

Plantas invasoras acuáticas y culícidos: un binomio peligroso

Invasive aquatic plants and culicids: a dangerous duo

Pedro María Alarcón-Elbal

*Departamento de Patología Animal, Unidad de Parasitología y Enfermedades Parasitarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. 50013 Zaragoza. pedro.alarcon@uv.es
Observatorio Latinoamericano contra el Dengue A.C.
Quimera Biological Systems S.L.*

Recibido: 4-julio-2012, Aceptado: 29-octubre-2012, Publicado en formato electrónico: 15-noviembre-2012

PALABRAS CLAVE: Plantas acuáticas invasoras, Hidrófitos, Culicidae, Mosquito, Vector, Importancia médico-veterinaria, Malaria, Virus del Nilo occidental, España.

KEY WORDS: Invasive aquatic plants, Hydrophytes, Culicidae, Mosquito, Vector, Medical and veterinary importance, Malaria, West Nile virus, Spain.

RESUMEN

Las plantas acuáticas invasoras se caracterizan por poseer una rápida reproducción por medios vegetativos, por lo que logran colonizar grandes áreas en cortos periodos de tiempo. En consecuencia, dichos hidrófitos suponen una amenaza para las plantas autóctonas, los animales y los ecosistemas en general, desencadenando un fuerte impacto negativo sobre la biodiversidad. Asimismo pueden obstruir vías fluviales y ríos, pero además logran crear unas condiciones ecológicas excelentes para el desarrollo de los vectores de enfermedades más eficientes de la naturaleza: los culícidos. Se expone en el presente manuscrito el papel que algunas de estas plantas catalogadas invasoras en España desempeñan en la proliferación descontrolada de poblaciones de mosquitos en el continente americano y se alerta de las implicaciones que estos dípteros pueden tener en nuestro país en relación a la transmisión de enfermedades de importancia médica y veterinaria, a semejanza de situaciones similares acaecidas en estas regiones.

ABSTRACT

Invasive aquatic plants are characterized by an enormous vegetative output allowing them to colonize large areas in short periods of time. Consequently, these invasive hydrophytes represent a threat to native plants, animals and ecosystems in general, creating a strong negative impact on biodiversity. Likewise they can obstruct waterways and rivers, but also create excellent ecological conditions for the development of more efficient disease vectors in nature: culicids. The role that some of these invasive plants cataloged in Spain plays in the uncontrolled proliferation of mosquito populations in the American Continent is exposed, and therefore the implications of these dipterans related to the transmission of diseases with medical and veterinary importance are discussed in this manuscript, compared with similar situations that have occurred in these regions.

1. INTRODUCCIÓN A LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Existe una gran dificultad a la hora de procurar una definición satisfactoria de “especie invasora”, obedeciendo al hecho de que dependiendo del lugar, el momento y la persona, cambiará esta percepción que se tenga de un mismo animal, una misma planta o un mismo microorganismo. Aun así, se acepta que una especie invasora es una especie foránea (cualquier especie, subespecie o categoría infraespecífica) que alcanza el estadio final del proceso de invasión y tiene la capacidad de diseminarse. En las regiones afectadas trae consigo una serie de marcados efectos negativos sobre la diversidad biológica local, el funcionamiento

de los correspondientes ecosistemas, ciertos parámetros socioeconómicos (entre ellos la ganadería, y por ende la sanidad animal) y, por último, la salud pública (MOUTOU & PASTORET, 2010). Tanto accidental como intencionadamente, a través de la migración, el transporte y el comercio, los seres humanos continúan diseminando un elevado número de especies a través de barreras biogeográficas insuperables en el pasado, tales como océanos, cadenas montañosas, ríos o zonas climáticamente hostiles (VILÀ *et al.*, 2008).

Cuando se detecta una invasión, su control y erradicación son costosos y no siempre factibles, por lo que identificar los invasores potenciales y evitar su establecimiento es un pilar básico para poner freno a un problema que se incrementa

de modo parejo al creciente fenómeno de la globalización.

1. INTRODUCCIÓN A LAS INVASIONES BIOLÓGICAS

Existe una gran dificultad a la hora de procurar una definición satisfactoria de “especie invasora”, obedeciendo al hecho de que dependiendo del lugar, el momento y la persona, cambiará esta percepción que se tenga de un mismo animal, una misma planta o un mismo microorganismo. Aun así, se acepta que una especie invasora es una especie foránea (cualquier especie, subespecie o categoría infraespecífica) que alcanza el estadio final del proceso de invasión y tiene la capacidad de diseminarse. En las regiones afectadas trae consigo una serie de marcados efectos negativos sobre la diversidad biológica local, el funcionamiento de los correspondientes ecosistemas, ciertos parámetros socioeconómicos (entre ellos la ganadería, y por ende la sanidad animal) y, por último, la salud pública (MOUTOU & PASTORET, 2010). Tanto accidental como intencionadamente, a través de la migración, el transporte y el comercio, los seres humanos continúan diseminando un elevado número de especies a través de barreras biogeográficas insuperables en el pasado, tales como océanos, cadenas montañosas, ríos o zonas climáticamente hostiles (VILÀ *et al.*, 2008).

Cuando se detecta una invasión, su control y erradicación son costosos y no siempre factibles, por lo que identificar los invasores potenciales y evitar su establecimiento es un pilar básico para poner freno a un problema que se incrementa de modo parejo al creciente fenómeno de la globalización. Las consecuencias adversas de las invasiones son diversas, impredecibles e interconectadas entre sí. Estos nuevos elementos pueden alterar características ecológicas fundamentales, tales como las especies dominantes en una comunidad, las propiedades físicas del ecosistema, el ciclo de nutrientes y la productividad vegetal. Estas modificaciones, además de producir un perjuicio intrínseco, pueden provocar una fractura del equilibrio ecológico que fomente problemas subsiguientes asociados a especies autóctonas/alóctonas que proliferen sin medida debido al cambio sufrido en las condiciones ambientales (MACK *et al.*, 2000).

2. LAS PLANTAS ACUÁTICAS INVASORAS Y SU PROBLEMÁTICA ECOSISTÉMICA

Las plantas acuáticas (denominadas también hidrófitos o macrófitos) invasoras de aguas continentales (epicontinentales) son un claro ejemplo de lo anteriormente expuesto, hasta el punto de que algunos de los problemas más graves que han causado las plantas invasoras en

Europa provienen de este grupo, las cuales se han naturalizado procedentes de estanques de jardines, acuarios o parques acuáticos (HEYWOOD & BRUNEL, 2009). Tienen una gran capacidad invasiva fruto de un crecimiento rápido por reproducción vegetativa, sumado a una amplia plasticidad fenotípica (PARKER *et al.*, 2003), por lo que se adaptan a variaciones del medio con una probabilidad de éxito notabilísima.

El impacto que generan sobre el ecosistema acuático, sobre todo aquellas con estructuras flotantes, radica en una elevada producción de biomasa que en muchos casos impide la penetración de la luz al interior del cuerpo de agua. Como resultado, en el fondo se hace imposible la fotosíntesis a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno (respiración aeróbica) de los descomponedores, que empiezan a recibir los excedentes de materia orgánica producidos cerca de la superficie, lo que produce una eliminación o, en el mejor de los casos, desplazamiento de la vegetación autóctona (LANGELAND, 1996). De esta manera en el fondo se agota pronto el oxígeno por la actividad aerobia y el medio se vuelve anóxico.

Estos cambios suponen una drástica alteración del entorno que inviabiliza la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban parte del ecosistema, entre ellas los macroinvertebrados acuáticos y la fauna asociada. Además, puede provocar cambios en la tasa y en el régimen de evapotranspiración, e incluso puede producir escorrentías debido a diferencias en las tasas de transpiración, fenología, cargas internas de nutrientes, biomasa de tejido fotosintético o profundidad de las raíces entre especies invasoras y nativas (LEVINE *et al.*, 2003; MADSEN, 2009). Todas estas transformaciones terminan desembocando en una gran eutrofización del medio y ocasionan una alteración en las características físico-químicas del agua, pues también influyen sobre los flujos de ésta ralentizando la corriente allá donde se establecen, dificultando la renovación y a su vez aumentando la temperatura, pudiendo obstruir incluso la navegación y otras actividades asociadas a vías fluviales y ríos (MAZZEO *et al.*, 2001).

3. LOS CULÍCIDOS COMO VECTORES DE ENFERMEDADES

A pesar de ello, algunos organismos han sido capaces de sacar provecho de este cambio substancial del ambiente, siendo los culícidos (Diptera, Culicidae) uno de los grupos más destacados. Estos dípteros nematóceros poseen una capacidad vectorial prodigiosa, por lo que han sido en el pasado y continúan siendo hoy concienzudamente estudiados alrededor del globo, debido a su destacadísima implicación en la transmisión de enfermedades de importancia médica y veterinaria (ALARCÓN-ELBAL *et al.*,

2012). Constituyen probablemente la plaga de más notoriedad entre los artrópodos de interés en salud pública e incluye a los únicos organismos capaces de transmitir la malaria, enfermedad que hoy en día es la principal preocupación de la política sanitaria mundial, además de ser vectores de otras enfermedades de etiología parasitaria y vírica muy graves, incapacitantes e incluso mortales, consecuencia de sus picaduras. Debido a los fenómenos de globalización y cambio climático, la distribución de estos insectos también se está viendo afectada, siendo cada vez más común la introducción de especies exóticas en nuevos hábitats (ROIZ *et al.*, 2008). Además existen otros muchos factores que pueden influenciar la epidemiología de las enfermedades de carácter vectoriales, como la composición atmosférica, urbanización, desarrollo económico y social, comercio internacional, migraciones humanas, desarrollo industrial y uso de la tierra-regadíos-desarrollo agrícola (LÓPEZ VÉLEZ & MOLINA MORENO, 2005).

A día de hoy son de obligada mención dos notables enfermedades transmitidas por culícidos reportadas en nuestro país: la fiebre del Nilo occidental y la ya mencionada malaria o paludismo. La primera de ellas es una virosis producida por un flavivirus de origen subsahariano que produce en equinos y humanos encefalitis que pueden llegar a ser mortales. En 2010 se descubrieron tres casos de virus del Nilo occidental (VON) en humanos en la península ibérica (dos en Jerez y uno en Lisboa, Portugal) (HUBÁLEK, 2011), presentándose también evidencias de anticuerpos en la población humana del delta del Ebro (Cataluña) que revelan casos pasados de contagio (BOFILL *et al.*, 2006). En ese mismo año se produce en octubre el primer caso de malaria autóctona en los últimos cincuenta años, registrado en Huesca, Aragón (SANTA-OLALLA PERALTA *et al.*, 2010). Esta protozoosis causa entre 400 y 900 millones de casos de fiebre y aproximadamente de 2 a 3 millones de muertes anuales en todo el mundo por la enfermedad, cuyo agente etiológico son cuatro especies de hemosporidios pertenecientes al género *Plasmodium* (BREMEN, 2001).

Por otro lado, la creciente expansión mediterránea del mosquito tigre asiático o *Aedes albopictus* (considerado como especie exótica invasora), que ha llegado a dispersarse tras su introducción en 2004 (ARANDA *et al.*, 2006) desde el norte catalán a la Región de Murcia (COLLANTES & DELGADO, 2011), pasando por la Comunidad Valenciana (DELACOUR *et al.*, 2009; DELACOUR-ESTRELLA *et al.*, 2010), es una preocupación sanitaria evidente, a tenor de una relevancia epidemiológica manifiesta no solo en países tropicales sino inclusive ya a nivel europeo, en varios estados de la denominada cuenca mediterránea.

4. EL ROL DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS INVASORAS EN LA PROLIFERACIÓN DE CULÍCIDOS VECTORES DE ENFERMEDADES

Los mosquitos son invertebrados que se clasifican según su estrategia reproductiva poblacional como estrategas de la “r” (REUBEN, 1987), esto es individuos claramente oportunistas, por lo que cumplen con todas y cada una de las características de este tipo de organismos: son especies de pequeño tamaño, de corta edad y elevada tasa de reproducción (temprana), produciendo un gran número de crías, en hábitats inestables donde se observa una gran mortalidad, sin mecanismos defensivos y con marcada competencia intraespecífica. Todas estas características permiten a estos artrópodos explotar nuevos ambientes y obtener una gran probabilidad de supervivencia en la tentativa.

Las larvas de los culícidos suelen habitar aguas lénticas, es decir, cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, ya que en ausencia de estructuras u órganos de fijación (salvo contadas excepciones) les resulta dificultoso desarrollarse bajo la influencia de corrientes hídricas. A pesar de ello, algunos como los pertenecientes a la Subfamilia Anophelinae están bastante relacionados con biotopos acuáticos lóticos (con un flujo unidireccional), como ríos o arroyos, aunque siempre asociados a los márgenes y riberas remansadas, preferiblemente entre la vegetación herbácea circundante. Es por ello que las hembras eligen los lugares de puesta en función de estas características, por lo que tanto huevos aislados (en el caso de la Subfamilia Anophelinae o anofelinos) como navículas (Subfamilia Culicinae o culicinos) se hallarán en ambientes más estáticos tales como márgenes entre la vegetación emergente, sobre tapices formados por plantas acuáticas epífitas e incluso en la parte basal de diversos vegetales flotantes (LÓPEZ SÁNCHEZ, 1989). Aun así, las larvas de algunos géneros como *Coquillettidia* o *Mansonia* presentan ciertas modificaciones en sus sifones respiratorios que les permiten abastecerse del oxígeno atmosférico a través de raíces y tallos sumergidos a los que viven fijados, por lo que también obtienen provecho de la presencia de estos macrófitos (CUDA, 2009). Por todo ello, uno de los aspectos fundamentales en el control de culícidos es la adopción de medidas estructurales y ambientales, siendo la manipulación ambiental por medio de la eliminación de la vegetación implicada un elemento primordial en muchas ocasiones.

Estos dípteros encuentran en los nuevos sistemas, tanto antropizados como naturales, modificados por las plantas acuáticas alóctonas un nicho de características inmejorables para su desarrollo, sobre todo aquellas especies de elevada ubicuidad. Existen mosquitos con un elevado tropismo por aguas con altos grados

de eutrofización, que puede desarrollarse en ambientes hídricos sometidos a oscuridad total y con niveles de oxígeno muy reducidos (HORSFALL, 1972). Es importante señalar en este punto que los estados preimaginales de los culcídidos intercambian oxígeno superficial, a pesar de vivir ligados al medio acuático, a través de los espiráculos y gracias a un sistema respiratorio oligopneústico. Conjuntamente, la reducción en las poblaciones nativas de predadores potenciales como macroinvertebrados y fauna piscícola larvívora favorecen su crecimiento descontrolado, catalizado más si cabe por el incremento de la temperatura del cuerpo de agua, lo cual permite cerrar el ciclo de vida en pocos días con tiempo favorable (SERVICE, 1978). Las partes aéreas de estas plantas vasculares asimismo les sirven de refugio a los imágos durante el día, no solo por la protección y el cobijo que éstas confieren, sino también debido al aumento de la evapotranspiración, pues se crean ambientes húmedos que los cuidan de la desecación.

5. LA SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

Según el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (MAGRAMA, 2011), en España se encuentran más de veinte especies de plantas acuáticas exóticas, entre aquellas consideradas “invasoras” y las que se catalogan como “con potencial invasor”. Entre todas estas encontramos en el país las tres especies contempladas como más problemáticas a nivel mundial: *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Azolla* spp. (ANDREU & VILÀ, 2007).

Se describen a continuación aquellas especies de hidrófitos que presentan una asociación más marcada con la proliferación de culcídidos vectores de agentes patógenos en el Nuevo Mundo, incluidas en el Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el Catálogo y Listado Español de Especies Exóticas Invasoras. Es necesario mencionar a este respecto que dicho Real Decreto se encuentra actualmente recurrido en el Tribunal Supremo a fin de que el Ejecutivo atienda las inquietudes del conjunto de las Comunidades Autónomas, las cuales han advertido de los problemas e indefiniciones jurídicas que el actual Real Decreto ha mostrado en su aplicación desde su entrada en vigor el 13 de diciembre de 2011.

● ESPECIES PRESENTES EN EL CATÁLOGO ESPAÑOL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS:

○ *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach, 1883 (camalote, jacinto de agua o lirio de agua)

Hidrófito perenne y flotante libre en superficie de la familia Pontederiaceae, nativo de aguas dulces en las regiones cálidas de Sudamérica, en la cuenca del Amazonas y del río

de la Plata (COOK, 1990). Posee hojas en rosetas de hasta 15x15 cm, con peciolos bulbosos llenos de aire que permiten la flotación, flores violetas y raíces plumosas (TOMÁS GIMÉNEZ, 2009). Se ha distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su apariencia ornamental originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en lugares con climas templados y cálidos, habiéndose introducido también a través de instalaciones acuícolas (ANDREU & VILÀ, 2007). Una vez alojada se dispersa por el agua o actuando como un fónote transportada en aves. Necesita aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento, como zanjas, canales, presas, arroyos, ríos y pantanos, donde se multiplica mediante división de los rizomas. En la cuenca del Guadiana a su paso por Badajoz ha causado un gran perjuicio desde su aparición a mediados del pasado decenio, aunque también puede encontrarse en otras regiones orientales del país, siendo la planta invasora que ha generado un mayor impacto negativo en España (TÉLLEZ *et al.*, 2008).

Posee una tendencia demográfica muy errática, con apariciones a veces localmente masivas y también con desapariciones repentinas (SANZ ELORZA *et al.*, 2004). Esta planta está relacionada en México con elevadas densidades de mosquitos que producen daños en salud pública y sanidad animal (NOVELO & RAMOS, 1998), sobre todo en el desarrollo de anofelinos capaces de transmitir malaria como *Anopheles albimanus* (REJMANKOVA *et al.*, 1991). Este hecho ha sido corroborado por estudios posteriores, los cuales fortalecen la idea de que la idoneidad de esta planta así como las condiciones por ella creadas suponen una ventaja en el asentamiento de poblaciones larvarias de estos vectores (KANT & SRIVASTAVA, 2004). En Argentina, especies de los géneros *Anopheles* y algunas del género *Culex* han sido halladas siempre asociadas a la vegetación flotante en estos ambientes (ORIA *et al.*, 2000). En el estado de Florida, USA, es muy marcada la dependencia de los estados inmaduros de los mosquitos del género *Mansonia* (importantes desde el punto de vista vectorial en América) con esta planta acuática, precisándolas para su supervivencia al permanecer unidos a sus raíces para abastecerse de oxígeno por vía parenquimática (CUDA *et al.*, 1997).

○ *Myriophyllum aquaticum* (Vellozo) Verdcourt, 1973 (milenrama brasileño o cola de zorro acuática)

Especie vegetal enraizada sumergida/flotante de la familia Haloragaceae, nativa de humedales de Sudamérica, de la cuenca del Amazonas (SYTSM & ANDERSON, 1993). El tallo es erguido y robusto, con hojas pinnadas que confieren un aspecto plumoso. Fue introducida en Norteamérica hacia el siglo XIX desde donde se ha propagado a otras partes del mundo, sobre todo debido a un extendido uso en acuariofilia. Se encuentra en lagos de agua dulce, lagunas, arroyos, canales y

parece estar adaptada a ambientes con alta cantidad de nutrientes, mayormente en aguas someras, donde las nuevas plantas surgen de fragmentos de plantas enraizadas. En España esta especie se ha localizado en Pontevedra (MAGRAMA, 2011).

Las aguas superficies colonizadas por este vegetal están ligadas al desarrollo de anofelinos en la ciudad de California, USA, pues proporciona un hábitat idóneo para las larvas de mosquito ya que ofrece refugio que ayuda a evitar la depredación, con lo que pueden aumentar las poblaciones de insecto, ergo la propagación de enfermedades (ORR & RESH, 1992). Aun así, otras especies pertenecientes a este género han demostrado ser nocivas contra culícidos y simúlidos, como *Myriophyllum spicatum*, que segrega aleloquímicos capaces de afectar negativamente las poblaciones preimaginales de estos dípteros (DHILLON *et al.*, 1982).

○ *Pistia stratiotes* Linnaeus, 1753 (lechuga de agua)

Hidrófito flotante libre de la familia Araceae, nativa de Sudamérica (COOK, 1990), introducida por su uso en acuariofilia y como ornamental de estanques. Sus hojas son gruesas y suaves, obovadas o espatuladas, y forman unas rosetas de las cuales cuelgan las raíces sumergidas. Se disemina en ríos, lagos, zonas húmedas y otras masas de agua, con preferencia por temperaturas cálidas y reproduciéndose de forma vegetativa pero también mediante semillas. Se detectó y fue rápidamente eliminada en las proximidades del Parque Nacional de Doñana en 2004, cerca del río Guadalquivir, aunque ya se había reportado anteriormente en el País Vasco (GARCÍA MURILLO *et al.*, 2005).

En USA se ha confirmado la estrecha asociación de las especies *Culex erraticus*, *Mansonia dyari* y *Mansonia titillans* con esta planta (LOUNIBOS & ESCHER, 1985, CUDA *et al.*, 1997). GALINDO & ADAMS (1973) estudiaron la ecología de *Culex aikenii* en Panamá, transmisor de la encefalitis equina venezolana, y reportaron una relación directa entre la población de mosquitos y la planta acuática, ya que las hembras apostan las navículas sobre las hojas pudiendo ser los estadios inmaduros transportados por fragmentos de ésta a través del curso de agua. En Cuba, las lagunas donde predomina *P. stratiotes* constituyen el típico criadero de culícidos del género *Mansonia*, siendo la dependencia de varias especies de este género con esta arácea un fenómeno extendido y bastante estudiado (MATHESON, 1966; GANGSTAD & CARDARELLI, 1990). También en estos reservorios se han encontrado en el país caribeño mosquitos de los géneros *Uranotaenia*, *Aedeomyia* y *Culex* (GARCÍA ÁVILA, 1977) y *Culiseta* en México (IBÁÑEZ BERNAL, 1998). Esta misma relación se ha observado recientemente en Argentina, donde se han estudiado las fluctuaciones estacionales de culícidos en lagunas cubiertas por *P. stratiotes* (GLEISER & WUNDERLIN, 2010).

○ *Ludwigia* spp. Linnaeus, 1753 (onagraria o duraznillo de agua)

Planta que enraíza bajo el agua de la familia Onagraceae, de distribución pantropical con una amplia representación en Sudamérica, África y regiones del sudeste asiático (FERRER GÁLLEGO & LAGUNA LUMBRERAS, 2009). Posee una parte aérea que puede elevarse entre 40 y 80 cm, hojas lanceoladas y unas características flores amarillas de cinco pétalos y gran tamaño. Ha sido introducida en muchos lugares de Europa y otras áreas, como ornamental en estanques y jardines privados. Puede colonizar zonas húmedas permanentes como canales, lagunas y ríos con cierta profundidad y suelos ricos, preferentemente ácidos.

Las especies de este género tienen una gran capacidad de colonización y propagación y una vez establecidas producen una elevada biomasa. En España está presente de forma natural la especie autóctona *Ludwigia palustris*, sin embargo existen especies invasoras de este género que se encuentran en Galicia pero sobre todo en la costa levantina, donde los primeros registros se produjeron hace más de tres décadas en la provincia de Valencia (CARRETERO, 1996). En el litoral valenciano se ha comprobado recientemente la correlación entre las masas de agua colonizadas por *Ludwigia hexapetala* y la gran abundancia, con respecto a otras zonas libres del hidrófito, de estadios inmaduros del más cosmopolita de los mosquitos, *Culex pipiens* (ALARCÓN-ELBAL *et al.*, 2012).

Son varias las especies de culícidos que se ven íntimamente ligadas a este hidrófito en algunas lagunas de la costa suroeste estadounidense, como es el caso de la Laguna de Santa Rosa en California, donde se han reportado las especies *Cx. pipiens*, *Culex erythrothorax*, *Culex tarsalis* y *Culiseta particeps* (SEARS & VERDONE, 2005). En el estado norteamericano de Delaware se ha visto relacionado con la especie *Cx. pipiens*, potencial transmisor del VON (GINGRICH *et al.*, 2006). Además, algunas especies como *Ludwigia grandiflora* se introducen con frecuencia en los arrozales y, por tanto, sus efectos superan el ámbito ecológico y añaden pérdidas económicas. Por su parte, *L. hexapetala* causa serios problemas en California, donde genera notables pérdidas económicas derivadas de su control y afecta seriamente la calidad de aquellas aguas que coloniza.

○ *Egeria densa* Planchon, 1849 (maleza acuática brasileña o elodea)

Planta herbácea acuática, sumergida excepto las flores, de la familia Hydrocharitaceae y nativa de áreas templadas de Sudamérica (COOK & URMI-KÖNIG, 1984). Posee tallos de hasta 2 metros de largo, con hojas lanceoladas y unas flores blancas que flotan en el agua. Ha sido introducida en muchos países accidentalmente

a través de su uso generalizado en acuarios, colonizando aguas dulces de ríos, pantanos y zonas alteradas, reproduciéndose de forma vegetativa principalmente, ya que los fragmentos desprendidos del tallo se transportan y enraízan fácilmente. Se encuentra presente en muchas regiones de nuestro país, tanto al norte (Galicia) como al sur (Andalucía) y en Levante (Cataluña y Comunidad Valenciana) (GROS *et al.*, 2009).

La calidad del agua puede verse afectada por el crecimiento de este macrófito, pues se reduce la renovación natural y provoca un aumento de la temperatura en superficie durante el verano, dañino para peces e invertebrados, por lo que pueden generar grandes poblaciones de mosquitos como consecuencia de estos cambios (PENNINGTON & SYTSMAN, 2009), la mayor parte del género *Anopheles* (FURLOW & HAYS, 1972).

Del conjunto de plantas acuáticas invasoras presentes en España, no todas pueden actuar como un reservorio adecuado para el desarrollo de larvas de culícidos, lo cual no significa que de igual modo no tenga que producirse un seguimiento, control y erradicación de las mismas, a tenor de su condición de elementos exóticos invasores. Los helechos de agua, hidrófitos del género *Azolla* (Azollaceae) originarios de Sudamérica, son conocidos por provocar una reducción de la oviposición y emergencia de adultos de un gran número de especies de mosquito, entre ellos los del género *Anopheles* (MWINGIRA *et al.*, 2009), en aquellas cuerpos de agua por ellos cubiertos. Estos pequeños helechos de libre flotación llegan a tapizar grandes superficies en tal medida que, además de hacer desaparecer la vegetación sumergida y eutrofizar el medio, impiden que las hembras de estos insectos puedan realizar la ovipuesta y, de ser así, dificultan el desarrollo de las larvas ya que comprometen la respiración de oxígeno atmosférico con su biomasa laminar (CUDA, 2009).

● ESPECIES PRESENTES EN EL LISTADO DE ESPECIES EXÓTICAS CON POTENCIAL INVASOR:

○ *Hydrocotyle ranunculoides* Linnaeus f., 1782 (redondita de agua)

Planta acuática de la familia Apiaceae, nativa de Norteamérica aunque naturalizada en centro y Sudamérica y algunas partes de África (EVERET, 1981), con tallos horizontales que arraigan en el lecho acuático, rizomatosos y estoloníferos, cuyas hojas flotan sobre la superficie del agua. Ha sido introducido por su uso en acuariofilia y puede naturalizarse en cursos de agua permanentes, bordes de lagos, pantanos, arroyos y canales (EA, 2002). Se reproduce vegetativamente y crea una gran biomasa que pueden llegar a obstruir vías fluviales y ríos. En la Comunidad Valenciana ha sido detectada por primera vez en mayo de 2011 en la desembocadura del río Algar, en la provincia de Alicante (CIPEP, 2011).

Los lechos de *H. ranunculoides* ofrecen protección y disponibilidad de alimentos a los estadios larvales de ciertos culícidos (BATZER & RESH, 1992; RUSSEL, 1999; KARPISCAK & KINSLEY, 2004). Esto sucede en el pantano de Hauser Marsh en California, donde se pueden coleccionar mosquitos creciendo en estos biotopos acuáticos, potenciales transmisores de VON, como *Cx. erythrothorax* y *Cx. pipiens*. Además se ha reportado la presencia de otros géneros como *Coquilletidia* y *Culiseta*. Todas las especies de mosquitos que se encuentran en los lechos de los humedales con esta planta tienden a aumentar en número a finales de verano (WALLACE & MERRITT, 2004).

6. DISCUSIÓN

El crecimiento descontrolado de hidrófitos foráneos, que cada vez cuentan con más representantes en nuestro país, proporciona con frecuencia un entorno ideal donde los culícidos pueden proliferar desmedidamente y convertirse en una plaga de considerables implicaciones sanitarias, formando ambos un binomio más que preocupante. Las masas de agua colonizadas por estas plantas se vuelven a menudo impenetrables, lo que desencadena dificultades de acceso y falta de seguridad en los tratamientos biocidas, así como baja rentabilidad y eficacia de los productos larvicidas empleados contra los dípteros. Conviene advertir que el sanitario no es el único agravio que causan estos vegetales, ya que su control conlleva además un impacto económico notable ya que son considerables los recursos técnicos y humanos necesarios para su gestión (ANDREU & VILÀ, 2007).

En España y según la literatura especializada, se ha informado de la presencia de 64 especies de culícidos repartidos en ocho géneros, aunque debido a la falta de fiabilidad en algunas citas antiguas se cree que el número real actual no supera las 55 especies (ERITJA & ARANDA, 2002; ARANDA *et al.*, 2006). En cualquier caso, dentro de éstas hay algunos géneros más predisuestos que otros para colonizar hábitats modificados por las especies vegetales invasoras. En el caso de los géneros *Ochlerotatus* y *Aedes*, aunque de elevado interés vectorial (transmisores del dengue o la fiebre amarilla, por ejemplo), sus larvas están casi siempre asociadas a aguas temporales (sustratos inundables) normalmente procedentes de las lluvias, en medios naturales y artificiales, por lo que sus criaderos son efímeros y no suele presentarse asociación alguna con las plantas anteriormente descritas, ya que éstas necesitan de nichos acuáticos medianamente permanentes. Todo lo contrario lo hallamos en los géneros *Anopheles* y *Culex*, muy destacables en el ámbito médico-veterinario por su rol como vectores de malaria y VON, entre otros muchos. Los hábitats de estas especies generalmente están asociados a aguas permanentes, lénticas y/o lóxicas, donde los

hidrófitos invasores encuentran las condiciones oportunas para expandirse, como *E. crassipes*, *M. aquaticum* y *E. densa*, ligadas al desarrollo de *Anopheles*, o *P. stratiotes* y *Ludwigia* ssp. (excepto *L. palustris*) relacionadas con el de *Culex*. Las especies del género *Coquillettidia*, por su parte, con un par de representantes en España, están intrínsecamente ligadas a la vegetación pues, como se ha explicado, presentan modificaciones anatómicas de las que se hacen servir para obtener oxígeno de los tejidos vegetales de ciertas plantas acuáticas (e.g. *H. ranunculoides*), en las que viven anclados. Estas especies están relacionadas con la transmisión de VON en Europa (HUBÁLEK & HALOUZKA, 1999), por lo que una proliferación desmedida puede causar problemas sanitarios en nuestro país. Por último, los géneros *Culiseta*, *Orthopodomyia* y *Uranotaenia* presentan un bajo interés desde el punto de vista de la salud humana y animal.

En función de lo expuesto, es evidente que los géneros que pueden originar un mayor perjuicio en relación a las explosiones de hidrófitos invasores en España y sanitariamente hablando son *Anopheles* sp. y *Culex* sp. Dentro de éstos, hay dos especies que destacan por su capacidad vectorial entre las demás. *Anopheles atroparvus* es el vector palúdico por excelencia en Europa, de marcada alimentación mamófila pero también antropófila, por lo que puede alimentarse sobre animales homeotermos y, en determinadas circunstancias, sobre humanos. Se encuentra en márgenes de ríos y arroyos arropados por la vegetación ribereña, pero además en canales, lagunas o arrozales, en aguas por lo general poco eutrofizadas (LÓPEZ SÁNCHEZ, 1989). Además de la malaria, puede transmitir varias arbovirosis (entre ellas también VON) y filariasis caninas (SCHAFFNER *et al.*, 2001). *Culex pipiens* es el otro gran protagonista vectorial. Esta especie cosmopolita se caracteriza por tener una gran plasticidad biológica, con preferencias tróficas ornitófilas, aunque también mamófilas (APPERSON *et al.*, 2004). Es claro ejemplo de organismo eurioico, pues resiste amplias variaciones de las condiciones ambientales y su capacidad de adaptación es elevada. Esto hace que pueda explotar una gran variedad de nichos, desde aguas extremadamente eutrofizadas a aguas no contaminadas, en reservorios de muy diversa naturaleza, como recipientes artificiales de pequeño tamaño pasando por márgenes de ríos, acequias o canales. Se trata de un vector clave en la transmisión de VON (HAMER *et al.*, 2008), aunque también está implicado en otras parasitosis, como dirofilariasis y malaria aviar (SCHAFFNER *et al.*, 2001).

7. CONSIDERACIONES FINALES

Está generalmente aceptado que no solo los patrones climáticos alterados sino también el cambio global tendrán efectos considerables en la

propagación de las especies alóctonas invasoras, aunque no están claros los detalles de los efectos locales, que serán diferentes en unas regiones de otras (RAHEL & OLDEN, 2008; HEYWOOD & BRUNEL, 2009). En un mundo donde ya todo está interconectado, en el cual se producen grandes desplazamientos diarios, no solo humanos sino también animales, vegetales y de mercancías, por tierra, mar y aire, los virus y los parásitos aprovechan la coyuntura para desplazarse por el globo, pero con ellos y de igual forma las personas que los portan y los vectores que los transmiten. Atendiendo a este panorama actual parece evidente, pues, que la situación mundial se está transformando, por lo que tenemos el deber de aprender a manejar estos cambios en nuestro beneficio para enfrentarnos a los nuevos problemas que ineludiblemente nos alcanzarán, poseer estrategias de adaptación preventivas/reactivas y contar con personal altamente capacitado para ello.

Las plantas acuáticas condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de las comunidades bióticas que habitan en ella, como el zooplankton, pero también el bentos y el edafón, y la fauna piscícola (JEPPESEN *et al.*, 1997), pero pocos son los trabajos que han aplicado un enfoque comunitario o ecosistémico acerca del papel de esta vegetación en los diferentes biotopos. Además de impactar negativamente en múltiples usos de los sistemas como navegación, pesquerías, irrigación, recreación, producción de energía hidroeléctrica y agua potable (MAZZEO *et al.*, 2001), estas plantas pueden promover el desarrollo de mosquitos (SAVAGE *et al.*, 1990), proveyendo alimento y protección para las larvas, particularmente de los Anophelinae, y creando condiciones favorables para la oviposición (REJMANKOVA *et al.*, 1992; CUDA, 2009). Tienen a su vez la capacidad de favorecer el establecimiento de otros hospedadores intermediarios de enfermedades, como moluscos transmisores de esquistosomiasis (RUMI *et al.*, 2002) e inclusive dípteros de la familia Simuliidae, más conocidos como moscas negras o simúlidos, vectores de enfermedades altamente incapacitantes como la oncocercosis. Otras patogenicias como la malaria, disentería y fiebre tifoidea están asociadas a cuerpos de agua eutróficos con presencia de esta vegetación acuática (LINDSEY & HIRT, 1999).

Después de la destrucción del hábitat, el impacto por las especies invasoras ha sido identificado como la segunda causa, a nivel global, de la pérdida de biodiversidad (LEUNG *et al.*, 2002). Desarrollar planes de actuación y normativa sobre estas especies por parte de las Comunidades Autónomas y aumentar la conciencia social sobre su problemática en el medio natural se antoja imprescindible para lograr los objetivos (ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, 2009). En primer lugar deben reforzarse las medidas preventivas, para seguidamente llevar a cabo una adecuada gestión en el control y eliminación de estas plantas, tanto

en sistemas de agua permanentes como temporales, siendo ésta la herramienta fundamental para evitar posibles problemas derivados de estos vegetales y de los nematóceros hematófagos asociados, simplemente por supresión de hábitats apropiados para su desarrollo.

Para erradicar esta vegetación alóctona o, como mal menor, mantenerla en los niveles deseados, es imprescindible generar nuevas tecnologías que aumenten la capacidad de control y reduzcan los costos de los dispositivos y maquinaria existentes en la actualidad (MEERHOFF & MAZZEO, 2004). Conocer en profundidad la biología de estos organismos y principalmente su mecanismo reproductivo es imperante, pues aunque los métodos de control mecánico por extracción automática o manual son los más aconsejados (además de los más respetuosos con el medio), en ocasiones pueden producir un efecto contrario al deseado (CAPERS *et al.*, 2005). Las nuevas tecnologías, como por ejemplo los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son excelentes herramientas para el monitoreo y predicción de lugares de cría de culícidos, lo cual permite un manejo racional de vectores. Estas herramientas informáticas ofrecen la ventaja de posibilitar el mapeo y cuantificación de áreas extensas que serían imposibles de abarcar con un muestreo tradicional (PÉREZ *et al.*, 2003). La caracterización de las masas de agua en base a los factores que contribuyen a la reproducción de mosquitos ayudará a determinar qué cuerpos de agua son más propicios para la proliferación de estos vectores y también determinarán la gestión de las medidas de prevención futuras (TRCA, 2011).

En conclusión, la transmisión y propagación de muchas enfermedades emergentes y remergentes transmitidas por culícidos puede estar coadyuvada, como se ha observado en varios países a lo largo del continente americano, por la presencia de especies vegetales exóticas que rápidamente se naturalizan en el entorno, por lo que el estudio de estas plantas adopta un cariz aun más trascendente. Un posible impacto producido por estas plantas invasoras es la alteración del ciclo hidrológico (VILÀ *et al.*, 2006), debido a lo cual se produce una transformación del ambiente y de las comunidades bióticas. La problemática de estas invasiones en nuestro país es una cuestión relativamente reciente, por lo que los estudios al respecto no son abundantes, cuanto menos enfocados de un modo multidisciplinar. Investigar estas relaciones y estar alerta permanente a dichas introducciones biológicas en nuestro país pasa a ser un tema de enorme premura para botánicos, ingenieros, ambientólogos, veterinarios y entomólogos por igual. No debemos olvidar que tanto plantas como artrópodos nos llevan cientos de millones de años de ventaja sobre La Tierra, hasta el punto de haber coevolucionado en los nichos que comparten. En nuestra mano está poder hacer frente a los problemas que puedan derivarse de estas asociaciones

y encontrar solución a las numerosas complicaciones surgidas de esta nueva situación global.

AGRADECIMIENTOS

El autor quisiera expresar su enorme gratitud al Dr. Javier Lucientes Curdi, tanto por su confianza como por constituir un gran ejemplo para todos aquellos que le rodean, entre los cuales tengo la fortuna de incluirme, en el trabajo y, más importante aún, en la vida. Todo mi agradecimiento a Lyda Elizabeth Pascual Gala, por armarse de paciencia en todas esas noches en vela donde nació y creció el germen que daría lugar a este modesto trabajo. Por último deseo agradecer la labor de los dos revisores que arbitraron este artículo los cuales, con sus aportaciones y sugerencias, han contribuido sustancialmente a mejorar el manuscrito inicial.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN-ELBAL, P.M., DELACOUR-ESTRELLA, S., RUIZ-ARRONDO, I., PINAL, R., MUÑOZ, A., OROPEZA, V., CARMONA-SALIDO, V.J., ESTRADA, R. & LUCIENTES, J. 2012. Los culícidos (Diptera, Culicidae) del valle medio del Ebro I: La Rioja (Norte de España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, **50**: 359-365.
- ALARCÓN-ELBAL, P.M., SÁNCHEZ-MURILLO, J.M., DELACOUR-ESTRELLA, S., RUIZ-ARRONDO, I., MUÑOZ, A., PINAL, R., CARMONA-SALIDO, V.J., ESTRADA, R. & LUCIENTES, J. 2012. Culícidos de importancia sanitaria y plantas acuáticas invasoras: asociación entre el vector de zoonosis *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) y el hidrófito *Ludwigia sp.* en Valencia. *Libro de Resúmenes del XVII Simposio Anual de AVEDILA, Badajoz, 2012*.
- ANDREU, J. & VILÀ, M. 2007. Análisis de la gestión de las plantas exóticas en los espacios naturales españoles. *Ecosistemas*, **16**(3): 109-124.
- APPERSON, C. S., HASSAN, H.K., HARRISON, B.A., SAVAGE, H.M., ASPEN, S.E., FARAJOLLAHI, A., CRANS, W., DANIELS, T.J., FALCO, R.C., BENEDICT, M., ANDERSON, M., MCMILLEN, L. & UNNASCH, T.R. 2004. Host feeding patterns of established and potential mosquito vectors of West Nile virus in the eastern United States. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, **4**: 71-82.
- ARANDA, C., ERITJA, R. & ROIZ, D. 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Medical and Veterinary Entomology*, **20**: 150-152.
- BATZER, D.P. & RESH, V.H. 1992. Recommendations for managing wetlands to concurrently achieve waterfowl enhancement and mosquito control. *Proceedings of the California Mosquito and Vector Control Association*, **60**: 202-206.
- BOFILL, D., DOMINGO, C., CARDENOSA, N., ZARAGOZA, J., DE ORY, F., MINGUELL, S., SÁNCHEZ-SECO, M.P., DOMÍNGUEZ, A. & TENORIO, A. 2006. Human West Nile virus infection, Catalonia, Spain. *Emerging Infectious Diseases*, **12**: 1163-1164.

- BREMAN, J. 2001. The ears of the hippopotamus: manifestations, determinants, and estimates of the malaria burden. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **64**(1-2 Suppl): 1-11.
- CAPERS, R.S., BUGBEE, G.J., SELSKY, R. & WHITE, J.C. 2005. A guide to Invasive Aquatic Plants of Connecticut. 28 págs. Connecticut Agricultural Experiment Station. Connecticut.
- CARRETERO, J.L. 1996. Aportaciones a la distribución y ecología de las hepáticas y cormofitos acuáticos sumergidos y flotantes de la provincia de Valencia (España). *Ecología*, **10**: 257-272.
- CIPEP [CENTRO DE INVESTIGACIÓN PISCÍCOLA DE EL PALMAR]. 2011. Balance de Actividades 2011. 27 págs. Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Valencia. <<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=80627&idioma=C>>. [Consulta: 05-05-2012].
- COLLANTES, F. & DELGADO, J.A. 2011. Primera cita de *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse, 1894) en la Región de Murcia. *Anales de Biología*, **33**: 99-101.
- COOK, CH. D. K. 1990. *Aquatic plant book*. 228 págs. SPB Academic Publishing, La Haya.
- COOK, C.D.K & URMI-KÖNIG, K. 1984. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, **19**: 73-96.
- CUDA, J.P. 2009. Chapter 5: Aquatic plants, mosquitoes and public health. In: W.T. HALLER, L.A. GETTYS & M. BELLAUD, Eds. *Best Management Practices Manual for Aquatic Plants*. Págs. 31-34. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation. Marietta, Georgia.
- CUDA, J.P., HORNBY, J.A., COTTERILL, B. & CATTELL, M. 1997. Evaluation of *Lagenidium giganteum* for biocontrol of *Mansonia* mosquitoes in Florida (Diptera: Culicidae). *Biological Control: Theory and Applications in Pest Management*, **8**(2): 124-130.
- DELACOUR, S., ALARCÓN-ELBAL, P., BENGUA, M., MELERO-ALCÍBAR, R., PINAL, R., RUIZ-ARRONDO, I., MOLINA, R. & LUCIENTES, J. 2009. *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse, 1894) primera cita en Torrevieja (Alicante). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, **45**: 518.
- DELACOUR-ESTRELLA, S., BRAVO-MINGUET, D., ALARCÓN-ELBAL, P.M., BENGUA, M., CASANOVA, A., MELERO-ALCÍBAR, R., PINAL, R., RUIZ-ARRONDO, I., MOLINA, R. & LUCIENTES, J. 2010. Detección de *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae) en Benicàssim. Primera cita para la provincia de Castellón (España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, **47**: 440.
- DHILLON, M.S., MULLA, M.S. & HWANG, Y. 1982. Allelochemicals produced by the hydrophyte *Myriophyllum spicatum* affecting mosquitoes and midges. *Journal of Chemical Ecology*, **8**: 517-526.
- ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, A. 2009. Especies vegetales exóticas en ríos y riberas. *Foresta*, **41**: 58-69.
- ENVIRONMENT AGENCY. 2007. *Guidance for the control of non-native weeds in or near fresh water*. 22 págs. Environment Agency. Bristol.
- ERITJA, R. & ARANDA, C. 2002. Culicidae. In: CARLES TOLRÁ, M. *Catálogo de los Díptera de España, Portugal y Andorra*. Págs 45-47. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza.
- EVERETT, T.H. 1981. *The New York Botanical Garden Illustrated Encyclopedia of Horticulture*. 3601 págs. Garland Publishing, Inc., New York.
- FERRER GALLEGO, P.P. & LAGUNA LUMBRERAS, E. 2009. Sobre *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell (Onagraceae) como integrante de la flora subespontánea valenciana. *Acta Botanica Malacitana*, **34**: 228-230.
- FURLOW, B. M. & HAYS, K. L. 1972. Some influence of aquatic vegetation on the species and number of Culicidae (Diptera) in small pools of water. *Mosquito News*, **32**: 595-607.
- GALINDO, P. & ADAMS, A. J. 1973. Ecological profile of *Culex* (Melanoconion) *aikenii* (Diptera: Culicidae) vector of endemic Venezuelan encephalitis in Panamá. *Environmental Entomology*, **2**: 81-86.
- GANGSTAD, E.O. & CARDARELLI, N.F. 1990. The relation between aquatic weeds and public health. In: A.H. PIETERSE & K.J. MURPHY, Eds. *Aquatic Weeds; The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation*. Págs. 85-90. Oxford University Press, Oxford.
- GARCÍA-ÁVILA, I. 1977. *Fauna cubana de mosquitos y sus criaderos típicos*. 85 págs. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Zoología. La Habana.
- GARCÍA MURILLO, P., DANA SÁNCHEZ, E.D. & RODRÍGUEZ HIRALDO, C. 2005. *Pistia stratiotes* L. (Araceae) una planta acuática exótica en las proximidades del Parque Nacional de Doñana (SW España). *Acta Botanica Malacitana*, **30**: 235-236.
- GLEISER, R.M. & PIRES, D.A. 2009. Fluctuaciones estacionales de Culicidae (Diptera) en una laguna cubierta por *Pistia stratiotes* en la ciudad de Córdoba. *VI Jornadas Regionales sobre Mosquitos*. 6-7 noviembre, Corrientes, Argentina.
- GINGRICH, J.B., ROBERT, D., WILLIAMS, G.M., O'CONNOR, L. & HARKINS, K. 2006. SWMPs, constructed wetlands, and other best management practices as potential breeding sites for West Nile Virus vectors in Delaware during 2004. *Journal of American Mosquito Control Association*, **22**(2): 282-291.
- GROS, V., CASERO-MONTES, Z., PÉREZ-SANTIGOSA, N. & PLAZUELO, A. 2009. Primera cita de *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae) en la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. *Acta Botánica Malacitana*, **34**: 273-275.
- HAMER, G.L., KITRON, U.D., BRAWN, J.D., LOSS, S.R., RUIZ, M.O., GOLDBERG, T.L. & WALKER, E.D. 2008. *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae): a bridge vector of West Nile Virus to humans. *Journal of Medical Entomology*, **45**(1): 125-128.
- HEYWOOD, V. & BRUNEL, S. 2009. *Code de conduite sur l'horticulture et les plantes exotiques envahissantes*. 77 págs. Editions du Council of Europe. Strasbourg.
- HORSFALL, W.R. 1972. *Mosquitoes: their bionomics and relation to disease*. 723 págs. Ed. Hafner Publications. New York.

- HUBÁLEK, Z. 2011. Public health impact of West Nile virus outbreaks in Europe in 2010. *Annual general meeting of Vbornet*. Antwerp, Belgium.
- HUBÁLEK, Z. & HALOUZKA, J. 1999. West Nile fever-a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, **5**: 643-650.
- IBÁÑEZ BERNAL, S. 1998. *Los díptera hematófagos y taxa relacionados de dos áreas protegidas del estado de Yucatán, México (Insecta)*. 50 págs. Secretaría de Salud. Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. G011. México, D.F.
- JEPPESEN, E., SONDERGAARD, M. & CHRISTOFFERSON, K. 1997. *The structuring role of submerged macrophytes*. 423 págs. Springer-Verlag. New York.
- KANT, R. & SRIVASTAVA, H.C. 2004. Observations on anopheline breeding in relation to aquatic plants in different breeding habitats of Kheda (Gujarat). *Journal of Communicable Diseases*, **36**(3): 187-194.
- KARPISCAK, M.M. & KINSLEY, K.J. 2004. Constructed wetland technology and mosquito populations in Arizona. *Journal of Arid Environments*, **56**: 681- 707.
- LANGELAND, K.A. 1996. *Hydrilla verticilla* (L.F.) Royle (Hydrocharitaceae), "The perfect aquatic weed". *Castanea*, **61**: 293:304.
- LEUNG, B., LODGE, D.M., FINNOFF, D., SHOGREN, J.F., LEWIS, M.A. & LAMBERTI, G. 2002. An ounce of prevention or a pound of cure: Bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London B – Biological Sciences*, **269**: 2407-2413.
- LEVINE, J.M., VILÀ, M., D'ANTONIO, C.M., DUKES, J.S., GRIGULIS, K., LAVOREL, S. 2003. Mechanisms underlying the impact of exotic plant invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Serie B*, **270**: 775-781.
- LINDSEY, K. & HIRT, H.M. 1999. *Use water hyacinth: A practical handbook of uses for the water hyacinth across the world*. 114 págs. Books of Anamed. Winnenden.
- LÓPEZ SÁNCHEZ, S. 1989. *Control integral de mosquitos en Huelva*. 340 págs. Junta de Andalucía, Consejería de Salud y Servicios Sociales. Sevilla.
- LÓPEZ-VÉLEZ, R. & MOLINA MORENO, R. 2005. Cambio climático en España y riesgo por enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Revista Española de Salud Pública*, **79**:177-190.
- LOUNIBOS, L.P. & ESCHER, R.L. 1985. Mosquitoes associated with Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) in Southeastern Florida. *The Florida Entomologist*, **68**(1): 169-178.
- MACK, R.N., SIMBERLOFF, D., LONSDALE, W.M., EVANS, H., CLOUT, M. & BAZZAZ, F. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, **10**(3): 689-710.
- MADSEN, J.D. 2009. Chapter 1: Impact of Invasive Aquatic Plants on Aquatic Biology. In: W.T. HALLER, L.A. GETTYS & M. BELLAUD, Eds. *Best Management Practices Manual for Aquatic Plants*. Págs. 1-8. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation. Marietta, Georgia.
- MATHESON, R. 1944 (1966). *Handbook of the Mosquitoes of North America*. 314 págs. Hafner Publishing Company, New York.
- MAZZEO N., CLEMENTE, J., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F., KRUK, C., LARREA, D., MEERHOFF, M., QUINTANS, F., RODRÍGUEZ-GALLEGO, L. & SCASSO, F. 2002. Eutrofización: causas, consecuencias y manejo. In: *Perfil Ambiental del Uruguay*. v. 1, 1º. Págs 39-56. Montevideo.
- MEERHOFF, M. & MAZZEO, N. 2004. *Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica*. [en línea]. Ecosistemas 2004/2. <<http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/meerhoff-mazzeo-04.pdf>> [Consulta: 15-05-2012].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA). 2011. *Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras*. Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre. Boletín Oficial del Estado (BOE), 298(Sec. 1): 132711-132735.
- MOUTOU, F. & PASTORET, P.-P. 2010. Definir una especie invasora. *Review of Scientific and Technical Review - International Office of Epizootics*, **29**(1): 47-56.
- MWINGIRA, V.S., MAYALA, B.K., SENKORO, K.P., RUMISHA, S.F., SHAYO, E.H., MLOZI, M.R. & MBOERA, L.E. 2009. Mosquito larval productivity in rice-fields infested with *Azolla* in Mvomero District, Tanzania. *Tanzania Journal of Health Research*, **11**(1): 17-22.
- NOVELO, A. & RAMOS, L. 1998. Pontederiaceae. In: G.C. RZEDOWSKI & R. RZEDOWSKI, Eds. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 63. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Michoacán, México.
- ORIA, G. L., STEIN, M. & GORODNER, J.O. 2000. Ecoepidemiología urbana de formas inmaduras de mosquitos (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Resistencia. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- ORR, B.K. & RESH, V.H. 1992. Influence of *Myriophyllum aquaticum* cover on *Anopheles* mosquito abundance, oviposition, and larval microhabitat. *Oecologia*, **90**(4): 474-482.
- PARKER, I.M., RODRÍGUEZ, J. & LOIK, M.E. 2003. An evolutionary approach to understanding the biology of invasions: local adaptation and general purpose genotypes in the weed *Verbascum thapsus*. *Conservation Biology*, **17**: 59-72.
- PENNINGTON, T.G. & SYTSMA, M.D. 2009. Seasonal changes in carbohydrate and nitrogen concentrations in Oregon and California populations of Brazilian Egeria (*Egeria densa*). *Invasive Plant Science and Management*, **2**: 120-129.
- PÉREZ, T., ÍÑIGUEZ, L., SÁNCHEZ, L. & REMOND, L. 2003. Vulnerabilidad espacial al dengue. Una aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el municipio Playa de Ciudad

- Habana. *Revista Cubana Salud Pública*, **29**: 11-24.
- RAHEL, F.J. & OLDEN J.D. 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, **22**(3): 521-533.
- REJMANKOVA, E., SAVAGE, H.M., REJMANEK, M., ARREDONDO-JIMÉNEZ, J.I. & ROBERTS, D.R. 1991. Multivariate analysis of relationships between habitats, environmental factors and occurrence of Anopheline mosquito larvae *Anopheles albimanus* and *A. pseudopunctipennis* in Southern Chiapas, México. *Journal of Applied Ecology*, **28**(3): 827-841.
- REJMANKOVA, E., SAVAGE, H.M., RODRÍGUEZ, M.H., ROBERTS, D.R. & REJMANEK, M. 1992. Aquatic vegetation as a basis for classification of *Anopheles albimanus* Weidemann (Diptera: Culicidae) larval habitats. *Environmental Entomology*, **21**: 598-603.
- REUBEN, R. 1987. Feeding and reproduction in vector mosquitoes. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Animal Sciences*, **96**(3): 275-280.
- ROIZ, D., ERITJA, R., MOLINA, R., MELERO-ALCÍBAR, R. & LUCIENTES, J. 2008. Initial Distribution Assessment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the Barcelona, Spain, Area. *Journal of Medical Entomology*, **45**(3): 347-352.
- RUMI, A., BECHARA, J. A., HAMANN, M. I. & DE NÚÑEZ, M. O. 2002. Ecology of potential hosts of schistosomiasis in urban environments of Chaco, Argentina. *Malacologia*, **44**(2): 273-288.
- RUSSEL, R.C. 1999. Constructed wetlands and mosquitoes: Health hazards and management options-An Australian Perspective. *Ecological Engineering*, **12**: 107-124.
- SANTA-OLALLA PERALTA, P., VÁZQUEZ-TORRES, M.C., LATORREFANDÓS, E., MAIRAL-CLAVER, P., CORTINA-SOLANO, P., PUYAZÓN, A., ADIEGO SANCHO, B., LEITMEYER, K., LUCIENTES-CURDI, J. & SIERRA-MOROS, M.J. 2010. First autochthonous malaria case due to *Plasmodium vivax* since eradication, Spain, October 2010. *Eurosurveillance*, **15**(41):pii=19684. <<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19684>>. [Consulta: 10-05-2012].
- SANZ ELORZA, M., DANA SÁNCHEZ, E.D. & SOBRINO VESPERINAS, E. Eds. 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. 384 págs. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.
- SAVAGE, H. M., REJMANKOVA, E., ARREDONDO JIMÉNEZ, J. I., ROBERTS, D. R. & RODRÍGUEZ, M. H. 1990. Limnological and botanical characterization of larval habitats for 2 primary malarial vectors, *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas state, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, **6**(4): 612-620.
- SCHAFFNER, F., ANGEL, G., GEOFFROY, B., HERVY, J.O. & RHAEM, A. 2001. *The mosquitoes of Europe / Les moustiques d'Europe*. [CD-ROM]. IRD Éditions and EID Méditerranée. Montpellier.
- SEARS, A.L.W. & VERDONE, L.N. 2005. *Ludwigia hexapetala* management plan for the Laguna de Santa Rosa, Sonoma County, California 2005-2010. 23 págs. The Sonoma County Ludwigia Task Force. California.
- SERVICE, M.W. 1978. The effect of weather on mosquito biology. In: *Weather and parasitic animal disease*. 174 págs. Ed. Gibson. Ginebra.
- SYTSMA, M.D. & ANDERSON, L.W.J. 1993. Nutrient limitation in *Myriophyllum aquaticum*. *Journal of Freshwater Ecology*, **8**: 165-176.
- TÉLLEZ, T.R., LÓPEZ, E.M., GRANADO, G., PÉREZ, E.A. & SÁNCHEZ GUZMÁN, J.M. 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions*, **3**(1): 42-53.
- TOMÁS GIMÉNEZ, P. 2009. *Guía Visual de Campo Macrófitos de la Cuenca del Ebro*. 99 págs. Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE). Zaragoza.
- TRCA. [TORONTO AND REGION CONSERVATION AUTHORITY]. 2011. The effect of water quality and aquatic vegetation on West Nile Virus vector larval abundance in Toronto and region wetlands and stormwater management ponds. 32 págs. TRCA. Toronto.
- VILÀ M., BACHER S., HULME P., KENIS M., KOBELT M., NENTWIG W., SOL D., SOLARZ W. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas*.2006/2. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=425&Id_Categoria=2&tipo=portada>. [Consulta: 10-05-2012].
- VILÀ, M., VALLADARES, F., TRAVESSET, A., SANTAMARÍA, L. & CASTRO, P. (coords.) 2008. *Invasiones Biológicas*. 216 págs. Colección Divulgación CSIC. Madrid.
- WALLACE, J.R. & MERRITT, R.W. 2004. Diel feeding periodicity of larval anopheline mosquitoes on microorganisms and microinvertebrates: a spatial and temporal comparison of *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae) diets in a Michigan Pond. *Journal of Medical Entomology*, **41**: 853-860.

