

Pulgas de agua

*Pequeños monstruos
dulceacuícolas*

MANUEL ELÍAS GUTIÉRREZ
GUADALUPE NIETO
TANIA GARFIAS ESPEJO



En México, las pulgas de agua son relativamente conocidas y los aficionados a los acuarios las utilizan como alimento vivo para peces, aunque para mucha gente resulta una sorpresa el hecho de que estén más emparentadas con los camarones y los cangrejos que con las pulgas que suelen atormentar con sus picaduras.

En realidad, son crustáceos como los camarones, y viven flotando en el agua, o asociadas al fondo o con algún tipo de soporte, como las plantas sumergidas, y reciben este nombre por nadar como si dieran pequeños saltos en el agua al impulsarse con sus segundas antenas, su principal órgano de locomoción (figura 1).

Se caracterizan por tener el cuerpo cubierto por un caparazón bivalvo¹ y, generalmente, se alimentan filtrando con las sedas² de sus apéndices torácicos pequeñas algas o bacterias que se encuentran en el agua. Las partículas de alimento son atrapadas en estos “filtros” y llevadas a la boca por medio de surcos alimenticios (figura 2). También se nutren “raspando” el fondo y alimentándose del material que suspenden de esta forma (figura 3). Presentan una proyección del abdomen (postabdomen) que termina en dos garras, armadas con una serie de dientecillos en forma de peines (figuras 1 y 10). La función del postabdomen es limpiar los apéndices torácicos en la mayoría de los casos.

Para los biólogos las pulgas de agua (*water fleas* en inglés) pertenecen al grupo denominado *Cladocera*, aunque se discute la validez del mismo por lo escaso y complejo que resulta todavía el conocimiento de estos seres diminutos. Por esta razón la descripción de las nuevas especies y géneros de pulgas de agua resulta tan importante para la ciencia. En México, en los últimos seis años se reconocieron al menos nueve especies nuevas y dos subespecies. Una de ellas, la *Spinalona anophthalma*, es incluso un género nuevo: es la primera, y hasta ahora única, pulga ciega en el continente americano (figura 4). Sólo habita en nuestro país, en una laguna intermitente cercana al pueblo de San Pedro los Baños, Estado de México (Ciros-Pérez y Elías-Gutiérrez 1997). También única por ahora y 100% mexicana, otra pulga importante es la *Ilyocryptus nevadensis*, cuyo nombre hace honor al sitio donde se le encuentra: el cráter del volcán Nevado de Toluca (Cervantes-Martínez *et al.* 2000).

Hasta el momento se conocen unas 600 especies de cladóceros, la mayoría de las cuales vive en aguas dulces, lagos, estanques, y pequeños charcos temporales, pero algunas viven en el mar. En México sólo se conocen dos especies marinas: *Pseudevadne tergestina* y *Penilia avirostris*. Reciente-

mente se publicó un interesante estudio sobre la primera en el Caribe Mexicano (Castellanos-Osorio y Elías-Gutiérrez 1999).

Más el interés por las pulgas de agua no sólo es científico, también tienen un gran valor económico-ecológico como indicadores de la calidad del agua. En el pueblo de Tlachaloya, cercano a la ciudad de Toluca, se desarrolló en la década de 1980 una pesquería de gran importancia, de una pulga del género *Daphnia* (Vázquez *et al.* 1986), llegándose a obtener hasta 60 toneladas de peso seco en el periodo 1980-81, exportadas en su gran mayoría, a Europa, donde se utilizan como base proteínica de alimento para animales. Actualmente, en nuestro país las pulgas se comercializan principalmente como alimento vivo de peces de acuario. La especie más utilizada para este fin es la *Moina macrocopa*. En otras partes del mundo se ha desarrollado una tecnología para su uso como alimento en sistemas de producción de peces.

Por otro lado, las pulgas de agua nos ayudan también a mantener sano el medio ambiente. Actualmente existe una Norma Oficial Mexicana para la evaluación de la toxicidad aguda de sustancias disueltas en el agua, que toma como modelo un cladóceros conocido como *Daphnia magna* (NMX-AA-087-1995-SCFI), con lo que se demuestra su valor para análisis ambientales. Aunque se utilizan otras especies de pulgas en otros, la favorita (más utilizada) sigue siendo la *Daphnia magna*. En este terreno, es muy importante saber con precisión de qué especie y cepa se trata, pues la sensibilidad a ciertas sustancias puede variar dando resultados contradictorios o poco claros.

Una ventaja que tiene el uso de estos organismos como indicadores es que la mayor parte del tiempo se reproducen por partenogénesis, fenómeno limitado a unos cuantos grupos animales. En las poblaciones naturales y cultivadas de estas especies siempre predominan las hembras, cuyos huevos maduran sin necesidad de fecundación y generan únicamente hembras, que vuelven a reproducirse en lo que resulta un ciclo vital. De esta forma, la descendencia de hembras partenogenéticas consiste en individuos casi iguales genéticamente. Por esta razón, su crecimiento poblacional puede ser muy rápido: una sola *Daphnia magna*, puede originar 38 neonatos por camada cada seis días, lo que da un total de cerca de 600 descendientes, cuya longevidad es cercana a los 77 días. Si consideramos que cada hija se puede reproducir por primera vez a los 11 o 12 días, tendremos una idea del enorme potencial de desarrollo que tienen estos organismos, pese a que estos datos procedan de cultivos en condiciones ideales (Martínez-Jerónimo, 1995) y pueden variar enormemente.

1. Formado por dos piezas duras y móviles.

2. Estructuras parecidas a pelillos.

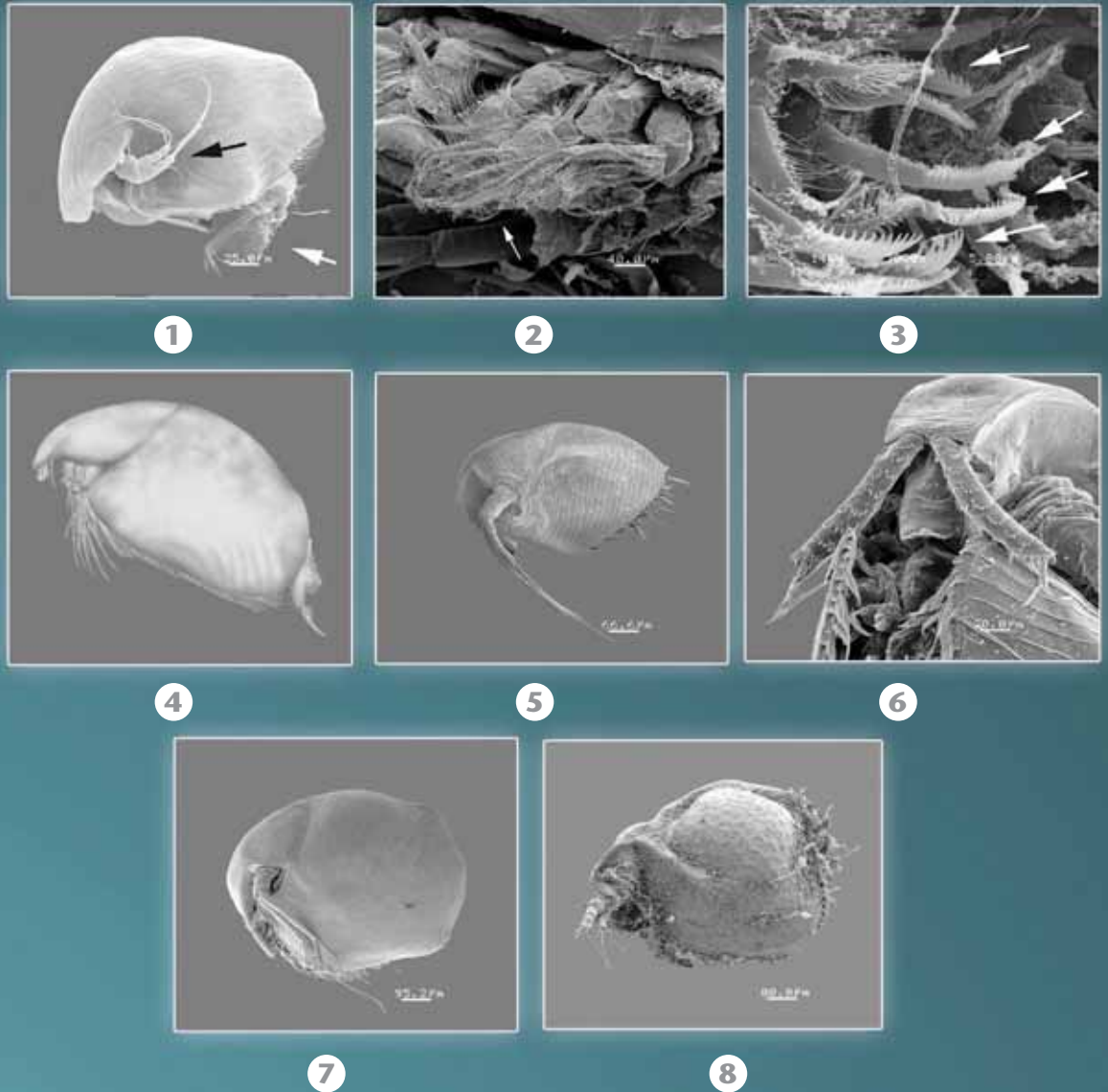


Figura 1.- *Alonella brasiliensis*, una especie muy rara, recientemente descubierta en el Río Hondo (frontera México-Belice). La flecha negra señala las segundas antenas, principal órgano de locomoción, y la blanca el postabdomen. Los apéndices torácicos están cubiertos por el caparazón bivalvo.

Figura 2.- Apéndices torácicos de una especie de *Moina*, se aprecian las sedas o setas formando una especie de filtro, donde quedan atrapadas las partículas alimenticias. Posteriormente son llevadas a la boca para su ingestión.

Figura 3.- Apéndices torácicos I y II de una especie de *Macrothrix*, las setas se han transformado en una especie de peines (señalados por flechas) que sirven para raspar su alimento de sustratos duros como plantas acuáticas o rocas sumergidas.

Figura 4.- Cuerpo de una hembra partenogenética de *Spinalona anophthalma*, primer y único cladóceros ciego descrito en el continente americano.

Figura 5.- Vista lateral de *Macrothrix elegans*, especie muy común en el sureste mexicano.

Figura 6.- Vista de la parte anterior de *Macrothrix elegans*, se observan las primeras antenas, armadas de numerosas espinas cuya función es desconocida. En la punta de cada antena hay nueve estetas sensoriales. En la abertura de las valvas se aprecia el primer par de patas, con sus setas raspadoras.

Figura 7.- Vista lateral de *Grimaldina brazzaei*, cladóceros del sureste mexicano. Nótese la hermosa ornamentación de las valvas.

Figura 8.- Cuerpo de *Ilyocryptus*. En este caso las valvas se encuentran cubiertas por granos de sedimento del fondo, una estrategia para camuflarse de los depredadores.

Las pulgas de agua no sólo tienen interés científico, también tienen gran valor económico-ecológico como indicadores de la calidad del agua

La reproducción partenogenética se suspende en el momento de un estrés ambiental, causado por la disminución de alimento y/o la reducción del fotoperiodo (menos horas de luz). En ese momento, las hembras empiezan a producir huevos diploides (con el número de cromosomas normal, $2n$), a partir de los cuales se desarrollan machos diploides (figura 11). Éstos maduran rápidamente y siempre son más pequeños que las hembras. Mientras tanto, algunas de ellas empiezan a producir huevos haploides (con la mitad del número de cromosomas, $1n$) en menor cantidad (generalmente 1 o 2) y de tono oscuro; estas hembras se acoplan con los machos. Los huevos fecundados resultan diploides, y se transforman en estructuras de resistencia llamadas efipios, las cuales pueden fusionarse con el caparazón que rodea el cuerpo del organismo, para separarse en el momento de la muda. Dichos efipios pueden fijarse al fondo o flotar, pero en muchas ocasiones también sirven para la dispersión, pues resisten el paso por el tracto digestivo de aves y peces, o se adhieren en plumas o pelo de organismos acuáticos. También soportan la desecación total. Los efipios permanecen latentes hasta que las condiciones del medio ambiente vuelven a ser favorables, dando origen a hembras partenogenéticas nuevamente, con lo que continúa el ciclo vital.

Un efipio permanece viable por 50 años o más. Cabe hacer notar que muchas especies pueden permanecer reproduciéndose por partenogénesis indefinidamente, por lo cual no se llegan a conocer los machos y los efipios. También existen pseudoefipios, estructuras muy semejantes a los efipios en forma y función, que se generan por partenogénesis.

Debido a la presencia de los efipios y a su alta capacidad de dispersión, se pensó en el pasado que todas las especies de cladóceros eran cosmopolitas. Hoy se sabe que esto no es cierto. Existen numerosas especies morfológicamente similares que forman complejos ampliamente distribuidos en todo el mundo, y continuamente se realizan contribuciones científicas en este sentido.

Otro fenómeno muy curioso que presentan varios grupos de cladóceros es la ciclomorfosis, que consiste en una serie de mutaciones estacionales en la morfología externa del animal que se dan como respuesta a cambios en el medio ambiente o a la depredación. En algunos casos, este fenómeno produce formas extrañas, con grandes proyecciones de la cabeza, particularmente en el género *Daphnia* (figura 12). Sobre esto se han realizado cientos de publicaciones científicas, tratando de explicar su vínculo con la turbulencia

del agua, los cambios en densidad en relación con la temperatura, etc. Hace algunos años, se concluyó (Dodson, 1989) que la inducción de yelmos y espinas en algunos cladóceros significa el desarrollo de ventajas en la adaptación al medio para evitar la depredación, y es causada por la señal química emitida por una sustancia disuelta en el agua y desprendida por el depredador. Al parecer los embriones en desarrollo eran más sensibles a estos cambios en el medio, aunque se sigue discutiendo e investigando sobre las causas y efectos de este peculiar fenómeno.

También es interesante señalar que, debido a la presencia de un exoesqueleto más o menos duro, como en todos los artrópodos, los restos de estos organismos pueden perdurar como subfósiles en el fondo de los lagos, formando capas informativas acerca de los cambios ecológicos y las condiciones climáticas existentes durante largos periodos, así como de la sucesión que se ha dado dentro de la comunidad acuática. Su interpretación puede “contar” la historia de un lago y su entorno ambiental.

Curiosamente, como resultado de la introducción de especies exóticas, algunos cladóceros como la *Daphnia lumholtzi* se han vuelto invasivos. Posiblemente, este organismo fue introducido en 1983 a Texas junto con un pez, la perca del Nilo (Havel y Hebert, 1993). Actualmente se encuentra en todo el este de los Estados Unidos, hasta los Grandes Lagos, bastante más al norte del sitio original de introducción (Muzinic, 2000). Desde el punto de vista ecológico no se ha demostrado que la presencia de esta especie cause algún efecto adverso (Johnson y Havel, 2001). Sin embargo, debido a que tiene las espinas del cuerpo muy largas, al parecer no es el alimento preferido de los peces, sobre todo en etapa juvenil (Swaffar y O'Brien, 1996) (Kolar y Wahl, 1998).

Por último, podemos decir que el estudio de estos crustáceos está en pleno auge, pues desde el punto de vista sistemático (es decir el reconocimiento de especies y sus relaciones evolutivas) entender la diversidad del grupo ha derivado en la resolución de un rompecabezas muy complejo, por lo que resulta apasionante, debido a la presencia de la ciclomorfosis, el predominio de hembras partenogenéticas (los machos y hembras efipiales tienen mayor valor para el reconocimiento específico), y la similitud de muchas de ellas. Por otro lado, su indudable valor para estudios de genética y su potencial como indicador de contaminación y como alimento vivo, hacen de este grupo, uno sumamente atractivo para el estudio científico y/o tecnológico.

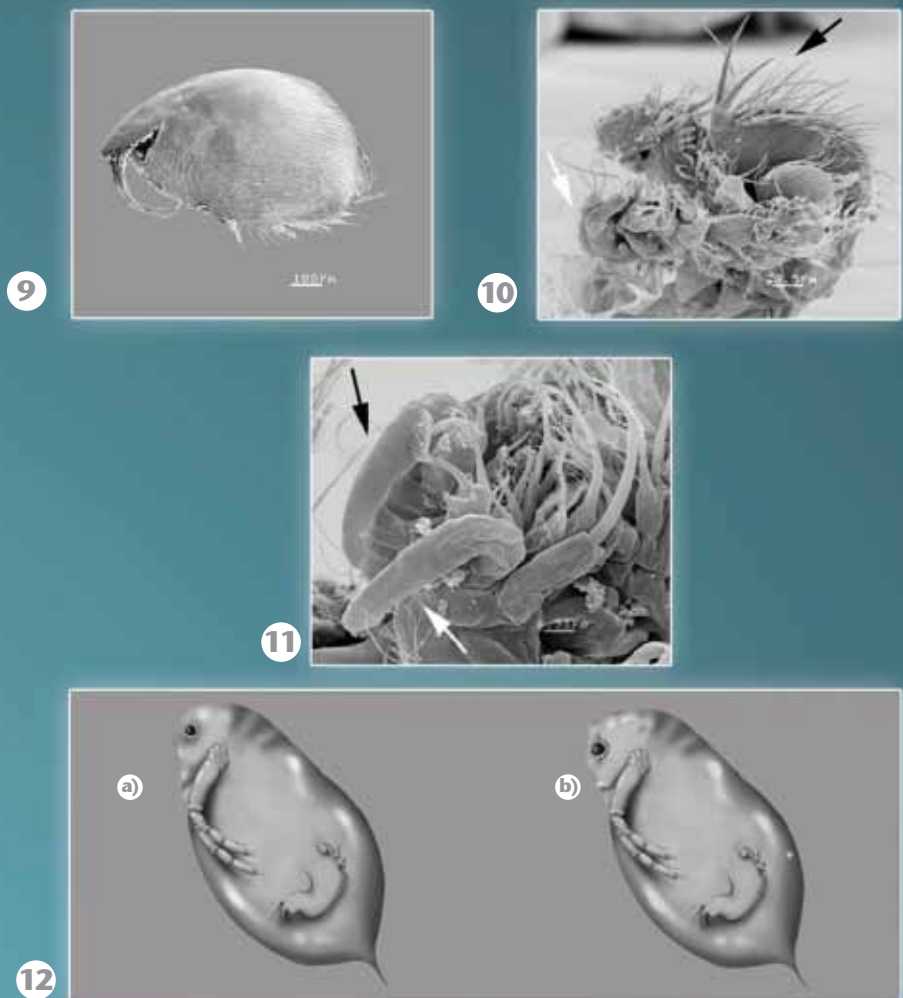


Figura 9.- Leydigia, un género que se caracteriza por tener gran cantidad de espinas en la parte posterior del abdomen. No se sabe que función tengan.
 Figura 10.- Cuerpo de una hembra partenogenética de Leydigia, una vez que se extrajeron las valvas. Se aprecian los cinco apéndices torácicos, con una estructura muy compleja, y el postabdomen con gran cantidad de espinas, así como las garras terminales (flecha negra). La flecha blanca señala el apéndice I, para comparar con el macho.
 Figura 11.- Cuerpo de un macho de Leydigia, sin valvas. La flecha señala los ganchos recurvados, modificación del apéndice I, que sirve para sujetar a la hembra durante la fecundación.
 Figura 12.- Fenómeno de ciclomorfosis en *Daphnia ambigua*. A) Individuo "normal", nótese que la cabeza es redondeada. B) Cabeza de un organismo con un yelmo puntiagudo. Ambos especímenes fueron recolectados en el Estado de México.

En la actualidad, en México se estudian en instituciones como El Colegio de la Frontera Sur (Unidad Chetumal), el Instituto Politécnico Nacional (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas), la Universidad Nacional Autónoma de México (FES Iztacala) y la Universidad de Aguascalientes. 🌐

Referencias bibliográficas

Castellanos-Osorio y I., M. Elías-Gutiérrez. "Distribution and Abundance of *Pseudevadne tergestina* Claus, 1877 in the Mexican Caribbean Sea, with Notes on its Biology (Branchiopoda: Onychopoda)". *Arthropoda Selecta* 8, 1999: pp. 59-65.
 Cervantes-Martínez, A., M. Gutiérrez-Aguirre y M. Elías-Gutiérrez. "Description of *Ilyocryptus nevadensis* (Branchiopoda: Anomopoda),

a New Species from a High Altitude Crater Lake in the Volcano Nevado de Toluca, México". *Crustaceana* 73, 2000: pp. 311-321.
 Ciro-Pérez, J. y M. Elías-Gutiérrez. *Spinalona anophthalma* n. gen. n. sp. (Anomopoda, Chydoridae) a Blind Epigeic Cladoceran from the Neovolcanic Province of Mexico. *Hydrobiology* 353, 1997: pp. 19-28.
 Dodson S., I. Predator-induced Reaction Norms. *Bioscience* 39, 1989: pp. 447-452.
 Havel, J. E. y P. D. N. Hebert. "*Daphnia lumholtzi* in North America: Another Exotic Zooplankter". *Limnology and Oceanography* 38, 1993: pp. 1823-1827.
 Johnson, J. L. y J. E. Havel. Competition Between Native and Exotic *Daphnia*: in situ Experiments. *Journal of Plankton Research* 23, 2001: pp. 373-387.
 Kolar, C. S. y D. H. Wahl. "Daphnid Morphology Deters Fish Predators". *Oecologia* 116, 1998: pp. 556-564.

ECOSUR, centro público de investigación del sistema Conacyt

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) es un centro público de investigación multidisciplinaria enfocado al desarrollo y vinculación de México en su frontera sur. Sus programas se orientan a la generación de conocimientos científicos, la formación de recursos humanos en el nivel de posgrado y a la vinculación, buscando contribuir al desarrollo sustentable de la frontera sur de nuestro país.

Nuestro posgrado está constituido por una maestría en ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural y un doctorado en ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, ambos insertados en el Programa Integral de Fortalecimiento al Posgrado (PIFOP), auspiciado por el Conacyt.

Actualmente, el ECOSUR cuenta con cinco unidades ubicadas en los cuatro estados fronterizos del sur de México. En Chiapas existen centros en las ciudades de San Cristóbal de las Casas y Tapachula, en Chetumal, Quintana Roo, en Campeche, Campeche, y en Villahermosa, Tabasco. La institución cuenta con una planta académica de 120 investigadores de tiempo completo y con cerca de 160 estudiantes de posgrado procedentes de México, Centroamérica, el Caribe y Sudamérica principalmente.

El trabajo de investigación está organizado en tres divisiones o áreas académicas: Población y Salud, Conservación de la Biodiversidad y Sistemas de Producción Alternativos.

En la División de Población y Salud se investigan los procesos de cambio social, migración e integración regional, considerando su relación con la dinámica poblacional, las condiciones de salud y bienestar, las relaciones étnicas y de género, la marginación económica regional y la vinculación con los países vecinos. La perspectiva de género está presente en la mayoría de estas investigaciones.

La División de Conservación de la Biodiversidad se enfoca al reconocimiento de la diversidad biológica actual de la región en ambientes terrestres y acuáticos; también se reconoce el uso que se da a ésta y la condición de los ecosistemas en que se encuentra, enfatizando áreas de importancia como son las reservas de la biosfera o zonas protegidas. También se pretende generar alternativas para un manejo sustentable de la flora y fauna silvestres.

Finalmente, en la División de Sistemas de Producción Alternativos se busca comprender los problemas sociales, económicos, ambientales y técnicos de la producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera del sureste mexicano, así como construir un vínculo entre investigadores, productores y la sociedad en general mediante el ensayo de propuestas tecnológicas, organización productiva y reordenamiento territorial para un uso sustentable de los recursos de la región.



Martínez-Jerónimo, F. *Autoecología experimental de Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera) y su aplicación en estudios de toxicología acuática. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional, Tesis doctoral, México, 1995: 157 pp.

Muzinic, C. J. First record of *Daphnia lumholtzi* Sars in the Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research* 26, 2000: pp. 352-354.

Swaffar, S. M. y W. J. O'Brien. Spines of *Daphnia lumholtzi* Crea-te Feeding Difficulties for Juvenile Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Journal of Plankton Research* 18, 1996: pp. 1055-1061.

Vázquez, A., E. Solís, N. Macedo, I. Rosas. Influencia de la calidad del agua sobre la ocurrencia de *Daphnia pulex* en la presa José Antonio Alzate y algunos aspectos de su pesquería. *Contaminación Ambiental* 2, 1986: pp. 39-56.

Manuel Elías Gutiérrez es biólogo por la FES-Iztacala, UNAM, y doctor en ciencias por el IPN. Fue becario por el gobierno de Bélgica para entrenamiento sobre limnología. Ha sido profesor titular en la FES-Iztacala y actualmente es investigador titular en ECOSUR, unidad Chetumal, dentro del proyecto Ecología y Sistemática del Zooplancton.

Ma. Guadalupe Nieto López es maestra en ciencia y tecnología de alimentos. Ha sido profesora en la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad Autónoma de Chiapas y en el ECOSUR. Actualmente es técnica microscopista electrónica en la misma institución.

Tania Garfías Espejo es maestra en ciencias por El Colegio de la Frontera Sur. Actualmente estudia el doctorado en Biogeografía de cladóceros en la misma institución, becada por el Conacyt. Ha participado en tres publicaciones especializadas y en un congreso nacional.