Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), nº **54** (30/6/2014): 193–200.

EXPANSIÓN DE LOS SIMÚLIDOS (DIPTERA: SIMULIIDAE) EN ESPAÑA: UN NUEVO RETO PARA LA SALUD PÚBLICA Y LA SANIDAD ANIMAL

I. Ruiz-Arrondo[1,2*], P. M. Alarcón-Elbal[2], L. Figueras[2,3], S. Delacour-Estrella[1,2], A. Muñoz[1,2], H. Kotter[4], R. Pinal[2] & J. Lucientes[2]

[1] Quimera Biological Systems S.L. Pol. Malpica-Alfindén, C/ Olivo, 14, Nave 6, 50171 La Puebla de Alfindén (Zaragoza) – ignacioruizarr@yahoo.es
[2] Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, España.
[3] Gabinete Técnico Veterinario S.L.
[4] Sumitomo Chemical Agro Europe S.A.S. / Valent BioSciences Corporation.

Resumen: Los simúlidos o moscas negras se limitaban hasta hace unos años a formar parte únicamente del ecosistema fluvial de los ríos españoles, siendo estudiados hasta entonces desde un punto de vista limnológico. En las dos últimas décadas se está produciendo un incremento poblacional de estos insectos, lo que está permitiendo a su vez la colonización de nuevos ecosistemas fluviales y agrícolas. Este hecho está ligado directamente con la mejora de la calidad de las aguas en nuestros cauces y la consiguiente aparición de macrófitos en los mismos. En el presente trabajo se aporta información actualizada sobre la expansión de los simúlidos en el noreste del territorio peninsular, así como la implicación que este fenómeno tiene sobre la salud humana y animal como consecuencia de las molestas y cada vez más frecuentes picaduras producidas por estos artrópodos. Asimismo se exponen aspectos de su biología y papel vectorial, además del impacto económico negativo que generan. Se aporta también información sobre aspectos relevantes del control de esta plaga y se discute la necesidad de la implicación de las administraciones ante este nuevo problema de salud pública.
Palabras clave: Diptera, Simuliidae, simúlidos, moscas negras, vector de enfermedades, picaduras de insectos, macrófitos, salud pública, sanidad animal, España.

Expansion of simulids (Diptera: Simuliidae) in Spain: a new challenge for public and animal health
Abstract: Simulids or black flies were until recently restricted in Spain to some riverine ecosystems, and were studied only from a limnological perspective. In the last two decades a population increase of these insects has been taking place which has brought about the colonization of new agricultural and river ecosystems. This fact is directly connected with the improvement of water quality in our waterways and the consequent appearance of macrophytes there. This paper provides updated information about the expansion of black flies in the northeast of the Iberian Peninssula, together with references about the impact that this phenomenon has on human and animal health as a result of the unpleasant and increasingly frequent bites caused by these arthropods. Some aspects of their biology and their role as vectors are also dealt with, as well as the negative economic impact that they generate. Information is also given on relevant aspects of the control of this pest; with a discussion on the need for governmental involvement in this new public health problem.
Key words: Diptera, Simuliidae, simulids, black flies, disease vector, insects bites, macrophytes, public health, animal health, Spain.

Introducción

Los simúlidos (Diptera, Simuliidae) son una familia de dípteros de pequeño tamaño (de 2 a 5 mm), pertenecientes al suborden Nematocera, de coloración generalmente oscura y aspecto giboso y acorazado, características morfológicas que les han procurado el nombre común por el cual se conocen más ampliamente: moscas negras.

El estudio de esta familia se inicia en 1800 con la descripción del género *Melusina* debido a Meigen, por lo que en rigor debería llamarse Melusinidae. Más tarde, Latreille adoptó el nombre de Simuliidae, el cual obtuvo una mayor resonancia (González, 1997). En España se cita por primera vez en 1888 por Antiga (1912). Las siguientes aportaciones datan de la primera década del siglo XX en los trabajos de Strobl (1906) y Czerny *et al*. (1909). Casi un siglo más tarde puede considerarse que las investigaciones centradas en los simúlidos de nuestro país son escasas y limitadas a estudios parciales de carácter taxonómico (González, 1997).

Estos artrópodos, al igual que muchas otras familias de su orden, poseen un ciclo de vida ligado al medio acuático, en particular a cursos de agua corriente como ríos o canales, es decir aguas lóticas, en las cuales tiene lugar el desarrollo de sus formas preimaginales. Como la mayoría de dípteros hematófagos, son las hembras las que necesitan ingerir sangre para la maduración de los huevos, provocando dolorosas picaduras tanto al ser humano como a los animales y ejerciendo en ocasiones un importante papel como transmisor de patógenos de notable importancia en salud pública y sanidad animal.

Las poblaciones de simúlidos han experimentado en España una creciente expansión en los últimos años, lo que ha conllevado un incremento significativo de las molestias y provocado un grave perjuicio en la calidad de vida en aquellas zonas donde estos insectos se han convertido en una auténtica plaga. La ciudad de Zaragoza se ha convertido en el paradigma de este emergente problema, pues la presencia de estos insectos voladores en las proximidades de las riberas de los ríos, sobre todo las del Ebro, han dado origen a una grave alerta sanitaria en la capital aragonesa en los últimos años (Ruiz-Arrondo *et al*., 2012a).

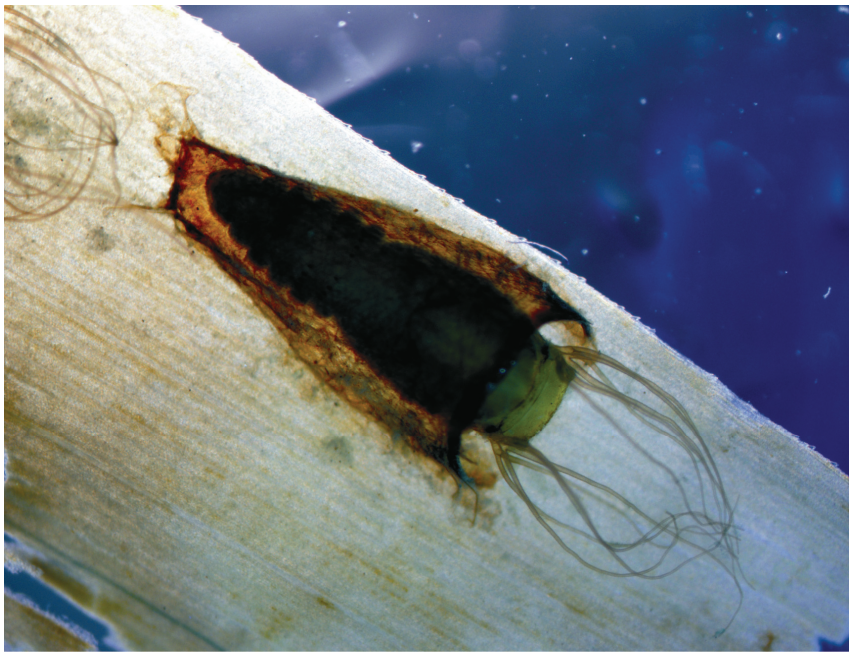

Fig. 1. Pupa de *Simulium erytrocephalum* dentro del estuche pupal.

Bioecología del insecto

Los simúlidos son insectos de distribución cosmopolita del orden Diptera que presentan metamorfosis completa, también denominada holometábola. Su ciclo biológico comprende las fases de huevo, larva, pupa (todas estrictamente ligadas al medio acuático) y adulto (aéreo). Los huevos, entre 200 y 300 por hembra y puesta (Golini & Davies, 1987), son depositados en masas o cadenas en la superficie de aguas lóticas (ríos, riachuelos, canales o acequias), sobre la vegetación de las orillas o en zonas de salpicaduras. Al eclosionar, las larvas buscan un lugar óptimo para fijarse y completar su desarrollo.

Posteriormente y tras un número variable de estadios larvarios, que oscilan entre 6 y 9 (Colbo & Wotton, 1981), se desarrolla la pupa áfaga (no se alimenta) dentro de un estuche sedoso en forma de zueco o zapatilla sobre un sustrato algo más resguardado de la corriente que el elegido en su fase larvaria (figura 1). La duración de todo este desarrollo preimaginal depende de la especie, estando también íntimamente influenciado por el clima y las condiciones del medio acuático, sobre todo por la temperatura del agua.

Tras realizar una rasgadura en el estuche pupal, el individuo adulto emerge a la superficie ayudado por unas burbujas de aire que se forman dentro del estuche; posándose posteriormente sobre algún sustrato donde permanece durante un tiempo para secarse y endurecer las estructuras cuticulares externas. Estas formas maduras se caracterizan por tener un cuerpo pequeño pero robusto, antenas cónicas cortas, alas transparentes y grandes en proporción a su cuerpo, con la vena costal engrosada y un tórax giboso. Los machos suelen volar formando enjambres y es en el interior de éstos donde suele producirse la cópula. Tanto las hembras como los machos se alimentan de jugos vegetales azucarados, que actúan como fuente energética indispensable para su actividad vital. Además, las hembras de las especies anautógenas necesitan la ingestión de sangre para la maduración de los huevos. En la búsqueda de huéspedes sobre los que poder alimentarse intervienen estímulos visuales, olfativos y táctiles (González, 1997); para ello pueden llegar a desplazarse grandes distancias, incluso centenares de kilómetros (Garms & Walsh, 1987).

En España están citadas 53 especies de simúlidos (Adler & Crosskey, 2013) repartidas en 5 géneros: *Prosimulium* Roubaud, 1906; *Urosimulium* Contini, 1963; *Greniera* Doby & David, 1959; *Metacnephia* Crosskey, 1969 y *Simulium* Latreille, 1802. La distribución de cada una de estas especies en la red hidrográfica española viene condicionada por factores como la latitud, altitud, temperatura, oxigenación y eutrofización de las aguas, velocidad de la corriente, tipo de sustrato y caudal. Por esta razón encontramos especies propias de riachuelos y torrentes de montaña con cursos de agua rápidos y aguas oxigenadas y frías y especies típicas de cursos medios y bajos de los ríos, adaptadas a aguas más lentas, más cálidas y eutrofizadas.

Interés médico y veterinario

● Daños directos: picaduras

Los simúlidos afectan la salud del ser humano y los animales en muchas partes del mundo, comportándose como hospedadores intermediarios y vectores de parásitos y virus. Para realizar su alimentación, las hembras se sirven de huéspedes vertebrados homeotermos, aves y mamíferos (incluido el ser humano), dependiendo de las preferencias tróficas de cada especie (Adler *et al*., 2004). Los simúlidos son telmófagos, por lo que rasgan la piel ayudándose de unas mandíbulas serradas, produciendo una pequeña herida en ocasiones fácilmente observable. En el transcurso de la picada inoculan una saliva que posee sustancias anestésicas, vasodilatadoras, anticoagulantes y antitrombínicas que provocan que el hospedador no sienta dolor en el momento de la picadura, a la vez que evitan la coagulación de la sangre y coadyuvan al aumento del flujo sanguíneo en la zona (Cupp & Cupp, 1997; Ribeiro & Francischetti, 2003). Esta saliva introducida durante la picadura es la responsable de las graves reacciones alérgicas que posteriormente sufren muchos de los individuos afectados.

Una vez pasado el efecto anestésico, estas picaduras, que se producen durante el día aunque con mayor frecuencia en las horas crepusculares, se tornan dolorosas. Se identifican

por presentar un punto central sangrante con inflamación local, aumento de la temperatura y tumefacción, manifestaciones que pueden tardar varios días e incluso semanas en remitir. En algunas ocasiones (dependiendo del número de picaduras y del grado de sensibilidad de las personas y animales) la picadura presenta complicaciones, derivada de la reacción alérgica conocida como simuliotoxicosis (Crosskey, 1990). Ésta se caracteriza por inflamación, picazón, hemorragia y edema (De Villiers, 1987) y requieren de obligada atención médica en los casos graves. Existen numerosos casos documentados de brotes de simúlidos en varios países del mundo, donde la repentina aparición de poblaciones masivas de estos insectos ha producido graves problemas tanto a la población como al ganado (Hansford & Ladle, 1979; Rivosecchi, 1986; Palmer, 1997; Ignjatovic-Cupina *et al*., 2006).

Las picaduras mal curadas, tanto en los casos humanos como animales, pueden desembocar en infecciones secundarias. En países de clima cálido como España, estas picaduras pueden complicarse con miasis cutáneas derivadas de la acción de otros dípteros braquíceros (Figueras *et al*., 2011). De forma ocasional, se han descrito ataques masivos de enjambres al ganado que pueden causar la muerte de muchos animales por simuliotoxicosis o directamente por shock hipovolémico (Dinulescu, 1966; Boiteux & Noirtin, 1979; Rivosecchi, 1986; Leclercq, 1987). En nuestro país no hay registrados casos de muerte de animales domésticos por ataques masivos de simúlidos.

Entre las 53 especies citadas en España, son varias las que están implicadas en las molestias al ser humano y al ganado en el noreste peninsular, siendo *Simulium erythrocephalum* (De Geer 1776), presente en varios ríos de Aragón, Cataluña y Valencia, la especie que sin duda está ocasionando los mayores problemas (Valle Trujillo & Escosa, 2009; Ballester, 2012; Marqués, 2012; Ruiz-Arrondo *et al*., 2012a; Villanúa *et al*., 2013). Esta misma especie también es la responsable de graves molestias en otros países europeos (Bardin, 2001; Ignjatovic-Cupina *et al*., 2006). *S. erythrocephalum* se ha descrito como una especie típica de tramos de río medio bajos con lechos de arena, una baja concentración de oxígeno y cuya velocidad del agua sea baja o moderada (Zivkovic, 1971; Rivosecchi, 1978). Otras especies agresivas identificadas en España son *Simulium ornatum* Meigen 1818 y *Simulium equinum* (Linnaeus 1758) (Gallego *et al*., 1994; Giménez *et al*., 2007; Marqués, 2012). En cualquier caso, los trabajos realizados hasta ahora en España se han centrado en la presencia y abundancia de las especies estudiando sus formas preimaginales y no los adultos, por lo que no se puede afirmar que no haya más especies de simúlidos implicadas en las molestias a animales y personas.

● Daños indirectos: transmisión de enfermedades

En relación al interés médico, numerosas especies son vectores de la filaria *Onchocerca volvulus* Bickel 1982, agente causal de la oncocercosis y restringida sobre todo a África, pero también presente en América Central, América del Sur y la Península Arábiga. Esta enfermedad parasítica crónica, que tiene al hombre como único huésped definitivo, está presente en 38 países (Moya & Alvar, 2010), y ocasiona lesiones cutáneas y oculares severas, llegando a ser la segunda causa más común de ceguera prevenible en el África Subsahariana (Hoerauf & Buttner, 2003). La enfermedad muestra poca sintomatología y un espectro clínico amplio entre los infectados, dependiendo del grado de exposición al vector, de la inmunidad, del tipo bioclimático de la enfermedad y de enfermedades concomitantes. El periodo de incubación oscila de 8 meses a más de 2 años y su patogenia se debe a la acción alérgica de las microfilarias, especialmente de las muertas. Las manifestaciones cutáneas pueden dar lugar a despigmentación (piel de leopardo), atrofia cutánea o paquidermia (piel de elefante). Además puede producir nódulos u oncocercomas, afectación linfática y afectación ocular. Esta última es la complicación más seria de la parasitosis y se asocia en áreas endémicas a una mayor tasa de mortalidad con una disminución media de 10 años en la esperanza de vida (Moya *et al*., 2009). Otra filariosis transmitida al ser humano por los simúlidos es la mansonellosis o filariosis de Ozzard, producida por *Mansonella ozzardi* Manson 1897. Ésta se presenta estrictamente en el continente americano donde afecta a personas principalmente autóctonas que habitan áreas selváticas (Medeiros & Daniel, 2004). Esta nematodosis, aunque se considera poco patógena para el hombre, puede causar fiebre, cefalea, linfadenitis y exantemas cutáneos eritematosos (Bartoloni, 1999).

Aunque hasta ahora su papel como vector en personas parece estar restringido a zonas tropicales, no puede descartarse el hecho de que un cambio epidemiológico sea posible, a imagen de sucesos semejantes experimentados por otras enfermedades vehiculadas por artrópodos.

Al igual que el ser humano, los animales se ven afectados por patógenos transmitidos por simúlidos, entre ellos nematodos filariales, protozoos y varios virus. Ejemplo de esto son la oncocercosis bovina (Neumann, 1910), la leucocytozoonosis y trypanosomiasis aviar (Crosskey, 1993), la encefalitis equina venezolana (Anderson & DeFoliart, 1961), la mixomatosis (Joubert & Monet, 1975) o el virus de la estomatitis vesicular (Bridges *et al*., 1997; Mare, 1998).

Interés económico

Además del interés sanitario que poseen los simúlidos, son también significativas las pérdidas económicas que conlleva esta plaga. En los países endémicos, a la indudable importancia de la oncocercosis desde el punto de la salud pública hay que añadir la inmediata repercusión económica y social, al dar lugar a una gran población invidente o con alteraciones visuales graves y, por tanto, incapacitada para el trabajo en zonas endémicas (Evans, 1995). Se ha demostrado que existe estigmatización y otros efectos psicológicos negativos relacionados con las personas que muestran manifestaciones cutáneas de la enfermedad (Ovuga *et al*., 1995).

En regiones templadas las personas que residen en áreas afectadas por esta plaga sufren una pérdida de la calidad de vida debido a sus dolorosas picaduras (Hansford & Ladle, 1979). Esto se traduce en una merma de ciertas actividades al aire libre con el consiguiente efecto que ello tiene sobre la hostelería y las actividades deportivas (Gray *et al*., 1996). La recogida de fruta y otras tareas agrícolas también se ven muy afectadas por esta problemática. Además, se incrementan y concentran las atenciones sanitarias en los centros de atención primaria y hospitales (Giménez *et al*., 2007; Anónimo, 2013), elevando el gasto público y sobresaturando el sistema de salud. Asimismo, las molestias producidas por estos insectos al ser humano pueden llegar a suponer un freno en el desarrollo turístico de zonas con poblaciones de insectos abundantes.

Respecto a las enfermedades que afectan a los animales y en concreto al ganado, la oncocercosis bovina, en la cual el animal infectado presenta dermatitis e inflamación de la piel y del tejido conectivo, provoca pérdidas económicas relacionadas con la pérdida de calidad de la piel. La leucocytozoonosis afecta también a la producción avícola en tanto a la pérdida de producción como al coste del control de las áreas afectadas. Muchos estudios ponen de relevancia estas consecuencias del impacto negativo que genera la presencia de simúlidos en muchos animales de abasto, como pérdida de peso y alteraciones en la reproducción (Fredeen, 1977), disminución de la producción de huevos y leche (Jamnback, 1973; Steelman, 1976; Watts, 1976) o las ya mencionadas dermatitis (Gräfner, 1981).

En el Valle Medio del Ebro, los simúlidos están causando problemas sobre el ganado cercano a las riberas de los ríos. Las molestias descritas sobre los rebaños en esta zona están teniendo un impacto económico negativo sobre los ganaderos. En las ovejas se observa una pérdida del estado general y corporal del rebaño como resultado de la anorexia e intranquilidad (Figueras *et al*., 2011). En el caso de los animales que pastorean, debido a la ausencia de productos repelentes efectivos registrados, los ganaderos se ven obligados a incrementar el aporte alimenticio, con el gasto económico extra que ello supone, para tratar de compensar la pérdida de condición corporal de sus animales. En otras ocasiones, se ha optado por cambiar los horarios de pastoreo, sacando los animales al campo por la noche, permaneciendo estos encuadrados durante el día. Ambas opciones no mejoran las molestias que los animales sufren en las granjas ya que, a pesar de estar estabulados, siguen sufriendo las picaduras de los simúlidos. Algunos propietarios de ovejas y caballos, cansados de esta situación, han trasladado sus rebaños a zonas libres de los insectos con el gasto adicional que supone tanto el traslado como el arrendamiento de nuevos pastos.

Evolución de la problemática en España

La primera constancia de problemas por molestias a la población por un desarrollo masivo de simúlidos en España se produjo a finales de la década de los noventa en el rio Ter, en la provincia de Gerona (Marqués, 2012). En Aragón los problemas comenzaron también a finales de esta década en la comarca de Los Monegros en Huesca, en el río Flumen y en canales de riego próximos, lo cual generó muchas afecciones en varias poblaciones de la comarca (Villanúa *et al*., 2013). Posteriormente, en el año 2005, aparecieron los primeros problemas en el río Ebro en la comarca del Baix Ebre en Tarragona, con un incremento de las atenciones médicas por picaduras en varias poblaciones de la ribera (Valle Trujillo & Escosa, 2009). En los últimos años se han detectado importantes perjuicios en otros ríos españoles como Cinca, Segre, Alcanadre, Gállego y otros tramos del río Ebro como en los ríos Júcar, Turia, Llobregat y Henares pertenecientes a otras cuencas (Giménez *et al*., 2007; Rovira et al, 2007; Ruiz-Arrondo *et al*., 2011; Ballester, 2012). Especial atención merece la situación del tramo medio del río Ebro a su paso por la ciudad de Zaragoza y su área metropolitana. Sólo en esta capital se produjo en 2011 un incremento superior al 200% en el número de consultas por picaduras de insectos registrados en los centros de atención primaria respecto al mismo periodo del 2010. Hasta la semana 35 de 2011 (agosto), un total de 12.070 personas fueron atendidas en Zaragoza ciudad frente a los 4.210 y 4.512 en 2009 y 2010, respectivamente. Este incremento de atenciones médicas se volvió a repetir en el 2012, llegando a las 16.312 consultas, siguiendo el mismo patrón temporal, produciéndose el pico de atenciones médicas en junio (Anónimo, 2013). Durante el 2013 el número de atenciones médicas en el mismo periodo de tiempo ha descendido hasta las 5.045 atenciones. Este notable descenso en el número de consultas médicas se justifica por las avenidas del río Ebro acaecidas durante el invierno y la primavera. Simultáneamente, se mantuvo un elevado caudal del mismo, produciendo un efecto de limpieza y arrastre de los macrófitos que usan los simúlidos para desarrollar su ciclo vital y disminuir la población de adultos.

El año 2011 fue la primera vez que se detectaron molestias masivas dentro de la ciudad, sin embargo, desde hace años se tenía constancia de molestias en otras áreas de la ribera del río Ebro aguas abajo de Zaragoza y en el río Gállego afectando tanto al ganado (ovino, bovino y equino) como a la población (Figueras *et al*., 2011). En la figura 2 se muestran las áreas donde han acontecido brotes de simúlidos en el noreste de España.

En todos los casos mencionados anteriormente, la presencia masiva de los simúlidos está relacionada directamente con la proliferación de macrófitos en los ríos. En las últimas décadas ha habido una proliferación de macrófitos en sistemas fluviales y lacustres alterados por el ser humano (Goes, 2002). Estas plantas acuáticas han experimentado un gran desarrollo en la cuenca del Ebro desde los años 90. Probablemente no hay una única causa directa y específica que explique esta proliferación, sino que es un efecto acumulado y sinérgico de varios factores: hidrológico, morfológico-hidráulico, calidad del agua y biológico (Duran *et al*., 2010).

Este tipo de plantas constituye un hábitat idóneo para el desarrollo de las formas preimaginales de los simúlidos. Desde que los macrófitos ocupan parte del cauce de los ríos mencionados, en sus tramos medios y bajos, se han visto incrementadas las poblaciones de mosca negra en numerosas áreas (Ruiz-Arrondo *et al*., 2012b). La presencia masiva de formas inmaduras en estas plantas acuáticas desencadena explosiones poblacionales de adultos, es decir la aparición repentina de una gran cantidad de simúlidos en una zona determinada (figura 3). Estos macrófitos no son los únicos responsables de la expansión de estos dípteros en España, pues hay que sumar causas ambientales, la mejora de la calidad de las aguas sin llegar a un óptimo ambiental y la implantación de regadíos entre otras. Las principales especies de macrófitos asociadas con la presencia de simúlidos en las cuencas de los ríos Ebro y Ter son *Potamogeton pectinatus, Myriophyllum spicatum* y *Ceratophyllum demersum.*

Por lo observado hasta ahora en diferentes ríos de la cuenca del Ebro, la aparición de la plaga de simúlidos acontece tras la colonización de los cursos fluviales por parte de los macrófitos. Dichos macrófitos se encuentran en un ambiente óptimo a causa de los limitados aportes de materia orgánica procedentes de los vertidos urbanos de las poblaciones ribereñas. Al hablar de "limitados" nos referimos a que los ríos se encuentran en mejores condiciones que en los años 60-90 pero, sin llegar a un estado óptimo anterior al periodo de degradación desmedida de los ríos. Los niveles de contaminación alcanzaban fuertes anoxias y se produjo la desaparición de la fauna de invertebrados más sensibles, entre ellos los

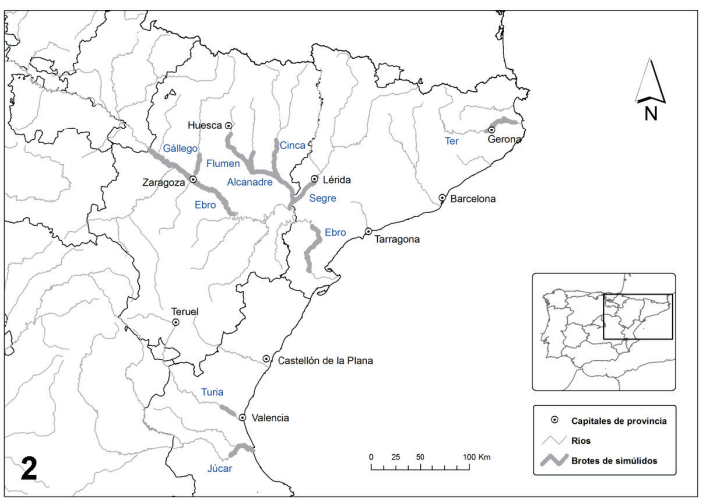

Fig. 2. Áreas afectadas por los simúlidos en el noreste de España.
Fig. 3. Macrófitos en el río Ebro a su paso por Zaragoza.

simúlidos. Como causa acompañante, la regulación de los ríos ha propiciado un caudal más moderado del flujo, permitiendo el asentamiento de macrófitos sumergidos en sus cauces al iniciarse una mejora en la calidad de sus aguas. Además, el aporte moderado de materia orgánica en los ríos permite un sustento nutricional importante para la población de simúlidos ya que son filtradores insaciables (Rueda, com. pers.). Un claro ejemplo de esto lo observamos en el río Ebro a su paso por Aragón, donde la progresiva colonización de esta comunidad vegetal río arriba conlleva la aparición de molestias por simúlidos poco después. Es de esperar que las siguientes comunidades autónomas afectadas sean Navarra y La Rioja, siendo el río Ebro el eje vertebrador de las mismas.

Control

La estrategia de control más adecuada es aquella que se basa en la realización de un control integrado, es decir, la combinación de todas las estrategias disponibles para la reducción del vector con buena relación coste/beneficio de forma ecológica y sostenible. Sobre esta base es importante remarcar que el control de los simúlidos está focalizado principalmente hacia las formas larvarias, pues durante esta fase del ciclo los insectos están concentrados en áreas muy restringidas (ríos y canales) a diferencia de los adultos que al ser aéreos habitan un área mucho más amplia (Kurtak, 1987). Las cuatro actuaciones que se incluyen en el control integrado son: la gestión ambiental, el control químico, el control biológico y la acción cultural.

• Gestión ambiental

Basada sobre todo en la gestión del medio, se incluye como pilar principal la lucha mecánica. Consiste en la eliminación de los sustratos sobre los que se desarrollan las formas inmaduras de los simúlidos. La limpieza de la vegetación de acequias y canales constituye también una de las herramientas de control más eficaces. Otro elemento de la gestión ambiental es el manejo integrado de los caudales de los ríos, que consiste en la manipulación artificial de los niveles de los cauces para dificultar el desarrollo de las larvas y pupas y favorecer la predación de las mismas (Myburgh & Nevill, 2003).

• Control químico

En este tipo de control se incluye el uso de insecticidas, tanto larvicidas como, en situaciones más extremas, adulticidas. En la década de los 40 y 50 se utilizó ampliamente el organoclorado DDT con gran eficacia en los ríos, hasta que fue prohibido en la mayoría de países por sus efectos adversos sobre otros organismos no dianas, dañando el ecosistema acuático. Fue entonces cuando se comenzó a utilizar productos como el Temephos y el Methoxychlor, usados ampliamente durante muchos años (Jamnback, 1981). La aparición de resistencias (Guillet *et al*., 1977; Guillet *et al*., 1980; Kurtak *et al*., 1982) y la acción no selectiva de biocidas han hecho que hoy en día los químicos de síntesis usados como larvicidas hayan sido sustituidos por otros de origen bacteriano. Así mismo, el uso de insecticidas contra los insectos adultos en tratamientos extensivos está desaconsejado por su limitada eficacia, por no ser selectivos y por el posible riesgo que implican para la salud pública y el medio ambiente. Igualmente, la dispersión de estos insectos conlleva realizar los tratamientos en grandes áreas para evitar las recolonizaciones de los hábitats de cría, lo que implica un elevado coste. En situaciones de emergencia sanitaria muy concretas pueden llegar a usarse los adulticidas para reducir la población de adultos.

• Control biológico

El sistema de control más recomendado y más utilizado en todo el mundo es el control biológico de las larvas mediante las esporas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* serotipo *israelensis* (Bti) (De Barjac, 1978; Hougard & Back, 1992). Este bioinsecticida actúa por ingestión, causando desbalances osmóticos que rompen la pared del intestino de la larva, lo que produce una septicemia, causándole la muerte. El Bti es altamente selectivo, teniendo una actividad específica contra las larvas de algunos dípteros (culícidos, simúlidos y algunos quironómidos), siendo totalmente inocuo sobre el resto de fauna. Existen además infinidad de predadores vertebrados e invertebrados de larvas y adultos de simúlidos que pueden, en ciertas situaciones, reducir las poblaciones de éstos (Davies, 1981), aunque los entomopatógenos como virus, hongos, protozoos y nematodos son agentes más específicos que pueden llegar a actuar como insecticidas en términos de eficacia (Lacey, 1987).

● Control cultural

El último pilar del control integrado es la acción cultural que incluye conceptos como información, comunicación y educación. La sensibilización ciudadana a través de folletos informativos sobre los problemas que puede ocasionar la picadura de este insecto así como recomendaciones para evitar sus afecciones ha demostrado ser eficaz en Aragón y Cataluña.

En España existen actualmente varios programas de control en aquellas zonas donde la plaga supone un problema para la salud pública. La creación de los mismos se ha ido sucediendo conforme han ido apareciendo molestias masivas. La mayoría de las actuaciones emprendidas se basan en el control larvicida usando Bti, siendo pocas las situaciones donde se utilizan adulticidas. El primer programa de control de simúlidos instaurado en España se creó en 2002 en el río Ter siendo desarrollado por el Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i el Baix Ter. La comarca de Los Monegros fue la siguiente en instaurar un servicio en ese mismo año, desarrollándolo en el río Flumen. Posteriormente como consecuencia del inicio de los primeros problemas en el río Ebro en 2005, en la comarca del Baix Ebre en Tarragona, se instaura un programa de control en el 2006. El responsable es el Consorci de Serveis Agroambientals de les Comarques del Baix Ebre i Montsià y actualmente es el programa de control de simúlidos más importante de España en cuanto a volumen de larvicida usado anualmente. Este mismo equipo realiza el control de simúlidos en el tramo final del río Segre desde 2006. A raíz de los problemas acontecidos en los ríos Cinca, Alcanadre y Flumen, se realizaron por parte de la Comarca de Los Monegros y la Universidad de Zaragoza una serie de tratamientos pilotos en estos ríos en el año 2009 (Ruiz-Arrondo *et al*., 2011).

A pesar del gran número de molestias anuales que se producen en el entorno de la ciudad de Zaragoza desde el 2011, no se ha puesto en marcha una estrategia de control global que abarque parte del valle medio del Ebro. Únicamente se realiza control larvario y adulticida en los ríos Ebro y Gállego por parte del Ayuntamiento de Zaragoza dentro del término municipal. Pero esta iniciativa resulta insuficiente pues los focos de cría más importantes se encuentran fuera del término municipal de la ciudad de Zaragoza. La situación actual hace prever que esta problemática se incrementará en los años venideros por lo que las administraciones deberían de tomar cartas en el asunto. Como ejemplo de gestión ambiental, durante el verano de 2012 se realizó una prueba piloto, eliminando mecánicamente los macrófitos en el río Ebro a su paso por la ciudad de Zaragoza, con un resultado muy cuestionable. También en la parte baja de este río se han realizado avenidas controladas para reducir la presencia de las algas que favorecen la presencia de estos dípteros (Duran *et al*., 2010).

Conclusiones

La expansión de los simúlidos en el noreste español está generando un nuevo problema de salud pública en aquellas áreas donde los simúlidos se comportan como una plaga, provocando el deterioro de la calidad de vida de la población afectada y generando un impacto económico importante. Del mismo modo, se están produciendo repercusiones negativas en el sector ganadero y en el bienestar animal.

Estos nematóceros, que hasta ahora habían sido estudiados bajo un prisma meramente limnológico en nuestro país, toman ahora un nuevo cariz debido a su explosión poblacional y al impacto de éstos sobre la salud pública y la producción animal. Esta nueva situación merece, sin lugar a duda, esfuerzos en muchos ámbitos de la sociedad, por lo que innegablemente deben fortalecerse los estudios en torno a esta nueva plaga.

La proliferación de los macrófitos en numerosas cuencas españolas está permitiendo el incremento poblacional y la dispersión geográfica de los simúlidos a través de los corredores que conforman los ríos en el noreste peninsular. Esta situación puede verse agravada en las áreas ya afectadas y seguir evolucionando como actualmente ocurre en la cuenca del Ebro.

El control de los simúlidos requiere la elaboración de unos estudios previos para conocer la magnitud del problema e implementar estrategias óptimas de vigilancia y control acordes a cada una de las áreas afectadas. Las administraciones poseen en este aspecto un papel fundamental, ya que constituye un problema médico-veterinario que requiere de soluciones globales y tempranas.

Agradecimiento

A Eduard Marqués del Servei de Control de Mosquits de Girona por su ayuda y su tiempo. A Ángela Martínez de Monegros Servicios Medioambientales S.L. por su continua ayuda con los simúlidos en La Comarca de Los Monegros. A los colegas del Consorci de Serveis Agroambientals de les comarques del Baix Ebre i Montsià (CODE) Raúl Escosa y Montse Masià por sus informaciones sobre la mosca negra en el Baix Ebre. A Gloria González, por ser la auténtica pionera en el estudio de los simúlidos en España. A Luis Miguel Ferrer de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza por facilitarnos parte del material fotográfico. Además, agradecer a los revisores externos cuyas aportaciones han mejorado notablemente la calidad de este humilde trabajo.

Bibliografía

ADLER, P.H., D.C. CURRIE & D.M. WOOD 2004. *The black flies (Simuliidae) of North America*. Ithaca, New York, 941 pp.

ADLER, P.H. & R.W. CROSSKEY 2013. *World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory*. www.clemson.edu/cafls/departments/esps/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf

ANDERSON, J.R. & G.R. DEFOLIART 1961. Feeding behaviour and host preferences of some blackflies (Diptera: Simuliidae) in Wisconsin. *Annals of the Entomological Society of America*, **54**: 716-729.

ANÓNIMO 2013. *Informe sobre las consultas atendidas por picaduras de insectos en atención primaria*. Ed. Gobierno de Aragón. Servicio de Drogodependencia y Vigilancia de la Salud, Dirección General de Salud Pública, Zaragoza. 9 pp.

ANTIGA, P. 1912. Contribución a la fauna de Cataluña. Catálogo de los dípteros observados en diferentes sitios del principado de Barcelona.1888. En: Datos para el conocimiento de la distribución geográfica de los dípteros de España. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 247 pp.

BALLESTER, L. 2012. La amenaza de la mosca negra. *Levante*, 28 octubre 2012; p. 26.

BARDIN, O. 2001. Nuisance due to Simulium (Boophthora) erythrocephalum (De Geer, 1776) (Diptera, Simuliidae) in France. *Parasite*, **8**: 161-162.

BARTOLONI, A., G. CANCRINI, F. BARTALESI, D. MARCOLIN, M. ROSELLI, C.C. ARCE & J. HALL 1999. Mansonella ozzardi in-

fection in Bolivia: prevalence and clinical associations in the Chaco region. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **61**: 830-833.

BRIDGES, V.E., B.J. MCCLUSKEY, M.D. SALMAN, H.S. HURD & J. DICK 1997. Review of the 1995 vesicular stomatitis outbreak in the western United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **211**: 556-560.

BOITEUX, P. & C. NOIRTIN 1979. La Mort de 25 animaux de ferme par piqures de simulies dans les Vosges. *Bulletin de l'Academie Lorraine des Sciences (Nancy),* **18**, 75.

COLBO, M.H. & R.S. WOTTON 1981. Preimaginal blackfly bionomics. Pp. 209-226, en Laird M. (ed.), *Blackflies*. *The future for biological methods in integrated control*. London: Academic Press, 399 pp.

CROSSKEY, R.W. 1990. *The natural history of blackflies*. Chichester; 722 pp.

CROSSKEY, R.W. 1993. Blackflies (Simuliidae), Pp. 241-287, en Lane R.P. & Crosskey R.W. (eds.), *Medical insects and arachnids.* Chichester y New York, 740 pp.

CUPP, E.W. & M.S. CUPP 1997. Black Fly (Diptera: Simuliidae) Salivary Secretions: importance in Vector Competence and Disease. *Journal of Medical Entomology*, **34** (Supl. 2): 87-94.

CZERNY, L. & P.G STROBL 1909. Spanische Dipteren III: Beitrag. *Verhandlungen der Kaiserlich- Königliche Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Wien*, **59**(6): 121-310.

DAVIES, D.M. 1981. Predators upon blackflies. Pp. 139-158, en Laird M. (ed.), *Blackflies*: *the future for biological methods in integrated control*. London, Academic Press, 399 pp.

DE BARJAC, H. 1978. Une nouvelle variété de *Bacillus thuringiensis* très toxique pour les moustiques: *B. thuringiensis* var *israelensis* sérotype H14. *Comptes Rendus de l' Académie des Sciences*, **286**: 797-800.

DE VILLIERS, P.C. 1987. Simulium dermatitis in man- clinical and biological features in South Africa. A case report. *South African Medical Journal,* **71**: 523-525.

DINULESCU, G. 1966. Fauna Republici Soc. Romania. Insecta, Diptera, Fam. Simuliidae. *Fauna Republicii Socialiste România*, **11**: 1-600.

DURAN, C., M. ALONSO, A. PALAU, S. SABATER, R.J. BATALLA, D. VERICAT, J.L. ESPARZA 2010. *Asistencia técnica para el control de macrófitos: Mejora de la gestión de los embalses del Bajo Ebro*. URS España (United Research Services España, S.L.) & CHE (Confederación Hidrográfica del Ebro), Zaragoza, Informe técnico N. º: 215/09-SNS. 145 pp.

EVANS, T.G. 1995. Socioeconomic consequences of blinding onchocerciasis in West Africa. *Bulletin World Health Organization*, **73**: 495-506.

FIGUERAS, L., J. LUCIENTES, I. RUIZ, J.J. RAMOS & L.J. FERRER 2011. Caso clínico. Ataque de simúlidos en rumiantes. *Albéitar*, **147**: 22-23.

FREDEEN, F.J.H. 1977. A review of economic importance of blackflies (Simuliidae) in Canada. *Quaestiones Entomologicae*, **13**: 219-229.

GALLEGO, J., F. BEAUCOURNU-SAGUEZ & M. PORTUS 1994. Agressiveness of Simulium of the ornatum complex (Diptera Simuliidae) in Catalonia (Spain), First observation. *Parasite*, **1**: 288.

GARMS, R. & J.F. WALSH 1987. The migration and dispersal of black flies- *Simulium damnosum s.l*., the main vector of human onchocerciasis. Pp. 201-214, en Kim K.CH. & Merrit R.W. (eds.), *Black flies Ecology, Population Management, and Annoted World List*. USA, The Pennsylvania State University, 528 pp.

GIMÉNEZ, N., M. BARAHONA, A. CASASA, A. DOMINGO, M. GAVAGNACH & C. MARTÍ 2007. Llegada de Aedes albopictus a España, un nuevo reto para la salud pública. *Gaceta Sanitaria*, **21**: 25-28.

GOES, B.J.M. 2002. Effects of river regulation on aquatic macrophyte growth and floods in the Hadejia-Nguru Wetlands and flow in the Yobe River, northern Nigeria; implications for future water management. *River Research and Applications*, **18**: 81-95.

GOLINI, V.I. & D.M. DAVIES 1987. Oviposition on Black Flies. Pp. 261-275, en Kim K.CH. & Merrit R.W. (eds.), *Black flies Ecology, Population Management, and Annoted World List*. USA, The Pennsylvania State University, 528 pp.

GONZÁLEZ, G. 1997. *Claves para la identificación de las larvas y pupas de los simúlidos (Diptera) de la Península Ibérica*. Asociación Española de Limnología, Barcelona, 77 pp.

GRÄFNER, G. & N.R. MERKBÄLTER 1981. 26 uber angewandte parasiten kunde und Schädlingsbekamfung Kriebelmücken (Simuliidae). *Angewandte Parasitologie*, **22**: 1-16.

GRAY, E.W., P.H. ADLER & R. NOBLET 1996. Economic impact of black flies (Diptera: Simuliidae) in South Carolina and development of a localized suppression program. *Journal of the American Mosquito Control Associ*aton, **12** (4): 676-678.

GUILLET, P., M. ESCAFFRE, M. OUEDRAOGO & D. QUILLÉVÉRÉ 1980. Mise en évidence d´une résistance au téméphos dans le complexe Simulium damnosum [S. sanctipauli et S. soubrense] en Côte d´Ivoire. (Zone du programme de lutte contre l´onchocercose dans la región du bassin de la Volta). *Cahiers O.R.S.T.O.M. Sèrie Entomologie Médicale et Parasitologie,* **18**: 291-299.

GUILLET, P., J. MOUCHET & S. GREBAUT 1977. DDT resistence in *Simulium damnosum s.l.* (Diptera, Simuliidae) in West Africa. *Bulletin World Health Organi*zation, 77.678. 7 pp.

HANSFORD, R.G. & M. LADLE 1979. The medical importance and behaviour of *Simulium austeni* Edwards (Diptera: Simuliidae) in England. *Bulletin of Entomological Research*, **69**: 33-41.

HOERAUF, A. & D.W. BUTTNER 2003. Onchocerciasis. *British Medical Journal*, **326**: 207-210.

HOUGARD, J.M. & C. BACK 1992. Perspectives on the bacteriological control of vectors in the tropics. *Parasitology Today*., **8**: 364-366.

IGNJATOVIC-CUPINA, A., M. ZGOMBA, L. VUJANOVIC, A. KONJEVIC, D. MARINKOVIC & D. PETRIC 2006. An outbreak of *Simulium erythrocephalum* (DE GEER, 1776) in the region of Novi Sad (Serbia) in 2006. *Acta Entomologica Serbica*, Supplement, 2006, 97-114.

JAMNBACK, H. 1973. Recent developments in control of Blackflies. *Annual Review of Entomology*, **18**: 281-304.

JAMNBACK, H. 1981. The origins of blackfly control programmes. Pp. 71-73, en Laird M. (ed.), Blackflies: *the future for biological methods in integrated control*. New York and London, Academic Press, 399 pp.

JOUBERT, L. & P. MONET 1975. Vérification expérimentale du rôle des simulides Testisimulium bezzii y Odagmia groupe ornatum dans la transmision du virus Mysomateux en Haute-Provence. *Revue de Médecine Vétérinaire*, **126**: 617-634.

KURTAK, D., M. OUEDRAOGO, M. OCRAN, B. TÉLÉ & P. GUILLET 1982. Preliminary note on the appearance in Ivory Coast of resistance to chlorphoxim in Simulium soubrense/sanctipauli larvae already resistant to temephos (Abate®). *Bulletin World Health Organization*, 82.850, 12 pp.

KURTAK ,D.C., J. GRUNEWALD & DAT. BALDRY 1987. Control of black fly vectors of onchocerciasis in Africa. Pp. 341-362, en Kim K.CH. & Merrit R.W. (eds.), *Black flies Ecology, Population Management, and Annoted World List*. USA, The Pennsylvania State University, 528 pp.

LACEY, L.A. & A.H. UNDEEN 1987. The biological control potential of pathogens and parasites of black flies. Pp. 327-340, en Kim K.CH. & Merrit R.W. (eds.), *Black flies Ecology, Population Management, and Annoted World List*. USA, The Pennsylvania State University, 528 pp.

LECLERCQ, M. 1987. Attaques massives des animaux et de l'homme par les simulies (Diptères). *Revue Médicale de Liège*, **42**: 327-334.

MARE, C.J. 1998. Vesicular stomatitis: ecology of the disease in the USA. What do we know? What do we believe? *Conference Handbook Abstracts-Eighth International Conference on Equine Infectious Diseases*; 1998 March 23-26; Dubai, United Arab. Emirates, p. 67.

MARQUÉS, E. 2012. Causas de la expansión de los simúlidos. El ejemplo de los simúlidos del río Ter. Jornada Técnica "Los simúlidos, situación actual: problemas y soluciones", Zaragoza. www.zaragoza.es/contenidos/IMSP/Eduard_Marques.pdf

MEDEIROS, J.F. & V. DANIEL 2004. Seasonality, parity rates and transmission indices of Mansonella ozzardi (Manson) (Nematoda: Onchocercidae) by Cerqueirellum argentiscutum (Shelley & Luna Dias) (Diptera: Simuliidae) in a lower Solimões River community, Amazonas, Brazil. *Acta Amazonica*, **34**: 201-207.

MOYA ALONSO, L., M. ESTHER MURDOCH & M. JOFRE-BONET 2009. Evaluación psico-social y económica de la oncocercosis. Una revisión bibliográfica. *Medicina Social*, **4** (5): 9-34.

MOYA ALONSON, L. & J. ALVAR 2010. Enfermedades tropicales desatendidas estigmatizantes: una revisión sistemática. *Medicina Social*, **5** (4): 246-258.

MYBURGH, E. & E.M. NEVILL 2003. Review of blackfly (Diptera: Simuliidae) control in South Africa. *The Onderstepoor Journal of Veterinary Research*, **70**: 307-317.

NEUMANN, L.G. 1910. Un nouveau Nematode parasite du Boeuf (*Onchocerca gutturosan. sp.). Revue Vét*érinaire, **67**: 270-278.

OVUGA, E.B.L, D.O. OKELLO & J.W. OGWAL-OKENG 1995. Psychological aspects of onchocercal skin disease in Nebbi District, Uganda. *East African Medical J*ournal, **72**: 295-298.

PALMER ,R.W. 1997. Principles of integrated control of black flies (Diptera: Simuliidae) in South Africa. South Africa: *Water Research Commission*, Report Nº. 65(J/J/97), 31 pp.

ROVIRA, A., LL. JORNET, C. IBAÑEZ, R. ESCOSA, M. MASIÀ, J. PLA 2007. Informe sobre els treballs realizats al riu Ebre i Segre pel control de la mosca negra. IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) & CODE (Consorci de Serveis Agroambientals de les Comarques del Baix Ebre i Montsià). Tarragona, 35 pp.

RIBEIRO, J.M.C. & I.B.M. FRANCISCHETTI 2003. Role of arthropod saliva in blood feeding: Sialome and post-Sialome Perspectives. *Annual Review of Entomology*, **48**: 73-88.

RIVOSECCHI, L. 1978. *Fauna d'Italia. diptera Nematocera Simuliidae*. Volume XIII. Bologna, Edizioni Calderini, 533 pp.

RIVOSECCHI, L. 1986. Contributo alla conoscenza dei simulidi italiani XXVII Le specie che attacano in massa l'uomo e gli animali domestici nell' Italia nord-orientale. *Rivista di Parassitologia*, **1**: 5-15.

RUIZ-ARRONDO, I., H. KOTTER, S. DELACOUR-ESTRELLA, P.M. ALARCÓN ELBAL, R. PINAL, A. MARTINEZ GAVÍN & J. LUCIENTES 2011. Bio-ecological study and control of black fly in the river Cinca, Aragón (Spain). P. 71, en Hohol, R. (ed.), *Libro de ponencias del VI encuentro del EMCA (European Mosquito Control Association)*; 12-15 septiembre 2011, Budapest, Hungría, 140 pp.

RUIZ-ARRONDO, I., E. MARTINEZ, H. KOTTER, L. FIGUERAS, A. MUÑOZ, S. DELACOUR-ESTRELLA, P.M. ALARCON, R. PINAL & J. LUCIENTES 2012a. Blackfly outbreak in Zaragoza in 2011. Spread of blackflies in the Middle Ebro Valley in northeast Spain. P. 22, en: Kúdela, M. & V. Stloukalová (eds). *Libro de Ponencias del 5th International Simuliid Symposium including the 32th meeting of the British Simuliid Group*; 2012 Sep 3-7; Bratislava, Slovakia. Faculty of Natural Sciences, 40 pp.

RUIZ-ARRONDO, I., P.M. ALARCON-ELBAL, A. MUÑOZ, S. DELACOUR-ESTRELLA, R. PINAL & J. LUCIENTES 2012b. Creciente expansión de simúlidos (Diptera: Simulidae) en la Península Ibérica producida por la proliferación de macrófitos en los ríos. Experiencia en Aragón. *Jornadas sobre especies invasoras de ríos y zonas húmedas*, Valencia.

STEELMAN, C.D. 1976. Effects of external arthropod parasites on domestic livestock productions. *Annual Review of Entomology***, 21**: 155-178.

STROBL, P.G. 1906. Spanische Dipteren. II: Beitrag. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 422 pp.

VALLE TRUJILLO, P. & R. ESCOSA 2009. Blackfly control in Spain. Ebro river. Pp. 115-116, en Talbalaghi, A. *et al*., (eds). *Libro de Ponencias del V EMCA workshop*; 2009 March 9-13; Turín, Italia, 221 pp.

VILLANÚA, D., P.M. ALARCÓN, I. RUIZ, S. DELACOUR, 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 (S.E.A.)* **52**: 212-218.

WATTS, S.B. 1976. Blackflies (Diptera: Simuliidae): a problem review and evaluation. *Pest Management Science*, **5**: 1-117.

ZIVKOVIC, V. 1971. Blackflies (Diptera, Simuliidae) of the Danuve in Yugoslavia. Belgrade. *Acta Veterinaria*, **21**: 225-236.