

ARTÍCULO ORIGINAL

EFECTO DE UN DETERGENTE BIODEGRADABLE EN
AGUA EN LA REPRODUCCIÓN DE *DAPHNIA MAGNA*EFFECT OF A BIODEGRADABLE DETERGENT IN
WATER ON *DAPHNIA MAGNA* REPRODUCTIONCastiglioni, M.^{1,2} & Collins, P.^{1,2}

¹ Escuela Superior de Sanidad- FBCB- UNL. Cuidad Universitaria Pje El Pozo s/n, 3000 Santa Fe², Argentina.
Instituto Nacional de Limnología- CONICET-UNL. Cuidad Universitaria Pje El Pozo s/n, 3000 Santa Fe, Argentina.
Correo electrónico: marielacastiglioni@hotmail.com

The Biologist (Lima) 8:43-53.

ABSTRACT

The aquatic ecosystems near to urban zone have a constant risk by several physical and chemical factors relative to human activities. This provokes synergic effects on aquatic organisms, being the domestic sewage an important factor to assess, highlighting the detergents. The cladocerans *Daphnia magna*, there is not originate in the Neotropical region, is a specie more used in ecotoxicological assays in the world by its easy culture and short life cycle. The aim of the work is observe as affect the commercial detergent on *D. magna* and their reproductive fitness. This was realized with chronic assays of isolated and grouped individuals using three sublethal concentrations of anionic detergent, previously the LC₅₀ was determined. The assays lasted 21 days, daily the neonates were registered. These were counted and measured. In the chronic assays, the isolated individuals produced 262 embryos in the control group, being alike to two lower concentrations. The neonates were more abundant in the higher concentration than in lower and control ones. In the grouped animal experience, the increase in the egg number was progressive to detergent concentration. In this study, the detergent could be induced a production of more abundant and viable offspring. This could be associated with that the detergent permit an effective use of trophic resource and bioavailability of energy to reproduction, when the detergent discharge breaks down the particles or algal cells offered as food.

Key words: anionic detergent, reproduction, cladocerans.

RESUMEN

Los ecosistemas acuáticos cercanos a las zonas urbanas sufren un deterioro constante ocasionado por diversos factores físicos-químicos relacionados con la actividad del hombre. Éstos provocan efectos sinérgicos sobre los organismos acuáticos, siendo los detergentes entre los vertidos líquidos domésticos elementos de interés a evaluar. El cladóceros *Daphnia magna*, si bien no es originario de la región, es uno de los organismos más utilizado en bioensayos ecotoxicológicos en el mundo por su fácil cultivo y su corto ciclo de vida. El objetivo del presente trabajo es observar cómo afecta un formulado comercial de detergente biodegradable sobre la capacidad reproductiva de *D. magna*. Esto se realizó a partir de ensayos crónicos en individuos aislados y agrupados utilizando tres concentraciones subletales de un detergente aniónico, por lo que previamente se determinó la CL₅₀. El ensayo duró 21 días, registrando diariamente los neonatos nacidos. Estos fueron contabilizados y retirados para su medición. En los bioensayos crónicos, los individuos aislados en el control produjeron 262 huevos, siendo similar a las dos concentraciones inferiores. La puesta de huevos y la obtención de neonatos viables en aquellos ejemplares aislados fue mayor en la concentración superior que en las menores, y éstas más que en el control. A su vez, en la experiencia con ejemplares agrupados, el incremento en el número de huevos fue progresivo a la concentración del detergente. El detergente promovió una producción de descendencia más abundante y viable. Esto podría asociarse a que el detergente permitiría una más eficaz utilización del recurso trófico y biodisponibilidad de energía para reproducirse al desagregar las partículas o las células algales ofrecidas como alimento.

Palabras clave: cladóceros, detergente aniónico, reproducción.

INTRODUCCIÓN

Los procesos productivos ligados al crecimiento de la población humana traen aparejado una consecuente contaminación, la cual impacta sobre la costa y sus sistemas acuáticos circundantes. Esto, junto a la ocupación del espacio, sobre-explotación de los recursos naturales y vertido de desechos son acciones que por medio de ellas el hombre transforma el ambiente ajustando estas a sus necesidades o buscando mejores comodidades. Los ecosistemas acuáticos localizados en la cercanía de las zonas urbanizadas sufren la degradación constante por diversos factores físicos-químicos relacionados a la actividad del hombre. De esta manera, los ecosistemas acuáticos reflejarían en general el estado de la biosfera (Ostroumov 2005).

Diferentes elementos alóctonos ingresan a los sistemas naturales, principalmente de la actividad industrial y urbana. La mayoría de estos compuestos alcanzan los ambientes acuáticos, debido a aportes pluviales o mediante vertidos directos al sistema (Ostroumov 2005). Entre éstos, los desagües domésticos se caracterizan por contener una carga alta de materia orgánica, incluyendo detergentes. Ellos son productos de uso doméstico que poseen estructuras moleculares hidrófobas de biodegradación lenta (Dickson 1990). Muchos de éstos contienen fosfatos como uno de sus compuestos principales, cuya proporción puede llegar a ser tan alta como la del 40% en relación al peso (Pickup 1990). Éstos causan una serie de problemas ambientales, como producción de espuma, alteración de la tensión superficial del agua y disminución del oxígeno disuelto (Orozco *et al.* 2003). Además, como fue mencionado previamente los detergentes contienen fósforo en su

composición (Bock & Stache 1982). Éste nutriente provoca en los ambientes acuáticos procesos de eutrofización (Godfrey 1982, Millán 1994).

Dependiendo de la estructura química, los detergentes pueden ser fácilmente descompuestos o no por las bacterias. Los fabricados con base en ABS (Alquil benceno sulfonato de sodio ramificado) son resistentes al ataque biológico por su composición molecular ramificada y por la adhesión de anillos bencénicos a los átomos terciarios de carbono de los grupos de cadena ramificada (Iannacone & Alvariño 2002). La biodegradabilidad de los detergentes domésticos es muy variable y depende de la estructura y ramificación (Jensen 1999; Temara *et al.* 2001). Los fabricados con base en LAS (Alquil benceno sulfonato de sodio lineal) son biotransformados en condiciones aeróbicas (Jensen 1999, Scout & Jones 2000, Salager 2004).

La toxicidad de los detergentes del tipo LAS varía ampliamente en invertebrados acuáticos (1-100 mg·L⁻¹) (Faba & Crotti 1979, Sivak *et al.* 1982). Además, este xenobiótico en vertebrados, como en algunos peces, provoca el aumento de la permeabilidad en las branquias modificando los procesos respiratorios (Cabridenc 1979, Katz 1979, Mason 1981).

El cladóceros *Daphnia magna* Straus, 1820, si bien no es originario de la región Neotropical, es uno de los crustáceos planctónicos más utilizado en bioensayos ecotoxicológicos en el mundo por su fácil cultivo y su corto ciclo de vida (Dodson & Hanazato 1995, Hosmer *et al.* 1998, Verge & Moreno 2000). Este grupo zoológico se reproduce generalmente asexualmente por partenogénesis en condiciones favorables y a baja densidad poblacional. Los huevos presentan una

cubierta sencilla y son incubados en la cámara dorsal, ubicada entre dos valvas, permaneciendo en ella como embriones hasta su eclosión. Cuando concluye el período embrionario, en el ejemplar progenitor ocurre la división y separación de la espina caudal liberando al medio los neonatos. Los individuos liberados son morfológicamente similares al adulto. El número de eventos reproductivos o camadas varía con las condiciones del medio y de la hembra. El tamaño de la camada aumenta llegando al máximo total en el quinto evento y decrece luego hasta la finalización de la etapa reproductiva del individuo (Hallam *et al.* 1990).

El objetivo del trabajo fue observar el efecto de un formulado comercial de detergente biodegradable sobre la capacidad reproductiva del crustáceo *D. magna*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se desarrollaron en los laboratorios de bioensayos y crustáceos del Instituto Nacional de Limnología, Santo Tomé, Santa Fe, Argentina. Las condiciones de temperatura y fotoperíodo en éstos fueron de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ y 16:8 h luz-oscuridad.

El xenobiótico utilizado en la experiencia correspondió a un formulado comercial de uso masivo y doméstico de detergente aniónico con 80% de biodegradabilidad mínima, conteniendo: lineal alquilbencensulfonato de sodio (materia activa mínima 7,65 %). Además presenta lauril eter sulfonato de sodio, coco amido propil betaína, viscosantes, preservantes, secuestrantes, colorante, perfume y glicerina. La degradación de este tipo de detergente es

considerada que ocurre rápidamente luego de aproximadamente 1 a 3 semanas (Iannacone & Alvarino 2002).

Los ejemplares de *D. magna* fueron obtenidos a partir de hembras partenogénicas de un cultivo mantenido en el Instituto Nacional de Limnología. Los individuos fueron trasladados al laboratorio para su aclimatación. Luego de este periodo, los neonatos obtenidos fueron colocados en recipientes con medio de cultivo. Éste estuvo compuesto por 50 % de agua de perforación y 50 % proveniente de un cuerpo de agua artificial filtrada a través de filtros tipo "Millipore" de $0,45 \mu\text{m}$ de diámetro de poro. Las características de los parámetros químicos más importantes son indicadas en la Tabla 1. Luego de 24 h fueron obtenidos los neonatos que se utilizaron en los bioensayos.

En primer lugar se realizaron ensayos estáticos de toxicidad aguda del formulado comercial de detergente, determinando la CL_{50} a las 24 y 48 h. Esta información sirvió de base para el establecimiento del diseño experimental crónico. Luego de la obtención de la CL_{50} , se procedió a realizar dos ensayos crónicos con individuos aislados y agrupados utilizando las siguientes concentraciones subletales del formulado de detergente biodegradable: $0,03 \text{ mL/L}^{-1}$; $0,06 \text{ mL/L}^{-1}$; $0,10 \text{ mL/L}^{-1}$ y un control. En ambos casos se utilizaron neonatos de 24 h. En la primera se utilizaron 80 ejemplares ubicándolos individualmente en 20 recipientes de 50 mL para cada concentración evaluada y control. Mientras que en la experiencia grupal (población) se utilizaron 800 individuos, colocando 10 cladóceros por recipiente de 110 mL, utilizando 80 recipientes en total (20 para cada concentración y control).

Diariamente se suministró alimento (algas y levaduras), se retiraron heces y sobrante de

comida. Con la misma periodicidad, el 30% del medio fue renovado asegurando la estabilidad de las concentraciones determinadas. La experiencia duró 21 días.

Durante el período de ensayo los neonatos nacidos fueron retirados, siendo estos contabilizados y fotografiados bajo microscopio estereoscópico (x40). Las imágenes de alta resolución fueron digitalizadas mediante el programa TPSdig (Rohlf 2006). En cada ejemplar se tomaron medidas del largo total (Lt), espina caudal (ec), basípodo de la antena (a), y ancho de la cabeza (c) (Fig. 1).

La determinación del valor de la CL_{50} se realizó mediante el análisis Probit (Finney 1971). Los valores de los diferentes parámetros biométricos fueron comparados entre las distintas concentraciones mediante ANDEVA. Previamente se evaluó la homoscedasticidad (prueba de Bartlett) y normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) de los datos. Cuando estas no fueron aceptadas se realizó la prueba de Kruskal-Wallis. La determinación de diferencias entre grupos evaluados se realizó mediante la post-prueba de Tukey o la comparación de Mann-Whitney (Zar 1996).

RESULTADOS

La supervivencia en el ensayo agudo disminuyó con el tiempo, determinando a las 48 h el valor de CL_{50} ($0,1416 \pm 0,0008$ mL/L) en el cladóceros *D. magna* expuesto al formulado de detergente biodegradable de uso masivo y comercial (Fig. 2).

La aparición de huevos en los ejemplares del grupo control mantenidos aisladamente

ocurrió a los $10,5 \pm 1,21$ días de iniciadas las experiencias. En las dos concentraciones superiores de detergente, los huevos aparecieron en un tiempo significativamente menor ($9,3 \pm 0,48$ días) ($F=4,15$; $p=0,01$). Por otra parte, los huevos en ejemplares agrupados ocurrieron a los 10 días, siendo similar en todos los organismos ensayados (ANOVA $F=1,60$; $p=0,19$). El tiempo en que se observaron huevos en los ejemplares aislados del control fue similar a aquellos que se encontraban agrupados ($F=1,94$; $p=0,16$).

Los ejemplares mantenidos individualmente en el control tuvieron una totalidad de 262 huevos durante los 21 días de ensayo, mientras que aquellos expuestos a las concentraciones de detergente fue de 235, 284 y 407 correspondiendo a 0,03, 0,06 y 0,10 mL·L⁻¹. La puesta de huevos fue mayor en la concentración superior. Mientras que en la experiencia con ejemplares agrupados, el incremento en el número de huevos fue progresivo a la concentración del detergente (Fig. 3).

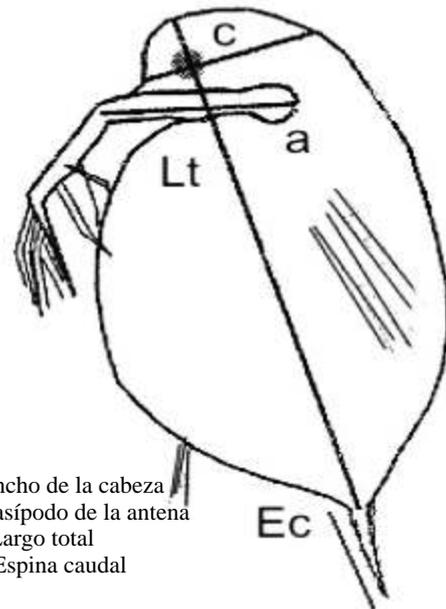
Desde el inicio de la experiencia hasta la eclosión de los neonatos, el tiempo transcurrido fue similar en los ejemplares aislados ($F=1,07$; $p=0,36$). Sin embargo, en los dáfnidos mantenidos en grupos, la primera puesta de neonatos ocurrió a los 13 días en el control como lo observado en la dilución menor de detergente, no ocurriendo así en los organismos expuestos a las concentraciones mayores.

Durante 21 días de experiencia los ejemplares aislados del grupo control tuvieron cinco puestas de huevos y eclosión de neonatos. El número de eventos reproductivos aumentó en aquellos cladóceros expuestos a detergente. Por otra parte el número de neonatos liberados por camada fue mayor en esos grupos (Fig. 4a).

Por otra parte, en el ensayo con organismos agrupados se observó doce eventos reproductivos en los ejemplares del grupo control, siendo similar a lo ocurrido en los organismos expuestos a la concentración mayor de detergente. Sin embargo, en las dos concentraciones menores presentaron una disminución del número de camadas junto con un mayor número de huevos por evento. El número de neonatos liberados al medio aumentó junto con el incremento de las concentraciones del detergente (Fig. 4b). En la experiencia realizada con individuos aislados, los cladóceros parentales expuestos al detergente de las concentraciones superiores presentaron un aumento en la cantidad de neonatos liberados al medio, no registrándose así en los organismos del grupo control (Kruskal-wallis: $p < 0,01$) (Fig. 5).

Las tallas de los neonatos (Tabla 2) en los diferentes eventos reproductivos del grupo control manteniendo los progenitores aisladamente fueron similares, siendo solo el 19,9 % mayor en aquellos neonatos eclosionados en la última camada producida. Mientras que aquellos neonatos eclosionados en los eventos reproductivos con distintas concentraciones de detergente no fueron diferentes dentro de cada grupo. Comparando las medidas tomadas en los neonatos (ec, a, c y Lt), el grupo control en general fue mayor significativamente que aquellos expuestos a las concentraciones de detergente (Tabla 2).

Por otra parte, los progenitores agrupados produjeron neonatos de similar talla entre los eventos reproductivos y las diferentes condiciones (control y presencia de detergente) (Tabla 2). Los neonatos tuvieron similares tallas (ec, a, c y Lt) cuando provenían de progenitores mantenidos aisladamente sin detergente y agrupados con y sin xenobiótico (Tabla 2).



c= Ancho de la cabeza
a= Basípodo de la antena
Lt= Largo total
Ec= Espina caudal

Figura 1. Diferentes medidas morfológicas tomadas en neonatos de *Daphnia magna*.

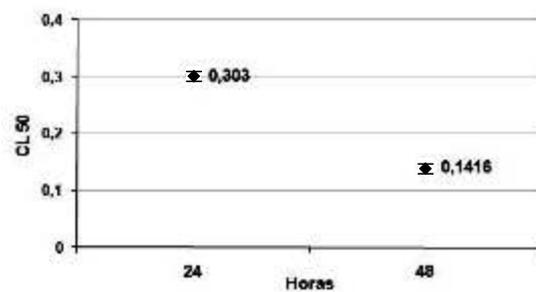


Figura 2. Valor medio y desvío estándar de CL₅₀ a las 24 y 48 h de un formulado comercial de detergente exponiendo neonatos de *Daphnia magna*.

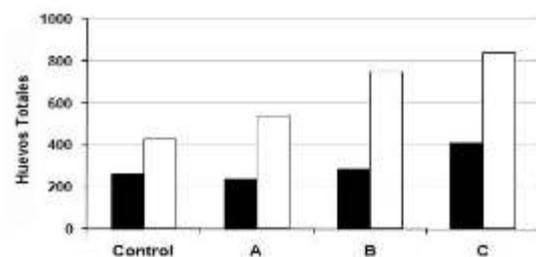


Figura 3. Número de huevos producidos por *Daphnia magna* en ejemplares aislados (barra negra) y agrupados (barra blanca) expuestos a tres concentraciones de detergente (control, A: 0,03 mL·L⁻¹, B: 0,06 mL·L⁻¹, C: 0,10 mL·L⁻¹).

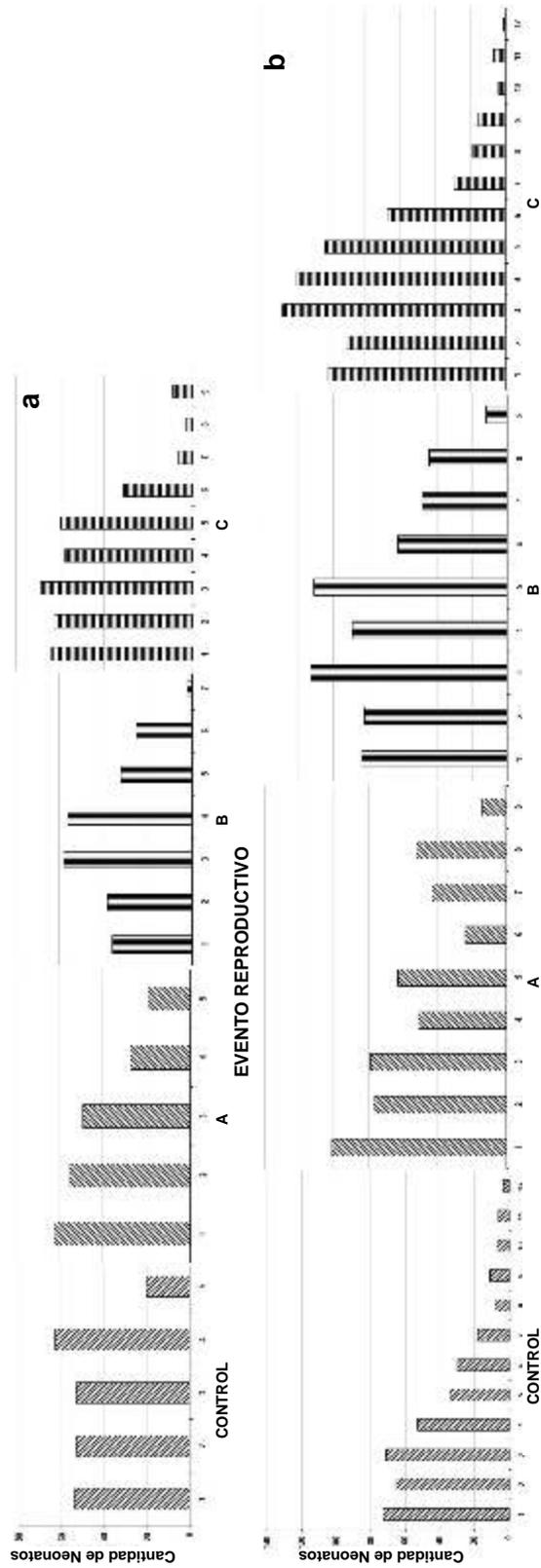


Figura 4. Número de eventos reproductivos y neonatos producidos por *Daphnia magna* expuestos a tres concentraciones de detergente (control, A: 0,03 mL·L⁻¹, B: 0,06 mL·L⁻¹, C: 0,10 mL·L⁻¹) en individuos aislados (a) y agrupados (b).

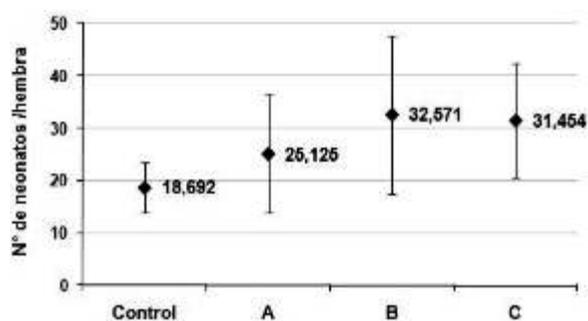


Figura 5. Número medio y desvío de neonatos eclosionados de *Daphnia magna* expuestos a tres concentraciones de detergente (control, A: 0,03 mL·L⁻¹, B: 0,06 mL·L⁻¹, C: 0,10 mL·L⁻¹) al finalizar la experiencia con individuos aislados.

Tabla 1. Valores de diferentes parámetros medidos en el agua de cultivo utilizada en las experiencias con *D. magna*. ND: no detectado, el valor entre paréntesis corresponde a la concentración del límite de detección del método empleado

Variabes	Valor hallado
pH	7,9
Conductividad	1200 µmhos cm ⁻¹
Alcalinidad (CaCO ₃)	343,4 mg L ⁻¹
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	ND (0,5) mg L ⁻¹
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	529,9 mg L ⁻¹
Dureza Total (CaCO ₃)	232,3 mg/L ⁻¹
Hierro Total (Fe)	0,07 mg L ⁻¹
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	115,4 mg L ⁻¹
Cloruro (Cl ⁻)	95,8 mg L ⁻¹
Nitratos (NO ₃ ⁻)	6,9 mg L ⁻¹
Nitritos (NO ₂ ⁻)	ND (0,005) mg L ⁻¹
Amonio (NH ₄ ⁺)	0,47 mg L ⁻¹
DQO	15,9 mg O ₂ L ⁻¹

Tabla 2. Tallas medias y desvíos estándares de las diferentes medidas tomadas en neonatos del cladóceros *Daphnia magna* expuesto a distintas concentraciones de detergente en las experiencias con progenitores aislados y agrupados.

Organismos individuales				
Grupo ml·L ⁻¹	Espina Caudal (mm)	Antena (mm)	Cabeza (mm)	Largo Total (mm)
Control	0,27 ± 0,009 ^a	0,16 ± 0,002 ^a	0,21 ± 0,008 ^a	0,63 ± 0,018 ^a
A (0,03)	0,22 ± 0,009 ^b	0,14 ± 0,005 ^b	0,19 ± 0,005 ^b	0,56 ± 0,016 ^b
B (0,06)	0,18 ± 0,010 ^c	0,12 ± 0,007 ^c	0,15 ± 0,010 ^c	0,43 ± 0,020 ^c
C (0,10)	0,25 ± 0,008 ^d	0,15 ± 0,001 ^a	0,22 ± 0,008 ^a	0,57 ± 0,006 ^b
Organismos agrupados				
Grupo	Espina Caudal (mm)	Antena (mm)	Cabeza (mm)	Largo Total (mm)
Control	0,26 ± 0,003 ^a	0,17 ± 0,004 ^a	0,24 ± 0,009 ^a	0,64 ± 0,013 ^a
A (0,03)	0,25 ± 0,010 ^a	0,16 ± 0,010 ^a	0,23 ± 0,010 ^a	0,63 ± 0,022 ^a
B (0,06)	0,26 ± 0,002 ^a	0,17 ± 0,003 ^a	0,25 ± 0,003 ^b	0,63 ± 0,006 ^a
C (0,10)	0,25 ± 0,004 ^a	0,16 ± 0,003 ^a	0,23 ± 0,005 ^a	0,60 ± 0,010 ^b

Letras diferentes muestran diferencias significativas (p<0,05).

DISCUSIÓN

Las sustancias químicas, como los detergentes, pueden provocar estrés en los organismos acuáticos (Newnam & Unger 2003). En donde, determinadas condiciones ejercen diversos efectos en la biota provocando cambios en el crecimiento (Hansen *et al.* 1997), comportamiento reproductivo (Faba & Crotti 1979), y/o producción de progenie.

Entre estos, la toxicidad del detergente aniónico puede variar según las marcas comerciales, tipo de estructura y ramificación, o diferencias entre las especies estudiadas. En este caso el cladóceros *D. magna* manifestó una toxicidad 80% menor a lo indicado por Braginsky *et al.* (1979) y Pettersson *et al.* (2000) quienes trabajaron con otras marcas de detergente y especies del género *Daphnia*.

Un objetivo común que tienen estos productos es el de tener la capacidad de actuar sobre partículas orgánicas, desintegrando éstas a formas más simples. Esto podría permitir que estas formas más simples puedan ser incorporadas por los organismos como nutrientes. En este sentido, los lípidos contenidos en la materia orgánica son la primera fuente de energía empleada (Tessier *et al.* 1983). Muyssen & Janssen (2001) plantearon que bajo condiciones de estrés los cladóceros podrían consumir estas biomoléculas favoreciendo la obtención de más energía lo que garantizaría así una exitosa supervivencia de la población. Algunos trabajos realizados en estos crustáceos (Stearns 1976, Allen *et al.* 1995) mencionan que adecuadas concentraciones de alimento son fundamentales en la supervivencia, crecimiento, metabolismo y

reproducción. En tanto, una disminución de la calidad de este podría inducir un cambio en la estrategia reproductiva, cantidad de huevos y neonatos eclosionados vivos (Tessier & Consolatti 1991). En relación a esto, otros trabajos (Cowgill *et al.* 1984, Mc. Kee & Ebert 1996) han mencionado la importancia de la ingesta de lípidos en dáfnidos adultos permitiendo, dentro del huevo, un correcto desarrollo del embrión. Esto podríamos referirlo a lo mencionado anteriormente en relación a la disponibilidad de nutrientes debido a la acción del detergente, permitiendo que las biomoléculas faciliten la mayor producción de huevos junto al incremento de neonatos vivos del cladóceros *D. magna*. Sumando a su vez una mayor ocurrencia de eventos reproductivos por hembra adulta.

Los cambios inducidos sobre la reproducción no solo se han observado con detergentes sino también cuando están expuestos a otras sustancias xenobióticas. Stark y Vargas (2003) comprobaron que *Daphnia pulex* De Geer, 1877 en presencia de diazinón aumenta el número de neonatos junto al incremento de la concentración del tóxico. Experiencias realizadas por Hanazato (1998) y Barry (1999) observaron el mayor tamaño de los eventos reproductivos en *D. magna* y *Daphnia longicephala* Hebert 1977 expuestos a diferentes concentraciones de carbaril. Sin embargo, otras experiencias realizadas con plaguicidas carbámicos mostraron reducciones significativas en el total de neonatos por hembra (Hosmer *et al.* 1998).

El aumento en la generación de descendencia de cada progenitor podría estar influenciado por el mayor contenido de lípidos (Tessier *et al.* 1983). Como también podría estar afectando el tamaño del huevo y del cladóceros recién eclosionado (Glazier 1992, Gliwicz & Guisande 1992).

En otro crustáceo, como el copépodo harpaticóideo *Tisbe holothuriae* Humes, 1957 Faba & Crotti (1979) observaron efectos similares provocados por un detergente doméstico afectando la reproducción. Esto fue asociado a la inhibición de quimiorreceptores que permitirían detectar la ocurrencia de algún tipo de superpoblación. De la misma manera, el detergente en los cladóceros agrupados podría interactuar inhibiendo los quimiorreceptores que indicarían la densidad de las poblaciones. La relación con los parámetros reproductivos observados en los dos tratamientos demostró que los cladóceros al estar expuestos a concentraciones de detergente doméstico incrementaban su fecundidad.

Los organismos mantenidos aisladamente expuestos al xenobiótico mostraron que sus descendientes sufrieron una disminución de las tallas corporales. Esto puede deberse a que los progenitores se encontraban en situación de estrés variando el recurso energético para la formación de embriones.

Diversos trabajos realizados sobre el tamaño en los neonatos demuestran que ellos se ven influenciados por la talla del progenitor (Wagler 1937, Hrbáková 1974).

En progenitores aislados y en presencia de detergente, la descendencia fue de menor talla que la del control. Este hecho podría relacionarse también a algún mecanismo de defensa. El progenitor sin el contacto de otros cladóceros y en presencia de una sustancia extraña (detergente) podría promover una descendencia de talla menor como una estrategia para evitar ser comido por algún depredador. Cuando los cladóceros estaban agrupados las señales químicas y físicas (a través de vibraciones) entre los organismos podrían señalar la inexistencia del depredador produciendo descendencia similar a los controles.

Si bien esta especie no es regional, este trabajo permite entender y evaluar ciertos riesgos ecológicos que puede provocar el detergente, a partir de los efectos sobre los organismos o las comunidades. Estos productos comerciales, como elementos abundantes en los desagües de las ciudades, podrían modificar los procesos reproductivos de la fauna regional. La perturbación de los cladóceros podrá ser permanente o transitoria dependiendo de la concentración, frecuencia de vertido y tiempo de vida del xenobiótico. Es por ello que la resiliencia del ecosistema va a depender de la capacidad de autodepuración del mismo y de las características específicas de sus integrantes (Newman & Unger 2003).

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto CONICET PIP N° 6275.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, Y.; Calow, P. & Baird, D.J. 1995. A mechanistic model of contaminant-induced feeding inhibition in *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14: 1625-1630.
- Barry, M.J. 1999. The effects of a pesticide on inducible phenotypic plasticity in *Daphnia*. *Environmental Pollution*, 104: 217-224.
- Bock, K. & Stache, H. 1982. *Surfactants*. pp. 163-200. In *The handbook of environmental Chemistry*. Berlin: Springer, Vol 2, Part B.
- Braginsky, L.P.; Burtnaya, I.L. & Shcherban, E.P. 1979. *Toxicity of synthetic detergents for mass forms of freshwater invertebrates. Experimental Studies of the*

- effect of pollution on aquatic organisms. Apatity: Kola Branch of the USSR. Academia of Science, pp. 24-30.
- Cabridenc, R. 1979. Efectos tóxicos de la polución sobre la fauna piscícola. pp. 159-174. En: *La contaminación de las aguas continentales. Incidencia sobre la biocenosis acuática*. (P. Pesson, Ed.), Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Cowgill, U.M.; Williams, D.M. & Esquivel, J.B. 1984. Effects of maternal nutrition on fat content and longevity of neonates of *Daphnia magna*. *Journal of Crustacean Biology*, 4: 173-190.
- Dickson, T.R. 1990. *Química Enfoque Ecológico*. pp. 247-252. Ed. Limusa. México.
- Dodson, S & Hanazato, T. 1995. Commentary on effects of anthropogenic and natural organic chemicals on development, swimming behavior, and reproduction of *Daphnia*, a key member of aquatic ecosystems. *Environmental Health Perspectives*, 103 (Suppl 4): 7-11.
- Faba, G. & Crotti, E. 1979. Effecto di un detersivo commerciale e di uno dei suoi componenti, LAS, sulla produzione di nauplii in *Tisbe holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida) in condizioni di alto e basso affollamento. *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Rendiconti. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali* 66: 223-231.
- Finney, D. J. 1971. *Probit analysis*. Cambridge University Press, New York. 918p.
- Glazier, D. 1992. Effects of food, genotype, and maternal size and age on offspring investment in *Daphnia magna*. *Ecology*, 73: 910-926.
- Gliwicz, Z. & Guisande, C. 1992. Family planning in *Daphnia*: resistance to starvation in offspring born to mothers grown at different food levels. *Oecologia*, 91: 463-467.
- Godfrey, P.J. 1982. The eutrophication of Cayuga Lake: a historical analysis of the phytoplankton's response to phosphate detergents. *Freshwater Biology*, 12: 149-166.
- Hallam, T.G.; Lassiter, R.R.; Li, J. & Suárez, L.A. 1990. Modelling individuals employing an integrated energy response: application to *Daphnia*. *Ecology*, 71: 938-954.
- Hanazato, T. 1998. Growth analysis of *Daphnia* early juvenile stages as an alternative method to test the chronic effect of chemicals. *Chemosphere*, 36: 1903-1909.
- Hansen, B.; Fotel, F.; Jensen, N. & Wittrup, L. 1997. Physiological effects of the detergent linear alkybenzene sulphonate on blue mussel larvae (*Mytilus edulis*) in laboratory and mesocosm experiments. *Marine Biology*, 128: 627-637.
- Hosmer, A.J.; Warren, L.W. & Ward, T.J. 1998. Chronic toxicity of pulse-dosed fenoxycarb to *Daphnia magna* exposed to environmentally realistic concentrations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17: 1860-1866.
- Hrbáková, M. 1974. The size of primiparae and neonates of *Daphnia hyaline* Leydig (Crustacea: Cladocera) under natural and enriched food conditions. *Vestník Cs. Spol. zoologicke*, 38: 98-105.
- Iannacone, J. & Alvarino, L. 2002. Efecto del detergente doméstico Alquil Aril Sulfonato de Sodio Lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en el Perú. *Ecología Aplicada*, 1: 81-87.
- Jensen, J. 1999. Fate and effects of linear alkybenzene sulphonate (LAS) in the terrestrial environment. *Science of the Total Environment*, 226: 93-111.
- Katz, B. 1979. Relationship of the physiology of aquatic organisms to the lethality of toxicants: A broad overview with

- emphasis on membrane permeability. *Aquatic Toxicology*, 66: 62-76.
- Mason, C. 1981. *Biology of freshwater pollution*. Longman Nueva York, 250 p.
- Mc Kee, D. & Ebert, D. 1996. The interactive effects of temperature, food level and maternal phenotype on offspring size in *Daphnia magna*. *Oecologia*, 107: 189-196.
- Millán, C. 1994. *Química y Ambiente*. Ediciones Universidad de Concepción, Chile. pp. 258-267.
- Muysen, B.T.A. & Janssen, C.R. 2001. Multigeneration zinc acclimation and tolerance in *Daphnia magna*: implications for water-quality guidelines and ecological risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 2053-2060.
- Newman, M.C. & Unger, M. A. 2003. *Fundamentals of Ecotoxicology*. Segunda edición. Ed: Lewis Publishers.
- Orozco, C.; Pérez, A.; Gonzáles, M.N.; Rodríguez, F. & Alfayate, J.M. 2003. *Contaminación Ambiental una visión desde la química*. Editorial Thomson. España. pp. 87-106.
- Ostroumov, S.A. 2005. *Biological effects of surfactants*. Ed. Taylor & Francis. Rusia.
- Pettersson, A.; Adamsson, M. & Dave, G. 2000. Toxicity and detoxification of Swedish detergents and softener products. *Chemosphere*, 41: 1611-1620.
- Pickup, J. 1990. Detergents and the environment: and industry view. *Chemistry and Industry*, 19: 174-177.
- Rohlf, F. J. 2006. *tpsDig program, version 2.10*. Department of Ecology and Evolution, State University New York. Stony Brook.
- Salager, J.L. 2004. *Surfactantes III. Surfactantes Aniónicos*. Cuaderno FIRP S302-PP- Universidad de los Andes, Esc. De Ing. Qca, Mérida, Venezuela, 28 p.
- Scout, M.J & Jones, M.N. 2000. The biodegradation of surfactants in the environmental. *Biochemia et Biophysica Acta*, 1508: 235-251.
- Sivak, A.; Goyer, M.; Permak, J. & Thayer, P. 1982. *Environmental and human health aspects of commercially important surfactants*. In: *Solution behavior of surfactants*. New York: Plenum Press, 1: 173 p.
- Stark, J.D. & Vargas, R.I. 2003. Demographic changes in *Daphnia pulex* (Leydig) after exposure to the insecticides spinosad and diazinon. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56: 334-338.
- Stearns, S.C. 1976. Life history tactics: a review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology*, 51, 3-42.
- Temara, A.; Carr, G.; Webb, S.; Versteeg, D. & Feijtel, T. 2001. Marine risk assessment: linear alkylbenzenesulphonates (LAS) in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 635-642.
- Tessier, A.J.; Henry, L.L. & Goulden, C.E. 1983. Starvation in *Daphnia*: energy reserves and reproductive allocation. *Limnology and Oceanography*, 28: 667-676.
- Tessier, A.J. & Consolatti, N.L. 1991. Resource quantity and offspring quality in *Daphnia*. *Ecology*, 72: 468-478.
- Verge, C. & Moreno, A. 2000. Effects of anionic surfactants on *Daphnia magna*. *Tenside, Surfactants, Detergents*, 37: 172-175.
- Wagler, E. 1937. *Klasse Crustacea, Krebstiere*. Die Tierwelt Mitteleuropas, II 2:1-224. Leipzig.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New York.

Fecha de recepción: 07 de octubre del 2010.
Fecha de aceptación: 29 de marzo del 2010.