

Tasa de ingesta de *Moina macrocopa* a diferentes concentraciones de alimento

Jhosse Paul Márquez Ruíz, Dr. Ernesto Mangas Ramírez

Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Resumen

*Los cladóceros son un grupo de organismos filtradores que ocupan un papel central en la ecología de aclaramiento de agua. Analizamos el comportamiento alimenticio y poblacional del cladóceros *Moina macrocopa* bajo un gradiente de concentración de alimento, determinando la Ingesta máxima del organismo (I_{max}), la eficiencia de consumo (b) y la concentración mínima de recursos alimenticios suministrados para un crecimiento poblacional positivo al ingerir *Chlorella vulgaris*. Se establecieron seis tratamientos experimentales con diferentes concentraciones de *C. vulgaris* (6.25, 12.5, 25, 50, 100 y 200 10^4 células ml^{-1}). Por cada tratamiento se establecieron tres replicas con 10 individuos expuestos a 50 mililitros de disolución. Se realizó un ajuste de curvas para el modelo de Ilevé con las medias de las ingestas para cada concentración y una regresión lineal de correspondencia entre la concentración del recurso y la tasa instantánea de crecimiento poblacional. La tasa de ingesta máxima de *M. macrocopa* sobre *C. vulgaris* es de 0.875643 10^4 células min^{-1} individuo $^{-1}$ y una eficiencia de consumo de 0.01985 ml min^{-1} individuo $^{-1}$. La concentración mínima de alimento para que la población crezca es $c > 146.7127$ 10^4 células ml^{-1} .*

Introducción

Los cladóceros son un grupo de organismos filtradores que ocupan un papel muy importante dentro de las comunidades de zooplancton, siendo el principal intermediario para la transición de la producción primaria a nivel superiores dentro de las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos, y ocupando un papel central en la ecología de aclaramiento de aguas debido a sus altas tasas de consumo de alga con respecto a otros miembros del zooplancton [1, 2, 3, 4]

En los ecosistemas acuáticos se presenta una gran variación de los recursos alimenticios de los cladóceros a lo largo del año, debido sobre todo a la disponibilidad de nutrientes y a diversos factores abióticos [5, 6]. Se ha demostrado en diferentes trabajos que la conducta alimenticia y reproductiva del zooplancton es compleja gracias a reacciones fisiológicas del organismo con respecto a su entorno [7], sobre todo ante la temperatura y la cantidad, calidad, tamaño, forma, digestibilidad y aportación nutrimental del alimento [8, 9, 4, 10]. También se ha demostrado que el comportamiento alimenticio varía a lo largo del día [11]. Se han propuesto dos modelos para explicar estas variaciones [12]. El primer modelo es el del consumo máximo, en donde, es supuesto que el organismo consumirá la mayor cantidad de alimento disponible en el medio, sin embargo, este modelo se ha demostrado poco apto para los cladóceros [9]. Una segunda propuesta es la del consumo óptimo donde se considera que el organismo va a consumir la cantidad de alimento necesaria para satisfacer sus necesidades energéticas, lo cual implicaría una conducta alimentaria activa por parte de los organismos [13].

En años recientes se ha tomado en consideración a los cladóceros para una gran cantidad de usos, los cuales incluyen desde biomanipulación y control de florecimientos algales, hasta fines empresariales y alimentación masiva de peces [1]. Debido a esto es imperante conocer la ecología y comportamiento de estos organismos para poder determinar las condiciones aptas para su

desarrollo, y entender los procesos e interacciones en los cuales son participes dentro de los sistemas acuáticos [1].

En el estudio aquí presentado analizamos el comportamiento alimenticio y poblacional del cladóceros *Moina macrocopa* bajo un gradiente de concentración de alimento, ya que como indican Espinosa-Chavez [14] y Villegas [15], es necesario realizar más estudios sobre el comportamiento de este organismo. Determinamos la Ingesta máxima del organismo (I_{max}), la eficiencia de consumo (b) y la concentración mínima de recursos alimenticios suministrados para un crecimiento poblacional positivo al ingerir el alga *Chlorella vulgaris*, estos parámetros son importantes indicadores del comportamiento ecológico del organismo y pueden ser importantes factores adaptativos bajo condiciones específicas [16] [1].

Consideraciones teóricas

Si asumimos que el crecimiento poblacional del plancton es constante, el consumo de este está en una relación directa de encuentros consumidor-presa, que los consumidores no se satisfacen y que se dispone de una cantidad ilimitada de recursos para su reproducción entonces la densidad del plancton puede ser expresada bajo la siguiente ecuación [4, 17]:

$$(1) P_t = P_0 e^{(k-g)t}$$

Donde P_t es la población en el tiempo t , P_0 es la población inicial, k es la tasa de crecimiento instantánea de la población y g la tasa de mortalidad. Convirtiendo y despejando obtenemos la tasa aparente de crecimiento del plancton [3]:

$$(2) k - g = \frac{\ln P_t - \ln P_0}{t} \text{ o } \ln P_t = (k - g)t + \ln P_0$$

Si suponemos que la tasa de crecimiento es nula obtenemos la tasa de mortalidad, y esta se la asumimos a los consumidores obtenemos la tasa de pastoreo (g):

$$(3) g = \frac{\ln P_0 - \ln P_t}{t}$$

Al multiplicar g por el volumen de agua (V) y dividirlo entre el número de organismos (N) obtenemos la tasa de filtración (F):

$$(4) F = \frac{gV}{N}$$

Multiplicando F por P_0 obtenemos la tasa de ingesta (I) del zooplancton:

$$(5) I = F P_0$$

Sin embargo, suponemos que la ingesta del alimento en los cladóceros no es una conducta pasiva y que se encuentra en función del “hambre” del organismo, por lo que en este caso tomamos en consideración el modelo de Ilevlev, así como han hecho otros autores [12, 16]:

$$(6) I_c = I_{max} (1 - e^{-b \cdot c})$$

Donde I_c es la ingesta a una concentración c conocida, I_{max} es la tasa de ingesta máxima de la especie y b es la eficiencia de consumo.

Un mejor ajuste que explica el comportamiento alimenticio del zooplancton fue desarrollado por Lehman [12], sin embargo, este ajuste escapa de los objetivos de este estudio, debido a que considera una extensa cantidad de datos fisiológicos del organismo.

Metodología

Se cultivó una cepa de *Moina macrocopa* bajo condiciones de laboratorio durante un mes con una temperatura promedio de 25° C. Los cultivos fueron alimentados únicamente con la microalga *Chlorella vulgaris* y mantenidos en medio de cultivo EPA el cual fue cambiado cada tercer día. El alimento fue cultivado en el fotobiorreactor del laboratorio de Ecología y Restauración de Sistemas Acuáticos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con medio Bold basal (Figura 1. Cultivo de *Chlorella vulgaris* en fotobiorreactor) [18]. Posteriormente el alimento fue precipitado, decantado y refrigerado para obtener una mayor concentración celular, eliminar nutrientes y, evitar el crecimiento y descomposición del recurso.

Se expuso a los organismos a media hora de inanición antes de iniciar el experimento con el fin de estandarizar las condiciones iniciales y de limpiar el sistema digestivo de los organismos, esto último para evitar errores en la medición debido al aumento de concentración por la excreción de partículas previamente ingeridas. Con el mismo fin se realizaron experimentos de corta duración para evitar errores por defecación [5]. Se establecieron seis tratamientos experimentales con diferentes concentraciones de *C. vulgaris* (6.25, 12.5, 25, 50, 100 y 200 10^4 células ml^{-1}) diluidas con medio EPA [6, 1]. Por cada tratamiento se establecieron tres replicas con 10 individuos expuestos a 50 mililitros de disolución en constante agitación para evitar la sedimentación del alga (Figura 2). Los medios fueron recambiados diario y se mantuvieron a una temperatura promedio de 25° C para evitar la acumulación de partículas y mantener la concentración del recurso y evitar variaciones debido a la temperatura [11, 6]

Tasa de ingesta

La tasa pastoreo, filtración e ingesta de los organismos fue determinada con las ecuaciones (3), (4) y (5) respectivamente. La concentración del recurso fue cuantificada con espectrofotometría, determinando así la absorbancia de la solución a 700 nm. cada 30 minutos durante tres horas. Se estableció una regresión de correspondencia entre la absorbancia del medio y la cantidad de células real observada bajo microscopio en cámara de Neubauer (Figura 3). Una vez obtenidos los datos se realizó un ajuste de curvas para el modelo de Ilevlev (Ecuación 6) con las medias de las ingestas para cada concentración, y así poder determinar la tasa de ingesta máxima (I_{\max}) y eficiencia de consumo (b).

Tasa de crecimiento poblacional

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional se cuantifico la cantidad de organismos observados cada día a lo largo de una semana y se realizó un ajuste lineal para determinar la tasa instantánea de crecimiento poblacional según la ecuación (2). Posteriormente se realizó una segunda regresión lineal entre la concentración del recurso y la tasa instantánea de crecimiento poblacional.



Figura 1. Cultivo de *Chlorella vulgaris* en fotobiorreactor

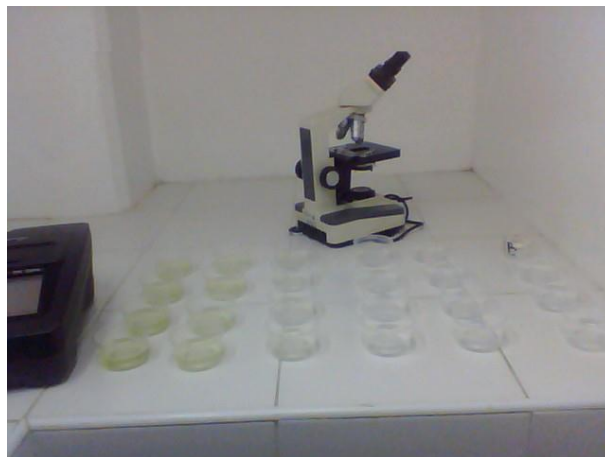


Figura 2. Diluciones de recurso alimentario

Resultados

Tasa de ingesta

Las tasas de ingesta de los cladóceros fueron muy variables a través del tiempo, sin embargo, podemos observar que se trata de un comportamiento cíclico, donde obtenemos en primer lugar un consumo alto y posteriormente uno bajo, esto se puede deber a que los organismos se satisfacen y vuelven a consumir cada determinado tiempo. Al realizar el ajuste al modelo de Ilevé obtuvimos una relación de $I = 0.875643 (1 - e^{-0.01985 c})$, altamente significativa (Figura 4), lo cual nos indica que hay una respuesta fisiológica de los organismos a la concentración de recursos y esto constituye un mecanismo de adaptación importante hacia el medio. De esta manera obtuvimos una tasa de ingesta máxima de $0.875643 \cdot 10^4$ células min^{-1} individuo $^{-1}$ y una eficiencia de consumo de $0.01985 \text{ ml min}^{-1}$ individuo $^{-1}$.

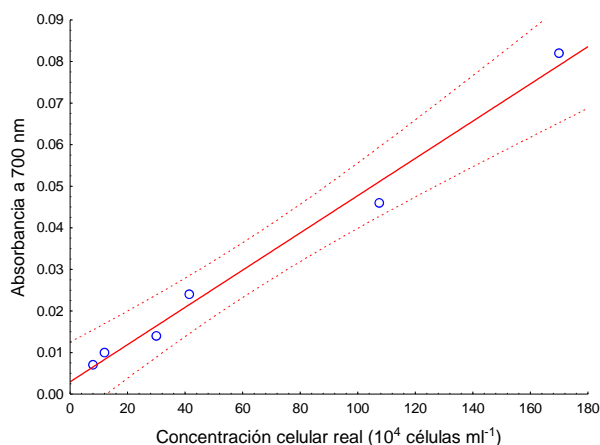


Figura 3. Absorbancia en relación con la concentración celular ($r = 0.9941$, $p < 0.001$)

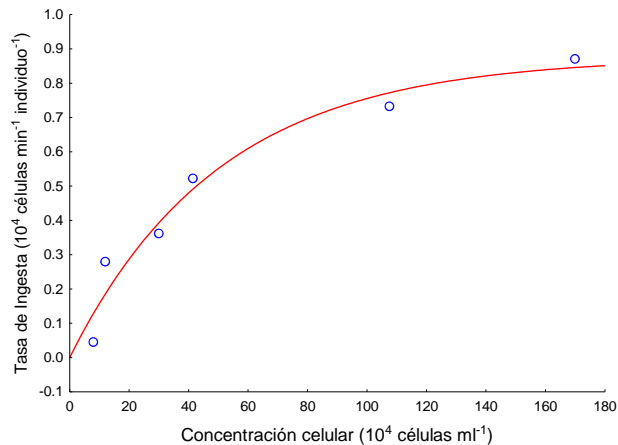


Figura 4. Ajuste al modelo de Ilevé ($r = .9781$, $I_{\max} p < 0.001$, $b p < 0.01$)

Tasa de crecimiento poblacional

La tasa instantánea de crecimiento poblacional, en este caso, expresada como la pendiente de la relación, fue aumentando considerablemente en relación con la cantidad de recursos suministrada

(Figura 5). El único tratamiento que presentó un crecimiento poblacional positivo fue el de $200 \cdot 10^4$ células ml^{-1} . Al contrastar la tasa instantánea de crecimiento poblacional (k) y la concentración de alimento (c) obtuvimos la siguiente relación: $k = 0.0094 c - 1.3791$ (Figura 6), a partir de la cual podemos determinar la concentración mínima de alimento necesaria para que la población crezca, este valor es el punto en el que la función cumple con $k > 0$, es decir, $c > 146.7127 \cdot 10^4$ células ml^{-1} .

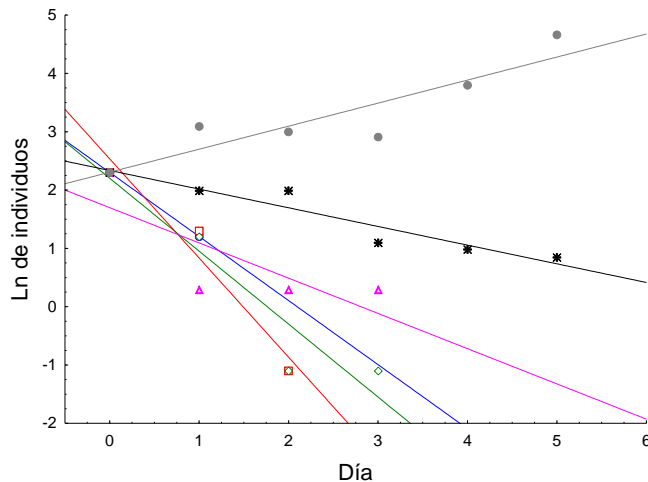


Figura 5. Ln de individuos contra días bajo diferentes concentraciones alimento. $6.5 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (○) ($r = -1$), $12.5 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (□) ($r = -0.9731$, $p = 0.1480$), $25 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (△) ($r = -0.9461$, $p = 0.0539$), $50 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (▽) ($r = -0.7746$, $p = 0.2254$), $100 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (*) ($r = -0.9522$, $p = 0.0034$), $200 \cdot 10^4$ células ml^{-1} (●) ($r = 0.8984$, $p = 0.0150$)

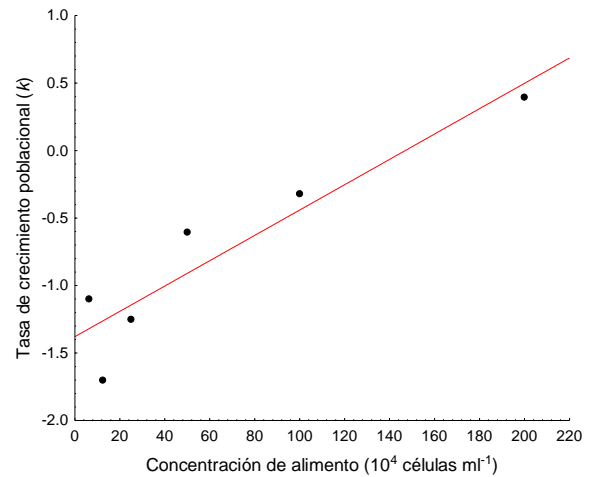


Figura 6. Tasa de crecimiento poblacional de *Moina macrocopa* en relación a la concentración de alimento ($r = 0.9311$, $p < 0.01$)

Discusión

El comportamiento de *Moina macrocopa* frente a un gradiente de concentración de *Chlorella vulgaris* presenta el mismo comportamiento característico descrito en una extensa cantidad de trabajos sobre el comportamiento alimenticio de cladóceros [1,19,20,11,21,16]. Sin embargo, estos resultados pueden ser afectados por el horario de alimentación y el tratamiento de inanición. La tasa de ingesta máxima supera los valores que descritos por Martínez [16] para *Daphnia ambigua* ($2.9 \cdot 10^5$ células $\text{hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$), *Moina microcurra* ($1.9 \cdot 10^5$ células $\text{hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$) y *Ceriodaphnia dubia* ($1.9 \cdot 10^5$ células $\text{hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$) sobre *Chlorella sp.*, aunque la eficiencia de consumo es considerablemente similar. Sin embargo, todos estos valores quedan muy rezagados al compararlos con el consumo de *Simocephalus vetulus* sobre el mismo recurso ($1.92 \cdot 10^6$ células $\text{hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$) [1]. Nuestros resultados sugieren, tal y como indica Martínez [7], que *Moina* tiene una alimentación especializada sobre *Chlorella sp.*, lo cual podría conferir una ventaja adaptativa en sistemas que presenten este recurso como principal representante de la comunidad fitoplanctónica. Los efectos generales de la concentración de *Chlorella vulgaris* sobre *Moina macrocopa* obtenidos en este trabajo no deberían variar al ser medidos en campo, en cambio, las variaciones encontradas debemos atribuírselas a la diferencias físicas y ecológicas entre el tratamiento en laboratorio y el ecosistema [11].

En los estudios de Benider et al. [6] sobre *Moina macrocopa* se determina que el crecimiento del organismo es óptimo a altas concentraciones de alimento. En concentraciones bajas, encontraron

que los individuos solo vivían unos cuantos días, a concentraciones medias ($25\text{--}50 \times 10^4$ células ml^{-1}) obtenían la mayor supervivencia y en concentraciones altas supervivencia media, atribuida a la disminución de la esperanza de vida debido a la inversión energética para la reproducción. La maduración sexual es alcanzada a los dos días de edad en concentraciones de 60×10^4 células ml^{-1} y en cuatro en 30×10^4 células ml^{-1} . Todos estos resultados concuerdan perfectamente con los datos de este trabajo. La población tratada con concentraciones altas de recursos (200×10^4 células ml^{-1}) presentó un periodo de bajo crecimiento poblacional inicialmente, sin embargo, fue el único tratamiento en el que creció satisfactoriamente la población, del mismo modo en el que Benider et al. obtuvieron supervivencias medias en estas concentraciones.

Está comprobado que la densidad afecta a la supervivencia de las comunidades zooplanctónicas [5]. Para *Moina macrocopa*, Benider et al. [6] obtuvieron los mismos resultados con una supervivencia apta en $1/16$ individuos ml^{-1} . Por el contrario, en el presente estudio no se encontró ningún limitante en la reproducción de los organismos ni en el crecimiento poblacional, más que la cantidad de recursos suministrados, inclusive con densidades arriba de 2 individuos ml^{-1} .

La concentración mínima de recursos que sugieren Benider et al. [6] es de 6.25×10^5 células ind^{-1} de *Chlorella sorokiniana*, en un volumen de 16 ml ind^{-1} . Sin embargo, la concentración mínima de *C. vulgaris* para crecimiento estable de la población en nuestro estudio fue de $> 146.7127 \times 10^4$ células ml^{-1} con una población inicial de 10 individuos. Esta diferencia se puede deber al aporte energético que hay entre las dos especies de alga, dando a entender que *C. vulgaris* es un alimento de mejor calidad para *M. macrocopa*.

Se ha demostrado que la concentración de recursos alimentarios afecta directamente el crecimiento y la capacidad reproductiva de los organismos, a nivel embrionario y postembrionario [8,22]. De esta manera el crecimiento poblacional se ve directamente afectado por la cantidad de recursos disponibles. La vulnerabilidad de los menores de edad a las condiciones bajas de comida es un punto crítico en la estrategia histórica de vida de los cladóceros [4]. En conjunto con el aumento de depredadores, estos factores explican las bajas poblaciones de cladóceros durante la fase clara de los lagos [8].

El comportamiento alimenticio y reproductivo de los cladóceros, y sus consecuencias en los ecosistemas acuáticos han sido discutidos a lo largo de décadas. En años recientes ha tomado vital importancia destacar si este comportamiento está definido únicamente por las características morfológicas intrínsecas al organismo o si estas combinan un comportamiento fisiológico activo frente a las condiciones del medio. Las dos principales posturas implican los modelos desarrollados por Lehman [12], el modelo del máximo consumo y el modelo del consumo óptimo. Aunque es evidente que la morfología del organismo va a determinar gran parte de su conducta alimenticia [19], diversos autores han aportado una gran cantidad de evidencia de un comportamiento basado en la optimización de energía [9, 20, 23] y que aunque los cladóceros no presentan la posibilidad de selección a su alimento según indicadores químicos, lo hacen gracias a la forma, abundancia, calidad, digestibilidad y nutrientes que aportan, así como las condiciones a las que estén expuestos (e.g. exposición a depredadores o concentraciones de alimento limitantes) [7, 11, 20, 13].

Los resultados no son definitivos para la especie, ya que diferencias en la metodología y condiciones espacio temporal y espacial pueden atribuir cambios en la conducta alimenticia del organismo y estos efectos tienen que estudiarse más a fondo [5].

Conclusión

La capacidad reproductiva, y las tasas de filtración e ingesta de *Moina macrocopa* están directamente afectadas por cantidad de recursos suministrados. Encontramos un comportamiento activo de *Moina macrocopa* frente a un gradiente de concentración de *Chlorella vulgaris* bajo condiciones de laboratorio, este comportamiento responde positivamente a el modelo de consumo de Ilev. Los parámetros obtenidos en este estudio se resumen en la siguiente tabla:

Comportamiento de *Moina macrocopa* sobre *Chlorella vulgaris*

Ingesta máxima (I_{\max})	Eficiencia de consumo (b)	Concentración mínima de alimento para crecimiento estable
$0.875643 \cdot 10^4$ células $\text{min}^{-1} \text{ind}^{-1}$	$0.01985 \text{ ml min}^{-1} \text{ind}^{-1}$	$> 146.7127 \cdot 10^4$ células ml^{-1}
$52.53858 \cdot 10^4$ células $\text{hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$	$1.191 \text{ ml hr}^{-1} \text{ind}^{-1}$	

Agradecimientos

Agradezco de sobremanera a mi familia y Alma Pérez López por todo su apoyo brindado a lo largo de todo el proyecto de investigación y ser siempre un brazo con quien contar, a el Dr. Ernesto Mangas Ramírez por brindarme el espacio y la oportunidad de realizar el trabajo, así como su asesoría y ayuda para llevar a cabo la estancia. Finalmente agradezco a la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado por brindar el apoyo económico para realizar este trabajo.

Referencias

1. *Tasa de filtración e ingestión de Simocephalus vetulus* (Müller, 1776) (Crustacea: cladocera) alimentado con *Selenastrum capricornutum* printz, 1914 y *Chlorella vulgaris* Beijerinck, 1890. **Brito, Diagnora, Milani, Nadia y Pereira, Guido.** 10, Caracas : s.n., Octubre de 2006, Interciencia, Vol. 31, págs. 753 - 757. ISSN 0378-1844.
2. *Seasonal patterns of food limitation in Daphnia galeata: separating food quantity and food quality effects.* **Müller-Navarra, Dorte y Lampert, Winfried.** 7, s.l. : Oxford University Press, 1996, Journal of Plankton Research, Vol. 18, págs. 1137-1157.
3. *Pastoreo por el microzooplancton en Bahía Concepción, Golfo de California, México.* **Noriega Cañar, Alexandra Margarita y Palomares García, José Ricardo.** 1, México : s.n., 2008, Hidrobiológica, Vol. 18, págs. 141-151.
4. **Scholten, Martin, et al., et al.** Daphnid grazing ecology. *Eutrophication Management and Ecotoxicology.* Alemania : Springer Berlin Heidelberg, 2005, 4, pp. 21 - 56.
5. *In Situ Measurement Of Daphnia Longispina Grazing On Algae And Bacteria In A High Mountain Lake (Lake Paione Superiore, Northern Italy) Using Fluorescently Labeled Cells.* **Riccardi, Nicoletta.** 2, Neatherlands : Kluwer Academic Publishers, 2001, Water, Air, and Soil Pollution, pp. 343-357.
6. *Growth of Moina macrocopa* (Straus 1820) (Crustacea, Cladocera): influence of trophic conditions, population density and temperature. **Benider, A., Tifnouti, A. y Pourriot, R.** Neatherlands : Kluwer Academic Publishers, 2002, Hydrobiologia, Vol. 468, págs. 1-11.
7. *Estrategias de alimentación de tres especies de zooplancton límico (Cladoceza).* **Martínez, Ginger.** 72, Chile : s.n., 1999, Revista Chilena de Historia Natural, págs. 671 - 679.

8. *The synergistic effects of temperature and food concentration on life history parameters of Daphnia*. **Orcutt, John D. y Porter, Karen G.** 63, Berlin : Springer-Verlag, 1984, Oecologia, págs. 300-306.
9. *Adaptive feeding behavior of Daphnia magna in response to short-term starvation*. **Plath, Klaus.** 4, s.l. : American Society of Limnology and Oceanography, Inc, 1998, Limnol. Oceanogr, Vol. 43, pp. 593-599.
10. *The evaluation of the role of pelagic invertebrate versus vertebrate predators on the seasonal dynamics of filtering Cladocera in a shallow, eutrophic reservoir*. **Wojtal, Adrianna, Frankiewicz, Piotr and Wagner, Iwona.** 515, Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 2004, Hydrobiologia, pp. 123-135.
11. *Regulation of cladoceran filtering rates in nature by body size, food concentration, and diel feeding patterns*. **Haney, James F.** 2, s.l. : American Society of Limnology and Oceanography, Inc., 1985, Limnol. Oceanogr, Vol. 30, págs. 397 - 411.
12. *The filter-feeder as an optimal forager, and the predicted shapes of feeding curves*. **Lehman, John T.** 4, JULY 1976, Limnology and Oceanography, Vol. 21, pp. 501-515.
13. *Food selectivity of the herbivore Daphnia magna (Cladocera) and its impact on competition outcome between two freshwater green algae*. **Yin, Xu Wang, et al., et al.** s.l. : Springer Science+Business Media, 2010, Hydrobiologia, Vol. 655, pp. 15-23. DOI 10.1007/s10750-010-0399-0.
14. *Cultivo de moina macrocopa Strauss 1820 (Crustacea: Cladocera)*. **Espinosa-Chavez.** Villahermosa Tabasco, México : s.n., 1988, En mem IX. Con. Nac Zool.
15. *The effects on growth and survival of feeding water fleas (Moina macrocopa Strauss) and rotifer (Chanos chanos Forsskal)*. **Villegas, TC.** 1990, Bamidgeh, Vol. 10, págs. 17-42.
16. *Conducta alimentaria de Daphnia ambigua Scourfield 1947, Moina micrura Kurz 1874 y Ceriodaphnia dubia Richard 1895 (Cladocera) frente a un gradiente de concentración de alimento*. **Martínez, Ginger.** Chile : s.n., 2000, Revista Chilena de Historia Natural, Vol. 73, págs. 47-54.
17. *Estimating the Grazing Impact of Marine Micro-zooplankton*. **Landry, M. R. y Hassett, R. P.** 67, s.l. : Springer-Verlag, 1982, Marine Biology, págs. 283 - 288. 0025-3162/82/0067/0283/\$ 01.20.
18. **Borowitzka, M. A. and Borowitzka, L. J.** *Micro-algal Biotechnology*. London : Cambridge University Press, 1988.
19. *Feeding selectivities and relative ingestion rates of Daphnia and Bosmina*. **DeMott, William R.** 3, s.l. : American Society of Limnology and Oceanography, Inc., 1982, Limnol. Oceanogr., Vol. 27, pp. 518-527.
20. *Optimal foraging theory as a predictor of chemically mediated food selection by suspension-feeding copepods*. **DeMott, William R.** 1, s.l. : American Society of Limnology and Oceanography, ITIC., 1989, Limnol. Oceanogr., Vol. 34, pp. 140-154.
21. *F0-spectra of chlorophyll fluorescence for the determination of zooplankton grazing*. **Lüring, Miquel y Verschoor, Antonie M.** [ed.] E. van Donk, M. Boersma y P. Spaak. Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 2003, Hydrobiologia, Vol. 491, págs. 145-157.
22. *A Field Study on the Dependence of the Fecundity of Daphnia spec. on Food Concentration*. **Lampert, Winfried.** Berlin : Springer-Verlag, 1978, Oecologia, Vol. 36, pp. 363-369.
23. *Low filtering rates of Daphnia magna in a hypertrophic lake: laboratory and in situ experiments using synthetic microspheres*. **Sahuquillo, M., Mela, M. G. G. and Miracle, M. R.** 594, s.l. : Springer Science+Business Media B.V., 2007, Hydrobiologia, pp. 141-152. DOI 10.1007/s10750-007-9079-0.