

# Valoración de las tasas de filtración e ingestión de *Dendrocephalus spartaenovae* (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae)

Diagnora Brito<sup>1,\*</sup>, Renato Brito<sup>2</sup> y Guido Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.

<sup>2</sup>Universidad Simón Rodríguez. <sup>3</sup>Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias,  
Universidad Central de Venezuela.

Recibido: 02-05-09 Aceptado 30-10-09

## Resumen

Se investigó el comportamiento alimenticio de *Dendrocephalus spartaenovae*, determinando las tasas de filtración e ingestión de tres grupos de edades, comprendidas entre 3-4, 10-11 y 17-18 días de vida, usando diferentes concentraciones de un monocultivo de la microalga *Chlorella vulgaris*. Además, las mismas tasas se determinaron en forma separada para los dos sexos, con diferentes concentraciones de organismos y en presencia o en ausencia de luz, usando organismos de 17 a 18 días de edad y una concentración de fitoplancton de  $5 \cdot 10^5$  cel (célula)/mL. Las tasas de filtración disminuyeron a medida que aumentaron las cantidades de alimento, mientras que las tasas de ingestión presentaron una respuesta inversa. Las tasas de filtración e ingestión fueron similares para los dos sexos. No hubo diferencias en las tasas de filtración bajo diferentes condiciones de luz, pero las tasas de ingestión fueron más altas durante la noche. Un incremento en la densidad poblacional causa una disminución en las tasas de filtración e ingestión.

**Palabras clave:** Anostráceos, *Dendrocephalus spartaenovae*, tasas de filtración e ingestión, microalgas.

## Evaluation of the filtration and ingestion rates of *Dendrocephalus spartaenovae* (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae)

### Abstract

The feeding behaviour of *Dendrocephalus spartaenovae* was investigated, relating the rates of filtration and ingestion to different concentrations of a monoculture of the microalga *Chlorella vulgaris*, in three age groups between 3-4, 10-11 and 17-18 days. In addition, the same rates were measured in female and male adults, in different parts of the photoperiod and with of organisms concentrations, in the three cases with cell concentrations of  $5 \cdot 10^5$  cel/mL. The results showed that the rates of filtration decreased as the food availability increased, whereas the rates of ingestion presented an inverse trend. The rate of filtration and ingestion of males and females were similar. There was no difference in filtration rates under different light

\* Autor para la correspondencia: diagnorajb@yahoo.es

conditions, but the rates of ingestion were higher during night hours. An increase in population density caused a twofold decrease in the rates of filtration and ingestion.

**Key words:** Anostraca, *Dendrocephalus spartaenovae*, filtration rates, ingestion rates.

## Introducción

El braquiópodo más estudiado y empleado para fines de acuicultura, es *Artemia*: sin embargo existe un creciente interés para identificar fuentes alternativas de alimento vivo, entre las cuales se encuentra el género *Dendrocephalus*, exclusivo del continente suramericano que habita en aguas dulces temporales y tiene la capacidad de producir huevos de resistencia (1-4), que es una característica importante para fines de acuicultura. En Venezuela *D. spartaenovae* es una especie localizada en los estados Nueva Esparta, Lara, Sucre y Falcón (5).

Muchos factores ambientales afectan la producción del zooplancton. Recientes investigaciones se han focalizado en la importancia de la cantidad y calidad de alimento (6-7). Por lo tanto es importante estudiar las tasas de filtración e ingestión del zooplancton herbívoro, para determinar la cantidad de alimento ingerido y poder dosificar adecuadamente la cantidad de alimento a suministrar y establecer esquemas de alimentación que satisfagan los requerimientos nutricionales de los organismos así como la demanda de los acuicultores (8).

## Materiales y métodos

### 1. Eclosión de quistes de *Dendrocephalus spartaenovae*

Los quistes de *D. spartaenovae* que se obtuvieron de charcas temporales en la localidad Tenería (Barquisimeto, estado Lara, Venezuela a 10° 08' 34" N y 69° 33' 05" W), se colocaron en un recipiente con agua aireada en baños a temperatura controlada a 28°C, iluminación constante de 4000 lux y aireación débil para su eclosión: los nauplios se

colectaron durante la fase de máxima eclosión (24-28 h de incubación), para usar nauplios de la misma edad.

### 2. Tasas de filtración e ingestión

Las tasas de filtración e ingestión se determinaron usando seis concentraciones de un monocultivo de la microalga *C. vulgaris* Beijerinck, 1980. Todos los experimentos se mantuvieron a temperatura ambiente, en recipientes de vidrio de 500 mL con 200 mL de agua de grifo declorinada, aireación débil en el fondo y luz constante con una intensidad de aproximadamente 1500 lux, con excepción de las pruebas de condiciones de luminosidad. Las concentraciones de algas fueron determinadas tomando una alícuota de cada recipiente que se fijó en lugol y se observó en una cámara de Neubauer con 0,1mm de profundidad. Los organismos se enjuagaron pasándolos por agua destilada antes de transferirlos a los recipientes experimentales.

Las tasas de filtración e ingestión se calcularon por las siguientes ecuaciones:

$$TF = V (K - f) / N \quad (9)$$

donde:  $TF$ = tasa de filtración,  $V$ = volumen de prueba,  $N$  = número de animales, y  $K$ = coeficiente de crecimiento del alga.

$$K = \ln Cb_t - \ln Cb_0 / T$$

donde  $Cb_t$  = concentración celular en el control (sin animales) en el tiempo  $t$ ,  $Cb_0$  = concentración celular inicial en el control  $t$ , y  $T$  = período experimental.

$$f = \ln C_t - \ln C_0 / T$$

donde  $f$  = coeficiente de alimentación,  $C_t$  = concentración celular en el experimento

(con animales) en el tiempo  $t$ , y  $C_0$ = concentración celular inicial en el experimento.

$$TI = ((C_0 - C_t) - Con) * V / N * T \quad (10)$$

donde:  $TI$  = tasa de ingestión y  $Con$ = es el cambio de densidad celular en los controles sin organismos.  $C_0$ ,  $C_t$ ,  $V$ ,  $N$ , como se señaló anteriormente.

**Experimento 1: Tasas de filtración e ingestión de organismos en diferentes edades.** Se realizaron experimentos cuatuplicados con organismos de 3-4 días de edad ( $n=10$  en cada repetición), y de 10-11 y de 17-18 días (en ambos casos  $n=5$  en cada repetición). Las concentraciones iniciales de alimento fueron 10, 50, 500, 1.000 y  $2.000 \cdot 10^3$  células/mL, después de un período de 3 horas se contaron las células remanente. Luego de calcular las respectivas tasas de filtración e ingestión, se usó un programa para microcomputadoras (Statistix versión 7, Analytical Software 2002), para comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, con la prueba de normalidad aleatoria y Shapiro; una vez comprobado los supuestos se aplicó a los datos un análisis de varianza para determinar los efectos de las variables independientes sobre las variables dependientes, por medio del SAS (Sistema de Análisis Estadísticos).

**Experimento 2: Tasas de filtración e ingestión de hembras y machos.** Las tasas de filtración e ingestión se estudiaron por separado en hembras y machos de 17-18 días de edad. Cada una de las cuatro repeticiones contenía cinco animales con una concentración de algas de  $5 \cdot 10^5$  cel/mL (concentración en el cual se obtuvieron valores adecuados de tasas de ingestión), en 200 mL de agua de grifo aireada. Las concentraciones celulares finales se midieron después de un período de 3 horas. Se utilizó un análisis de varianza de una vía para detectar eventuales diferencias entre las tasas de filtración e ingestión de los dos sexos,

después se aplicó una prueba Duncan  $\alpha$  0,05 con la finalidad de comprobar diferencias entre las medias, en caso de existir diferencias entre los factores simples.

### **Experimento 3: Tasas de filtración e ingestión al inicio y final del fotoperiodo.**

Los experimentos se realizaron eligiendo al azar los organismos con edades de 17-18 días. Cada una de las repeticiones contenía cinco animales con una concentración de algas de  $5 \cdot 10^5$  cel/mL. Las concentraciones celulares finales se midieron después de un período de 12 horas de luz o de oscuridad. Un análisis de varianza de una vía se usó para detectar la influencia de las condiciones de luz en el comportamiento alimenticio de los anostráceos, después una prueba de Duncan  $\alpha$  0,05 se utilizó para determinar las diferencias entre los promedios, en caso de existir diferencias entre los factores simples.

### **Experimento 4: Tasas de filtración e ingestión con respecto a la densidad animal.**

Cada recipiente contenía  $5 \cdot 10^5$  cel/mL y densidades de 2, 4, y 8 animales de 17-18 días de edad en 200 mL de medio. Las concentraciones celulares finales se midieron después de un período de 3 horas. Se aplicó un análisis de varianza de una vía para determinar la influencia de los tratamientos en el comportamiento alimenticio en *D. spartaenovae*, luego se utilizó una prueba de Duncan  $\alpha$  0,05 a los factores simples.

## **Resultados**

### **1. Tasas de filtración y de ingestión en relación a la interacción concentración de fitoplancton y edad del animal en *D. spartaenovae*.**

Las tasas de filtración fueron influenciadas significativa ( $p < 0,0053$ ) por interacción edad de los organismo y concentración de fitoplancton. En los cuales las tasas de filtración aumentan a medida que la edad de los animales avanza y disminuyó al incrementar la densidad de microalgas figura 1. Las tasas de filtración más alta de 59,48; 103,66 y 118,97

mL/ind/h se ubicaron en la menor concentración de fitoplancton  $10 \cdot 10^3$ , en animales de 3-4, 10-11 y de 17-18 días de vida, respectivamente.

En la figura 2 se observa que en la medida que la edad de los organismos avanza e incrementaba el suministro de alimento las tasas de ingestión aumentaban. En los animales de 3-4, 10-11 y 17-18 días de edad, el mayor consumo de alimento (1.342.593; 5.787.037 y 5.833.333 cel/ind/h) se obtuvo en la concentración de algas  $2.000 \cdot 10^3$  cel/mL. El análisis de varianza determinó un efecto significativo de la interacción edad de los organismo y concentración de fitoplancton ( $p < 0,0053$ ) sobre las tasas de ingestión.

**2. Tasas de filtración e ingestión de *D. spartaenovae* con relación al sexo.** El estudio de las tasas de filtración e ingestión en *D. spartaenovae* no mostraron diferencias significativas ( $p < 0,8874$  y  $p < 0,9271$ ) con respecto al sexo (tabla 1), es decir el volumen de agua filtrada y el consumo de alimento fue similar en hembras y machos.

**3. Tasas de filtración e ingestión en relación a las condiciones de luz en *D. spartaenovae*.** Las tasas de filtración de *D. spartaenovae* en diferentes condiciones lumínicas (día y noche) fueron similares (tabla 2), mientras que la ingesta de alimento fue mayor de noche 2.178.241 cel/ind/h que en el día 1.875.000 cel/ind/h. El análisis

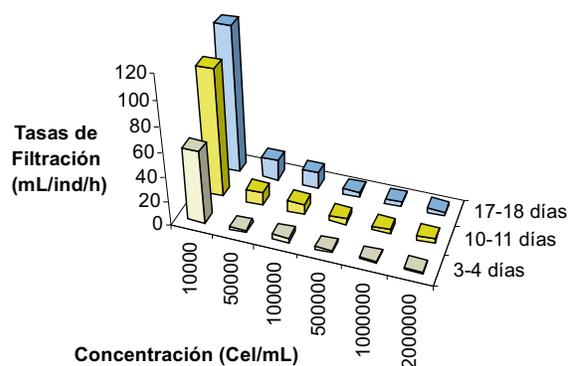


Figura 1. Efecto de la interacción concentración de fitoplancton y edad sobre las tasas de filtración de *D. spartaenovae* alimentado con un monocultivo de *C. vulgaris*.

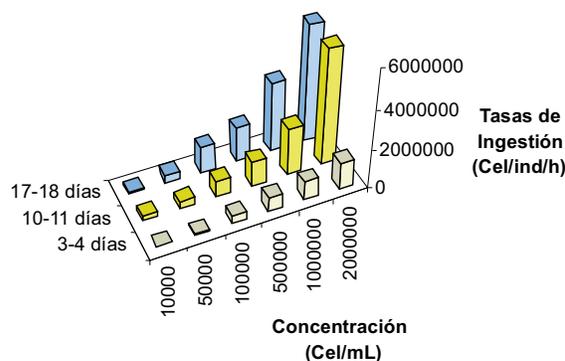


Figura 2. Efecto de la interacción concentración de fitoplancton y edad sobre las tasas de ingestión de *D. spartaenovae* alimentados con un monocultivo de *C. vulgaris*.

Tabla 1

Efecto del sexo sobre las tasas de filtración e ingestión de *D. spartaenovae* de 17-18 días de edad y alimentado con el monocultivo (500.000 cel/mL)

Sexo	Tasas de filtración (x) (mL/ind/hora)	Tasas de ingestión (x) (Cel/ind/hora)
Hembra	4,58 A	1.898.148 A
DS	±3,42	±1.259.395
Macho	4,98 A	1990.747 A
DS	±4,16	±1.476.651,08

Medias con iguales letras no difieren estadísticamente entre sí. Duncan  $\alpha$  0,05. N = número de observaciones: 4 para cada tratamiento. DS= desviación típica.

sis de varianza encontró diferencias significativas ( $p < 0.0006$ ) de las condiciones de luz sobre las tasas de ingestión.

**4. Tasas de filtración e ingestión en relación a la densidad animal en *D. spartaenovae*.** La capacidad filtrante y el consumo de alimento en los anostráceos disminuyeron en la medida que se incrementaba la densidad poblacional como se observa en la tabla 3.

## Discusión

### 1. Tasas de filtración

**1.1. Efecto de la interacción concentración de fitoplancton y edad.** El hecho de que las tasas de filtración disminuyeron con la concentración de alimento puede explicarse como un fenómeno en donde el factor fisiológico de la edad, que involucra cambios en las características morfológicas (ta-

maño del animal) y fisiológicas (desarrollo de sus órganos y capacidades sensoriales) junto con las condiciones del medio ambiente (ej. gradiente de concentración de alimento) determinan las respuestas alimentarias de *D. spartaenovae*. Tonnesson *et al.* (11), demostraron que los juveniles del copépodo *Pareuchaeta norvegica* presentaron tasas de alimentación más altas que los adultos; respuesta que no concuerda con los resultados obtenidos en este experimento. Sin embargo, Sorgeloos *et al.* (12); Makridis y Vadstein (13), encontraron similares respuestas en *Artemia*, en las cuales las tasas de filtración aumentaron con la edad.

### 2. Tasas de ingestión

**2.1. Efecto de la interacción concentración de fitoplancton y edad.** La ingestión de células de microalgas incrementó en la medida que aumentaba la cantidad de alimento y avanzaba la edad del animal. Esta

Tabla 2

Efecto de las condiciones de luz en las tasas de filtración e ingestión de *D. spartaenovae* de 17-18 días de edad alimentado en el monocultivo (500.000 cel/mL)

Condiciones de luz	N	Tasas de filtración (x) (mL/ind/h)	Tasas de ingestión (x) (Cel/ind/h)
Noche	4	7,93 A	2.178.241 A
DS		±1,03	±67.357,53
Día	4	7,80 A	1.875.000 B
DS		±0,90	±64.370,17

Medias con iguales letras no difieren estadísticamente entre sí. Duncan  $\alpha$  0,05. N = número de observaciones. DS = desviación típica.

Tabla 3

Tasas de filtración e ingestión de *D. spartaenovae* de 17-18 días de edad alimentado en el monocultivo (500.000 cel/mL) en diferentes densidades poblacionales

Densidad animal (Ind/L)	N	Tasas de filtración (x)		Tasas de ingestión (x)	
		(mL/ind/h)	DS	(Cel/ind/h)	DS
10	4	12,15 A	±7,85	5.671.296 A	±2.117.349,19
20	4	6,53 A	±1,65	2.343.750 B	±637.450,29
40	4	5,08 A	±2,61	2.256.944 B	±615.170,48

Medias con iguales letras no difieren estadísticamente entre sí. Duncan  $\alpha$  0,05. N = número de observaciones.

respuesta es la esperada, debido a que a mayor densidad de fitoplancton, existe más probabilidad de que el animal entre en contacto con el alimento y a mayor edad se supone que el organismo tiene mayor tamaño, percepción y movilidad, que le permite ingerir mayor cantidad de alimento. Rojas (14) señaló que las tasas de ingestión del copépodo *Temora turbinata* cesaron en concentraciones de 2 y 15  $\mu\text{g C/mL}$ . En este experimento, no se observó esta conducta en las tasas de ingestión; posiblemente los organismos a pesar de reducir sus tasas de filtración, no impidieron el incremento en el consumo de alimento; otra posible causa puede ser las adherencias de las partículas alimenticias en el aparato de alimentación de los anostráceos que desaparecieron de los envases de cultivo pero que no necesariamente fueron ingeridos.

**3. Tasas de filtración e ingestión con respecto a la condición sexual.** La condición sexual no mostró ninguna influencia en las tasas de filtración e ingestión. Este comportamiento probablemente se deba a la poca diferenciación en tamaño entre hembras y machos y a la condición no grávida de la hembra. Brendonck (1993), (1) no encontró en *Streptocephalus proboscideus*, diferencias entre hembras ( $13,1 \pm 0,2\text{mm}$ ) y machos ( $13,9 \pm 0,2\text{mm}$ ).

**4. Tasas de filtración e ingestión con respecto a las condiciones de luz.** Las tasas de filtración de los anostráceos no se vieron influidos por las condiciones de luz (tabla 2), mientras que el mayor consumo de alimento se obtuvo en períodos de oscuridad ( $2.178.241 \text{ cel/ind/h}$ ) que en claridad ( $1.875.000 \text{ cel/ind/h}$ ). Probablemente este comportamiento se debe a la flotabilidad, tamaño, composición bioquímica y palatabilidad de las partículas del alimento. Por el contrario, Brendonck (1) utilizando *S. proboscideus*, no halló influencias significativas de las condiciones de luz en las tasas de ingestión.

**5. Tasas de filtración e ingestión en *Dendrocephalus spartaenovae* según las densidades poblacionales.** El descenso de las tasas de filtración e ingestión con el aumento de la densidad de anostráceos (tabla 3), se debió posiblemente a la menor disponibilidad de alimento, espacio y a la mayor acumulación de metabolitos en el medio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rojas (14), que observó una disminución en las tasas de filtración e ingestión a medida que aumentaba el número de copépodos.

## Conclusiones

El estudio del comportamiento alimenticio de la especie *D. spartaenovae*, permite inferir que concentraciones de alimento de  $0,5-2 \times 10^6$  células de *C. vulgaris/mL* son las más adecuadas por presentar las menores tasas de filtración y las mayores tasas de ingestión en los distintos grupos de edad. La condición sexual no influyó la conducta alimentaria del organismo y la distribución de la dieta debe ser mayor en la noche que en el día. La densidad animal en condiciones similares de cultivo no debe exceder de 10 ind/L, debido al detrimento en las tasas de filtración e ingestión.

## Agradecimientos

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por la aprobación de la solicitud de la subvención del Proyecto de Investigación Novel, titulado "Evaluación del Comportamiento Alimenticio de un Anostráceo de Agua Dulce *D. spartaenovae*", identificado con el código N° CI-4-031101-1358/07, al Instituto de Zoología Tropical de la Universidad Central de Venezuela por proporcionarnos la infraestructura, recursos y al profesor Ramón Díaz por su amplia colaboración en la ejecución de los experimentos.

## Referencias bibliográficas

1. BRENDONCK L. **J Crustac Biol** 13: 245-255. 1993.
2. LÓPEZ B. Algunos aspectos de las poblaciones de *Thamnocephalus venezuelensis* (Crustacea: Anostraca: Thamnocephalidae) en condiciones naturales y de cultivo en condiciones del laboratorio (Para obtener el título de maestría). Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas (Venezuela). 118 pp. 1998.
3. DUMONT H.J., NEGREA S. Introduction to the class Branchiopoda. Guides to Identification of the microinvertebrates of the Continental Waters of World. N°19. Leiden. Backhuys Publishers. 398 pp. 2002.
4. CALVIÑO P.A., PETRACINI R. **Artemia de agua dulce, mito o realidad?** BIBKA, Suplemento 2. Edición especial. 10 pp. 2004.
5. PEREIRA G. **J Crustac Biol** 3: 293-305. 1983.
6. BRETT M.T., MULLER-NAVARRA D.C., PARK S.K. **Limnol and Oceanogr** 45: 1564-1575. 2000.
7. MULLER-NAVARRA D.C., BRETT M.T., LISTON A.M., GOLDMAN C.R. **Nature** 403: 74-77. 2000.
8. DIERCKENS K.R., BELADJAL L., VANDENBERGHE J., SWINGS J., MERTENS J. **J of Crustac Biol** 17(2): 264-268. 1997.
9. PETERS R.H., DOWNING J.A. **Limnol and Oceanogr** 29: 763-784. 1984.
10. BAMSTEDT U., GIFFORD D.J., IRIGOIEN X., ATKINSON A., ROMAN M. **ICES Zooplankton Methodology Manual** (Eds. Harris R., Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H.R., Huntley M). Academic Press. San Diego (USA). 297-399. 2000.
11. TÖNNESSON K., NIELSEN T.G., TISELIUS. **Mar Ecol Prog Ser** 314: 213-225. 2006.
12. SORGELOOS P., LAVENS P., LEGER P., TACKAERT W., VERSICHELE D. **Manual for the culture and use of the brine shrimp Artemia in aquaculture**. State University of Ghent, Bélgica. pp319. 1986.
13. MAKRIDIS P., VADSTEIN O. **J Plankton Res** 21(11): 2191-2201. 1999
14. ROJAS A. Tasas de filtración y tasas de ingestión en el copepodo calanoide *Temora turbinata* Dana (Para obtener el título de maestría). Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente. Cumaná, estado Sucre (Venezuela). 63 pp. 1981.