

## **El estudio de las deformidades en macroinvertebrados acuáticos**

**M. J. Servia**

### **RESUMEN**

Hasta el presente momento se han desarrollado numerosos sistemas bioindicadores que permiten caracterizar el grado de estrés al que están sometidos los ecosistemas de agua dulce mediante el estudio de los macroinvertebrados bentónicos. Numerosos autores coinciden actualmente en señalar la idoneidad del estudio de las respuestas morfológicas de los organismos para evaluar dicho estrés, ya que éstas ocurren antes de que puedan verse afectados otros parámetros indicadores de la alteración, como la fecundidad o la supervivencia de los individuos. En este trabajo se ofrece una breve revisión de los principales estudios existentes sobre el análisis de deformidades en macroinvertebrados acuáticos, así como de la metodología empleada en muchos de ellos.

**Palabras clave:** Deformidades, macroinvertebrados, bioindicadores, metodología.

### **ABSTRACT**

#### **Analysis of deformities in freshwater macroinvertebrates**

Nowadays there is a large number of bioindicator systems for detecting and assessing the impact of environmental stress in freshwater ecosystems by using benthic macroinvertebrates. Several authors have recently claimed that morphological responses of organisms may be considered valuable bioindicators of environmental stress, since these responses occur before any corresponding detrimental effect on the individuals (i.e. fecundity, survivorship). In the present paper the author presents a brief review of the most important studies dedicated to the analysis of deformities in freshwater macroinvertebrates, as well as a short summary of the methods followed in this kind of studies.

**Key words:** Deformities, macroinvertebrates, bioindicators, methodology.

#### **LAS DEFORMIDADES Y LA DETECCIÓN DEL ESTRÉS AMBIENTAL**

Una deformidad puede ser definida como una característica morfológica que se aparta de su configuración normal, excluyendo los efectos del deterioro mecánico (WARWICK, 1988; MADDEN *et al.*, 1995).

En la década de los 70 y principios de los 80, muchos hidrobiólogos publicaron trabajos en los que se registraban altas frecuencias de individuos anormales, pertenecientes a diferentes grupos zoológicos (larvas de insectos, principalmente Quironómidos, peces y anfibios). En la mayor parte de estos trabajos se sugería además la relación entre la aparición de individuos deformes con su presencia en lugares contaminados, lo que provocó, favorecido por la alarma social generada, que una parte de la comunidad científica comenzase a estudiar la posible aplicación del análisis del tipo y frecuencia de estas deformidades como indicadores de contaminación.

Entre los macroinvertebrados, los Quironómidos constituyen el grupo en el que se han utilizado con mayor frecuencia las deformidades como indicadores de estrés ambiental -ver Tabla 1 y revisiones de VERMEULEN (1995) y JANSSENS DE BISTHOVEN (2000). Ello se debe a que con frecuencia algunos de estos organismos forman parte, en su fase larvaria, de las comunidades que pueblan medios acuáticos continentales altamente contaminados, y además determinados representantes de este grupo de insectos parecen mostrar una notable respuesta morfológica a los agentes estresantes.

Las deformidades descritas con mayor frecuencia en este grupo de insectos son

**TABLA I**

ORGANISMO(S)	ESTRUCTURA(S) DEFORME(S)	POSIBLES CAUSAS	REFERENCIA
<b>QUIRONÓMIDOS</b>			
<i>Chironominae</i> (varias especies)	Piezas bucales.	Contaminantes asociados a sedimentos.	REYNOLDS & FERRINGTON, 2001
<i>Tanyptadinae</i> (varias especies)	Piezas bucales.	Contaminantes asociados a sedimentos.	REYNOLDS & FERRINGTON, 2001
<i>Prodiamesa olivacea</i>	Varias estructuras.	Residuos urbanos e industriales.	SERVIA <i>et al.</i> , 2000a
<i>Chironomus spp.</i>	Varias estructuras.	Desconocidas.	SERVIA <i>et al.</i> , 1999b
<i>Chironomus riparius</i>	Piezas bucales.	Metales.	GROENENDIJK <i>et al.</i> , 1998
	Varias estructuras.	Residuos urbanos e industriales.	SERVIA <i>et al.</i> , 1999a
	Piezas bucales.	Contaminantes asociados a sedimentos.	MEREGALLI <i>et al.</i> , 2000
	Varias estructuras.	Residuos urbanos e industriales.	MICHAILOVA & METTINEN, 2000
	Varias estructuras.	Residuos urbanos e industriales.	SERVIA <i>et al.</i> , 2000a
	Varias estructuras.	Varias hipótesis.	SERVIA <i>et al.</i> , 2000b
	Piezas bucales.	Contaminantes asociados a sedimentos.	VERMEULEN <i>et al.</i> , 2000
	Piezas bucales.	No 17 $\alpha$ -etinilestradiol.	MEREGALLI & OLLEVIER, 2001
	Piezas bucales.	4-n-nonilfenol.	MEREGALLI <i>et al.</i> , 2001
	Piezas bucales.	Cadmio.	JANSSENS DE BISTHOVEN <i>et al.</i> , 2001

**Tabla I:** Selección de trabajos recientes sobre deformidades en Quironómidos. Para la consulta de revisiones exhaustivas sobre el tema véanse los trabajos de VERMEULEN (1995) y JANSSENS DE BISTHOVEN (2000).

**Table I:** Selection of some recent works on Chironomid deformities. See VERMEULEN (1995) and JANSSENS DE BISTHOVEN (2000) for complete reviews on the subject.

aquellas que aparecen en determinadas estructuras de la cápsula cefálica larvaria, como son las antenas, mandíbulas o mentum. Estas piezas presentan un grado de esclerotización notable, lo que facilita la detección de las anomalías.

Entre los restantes grupos de insectos (Ver Tabla 2), hay unas pocas citas que hacen referencia a deformidades en Plecópteros (SIMPSON, 1980; STARK *et al.*, 1987) y Efeme-

TABLA II

ORGANISMO(S)	ESTRUCTURA(S) DEFORME(S)	POSIBLES CAUSAS	REFERENCIA
<b>OLIGOQUETOS</b>			
<i>Tubificidae</i>	Falta de sedas. Falta de sedas.	Residuos industrias. Metales.	LAFONT <i>et al.</i> , 1996 PRYGIEL <i>et al.</i> , 2000
<b>MOLUSCOS</b>			
<i>Physa acuta</i>	Varias embriones.	Cadmio.	CHEUNG & LAM, 1998
<b>INSECTOS</b>			
<b>PLECÓPTEROS</b>			
<i>Phasganophora capitata</i>	Branquias.	Residuos clorados.	SIMPSON, 1980
<i>Neoperla robisoni</i>	Corion huevos.	Variaciones genéticas.	STARK <i>et al.</i> , 1987
<i>Sweltsa exquisita</i>	Corion huevos.	Variaciones genéticas.	STARK <i>et al.</i> , 1987
<b>EFEMERÓPTEROS</b>			
<i>Stenacron interpunctatum</i>	Branquias.	Bajos niveles de oxígeno y alta DBO.	PESCADOR & RASMUSSEN, 1995
<b>TRICÓPTEROS</b>			
<i>Ceratopsyche nevae</i>	Branquias, papilas anales.	Acidificación.	VUORI, 1995
<i>Cheumatopsyche sp.</i>	Branquias.	Residuos clorados.	SIMPSON, 1980
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	Branquias.	Contaminación urbana e industrial.	VUORI & PARKKO, 1996
<i>Hydropsyche spp.</i>	Redes.	Metales pesados.	PETERSEN & PETERSEN, 1983
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	Redes.	Residuos industria del papel.	PETERSEN & PETERSEN, 1984
	Branquias, papilas anales.	Acidificación.	VUORI, 1995
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	Branquias.	Agua clorada.	CAMARGO, 1991
	Branquias, papilas anales.	Acumulación de aluminio.	VUORI & KUKKONEN, 1996
	Branquias.	Contaminación urbana e industrial.	VUORI & PARKKO, 1996
	Branquias, papilas anales.	Cromo.	LESLIE <i>et al.</i> , 1999
<i>Hydropsyche siltalai</i>	Branquias, papilas anales.	Acidificación.	VUORI, 1995
	Redes.	Fenvalerato.	WENDT-RASCH <i>et al.</i> , 1998
<i>Hydropsyche slossonae</i>	Redes.	Cadmio.	TESSIER <i>et al.</i> , 2000a
	Redes.	Malation.	TESSIER <i>et al.</i> , 2000b
	Redes.	2,4-diclorofenol.	TESSIER <i>et al.</i> , 2000c

**Tabla II:** Algunos estudios sobre deformidades en macroinvertebrados acuáticos.

**Table II:** Some studies on freshwater macroinvertebrate deformities.

rópteros (PESCADOR & RASMUSSEN, 1995), mientras que ha aumentado en los últimos años el número de trabajos en los que se utilizan Tricópteros.

Actualmente existen también índices para la evaluación de la toxicidad de sedimentos en los que se utilizan las frecuencias de ejemplares de Tubificidos que no presentan setas corporales como consecuencia de la contaminación (LAFONT *et al.*, 1996; PRYGIEL *et al.*, 2000).

Existen innumerables agentes causales citados en la bibliografía como inductores de dichas anomalías morfológicas. Éstos van desde variaciones extremas de las condiciones físico-químicas en el ambiente en el que vive un organismo, tales como variaciones de temperatura o pH, hasta la acción de distintos parásitos o los efectos de numerosas sustancias contaminantes.

En la actualidad las deformidades son consideradas por muchos autores respuestas subletales de los organismos a agentes estresantes (VERMEULEN, 1995), por lo que constituyen adecuados "indicadores precoces" de estados de estrés ambiental. Así, la observación de incrementos notables en las frecuencias de individuos deformes de una población posibilitaría la detección y amortiguación del daño antes de que las poblaciones sufran pérdidas acusadas de individuos debido a un incremento en la mortalidad (JANSSENS DE BISTHOVEN, 2000). A pesar de todo ello, todavía existen reticencias por parte de algunos investigadores a la hora de recomendar el análisis de las deformidades como sistema bioindicador, debido principalmente al desconocimiento de diferentes aspectos relacionados con este fenómeno y la especialización que requiere su estudio (REYNOLDS & RODRÍGUEZ, 1999).

Debido a su posible utilidad como sistema bioindicador, el análisis de deformidades está hoy en día muy extendido. En los Quironómidos, y tras la aparición de numerosos trabajos en la década de los 80 y 90 dedicados al estudio de la aplicación práctica de sus deformidades, actualmente existe un mayor interés en la identificación de los agentes causales específicos de las deformidades y otros aspectos relativos a los mecanismos fisiológicos implicados en su origen y evolución. Por lo que respecta a los Tricópteros, recientemente se han publicado trabajos en los que se han estudiado principalmente deformidades en branquias y papilas anales (SIMPON, 1980; CAMARGO, 1991; VUORI, 1995; VUORI & KUKKONEN, 1996; VUORI & PARKKO, 1996; LESLIE *et al.*, 1999) y anomalías en redes de captura de alimento de larvas del género *Hydropsyche* (PETERSEN & PETERSEN, 1983, 1984; WENDT-RASCH *et al.*, 1998; TESSIER *et al.*, 2000a,b,c), sobre todo con relación a la presencia de metales pesados en el medio.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LOS ESTUDIOS SOBRE DEFORMIDADES

### Procedencia de los ejemplares

Algunos de los ejemplares que han sido descritos desde el punto de vista teratológico proceden de hallazgos ocurridos durante muestreos en estudios faunísticos generales (HARE & CARTER, 1976; WARWICK, 1980). Estas descripciones, además de aportar valiosa información sobre los tipos de anomalías morfológicas de los individuos, ofrecen muchas veces indicios de sus posibles causas, y permiten, tras el análisis de su conjunto, la localización de poblaciones que pudieran estar sometidas a un grado de estrés tal que provocase la aparición de dichas deformidades. Existen trabajos en los que se realiza ya una búsqueda concreta de ejemplares deformes en lugares contaminados, lo que permite relacionar los resultados con niveles o concentraciones de determinados agentes estre-

santes (PETERSEN & PETERSEN, 1983) o bien la comparación de lugares contaminados con otros no contaminados (BIRD, 1994; PESCADOR & RASMUSSEN, 1995). Aparecen también trabajos que intentan establecer los niveles de teratosis en las poblaciones presentes en un área determinada (WIEDERHOLM, 1984; WARWICK *et al.*, 1987; DERMOTT, 1991; DICKMAN *et al.*, 1992), trabajos que permiten realizar contrastes espaciales o temporales de las frecuencias de individuos deformes.

Un eficaz complemento de estos trabajos de campo, y un buen método para obtener información sobre el posible origen de las deformidades, son los experimentos de inducción en laboratorio (KOWALWAT & KNIGHT, 1987; MADDEN *et al.*, 1992; JANSSENS DE BISTHOVEN *et al.*, 1997; VERMEULEN *et al.*, 2000; MEREGALLI *et al.*, 2001), así como experimentos con organismos controlados en el campo (VUORI, 1995; MEREGALLI *et al.*, 2000).

### Análisis morfológico

En algunos grupos de macroinvertebrados la observación de determinadas estructuras no requiere de preparación previa alguna, como es el caso de las branquias y papilas anales de determinados géneros de Tricópteros (VUORI, 1995; LESLIE *et al.*, 1999). En Efemerópteros, PESCADOR & RASMUSSEN (1995) realizan preparaciones microscópicas de las branquias de los ejemplares, y en los Quironómidos, debido a que la mayor parte de las deformidades se localizan en piezas de la cápsula cefálica, ésta se separa del cuerpo de la larva y se aclara con KOH al 8% en caliente, limpiándose posteriormente con etanol antes de proceder a su montaje.

Un caso especial lo constituyen los estudios en los que se analizan deformidades en redes de captura de Tricópteros, que pueden ser teñidas antes de ser incluidas en preparaciones microscópicas (PETERSEN & PETERSEN, 1983; WENDT-RASCH *et al.*, 1999).

### Expresión de los resultados

En aquellos casos en que los trabajos son el resultado de hallazgos ocasionales de individuos deformes, o cuando durante la investigación se han obtenido ejemplares con deformidades muy características, en los resultados suelen incluirse descripciones más o menos detalladas de la anatomía de los ejemplares anómalos. Cuando estas descripciones se realizan utilizando un gran número de ejemplares, y se aportan datos de distribución y diversidad de individuos anómalos, pueden ser fundamentales para la comprensión de los mecanismos y agentes causales de dichas deformidades (WARWICK, 1985, 1989, 1991; WARWICK & TISDALE, 1988).

Por lo general, cuando se analizan poblaciones, o bien grupos de individuos sometidos a distintos tratamientos en el laboratorio, los resultados suelen expresarse como el porcentaje de individuos deformes. En el caso de los vertebrados, es frecuente el uso de términos epidemiológicos, como es la prevalencia (porcentaje de animales afectados de la población) o el espectro (gama de las manifestaciones del fenómeno), en las descripciones de los hechos observados. Sin embargo, estos términos no son de uso común en invertebrados. La comparación espacial, temporal o entre tratamientos de las frecuencias se realiza mediante el análisis de tablas de contingencia.

Además de las frecuencias de aparición de individuos deformes, existen trabajos en los que los autores ofrecen "Índices de severidad". La finalidad y los métodos de elaboración de dichos índices son diversos, aunque por lo general el objetivo que se persigue es facilitar la asociación de un determinado tipo o porcentaje de deformidades en los individuos a un determinado grado de contaminación del medio.

Dentro de los macroinvertebrados, la mayor parte de los índices desarrollados corresponden a deformidades presentes en Quironómidos. WARWICK (1985) fue el primer autor que propuso analizar, no solo la incidencia de las deformidades, sino también la gravedad de las mismas, estableciendo el grado de severidad de éstas como paso previo al diseño de índices que permitiesen obtener información complementaria a la frecuencia de deformidades. A partir de este primer trabajo se publicaron estudios posteriores en los que se perfeccionaba el uso de estos índices de severidad (WARWICK & TISDALE, 1988; WARWICK, 1989; DERMOTT, 1991; WARWICK, 1991; LENAT, 1993; VERMEULEN *et al.*, 1998).

Todos estos índices de severidad representaron un avance en el uso de las deformidades, ya que su finalidad era utilizar su valor como indicador de un cierto grado de contaminación, establecido en función de datos físico-químicos de agua y/o sedimento y de datos de las comunidades residentes en ese mismo lugar. Por ello, diversos autores han recurrido a estos índices para contrastar la información obtenida por ellos y, sin necesidad de realizar costosos análisis químicos, ofrecer un valor indicativo del grado de estrés al que estaban sometidos sus puntos de muestreo (ASTON, 1998; SERVIA *et al.*, 1998b; REYNOLDS & FERRINGTON, 2001).

A pesar de que intuitivamente parece justificado pensar que la presencia de un hueco pequeño en el mentum podría no indicar lo mismo que la presencia de uno mucho más grande y conspicuo, todas las revisiones críticas de los anteriores índices realizadas hasta el momento parecen señalar lo contrario. Así, tanto JANSSENS DE BISTHOVEN *et al.* (1995) como VERMEULEN *et al.* (1998) concluyen, tras la elaboración de estudios independientes con *Chironomus*, que el uso de datos de severidad y frecuencia es redundante, y que los valores de frecuencia aislados pueden ofrecer información suficiente. Estos autores han elaborado sendos sistemas de clasificación de la toxicidad de los sedimentos a partir de los datos de frecuencias de deformidades larvarias, que están actualmente siendo evaluados para su aplicación en otras áreas (SERVIA, 2001).

## ESTUDIOS SOBRE DEFORMIDADES EN ESPAÑA

La mayor parte de los estudios sobre deformidades en nuestro país se reducen a citas aisladas acerca del hallazgo de individuos teratológicos de diferentes grupos, no todos ellos relacionados con medios acuáticos continentales. Algunos de estos trabajos son antiguos, como por ejemplo el de JIMÉNEZ DE CISNEROS (1914), en el que hace referencia al hallazgo de individuos anormales del género *Asterina* en el puerto de Cartagena. Trabajos más recientes de este tipo pueden encontrarse en diferentes revistas, como por ejemplo en este Boletín de la Asociación Española de Entomología, en los que se describen ejemplares teratológicos encontrados mayormente de forma casual, generalmente en muy bajo número (son frecuentes los trabajos en los que se incluyen únicamente uno o dos ejemplares), y para los que sólo ocasionalmente se sugieren distintos factores como posibles causantes de las mismas (PÉREZ ÍNIGO MORA, 1982; ACOSTA & MARTÍNEZ, 1984; ORNOSA GALLEGO, 1984, 1985; VIEJO MONTESINOS, 1984; GAJU RICART & BACH DE ROCA, 1987; ROMERO SAMPER, 1993; BEAUCOURNU *et al.*, 1999; HERNÁNDEZ *et al.*, 1999; CABALLERO & ITURRODOBEITIA, 2000; ORTUÑO, 2000; TORRES & RAMOS, 2000).

El estudio de deformidades en larvas de Quironómidos es un área de investigación nueva en España, donde son escasos todavía los trabajos publicados. El Laboratorio de Hidrobiología del Departamento de Biología Animal de la Universidad de Santiago de Compostela empezó los estudios sobre esta materia en el año 1993, con la realización de

diversos muestreos en la estación de Bertamiráns, que recibe los vertidos urbanos e industriales de Santiago de Compostela. Estos muestreos sirvieron para constatar la existencia de deformidades en las larvas de Quironómidos, por lo que en años posteriores se continuó la campaña de muestreos en este punto, ampliándose los trabajos de recolección de material a otras estaciones. Las investigaciones realizadas incluyeron la descripción de las deformidades de larvas de *Chironomus riparius* y *Procladius olivacea*, el estudio de las variaciones espaciales y temporales de su frecuencia y tipos, el estudio del ajuste de índices de severidad de las deformidades a nuestros datos, así como sus variaciones espaciales y temporales. Además, se adaptó un índice de severidad, diseñado inicialmente para larvas de *Chironomus*, para su uso en *P. olivacea*, estudiándose por último la viabilidad de los individuos teratológicos.

Todos estos aspectos constituyeron la materia de la primera Memoria de Licenciatura realizada en la Península sobre este tema (SERVIA, 1996), así como de varias publicaciones posteriores (SERVIA *et al.*, 1998a, b, 1999a, b, 2000a, b) y una Tesis Doctoral (SERVIA, 2001) que incluye además investigaciones recientes todavía no publicadas.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Asociación española de Entomología, por haber tenido la feliz idea de crear los Premios de Entomología, que impulsarán, con seguridad, la investigación entomológica en nuestro país. Quiero además mostrar mi agradecimiento a los doctores Fernando Cobo y Marcos González, que con sus comentarios han contribuido a mejorar este artículo notablemente. Este trabajo se ha realizado con el apoyo de los proyectos XUGA20005B98 y PGIDT01PX120002PR, así como de becas de Tercer Ciclo y Predoctorales de la Xunta de Galicia y de Investigación de la Diputación Provincial de A Coruña.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, F. J. & M. D. MARTÍNEZ, 1984. Algunas anomalías en *Leptothorax rabaudi* Bond, 1918 (Hym., Formicidae). *Boletín Asociación española de Entomología*, 8: 41-45.
- ASTON, W. A., 1998. *Morphological deformities in chironomid larvae (Chironomidae: Diptera): Biomarkers of urban polluted sediments*. Tesis doctoral. Staffordshire University. Inglaterra. 245 pp.
- BEAUCOURNU, J. C., M. S. GÓMEZ & K. MENIER, 1999. Apports de la tératologie à l'étude des Siphonaptères: discussion à propos de 3 cas de stigmates surnuméraires. *Boletín Asociación española de Entomología*, 23(1-2): 249-256.
- BIRD, G. A., 1994. Use of chironomid deformities to assess environmental degradation in the Yamaska River, Quebec. *Environmental Monitoring and Assessment*, 30: 163-175.
- CABALLERO, A. I. & J. C. ITURRONDORIBETIA, 2000. Algunas malformaciones observadas en ácaros oribátidos (Acari, Oribatida). *Boletín Asociación española de Entomología*, 24(1-2): 207-212.
- CAMARGO, J. A., 1991. Toxic effects of residual chlorine on larvae of *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera, Hydropsychidae): a proposal of biological indicator. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 47: 261-265.
- CHEUNG, C. C. C. & P. K. S. LAM, 1998. Effect of cadmium on the embryos and juveniles of a tropical freshwater snail, *Physa acuta* (Draparnaud, 1805). *Water Science Technology*, 38(7): 263-270.

- DERMOTT, R. M., 1991. Deformities in larval *Procladius* spp. and dominant *Chironomini* from the St. Clair River. *Hydrobiologia*, 219: 171-185.
- DICKMAN, M., I. BRINDLE & M. BENSON, 1992. Evidence of teratogens in sediments of the Niagara River Watershed as reflected by chironomid (Diptera: Chironomidae) deformities. *Journal of Great Lakes Research*, 18(3): 467-480.
- GAJU RICART, M. & C. BACH DE ROCA, 1987. Un caso teratológico en *Promesomachilis hispanica* Silv., 1923 (Apterygota: Microcoryphia). *Boletín Asociación española de Entomología*, 11: 301-304.
- GROENENDIJK, D., L. W. M. ZEINSTRAS & J. F. POSTMA, 1998. Fluctuating asymmetry and mentum gaps in populations of the midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) from a metal-contaminated river. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17: 1999-2005.
- HARE, L. & J. C. H. CARTER, 1976. The distribution of *Chironomus* (s. s.)? *cucini* (*salinarius* group) larvae (Diptera: Chironomidae) in Parry Sound, Georgian Bay, with particular reference to structural deformities. *Canadian Journal of Zoology*, 54: 2129-2134.
- HERNÁNDEZ, J. M., M. TOMÉ & P. BAHILLO, 1999. An interesting teratological case in *Iberodorcadion* (*Hispanodorcadion*) *heydeni* (Kraatz, 1870) (Coleoptera, Cerambycidae). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 95(3-4): 69-71.
- JANSENS DE BISTHOVEN, L. (2000). Biomonitoring with morphological deformities in aquatic organisms. In GERHARDT, A. (Ed.): *Biomonitoring of polluted water*: 65-93. Trans Tech Publications, Switzerland.
- JANSENS DE BISTHOVEN, L., C. HUYSMANS & F. OLLEVIER, 1995. The *in situ* relationships between sediment concentrations of micropollutants and morphological deformities in *Chironomus* gr. *thummi* larvae (Diptera, Chironomidae) from lowland rivers (Belgium): a spatial comparison. In CRANSTON, P. S. (Ed.): *Chironomids: From genes to ecosystems*: 63-80. CSIRO Publications, Canberra.
- JANSENS DE BISTHOVEN, L., C. HUYSMANS, R. VANNEVEL, G. GOEMANS, & F. OLLEVIER, 1997. Field and experimental morphology response of *Chironomus* larvae (Diptera, Nematocera) to xylene and toluene. *Netherlands Journal of Zoology*, 47: 227-239.
- JANSENS DE BISTHOVEN, L., J. POSTMA, A. VERMEULEN, G. GOEMANS & F. OLLEVIER, 2001. Morphological deformities in *Chironomus riparius* Meigen larvae after exposure to cadmium over several generations. *Water, Air, and Soil Pollution*, 129: 167-179.
- JIMÉNEZ DE CISNEROS, 1914. Noticia acerca de algunos individuos anormales de *Asterina* encontrados en el puerto de Cartagena. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 14: 278-281.
- KOSALWAT, P. & A. W. KNIGHT, 1987. Chronic toxicity of copper to a partial life cycle of the midge *Chironomus decorus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 16: 283-290.
- LAFONT, M., J. C. CAMUS & A. ROSSO, 1996. Superficial and hyporheic oligochaete communities as indicators of pollution and water exchange in the River Moselle, France. *Hydrobiologia*, 334: 147-155.
- LENAT, D. R., 1993. Using mentum deformities of *Chironomus* larvae to evaluate the effects of toxicity and organic loading in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 12(3): 265-269.
- LESLIE, H. A., T. I. PAVLUK, A. BIJ DE VAATE & M. H. S. KRAAK, 1999. Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the

- Chusovaya River (Urals, Russia). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37(2): 182-189.
- MADDEN, C. P., A. D. AUSTIN & P. J. SUTER, 1995. Pollution monitoring using Chironomid larvae: What is a deformity? In CRANSTON, P. S. (Ed.): *Chironomids: From genes to ecosystems*: 89-100. CSIRO Publications, Canberra.
- MADDEN, C. P., P. J. SUTER, B. C. NICHOLSON & A. D. AUSTIN, 1992. Deformities in chironomid larvae as indicators of pollution (pesticide) stress. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 26(2-4): 551-557.
- MEREGALLI, G. & F. OLLEVIER, 2001. Exposure of *Chironomus riparius* larvae to 17 $\alpha$ -ethynylestradiol: effects on survival and mouthpart deformities. *The Science of the Total Environment*, 269: 157-161.
- MEREGALLI, G., L. PLUYMERS & F. OLLEVIER, 2001. Induction of mouthpart deformities in *Chironomus riparius* larvae exposed to 4-n-nonylphenol. *Environmental Pollution*, 111: 241-246.
- MEREGALLI, G., A. C. VERMEULEN & F. OLLEVIER, 2000. The use of chironomid deformation in an *in situ* test for sediment toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 47: 231-238.
- MICHAILOVA, P. & A. METTINEN, 2000. Cytotaxonomical variability of *Chironomus plumosus* L. and *C. anthracinus* Zett. (Diptera, Chironomidae) from industrial and municipal polluted areas of Finland. *Caryologia*, 53(1): 69-81.
- ORNOSA GALLEGO, C., 1984. Un ginandromorfo de *Psithyrus rupestris* (F., 1793) (Hym., Apidae, Bombinae). *Boletín Asociación española de Entomología*, 8: 59-61.
- ORNOSA GALLEGO, C., 1985. Dos casos de teratología en Bombinae (Hym. Apidae). *Boletín Asociación española de Entomología*, 9: 367-370.
- ORTUÑO, V. M., 2000. Malformaciones en los coleópteros. *Investigación y Ciencia*, noviembre.
- PÉREZ ÍÑIGO MORA, C., 1982. Sobre dos interesantes casos teratológicos en Apoideos (Hym. Apoidea). *Boletín Asociación española de Entomología*, 6(1): 29-31.
- PESCADOR, M. L. & A. K. RASMUSSEN, 1995. Nymphal abnormalities in *Stenacron interpunctatum* (Ephemeroptera: Heptageniidae) from the Fenholloway River, Florida. In CORKUM, L. D. & CIBOROWSKI, J. J. H. (Eds.): *Current directions in research on Ephemeroptera*: 55-77. Canadian Scholars' Press, Inc., Toronto.
- PETERSEN, L. B. M. & R. C. JR. PETERSEN, 1983. Anomalies in hydropsyche capture nets from polluted streams. *Freshwater Biology*, 13: 185-191.
- PETERSEN, L. B. M. & R. C. JR. PETERSEN, 1984. Effect of kraft pulp mill effluent and 4,5,6 trichloroguaiacol on the net spinning behavior of *Hydropsyche angustipennis* (Trichoptera). *Ecological Bulletin*, 36: 68-74.
- PRYGIEL, J., A. ROSSO-DARMET, M. LAFONT, C. LESNIAK, A. DURBEC & B. OUDDANE, 2000. Use of oligochaete communities for assessment of ecotoxicological risk in fine sediment of rivers and canals of the Artois-Picardie water basin (France). *Hydrobiologia*, 410: 25-37.
- REYNOLDS, S. K. & L. C. FERRINGTON, 2001. Temporal and taxonomic patterns of mouthpart deformities in larval midges (Diptera: Chironomidae) in relation to sediment chemistry. *Journal of Freshwater Ecology*, 16(1): 15-27.
- REYNOLDS, T. B. & P. RODRÍGUEZ, 1999. Field methods and interpretation for sediment bioassessment. In MUDROCH, A., AZCUE, J. M. & MUDROCH, P. (Eds.): *Bioassessment of aquatic sediment quality*: 135-175. Lewis Publishers, Boca Raton.

- ROMERO SAMPER, J., 1993. Descripción de dos casos teratológicos en Coleoptera Scarabaeoidea. *Boletín Asociación española de Entomología*, 17(2): 345.
- SERVIA, M. J., 1996. *Contribución al estudio de las deformidades larvianas en Quironómidos (Diptera, Chironomidae) y su relación con el estrés ambiental en aguas dulces de Galicia (N.O. de España)*. Memoria de licenciatura. Univ. Santiago de Compostela. 137 pp.
- SERVIA, M. J., 2001. *Causalidad, ontogenia y aplicación práctica en la detección del estrés ambiental de la asimetría fluctuante y las deformidades en larvas de Chironomus riparius Mg. (Diptera: Chironomidae) de ecosistemas acuáticos de Galicia*. Tesis doctoral. Univ. Santiago de Compostela. 304 pp.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 1998a. Evaluación del nivel de estrés ambiental en diversos ecosistemas acuáticos de Galicia, mediante el estudio de deformidades en larvas de Quironómidos (Diptera, Chironomidae). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 8: 271-280.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 1998b. Deformities in larval *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818) (Diptera, Chironomidae) and their use as environmental stress indicators. *Hydrobiologia*, 385: 153-162.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 1999a. Sobre la posible repercusión de la presencia de deformidades en el ciclo vital de *Chironomus riparius* Meigen, 1804 (Diptera, Chironomidae). *Boletín Asociación española de Entomología*, 23(1-2): 105-113.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 1999b. Aparición de deformidades en larvas del género *Chironomus* (Diptera, Chironomidae) recolectadas en ambientes no alterados. *Boletín Asociación española de Entomología*, 23(3-4): 331-332.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 2000a. Seasonal and interannual variations in the frequency and severity of deformities in larvae of *Chironomus riparius* Meigen, 1804 and *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818) (Diptera, Chironomidae) collected in a polluted site. *Environmental Monitoring and Assessment*, 64: 617-626.
- SERVIA, M. J., F. COBO & M. GONZÁLEZ, 2000b. Incidence and causes of deformities in recently hatched larvae of *Chironomus riparius* Meigen, 1804 (Diptera, Chironomidae). *Archiv für Hydrobiologie*, 149(3): 387-401.
- SIMPSON, D. W., 1980. Abnormalities in the tracheal gills of aquatic insects collected from streams receiving chlorinated crude oil wastes. *Freshwater Biology*, 10: 581-583.
- STARK, B. P., P. G. COX, D. L. LENTZ & A. B. HOGUE, 1987. Abnormalities in stonefly eggs (Insecta: Plecoptera). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 60(4): 588-592.
- TESSIER, L., J. L. BOISVERT, L. B. M. VOUGHT & J. O. LACOURSIERE, 2000a. Anomalies on capture nets of *Hydropsyche slossonae* larvae (Trichoptera; Hydropsychidae) following a sublethal chronic exposure to cadmium. *Environmental Pollution*, 108(3): 425-438.
- TESSIER, L., J. L. BOISVERT, L. B. M. VOUGHT & J. O. LACOURSIERE, 2000b. Anomalies on capture nets of *Hydropsyche slossonae* larvae (Trichoptera; Hydropsychidae), a potential indicator of chronic toxicity of malathion (organophosphate insecticide). *Aquatic Toxicology*, 50(1-2): 125-139.
- TESSIER, L., J. L. BOISVERT, L. B. M. VOUGHT & J. O. LACOURSIERE, 2000c. effects of 2,4-dichlorophenol on the net-spinning behavior of *Hydropsyche slossonae* larvae (Trichoptera; Hydropsychidae), an early warning signal of chronic toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46(2): 207-217.

- TORRES, F. & M. RAMOS, 2000. Teratologías en apoideos ibéricos (Hymenoptera, Apoidea). *Boletín Asociación española de Entomología*, 24(1-2): 25-32.
- VERMEULEN, A. C., 1995. Elaborating chironomid deformities as bioindicators of toxic sediment stress: the potential application of mixture toxicity concepts. *Annales Zoologici Fennici*, 32: 265-285.
- VERMEULEN, A. C., P. C. DALL, C. LINDEGAARD, F. OLLEVIER & B. GODDEERIS, 1998. Improving the methodology of chironomid deformation analysis for sediment toxicity assessment: a case study in three Danish lowland streams. *Archiv für Hydrobiologie*, 144(1): 103-125.
- VERMEULEN, A. C., G. LIBERLOO, P. DUMONT, F. OLLEVIER & B. GODDEERIS, 2000. Exposure of *Chironomus riparius* larvae (Diptera) to lead, mercury and b-sitosterol: effects on mouthpart deformation and moulting. *Chemosphere*, 41: 1581-1591.
- VIEJO MONTESINOS, J. L., 1984. Un ginandromorfo bilateral de *Polyommatus icarus* (Lep., Lycaenidae) y otros casos teratológicos de mariposas. *Boletín Asociación española de Entomología*, 8: 63-68.
- VUORI, K. M., 1995. Species- and population-specific responses of translocated hydropsychid larvae (Trichoptera, Hydropsychidae) to runoff from acid sulphate soils in the River Kyrönjoki, western Finland. *Freshwater Biology*, 33(2): 305-318.
- VUORI, K. M. & J. KUKKONEN, 1996. Metal concentrations in *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera, Hydropsychidae) in relation to the anal papillae abnormalities and age of exocuticle. *Water Research*, 30(10): 2265-2272.
- VUORI, K. M. & M. PARKKO, 1996. Assessing pollution of the river Kymijoki via Hydropsychid caddis flies: Population age structure, microdistribution and gill abnormalities in the *Cheumatopsyche lepida* and *Hydropsyche pellucidula* larvae. *Archiv für Hydrobiologie*, 136(2): 171-190.
- WARWICK, W. F., 1980. Pasqua Lake, Southeastern Saskatchewan: a preliminary assessment of trophic status and contamination based on Chironomidae (Diptera). In MURRAY, D. A. (Ed.): *Chironomidae: ecology, systematics, ethology and physiology*: 255-267. Pergamon Press, Oxford.
- WARWICK, W. F., 1985. Morphological abnormalities in Chironomidae (Diptera) larvae as measures of toxic stress in freshwater ecosystems: Indexing antennal deformities in *Chironomus* Meigen. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1881-1914.
- WARWICK, W. F., 1988. Morphological deformities in Chironomidae (Diptera) larvae as biological indicators of toxic stress. In EVANS, M. S. (Ed.): *Toxic contaminants and ecosystem health. A Great Lakes focus*: 281-320. John Wiley and Sons, New York.
- WARWICK, W. F., 1989. Morphological deformities in larvae of *Procladius* Skuse (Diptera: Chironomidae) and their biomonitoring potential. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 1255-1270.
- WARWICK, W. F., 1991. Indexing deformities in ligulae and antennae of *Procladius* larvae (Diptera: Chironomidae): Application to contaminant-stressed environments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48:1151-1166.
- WARWICK, W. F., J. FITCHKO, P. M. MCKEE, D. R. HART & A. J. BURT, 1987. The incidence of deformities in *Chironomus* spp. from Port Hope Harbour, lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 13(1): 88-92.
- WARWICK, W. F. & N. A. TISDALE, 1988. Morphological deformities in *Chironomus*, *Cryptochironomus*, and *Procladius* larvae (Diptera: Chironomidae) from two diffe-

- rentially stressed sites in Tobin Lake, Saskatchewan. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45: 1123-1144.
- WENDT-RASCH, R. L., L. B. M. VOUGHT & P. WOIN, 1998. Effects of fenvalerate on the net-spinning behavior of *Hydropsyche siltalai* (Dohler) (Trichoptera: Hydropsychidae). *Hydrobiologia*, 382(0): 53-61.
- WIEDERHOLM, T., 1984. Incidence of deformed chironomid larvae (Diptera: Chironomidae) in Swedish lakes. *Hydrobiologia*, 109: 243-249.

**María José Servia.** Departamento de Biología Animal. Facultade de Biología. Universidade de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela (España).