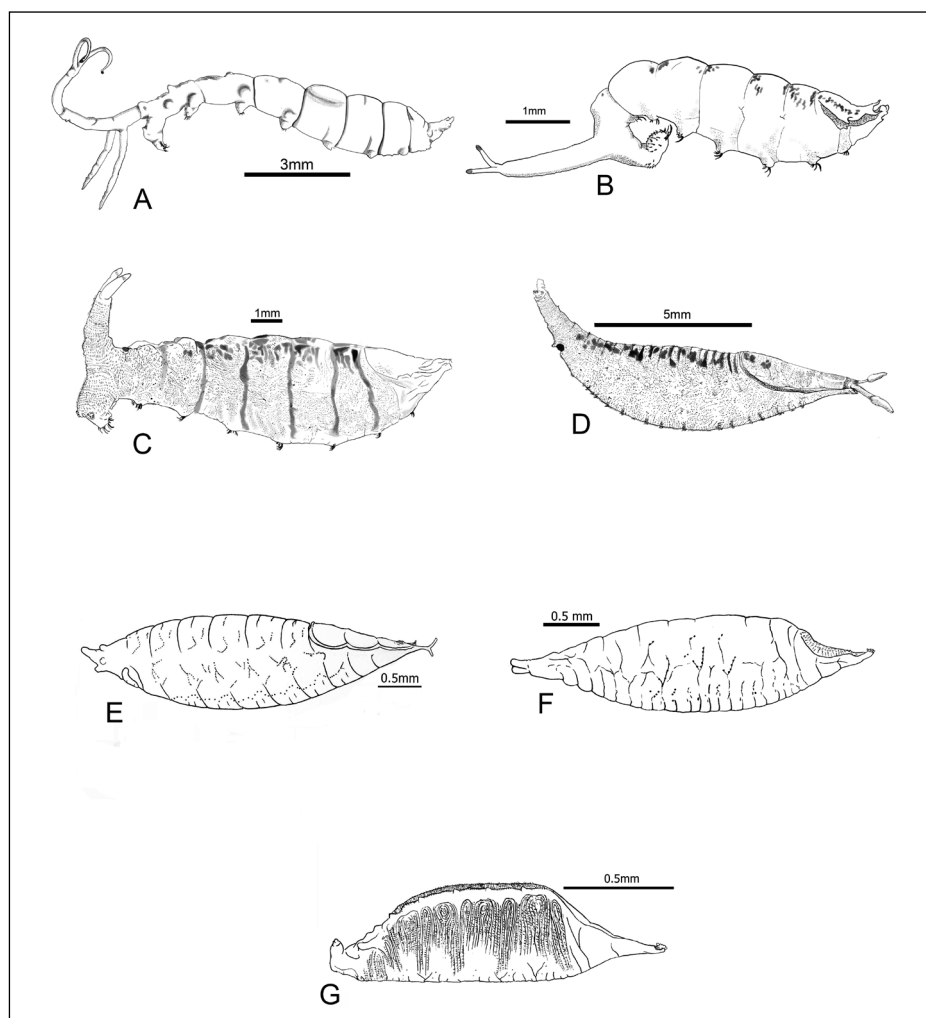
En la recolección cuantitativa de ambos humedales se identificaron 32 géneros de Diptera y dos taxones de avispas parasitoides que emergieron de pupas de *Brachydeutera* sp. y *Scatella* sp. pertenecientes, respectivamente, a las familias Eulophidae y Figitidae del orden Hymenoptera (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Inventario total de larvas acuáticas de Diptera obtenidas de la recolección cuantitativa y cualitativa en dos humedales de la costa central del Perú

Familia	Género	Salinas de Chilca	Carquín-Hualmay
Ceratopogonidae	<i>Dasyhelea</i>	X	X
Chironomidae	<i>Goeldichironomus</i>		X
	<i>Chironomus</i>		X
	Chironomidae n.d.	X	X
	<i>Larsia</i>		X
	<i>Parachironomus</i>		X
	<i>Tanytarsus</i>		X
Culicidae	<i>Culex</i>		X
	<i>Ochlerotatus</i>	X	
Dolichopodidae	<i>Hydrophorus</i>		X
	Dolichopodidae n.d.	X	
Ephydriidae	<i>Brachydeutera</i>		X
	<i>Ephydra</i>	X	
	<i>Hydrellia</i>		X
	<i>Mimapsilopa</i>		X
	<i>Neoephydra</i>	X	
	<i>Notiphila</i>		X
	<i>Paralimna</i>		X
	<i>Scatella</i>	X	X
	<i>Setacera</i>		X
Ephydriidae n.d.	X		
Limoniidae	<i>Geranomyia</i>		X
Muscidae	Muscidae n.d.	X	
Phoridae	<i>Megaselia</i>	X	
Psychodidae	<i>Moruseodina</i>		X
	<i>Psychoda</i>		X
	<i>Pericoma</i>		X
Scyomizidae	<i>Sepedon</i>		X
Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>	X	X
	<i>Nemotelus</i>	X	
Syrphidae	<i>Eristalis</i>	X	X
Tabanidae	<i>Tabanus</i>	X	X

n.d.: No determinado.

Se recolectaron 181 pupas de efídridos para la crianza (recolección cualitativa), pertenecientes a siete géneros (**Figura 1; Tabla 2**); cada uno se detalló en diferentes vistas, especialmente de las regiones de interés para facilitar su identificación (**Figuras 1S - 7S**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>). En el caso de las pupas recolectadas en las pozas de Salinas de Chilca (estación E1), se encontraron *E. gracilis* en los bordes y, en ocasiones, adheridas a bloques de sal con una gran cantidad de algas que presumiblemente les servían de alimento (**Figura 2a**). En la estación E2 las pupas de *Neoephydra* sp. se encontraron removiendo el sustrato de fondo o flotando en la vegetación de borde, la cual solo presentó algunos parches de *Distichlis spicata*. Las estaciones se caracterizaron por ser rasas (<30 cm) y presentaron valores extremos



**Figura 1.** Pupas de Ephydridae colectadas en dos humedales de la costa central del Perú. (a) *Ephydra gracilis*, (b) *Neoephydra* sp., (c) *Setacera* sp., (d) *Brachydeutera* sp., (e) *Paralimna* sp., (f) *Scatella* sp., (g) *Mimapsilopa* sp.

**Tabla 2.** Insectos y parasitoides obtenidos de la crianza de Ephydridae en dos humedales de la costa central (Lima, Perú)

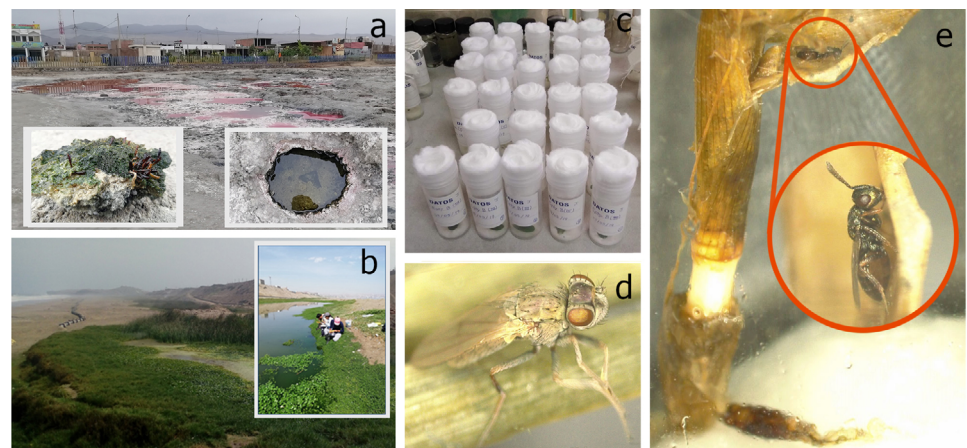
Humedal	Especies	Insectos emergidos	Insectos no emergidos	Parasitoides	Total
Salinas de Chilca	<i>Ephydra gracilis</i>	4	16	0	20
	<i>Neoephydra</i> sp.	16	4	0	20
Carquín-Hualmay	<i>Brachydeutera</i> sp.	2	3	1 <sup>(b)</sup>	6
	<i>Mimapsilopa</i> sp.	34	11	0	45
	<i>Paralimna</i> sp.	21	9	0	30
	<i>Scatella</i> sp.	15	32	7 <sup>(a)</sup>	54
	<i>Setacera</i> sp.	4	2	0	6
<b>Total</b>		96	77	8	181

<sup>(a)</sup> Parasitoide de la familia Figitidae

<sup>(b)</sup> Parasitoide de la familia Eulophidae

de salinidad del agua (>85 g/L), con temperaturas cercanas a los 20 °C (**Tabla 3**). En el humedal Carquín-Hualmay se encontró una mayor cantidad de pupas en dos de las cinco estaciones establecidas al remover el sustrato o flotando en la superficie del agua entre la vegetación acuática, compuesta mayormente por *Bacopa monnieri* e *Hydrocotyle ranunculoides* (**Figura 2b**). Allí las estaciones se caracterizaron por ser poco profundas (<50 cm) y presentar valores elevados de la temperatura del agua (>30°C) y de oxígeno disuelto (**Tabla 3**).

En el laboratorio las pupas se criaron individualmente (**Figura 2c**) en una temperatura que varió entre los 25 y 28 °C; muchos de los adultos emergieron y al día siguiente extendieron sus alas sin problemas, se alimentaron con normalidad de las jaleas, las algas o el barro extraído de los bordes e, inclusive, volaron o pegaron saltos; otros, en cambio, apenas abrieron la placa cefálica del pupario o emergieron, pero no lograron extender sus alas (*Brachydeutera* sp. y *Setacera* sp.) y, en algunos casos, murieron, o sobrevivieron pero sin desplegar las alas. Aunque siempre se procuró cambiar el soporte de algas o barro diariamente, algunos adultos emergidos presentaron abdómenes aplanados al cabo de unos días y murieron de inanición horas después, en especial los adultos de *E. gracilis* (**Figura 2d**). En uno de los recipientes de control acondicionados con fragmentos de su hábitat la supervivencia de los adultos emergidos fue prácticamente del 100 %. En algunos frascos



**Figura 2.** Resumen fotográfico del proceso de crianza, desde la colecta de las pupas hasta la emergencia de los adultos y parasitoides. a) Salinas de Chilca, de izquierda a derecha: Detalle de los bloques de sal y las pozas salinas; b) Recolección manual de individuos en el Humedal Carquín-Hualmay; c) Frasco acondicionado para el desarrollo de las pupas; d) Adulto emergido de *Ephydra gracilis*; e) Parasitoide emergido de la pupa de *Scatella* sp.

**Tabla 3.** Ubicación geográfica y parámetros fisicoquímicos del agua de los puntos de muestreo

Humedal	Puntos de muestreo	Coordenadas	Conductividad (mS)	STD (ppt)	Salinidad (ppt)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (ppm)	pH
Salinas de Chilca	E1	12°32'41,82"S 76°43'21,48"O	300,2	201,0	150,4	19,7	4,52	7,93
	E2	12°32'41,75"S 76°43'26,02"O	178,5	97,1	86,8	21,2	9,14	8,89
Carquín-Hualmay	E1	11°6'16,95"S 77°37'10,70"O	1.172	1.180	0,886	30,9	9,60	7,85
	E2	11°6'18,60"S 77°37'8,80"O	1.824	1.221	0,919	32,6	12,57	8,51

las pupas fueron colonizadas por hongos que causaron la muerte de los especímenes días más tarde. Por último, de algunas pupas de *Scatella* sp. y *Brachydeutera* sp. emergieron parasitoides pertenecientes al orden Hymenoptera (**Figura 2e**), que se alimentaron de la pupa contenida en el pupario. A pesar de los problemas que se presentaron durante la crianza, el porcentaje de adultos que emergieron fue del 53 %.

## Discusión

Este trabajo constituye el primer inventario de dípteros acuáticos de los humedales de Carquín-Hualmay y Salinas de Chilca. Muchas de las familias y géneros encontrados en el estudio coinciden con los registros de otras publicaciones sobre humedales en la zona costera suramericana, lo que sugiere una composición persistente (**Blancas, 1978; Minaya, 1978; Peralta & Huamantínco, 2014; Castillo & Huamantínco, 2020**). Se destaca el registro en la localidad de Salinas de Chilca de *E. gracilis*, el primero en Suramérica y el país, pues ya existen reportes en Norteamérica y Centroamérica (**Aldrich, 1912; Herbst, et al., 1999; Kuperman, et al., 2002; Barnes & Wurtsbaugh, 2015; Mathis & Marinoni, 2016**), incluidas algunas islas del Caribe (**Wolcott, 1941; Broche-Otero, 2006**), y en Hawai (**Wirth, 1947**).

En el presente estudio se recolectaron las pupas de *E. gracilis* y *Neoephydra* sp. en las pozas salinas (E1) y en la laguna La Milagrosa de las Salinas de Chilca (E2); vale la pena resaltar que en la estación E1 se registraron los valores más elevados de salinidad del agua (150,4 g/L). Los registros de *E. gracilis* en latitudes más boreales muestran que esta especie suele ocupar lagunas salinas (**Wirth, 1947; Rooth, 1965**), más concretamente, los individuos en estadios inmaduros se pueden encontrar guarecidos entre las piedras o debajo de ellas y en costras de sal, donde suelen aferrarse las pupas (**Rooth, 1965**). Fisiológicamente esta especie es capaz de tolerar altos niveles de salinidad, capacidad que al parecer se debe a la alta osmolalidad de su hemolinfa, que fluctúa entre 700 y 1000 mOsm, siendo este un nivel inusualmente alto para los insectos (**Herbst, 1999**). Se tienen registros de *Neoephydra* sp. en hábitats pantanosos en el sur de Suramérica, en tanto que en Brasil se la ha registrado en aguas cálidas cubiertas de algas y salinas acumuladas en depresiones de las rocas cerca a la orilla del mar (**Oliveira, 1954, 1958; Mathis, 2008**), siendo este último hábitat similar al de Salinas de Chilca, donde esta especie se encontró en el presente estudio.

En la bibliografía se describen los tipos de hábitat para especies como *Paralimna punctipennis* (**Deonier, 1964**), *Brachydeutera sturtevantii* (**Deonier, 1964**), *Setacera atrovirens*, *Scatella favillacea*, *S. picea* y *S. stagnalis* (**Scheiring & Foote, 1973**). En el caso de *Paralimna decipiens*, **Wirth (1965)** menciona un hábitat de márgenes de estanques secos en arroyos intermitentes del desierto y en aguas residuales, que debido a la variación de la profundidad y el tipo de sustrato podría considerarse similar a las orillas de las estaciones muestreadas en el humedal Carquín-Hualmay, sin embargo, estas no presentan un flujo continuo de agua. Cabe resaltar que otro de los ambientes en los cuales se tiene registro de *Scatella picea*, *Setacera atrovirens* y *P. decipiens* (**Scheiring & Foote, 1973**) es el cañaveral de marismas, el cual se define como un hábitat que abarca desde suelos saturados de agua hasta zonas sumergidas con una profundidad de un par de pies (60 cm en promedio), y representa una zona intermedia en la sucesión de plantas estrictamente acuáticas y estrictamente terrestres (**Deonier, 1964; Scheiring & Foote, 1973**) que incluye géneros como *Typha* y *Eleocharis*. Sin embargo, a pesar de escoger hábitats similares en el humedal, no se encontró ninguna pupa de Ephydridae en estas zonas, pues estas prefirieron lagunas rasas con sustrato fangoso y vegetación emergente de porte bajo. En el caso del género *Mimapsilopa*, solo los adultos se han descrito taxonómicamente en el continente americano, en Brasil, Argentina, Ecuador y Perú (**Mathis & Zatzwornicki, 1998; Mathis, et al., 2015**), pero sus estadios tempranos aún no han sido descritos. Este trabajo ilustra y describe la pupa de *Mimapsilopa* sp. (sobre la que no se halló información bibliográfica), encontrada en la estación E2 del humedal Carquín-Hualmay flotando entre

la vegetación emergente cercana al borde del cuerpo de agua (*Bacopa monnieri*) en zonas poco profundas, con una temperatura del agua relativamente alta (32,6 °C) y una salinidad menor a 1 ppt.

La variación de las condiciones abióticas con respecto a sus condiciones óptimas podría generar un ambiente estresante que afecta el desarrollo en la etapa de pupación, como sugiere **Vänninen** (2001), por factores como la temperatura, asociados con la viabilidad de las pupas. **Mathis & Simpson** (1981), quienes realizaron la crianza de efídridos en cajas plásticas (*Cirrula* y *Dimecoenia*), reportaron dificultades para mantener a los grupos de adultos vivos, entre ellas, el deterioro rápido de la calidad del sustrato producto de las heces que las moscas producían diariamente; además, sugirieron que, dado que las algas proporcionadas como alimento eran consumidas con celeridad, varios individuos murieron por inanición. En el presente trabajo los individuos fueron criados individualmente, lo que impidió un deterioro mayor del medio por las heces y reguló el consumo del alimento, sin embargo, algunas moscas no se alimentaron, probablemente debido al estrés provocado por otros factores, como la falta de condiciones óptimas de temperatura durante el transporte o la crianza de los individuos. Cabe resaltar que, debido al vacío de información sobre qué taxones podrían encontrarse en las localidades evaluadas y sobre sus necesidades ecológicas, no fue posible inferir con certeza cuáles serían las condiciones ambientales óptimas y el alimento ideal para cada una de las especies criadas con el fin de asegurar la asociación entre el adulto y la pupa.

Entre otros factores que afectaron la emergencia de los adultos pueden mencionarse las infecciones por parasitoides y hongos. Los reportes en la literatura sobre las infecciones por himenópteros parasitoides en efídridos corresponden principalmente a la superfamilia Chalcidoidea, con especies pertenecientes a las familias Braconidae y Eulophidae (**Stiling & Strong**, 1981; **Van Noort, et al.**, 2021), Pteromalidae (**Foote**, 1982; **Mathis & Simpson**, 1981; **Heydon**, 1989) y Figitidae (**Diamond, et al.**, 2001; **Castrillo, et al.**, 2008; **Lietti, et al.**, 2016). En la familia Figitidae, el género *Hexacola* presenta registros de parasitismo por el género *Scatella* en el hemisferio norte, en Estados Unidos y Canadá (**Diamond, et al.**, 2001; **Castrillo, et al.**, 2008), y en el hemisferio sur, en Argentina (**Lietti, et al.**, 2016). Los parasitoides emergidos de las pupas criadas en el laboratorio en el presente estudio se identificaron hasta el nivel de familia (Figitidae) y se encontraron parasitando *Scatella* sp., y los de la familia Eulophidae, parasitando a *Brachydeutera* sp. Esto será útil en futuros trabajos sobre la taxonomía y ecología de estos parasitoides, ya que muchas de estas especies se citan como potenciales controladores de plagas de invernaderos (**Diamond, et al.**, 2001; **Lietti, et al.**, 2016).

En cuanto a los reportes de hongos, **Castrillo, et al.** (2008) trabajaron con pupas esterilizadas y no esterilizadas de *Scatella tenuicosta* y determinaron que algunas cepas del ascomiceto *Beauveria bassiana* (Hypocreales) provocaron una mortalidad promedio de hasta 10,2 % en las pupas y 54,6 % en adultos emergidos de pupas infectadas. En el presente estudio también se presentó una baja mortalidad en las pupas producto de hongos (*Scatella*: 1,85 % y *Paralimna*: 6,67 %), a pesar de no seguir un protocolo de esterilización; sin embargo, no emergieron adultos de ninguna de las pupas que mostraba infección visible por hongos. Es difícil relacionar esta baja mortalidad con un factor en particular, ya que el grado de patogenicidad y de especificidad puede variar mucho en los hongos (**Lovett & Leger**, 2016, 2017), incluso entre cepas de la misma especie (**Chan-Cupul, et al.**, 2010). Aun así, recomendamos que en futuros trabajos que impliquen la crianza se utilicen protocolos de esterilización y asepsia para prevenir el potencial esparcimiento de hongos y otros patógenos entre los individuos.

## Conclusión

En este inventario se pudieron identificar 32 géneros de Diptera y dos taxones de avispas parasitoides; además, se logró el primer registro de *E. gracilis* en Perú y Suramérica. La crianza llevada a cabo fue muy útil para la correcta identificación de dípteros acuáticos, y bastante simple de implementar, por lo que se sugiere su uso para complementar la identificación y asociar la pupa con su respectivo adulto.



El Neotrópico es una zona en que aún hay vacíos en el conocimiento de la taxonomía de los dípteros acuáticos, por lo que es necesario explorar nuevos ambientes para inventariar más especies y aportar nuevos datos sobre su ecología en la región.

## Información suplementaria

**Figura 1S.** Pupario de *Ephydra gracilis*. (A) Vista dorsal, (B) Vista lateral, (C) Vista dorsal. Ver figura 1S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 2S.** Pupario de *Neoephydra* sp. (A) Vista dorsal, placa cefálica (pc), espiráculos posteriores (ep), (B) Vista Lateral, (C) Vista ventral. Ver figura 2S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 3S.** Pupario de *Setacera* sp. (A) Vista dorsal, placa cefálica (pc), (B) Vista Lateral, (C) Vista ventral. Ver figura 3S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 4S.** Pupario de *Scatella* sp. (A) Vista dorsal, (B) Vista lateral, (C) Vista ventral. Ver figura 4S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 5S.** Pupario de *Brachydeutera* sp. (A) Vista dorsal, (B) Vista lateral, (C) Vista ventral. Ver figura 5S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 6S.** Pupario de *Paralimna* sp. (A) Vista dorsal, (B) Vista lateral, (C) Vista ventral. Ver figura 6S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

**Figura 7S.** Pupario de *Mimapsilopa* sp. (A) Vista dorsal, (B) Vista lateral, (C) Vista lateral. Ver figura 7S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1350/3098>

## Agradecimientos

A Tadeusz Zatwarnicki por el envío de bibliografía especializada y el apoyo en la identificación de adultos de la familia Ephydridae. A Jhoany Mallqui Flores y Jimena Huamaní Bullón por el apoyo en la recolección y crianza de las pupas acuáticas del orden Diptera (Ephydridae).

## Contribución de los autores

RMCV: concepción y diseño, trabajo de campo y laboratorio, crianza, identificación taxonómica, y redacción del manuscrito. EWAG: trabajo de campo y de laboratorio, crianza, identificación taxonómica e información suplementaria. ARLR: trabajo de campo y de laboratorio, crianza, identificación taxonómica y fotografía. AAHA corroboración taxonómica, revisión del manuscrito.

## Conflicto de intereses

Declaramos que ninguno de los autores tiene conflicto de intereses relacionado con el presente trabajo.

## Referencias

- Ale-Rocha, R., Ferreira-Keppler, R. L.** (2018) Family Ephydridae. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (789-793). Manaus, Brasil: Elsevier.
- Aldrich, J. M.** (1912). The biology of some western species of the dipterous genus *Ephydra*. J. N. Y. Entomol. Soc. **20** (2): 77-99.
- Barnes, B. D., Wurtsbaugh, W. A.** (2015). The effects of salinity on plankton and benthic communities in the Great Salt Lake, Utah, USA: a microcosm experiment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **72** (6): 807-817.
- Bertone, M. A.** (2019). Manual of Afrotropical Diptera, Volume 1: Introductory Chapters and Keys to Diptera Families. SANBI. **65** (1): 69-70.
- Blancas, H.** (1978) Insectos que habitan las aguas de Villa (Lima). Rev. Peru. Entomol. **21** (1): 105-108.
- Broche-Otero, M.** (2006). Disponibilidad de presas para aves playeras en las salinas de Cabo Rojo, Puerto Rico y su relación con los factores físicos de la región (Doctoral dissertation). ProQuest.
- Castillo, R. M., Huamantínco, A. A.** (2020). Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú. Rev Biol Trop. **68** (1): 50-68. Doi: 10.15517/RBT.V68I1.35233

- Castrillo, L. A., Ugine, T. A., Filotas, M. J., Sanderson, J. P., Vandenberg, J. D., Wraight, S. P.** (2008). Molecular characterization and comparative virulence of *Beauveria bassiana* isolates (Ascomycota: Hypocreales) associated with the greenhouse shore fly, *Scatella tenuicosta* (Diptera: Ephydriidae). *Biocontrol*. **45** (1): 154-162.
- Chan-Cupul, W., Ruiz-Sánchez, E., Cristóbal-Alejo, J., Pérez-Gutiérrez, A., Munguía-Rosales, R., Lara-Reyna, J.** (2010). Desarrollo in vitro de cuatro cepas nativas de *Paecilomyces fumosoroseus* y su patogenicidad en estados inmaduros de mosquita blanca. *Agrociencia*. **44** (5): 587-597.
- Clavijo-Awazacko, H., Amarillo-Suárez, Á.** (2013). Variación taxonómica y funcional en la artropofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia)/ Taxonomic and functional variation in arthropod fauna associated with plant to vegetal communities on high-Andean wetlands (Colombia). *Rev. Colomb. Entomol.* **39** (1): 155.
- Connell, T. D., Scheiring, J. F.** (1982). Demography of the Shore Fly, *Scatella picea* (Walker) (Diptera: Ephydriidae). *Environ. Entomol.* **11** (3): 611-617. doi:10.1093/ee/11.3.611
- Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E., Zumbado, M. A.** (2009). Manual of Central American Diptera. Vol. 1. Ontario, Canadá: NRC Research Press.
- Dawah, H. A., Ahmad, S. K., Abdullah, M. A., Zatwarnicki, T.** (2019). An overview of the Ephydriidae (Diptera) of Saudi Arabia. *Zootaxa*. **4711** (3): 401-445.
- Deonier, D. L.** (1964). Ecological observations on Iowa shore flies (Diptera, Ephydriidae). *Proc. Iowa Acad. Sci.* **71** (1): 496-510.
- Diamond, J. C., Carney, V. A., Murphy, G. D., Allen, W. R.** (2001). First Canadian record of *Hexacola neoscatellae* (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), a parasitoid of the shore fly, *Scatella stagnalis*. *Gt. Lakes Entomol.* **34** (2): 1-3.
- Domínguez, E., Fernández, H.** (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Fernández, H. y Domínguez, E.** (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Figueroa, R., Suarez, M. L., Andreu, A., Ruiz, V. H., Vidal-Abarca, M. R.** (2009). Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana*. **73** (1): 76-94.
- Foote, B. A.** (1982). Biology and immature stages of *Setacera atrovirens*, a grazer of floating algal mats. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **84** (4): 828-844.
- Foote, B. A.** (1990). Biology and immature stages of *Coenia curvicauda* (Diptera: Ephydriidae). *J. N.Y. Entomol. Soc.* **98** (1): 93-102.
- Foote, B. A.** (1995). Biology of shore flies. *Annu. Rev. Entomol.* **40** (1): 417-442.
- Hamada, N., Thorp J.H. and Rogers, D.C.** (2018). Keys to Neotropical Hexapoda Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates--Volume III. Massachusetts, Estados Unidos: Academic Press.
- Herbst, D. B.** (1999). Biogeography and physiological adaptations of the brine fly genus *Ephydra* (Diptera: Ephydriidae) in saline waters of the Great Basin. *Great Basin nat.* **59** (2): 127-135.
- Heydon, S. L.** (1989). Relationships among holarctic genera in the Cyrtogaster-group with a review of the species of North America north of Mexico (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. N. Y. Entomol. Soc.* **97** (2): 192-217.
- Keiper, J. B., Walton, W. E.** (2000). Biology and immature stages of *Brachydeutera sturtevantii* (Diptera: Ephydriidae), a hyponeustic generalist. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **93** (3): 468-475.
- Keiper, J. B., Walton, W. E., Foote, B. A.** (2002). Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annu. Rev. Entomol.* **47** (1): 207-232.
- King, R. S., Brazner, J. C.** (1999). Coastal wetland insect communities along a trophic gradient in Green Bay, Lake Michigan. *Wetlands*. **19** (1): 426-437.
- Korytkowsky, C.** (1982). La mosca minadora del arroz en el Perú, *Hydrellia wirthi* nueva especie. (Diptera: Ephydriidae). *Rev Per Entomol.* **24** (1): 1-4.
- Lietti, M., Gramajo, M., Budai, N., Mondino, M. C., Balaban, D.** (2016). Mosca de las riberas (Diptera: Ephydriidae) asociadas a plantines de lechuga en invernaderos. *Rep. Hip. UNR.* **45** (1): 426-437.
- Lizarralde de Grosso, M. S.** (1980). Estados preimaginales de Ephydriidae (Diptera) argentinos, con clave de Larvas. *Physis*. **39** (96): 55-60.
- Lizarralde de Grosso, M.S.** (2001). Diptera: Ephydriidae. En H.R. Fernández y E. Domínguez (Eds.), Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos (221-236). Tucumán, Argentina: Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino III.
- Lovett, B., Leger, R. S.** (2016). Genetics and molecular biology of entomopathogenic fungi. Estados Unidos: Academic Press.
- Lovett, B., St. Leger, R. J.** (2017). The insect pathogens. *Microbiol. Spectr.* **5** (2): 5-2.

- Mathis, W. N.** (2008). Two new neotropical genera of the shore-fly tribe Ephydrini Zetterstedt (Diptera: Ephydriidae). *Zootaxa*. 1874(1): 1-15.
- Mathis, W. N., Marinoni, L., Costa, D. N.** (2014). A review of Scatellini (Diptera: Ephydriidae) from Brazil. *Zoologia (Curitiba)*. **31** (6): 561-576.
- Mathis, W. N., Costa, D. N., Marinoni, L.** (2015). A review of *Mimapsilopa* Cresson (Diptera: Ephydriidae) from Brazil. *Zootaxa*. **3926** (4): 499-522.
- Mathis, W. N., Marinoni, L.** (2016). Revision of Ephydrini Zetterstedt (Diptera: Ephydriidae) from the Americas south of the United States. *Zootaxa*. **4116** (1): 1-110.
- Mathis, W. N., Simpson, K. W.** (1981). Studies of Ephydrinae (Diptera: Ephydriidae), V: Systematics, Phylogeny, and Natural History of the Genera *Cirrula* Cresson and *Dimecoenia* Cresson in North America. Washington, Estados Unidos: Smithsonian Contributions to Zoology.
- Mathis, W. N., Zetwornicki, T.** (1995). A world catalog of the shore flies (Diptera: Ephydriidae). *Mem. entomol. int.* **4** (6): 1-423.
- Mathis, W. N., Zetwornicki, T.** (1998). A review of the West Indian species of *Mimapsilopa* Cresson (Diptera: Ephydriidae). Washington, Estados Unidos: Entomological Society of Washington.
- Merritt R, Cummings K, Berg M.** (2008). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Dubuque, Kendall, Estados Unidos: Hunt Publishing Company.
- Minaya, G.** (1978). Contribución al Conocimiento de Los Dípteros con Estadios Inmaduros Acuáticos de la Laguna “Medio Mundo” (Costa Central del Perú). Tesis de Bachillerato, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Montoya H.** (2009). Algal and cyanobacterial saline biofilms of the Grande Coastal Lagoon, Lima, Peru. *Nat. Resour. Environ. Issues*. **15** (1): 127-134.
- Nonomura, T., Toyoda, H.** (2020). Soil Surface-Trapping of Tomato Leaf-Miner Flies Emerging from Underground Pupae with a Simple Electrostatic Cover of Seedbeds in a Greenhouse. *Insects*. **11** (12): 878.
- Oliveira, S. D.** (1954). Contribuição para o conhecimento do gênero *Dimecoenia* Cresson, 1916. I-*Dimecoenia lenti* sp. nov., encontrada numa fonte termal do Chile (Diptera, Ephydriidae). *Revista Brasil. Biol.* **14** (2): 187-194.
- Oliveira, S. D.** (1958). Contribuição para o conhecimento do gênero “*Dimecoenia*” Cresson, 1916. IV. Descrição da larva e do pupário de “*Dimecoenia grumanni*” Oliveira, 1954 (Diptera, Ephydriidae). *Revista Brasil. Biol.* **18** (2): 167-169.
- Packard, A. S.** (1871). On insects inhabiting salt water. *Am. J. Sci.* **s3-1** (2): 100-109. doi:10.2475/ajs.s3-1.2.100
- Peralta, J., Huamantínco, A.** (2014). Diversidad de la Entomofauna Acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. *Rev. Peru. de Entomo.* **49** (2): 109-119.
- Rooth, J.** (1965). The flamingos on Bonaire: habitat, diet and reproduction of *Phoenicopterus ruber ruber*. *Uitg Natuurwet Studiekkring Suriname Ned Antillen*. **41** (1): 151.
- Scheiring, J. F., Foote, B. A.** (1973). Habitat distribution of the shore flies of northeastern Ohio (Diptera: Ephydriidae). *Ohio J Sci.* **73** (3): 152.
- Stiling, P. D., Strong, D. R.** (1981). A leaf miner (Diptera: Ephydriidae) and its parasitoids on *Spartina alterniflora* in northwest Florida. *Fla. Entomol.* **64** (4): 468-471.
- Tomberlin, J. K., P. H. Adler.** (1998). Seasonal colonization and decomposition of rat carrion in water and onland in an open field in South Carolina. *J. Med. Entomol.* **35** (1): 704-709.
- Van de Craats, D.** (2016). Relating flamingo counts in Lac Goto, Bonaire, to the water balance by coupling this balance to salinity and food. Master Thesis, Wageningen University, Neetherlands.
- Van Noort, S., Smith, R., Coetzee, J. A.** (2021). Identity of parasitoid wasps (Hymenoptera, Braconidae and Eulophidae) reared from aquatic leaf-mining flies (Diptera, Ephydriidae) on invasive Brazilian waterweed *Egeria densa* in South Africa. *Afr. Invertebr.* **62** (1): 287-314.
- Vänninen, I.** (2001). Biology of the shore fly *Scatella stagnalis* in rockwool under greenhouse conditions. *Entomol. Exp. Appl.* **98** (3): 317-328.
- Wirth, W. W.** (1947). *Ephydra gracilis* Packard, a recent immigrant fly in Hawaii (Diptera: Ephydriidae). *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* **13** (1): 141-142.
- Wirth W, Mathis W, Vockeroth J.** (1987). Ephydriidae. In: McAlpine J (Ed.) Manual of Nearctic Diptera. 2. Ottawa, Canadá.
- Wolcott, G. N.** (1941). A supplement to “Insectae Borinquenses”. *J. Agric. Univ. P. R.* **25** (2): 33-158
- Zack, R. S.** (1983). Biology and immature stages of *Paracoenia bisetosa* (Coquillett) (Diptera: Ephydriidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* **76** (3): 487-497.
- Zetwornicki, T.** (1997). Diptera Ephydriidae. Aquatic insects of North Europe, a taxonomic handbook. Vol. 2 Odonata – Diptera. Estados Unidos: Apollo Books.