

EFECTO DE LA DIETA Y EL FOTOPERIODO SOBRE LA FECUNDIDAD, REPRODUCCIÓN Y LONGEVIDAD DE *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (CLADOCERA: ANOMOPODA)

Miguel Hernández¹, Jesús Rosas², Aidé Velásquez¹, José Millán²
y Tomás Cabrera¹

¹Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. ²Instituto de Investigaciones Científicas.
Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Boca del Río
estado Nueva Esparta, Venezuela. Telefax 02952911350.
E-mail: rosas@ne.udo.edu.ve

Resumen. Se estudió la fecundidad, reproducción, y longevidad de *Moina macrocopa* bajo los efectos combinados de tres dietas (Levadura, *Saccharomyces cereviceae*; microalga *Spirulina maxima* y la mezcla de ambas) y el fotoperiodo (24:0; 12:12; 0:24, luz:oscuridad) durante 10 días siguiendo el modelo de bloques aleatorios al azar y utilizándose tubos de ensayos que contenían 10 mL de agua dulce envejecida y una hembra partenogénica en cada uno. Las hembras sometidas a la combinación de fotoperiodo 12:12 y levadura produjeron los primeros embriones (26 ± 4) el cuarto día, y el resto de las hembras partenogénicas comenzaron a producir embriones a partir del quinto día. La fecundidad fue mayor en la combinación oscuridad y levadura (132 embriones/hembra) y menor en la interacción luz y *S. maxima* (30,5 embriones/hembra). El número de neonatos diarios por hembra varió entre 6 y 24. La interacción de la dieta y el fotoperiodo fue significativamente diferente para la fecundidad de *M. macrocopa*, debido a la mejor calidad nutricional que contiene la levadura. El mayor valor del índice de reproducción se obtuvo en la combinación oscuridad continua y levadura (82,5 neonatos/hembra) y menor en la combinación luz continua y *S. maxima* (8 neonatos/hembra). El fotoperiodo produjo diferencias significativas en la longevidad de *Moina macrocopa*, cuyo valor promedio fue de 4 ± 3 y 8 ± 4 días. La dieta (levadu-

Recibido: 21 Enero 2002 / Aceptado: 27 Junio 2002
Received: 21 January 2002 / Accepted: 27 June 2002

ra) y el fotoperiodo (oscuridad continua), fueron los factores determinantes en la fecundidad, reproducción y longevidad de *M. macrocopa*.

Palabras clave: Dieta, fecundidad, fotoperiodo, longevidad, *Moina macrocopa*, reproducción.

THE EFFECT OF DIET AND PHOTOPERIODS ON THE FECUNDITY, REPRODUCTION AND LONGEVITY OF *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (CLADOCERA: ANOMOPODA)

Abstract. The fecundity, reproduction and longevity of *Moina macrocopa* were studied under the combined effects of three diets: yeast (*Saccharomyces cerevisiae*); micro-algae (*Spirulina maxima*) and a mixture of both (yeast + micro-algae) and photoperiods (24:0, 12:12, 0:24, light:dark) during ten days, following the model of aleatory blocks and using test tubes containing 10 mL of aged freshwater with a parthenogenic female in each one. The females that underwent a combination of the photoperiod 12:12 and yeast produced the first embryos (26 ± 4 embryos) on the fourth day; the rest of the parthenogenic females began to produce embryos on the fifth day. The fecundity rate was highest with the combination of continuous darkness and yeast (132 embryos/female) and lowest with continuous light and *S. maxima* (30,5 embryos/female). The daily number of neonates per female varied between 6 and 24. Interaction of the diet and the photoperiod was significantly different on the fecundity of *M. macrocopa*, due to the better nutritional quality of the yeast. The highest value of the reproduction index was obtained with the combination of continuous darkness and yeast (82,5 neonates/female), and lowest, with the combination of continuous light and *S. maxima* (8 neonates/female). The photoperiod produced significant differences in longevity, and the average values were 4 ± 3 and 8 ± 4 days. Diet (yeast) and the photoperiod (continuous darkness) were the determinant factors affecting the fecundity, reproduction and longevity of *Moina macrocopa*.

Key words: Diet, fecundity, longevity, *Moina macrocopa*, photoperiod, reproduction.

INTRODUCCIÓN

Moina macrocopa es un filtrador no selectivo y una importante presa para juveniles de peces y crustáceos (Martínez y Gutiérrez 1997), posee un tamaño de 0,2 a 3,0 mm, intermedio entre el rotífero *Brachionus plicatilis* y la *Artemia* spp. preadulta, y más pequeño que *Daphnia* spp., lo cual le confiere condiciones adecuadas para la alimentación de larvas y alevines de peces (Lavens y Sorgeloos 1996). En la Acuicultura, *Moina* spp. es utilizada en la alimentación de otros organismos que por su tamaño no pueden ser alimentados con rotíferos, considerándose que puede ser uno de los posibles sustitutos de la *Artemia* spp. como alimento vivo de organismos dulceacuícolas y de agua salada..

Las especies del género *Moina* junto con las de *Daphnia* han sido las favoritas de los biólogos por su potencialidad para reproducirse rápidamente y su fácil manutención en tanques de riego con una mezcla de estiércol de caballo y tierra de jardín. Las condiciones para el cultivo de *Moina* son muy similares a las requeridas para el rotífero *B. Plicatilis* (Landau 1992).

En Venezuela las investigaciones se han basado en la taxonomía de cladóceros en general, Infante (1980) identificó los cladóceros del lago de Valencia, Zoppi *et al.* (1985) identificó los de sabanas inundables de Mantecal, Margalef (1961) estudió los cladóceros que habitan en los cuerpos de aguas dulces y salobres del estado Nueva Esparta y Hernández *et al.* (1999) realizaron el primer registro de *M. macrocopa* para la Isla de Margarita. Debido a la importancia del género *Moina* en acuicultura se hace necesario la realización de investigaciones que permitan conocer aspectos de la biología (longevidad, reproducción y fecundidad) de esta especie a fin de establecer bases para el desarrollo tecnológico del cultivo en masa de este importante cladóceros.

En concordancia con lo antes expuesto se propuso el siguiente objetivo: Determinar la longevidad, reproducción y fecundidad de *Moina macrocopa* alimentado con tres dietas en base seca (*Sacha-*

romyces cereviceae, *Spirulina maxima* y la mezcla de ambas) y tres fotoperiodos diferentes de luz:oscuridad (24:0; 12:12 y 0:24).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los organismos fueron colectados en Juangriego, Isla de Margarita, Venezuela, utilizando recipientes de plástico de 10 L de capacidad, para concentrar las muestras se filtraron con un tamiz de 40 μ m, colocándolos finalmente en botellas plásticas de 2 L de capacidad, para ser transportados al laboratorio de Zooplancton del Instituto de Investigaciones científicas de la Universidad de Oriente (IIC), en Boca de Río, estado Nueva Esparta, Venezuela,

Los cladóceros fueron aislados con la ayuda de una pipeta Pasteur modificada y una cámara Bogorov en un vaso de precipitado con 100 mL de agua dulce envejecida, bajo microscopio estereoscópico Wild Heerbrugg con un objetivo de 12X. La identificación de los cladóceros se realizó según lo descrito por Goulden (1968) y Pennak (1978). Los ejemplares de *M. macrocopa* aislados se trasvasaron a un recipiente circular de 30 L de capacidad que contenía un volumen de 15 L de agua envejecida por un proceso de aireación continua de 24 horas, para realizar la aclimatación de la cepa a las condiciones de laboratorio. Los valores de Ph del agua fueron de $7,90 \pm 0,42$ y la temperatura del agua de $22 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

La experiencia de Fecundidad, reproducción y Longevidad se realizó colocándose 10 hembras que contenían un número evidente de embriones desarrollándose separadas en 10 tubos de ensayos, haciéndose un estricto seguimiento para determinar el momento en que los neonatos nacían, posteriormente se colocó un individuo de edad conocida en un tubo de ensayo con un volumen de 10 mL de agua envejecida. El diseño planteado fue el de bloques aleatorios al azar con dos factores de tres niveles cada uno con réplicas (Li 1977), 18 tubos de ensayo fueron divididos en tres grupos de seis cada uno, el primero fue colocado bajo oscuridad continua (0:24), otro grupo bajo luz continua (24:0) y el último bajo fotoperiodo (12:12).

Cada grupo de 6 tubos se dividió en subgrupos de 2 tubos para la aplicación de las tres dietas: a) Levadura (*S. cereviceae*), b) *S. maxima* y c) *S. cereviceae* + *S. maxima*. El tiempo total de desarrollo de la experiencia fue hasta la muerte del total de los organismos. Para elaborar cada dieta se pesó 10 mg de levadura comercial (*S. cereviceae*) y 10 mg de polvo de *S. maxima*, en una balanza Sartorius de 0,001 g de apreciación, diluyéndose en dos mL de agua, homogenizándose por agitación manual durante un minuto aproximadamente. La dieta mixta de levadura y microalga se elaboró con 5 mg de cada componente., la ración diaria del alimento fue de una gota de cada una, con la ayuda de una pipeta Pasteur, por cada tubo.

Diariamente se extrajeron y se cuantificaron los neonatos por medio de un microscopio estereoscópico Wild heerburgg con un objetivo de 12X, una cámara de Bogorov y un cuenta colonia manual. De igual manera se contabilizó la cantidad de embriones utilizando para ello un microscopio óptico Olympus modelo Vanox y un portaobjeto excavado.

Para estimar la fecundidad se utilizó la ecuación de la tasa neta de reproducción:

$R_o = \sum l_x m_x$ (siendo l_x la longevidad media y m_x el número de embriones o neonatos según sea el caso) propuesta por Rabinovich (1980). La longevidad media fue calculada a partir de las tablas de vida propuestas por Rabinovich (1980).

RESULTADOS

Durante la experiencia para determinar la fecundidad de *M. macrocopa* no se observó embriones en los primeros cuatro días a excepción de los organismos sometidos a la combinación de fotoperiodo 12:12 y levadura *S. cereviceae*, donde se contabilizaron 26 ± 4 embriones, luego a partir del quinto día y hasta el vigésimo tercer día se registraron embriones en todas las hembras partenogénicas. El mayor número de embriones (entre 12 y 33 embriones) se obtuvo el séptimo día (Tabla 1). El número de neonatos obtenidos durante el

TABLA 1. Valores promedio del número de embriones diarios de *M. macrocopa* sometida a los efectos combinados de la dieta y el fotoperiodo.

	Luz continua			Fotoperiodo 12:12			Oscuridad continua		
	L	L+S	S	L	L+S	S	L	L+S	S
Día	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0	0	0
4	20	7	0	7	0	0	0	0	0
5	22	22	15	30	26	20	12	16	25
6	23	23	9	34	25	19	16	16	17
7	23	33	14	13	17	12	18	14	12
8	13	25	6	+	18	4	21	16	15
9	4	9	2		18	3	21	17	8
10	0	8	+		11	+	22	28	8
11	0	8			0		8	9	6
12	10	0			14		9	14	7
13	+	0			0		7	0	3
14		0			0		0	+	0
15		+			+		0		+
16							+		

L = Levadura. L + S = Levadura + *Spirulina*. S = *Spirulina*. + = muerte.

desarrollo de la experiencia fue variable (entre 6 y 24 neonatos) y se presentan en la Tabla 2.

El análisis estadístico demostró que no hubo diferencias ($P \leq 0,01$) entre los grupos, aunque se detectó interacción entre la dieta y el fotoperiodo observándose que el mayor valor del índice de fecundidad ocurrió en la combinación oscuridad continua y levadura (132 embriones/hembra) y el menor (30,5 embriones/hembra) con luz continua y *S. maxima* (Tabla 3).

TABLA 2. Valores promedio del número de neonatos diarios de *M. macrocopa* sometida a los efectos combinados de la dieta y el fotoperiodo.

Dia	Luz continua			Fotoperiodo 12:12			Oscuridad continua		
	L	L+S	S	L	L+S	S	L	L+S	S
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	13	0	0	0	0	0
4	0	0	0	9	0	0	0	0	0
5	19	15	0	20	0	0	0	0	0
6	14	12	0	22	15	9	0	0	0
7	17	10	5	21	19	8	6	8	13
8	24	16	6	2	19	2	13	18	9
9	0	14	5	+	18	0	0	0	5
10	0	0	+		0	+	4	17	0
11	0	0			16		0	0	3
12	0	0			0		4	18	0
13	+	0			8		0	0	0
14		0			0		0	3	0
15		+			+		0	+	+
16							+		

L = Levadura. L + S = Levadura + *Spirulina*. S = *Spirulina*. + = muerte.

El ANAVA demostró que no existe diferencias ($P \leq 0,01$) entre los grupos, pero sí hubo interacción entre la dieta y el alimento. En cuanto al índice de reproducción se encontró que el mayor valor se presentó en la combinación oscuridad y levadura (82,5 individuos/hembra), mientras que el menor fue registrado en la combinación luz y *S. Maxima* (8 individuos/hembra).

TABLA 3. Valores del índice de fecundidad, reproducción y longevidad de *M. macrocopa* sometida a los efectos combinados de la dieta y el fotoperiodo.

	Luz continua			Fotoperiodo 12:12			Oscuridad		
	L	L+S	S	L	L+S	S	L	L+S	S
Tiempo Maduración (días)	4	4	5	3	5	5	5	5	5
Primera Cohorte (días)	5	5	7	4	6	6	7	7	7
Fo (embriones/hembra)	127	110	30,5	104	100	53,5	132	115,5	91
Ro (neonatos/hembra)	72	21,5	8	74	55	19,5	82,5	6,5	30
Longevidad media (días)	7 ± 4	6 ± 4	4 ± 3	6 ± 3	6 ± 4	5 ± 3	8 ± 5	7 ± 4	7 ± 4

L = Levadura. L + S = Levadura + *Spirulina*. S = *Spirulina*. Fo = índice de fecundidad. Ro = índice de reproducción.

La longevidad individual de *M. macrocopa* estuvo dentro de un rango de 6 - 16 días de vida. La longevidad media fue de $4,44 \pm 2,99$ y $8 \pm 4,47$ días (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Los primeros embriones de *M. macrocopa* se Produjeron al cuarto día de experiencia, coincidiendo esto con lo reportado por Martínez y Gutiérrez (1997) para la misma especie, difiriendo de los resultados obtenidos por Iveleva (1973) quien determinó como tiempo de maduración de *M. macrocopa* entre 5 y 7 días y Semechenko (1990) quien acertó el periodo de maduración de 3 a 2,1 días al igual que Suschenya (1990) mediante un incremento de la cantidad de alimento y temperatura de 20 a 30°C. Los resultados obtenidos en esta

investigación difieren de los anteriores debido principalmente a la dieta suministrada.

El tipo de reproducción partenogénica de *Moina* posee una afinidad proporcional con la intensidad de luz (Gool 1997). No solo el alimento afecta la vulnerabilidad y la fecundidad de los cladóceros sino que la intensidad de luz es importante en el desarrollo de la estrategia reproductiva, según Zelimer (1996) la alta intensidad de luz blanca no tiene efectos significativos sobre los parámetros reproductivos estudiados. Sin embargo, en este trabajo se encontró un efecto sinérgico de la luz y alimento utilizado que influyó sobre la fecundidad de *M. macrocopa* debido a la interacción entre el alimento y fotoperiodo, más no de cada factor por separado.

El número de embriones por hembra fue de 5 a 12 embriones/hembra, siendo mayor a lo reportado por Berner *et al.* (1991) de 3 a 10 embriones. Probablemente la razón de este incremento se debió a que en este trabajo la temperatura fue más elevada.

El índice de fecundidad reflejó que la mayor producción de embriones se registró en la combinación oscuridad - levadura, al igual que el mayor índice de reproducción (82,5 individuos/hembra) (Tabla 3) debido a que la levadura posee un elevado valor energético para la especie y a que los fotoperiodos cortos o nulos inducen a la gamogénesis aumentando la cantidad de neonatos y disminuyendo la cantidad de efipios, mientras se disminuye el fotoperiodo y se lleva a los extremos existe una tendencia a incrementar el número de embriones, no obstante, la cantidad de neonatos salientes es menor que en condiciones normales (Berner *et al.* 1991).

El número de neonatos por hembra fue de 4 a 26 neonatos/hembra, mayor a lo reportado por Martínez y Gutiérrez (1991) quienes reportaron de 8 a 12 neonatos/hembra, esta diferencia se debió probablemente al tipo de alimento suministrado en esta experiencia.

La longevidad de *M. macrocopa* en este trabajo estuvo en un rango de 6 a 16 días concordando con lo encontrado por Burak (1997) quien señaló de 7 a 15 días. Comparando las longevidades

medias que se presentan en la Tabla 3, se observó que existe una tendencia a que la longevidad aumente en las combinaciones que incluyen levadura como alimento, esto se debe a que mientras más digerible sea el alimento mayor capacidad regenerativa tendrán los organismos de *M. macrocopa* después de la producción de la cohorte de neonatos, incrementándose así el tiempo de vida (Burak 1997), aunque estadísticamente fue demostrado que la longevidad fue afectada por el fotoperiodo y no por la dieta.

En investigaciones posteriores se emplearán microalgas vivas a fin de determinar la dieta optima que permita un mayor crecimiento poblacional del cladóceros estudiado.

CONCLUSIONES

El tiempo de maduración en *M. macrocopa* durante esta experiencia fue de 4 a 5 días.

El mayor valor del índice de fecundidad fue de 132 embriones/hembra cuando se combinaron los efectos levadura-oscuridad, y el menor valor fue de 30,5 embriones/hembra en la combinación luz continua-microalga.

La fecundidad de *M. macrocopa* por la interacción entre el alimento y el fotoperiodo.

El mayor valor del índice de reproducción fue de 82,5 neonatos/hembra en la combinación levadura-oscuridad y el menor valor fue de 8 neonatos/hembra en la combinación luz-microalga.

La longevidad de *M. macrocopa* (6-16 días) fue afectada por el fotoperiodo y no por la dieta.

LITERATURA CITADA

- BERNER, D., L. NGUY, S. NGUYEN, y S. BURTON. 1991. Photoperiod and temperature as induced of gamogenesis in a dicyclic population of *Scapholepis armata*. Heric (Crustacea: Cladocera: Daphniidae). Hydrobiología. 225: 269-280.

- BURAK, E. 1997. Life tables of *Moina macrocopa* (Straus) in sucesive generations under food and temperature adaptation. *Hydrobiología*. 360: 101-108.
- FORRÓ, L. 1997. Mating behavior in *Moina brachiata* (Jurine, 1820) (Crustacea: Anomopoda). *Hidrobiología*. 360: 153-159.
- GOOL, E. 1997. Light induced swimming of *Daphnia*: can laboratory experiment predict diel vertical migrations? *Hydrobiología*. 360: 161-167.
- GOULDEN, C. 1968. The systematic and evolution of the Monidae. *Trans Amer. Philo. Soci.* 58 (6): 1-101.
- HERNÁNDEZ, M., A. VELÁSQUEZ, J. ROSAS, T. CABRERA y J. MILLÁN. 1999. Primer registro de *Moina macrocopa* (Cladocera: Anomopoda) para la Isla de Margarita, Venezuela. III Reunión Internacional de Plancología. Mazatlán, Sinaloa, México. Pag. 35.
- HOFF, F y W. SNELL. 1997. *Plankton Culture Manual*. Fourth Edition. Florida Aqua Farms, INC. Dade City, Florida. 142 pp.
- INFANTE, A. 1980. Los cladóceros del lago de Valencia. *Acta Científica de Venezuela*. 31(6): 593-603.
- IVELEVA, I. 1973. Mass cultivation of invertebrates. *Israel Program. Scien. Trans jerusalem*: 82-120.
- LANDAU, M. 1992. *Introduction to Aquaculture*. John Wiley & Son INC. U.S.A. 568 pp.
- LAVENS, P. y P. SORGELLOS. 1996. *Manual on the production and use of alive food for Aquaculture*. F:A:O. Belgium 357 pp.
- LI, C. 1977. *Introducción a la Estadística Experimental*. Editorial Omega. 496 pp.
- MARGALEF, R. 1961. La vida en los charcos de agua dulce de Nueva Esparta (Venezuela). *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La salle*. 21 (59): 75-110.
- MARTÍNEZ, F. y A. GUTIÉRREZ. 1997. Fecundity, reproduction and growth of *Moina macrocopa* fed on different algae. *Hydrobiología*. 222: 49-59.

- MONAKOV, I. 1972. Aquatic invertebrate feeding: URSS. Review. Jour. Fish. Res. Board. Can 29(4): 369-373.
- PENNAK, 1978. Cladocera in freshwater invertebrates. II edition. Ronald Press Company. New York. 381 pp.
- RABINOVICH, J. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. C:E:C:S:A Ediciones 315 pp.
- SEMECHENCO, V. 1990. The comparative analysis of reproduction strategy in Cladoceran. J. Obs. Biol. 51: 842-853.
- SUSCHENYA, L. 1990. Production of planktonic crustacean and factors environment. J. Obs. Biol. 51: 853- 864.
- ZELIMER, I. 1996. The impact of food quantity on U:V-B Tolerance and recovery from U:V-B damage in *Daphnia pulex*. Hydrobiología. 139: 87-92.
- ZOPPI DE ROA, E., F. MICHELANGELLI y L. SEGOVIA. 1985. Cladocera (Crustacea, Brachiopoda) de sabanas inundables de Mantecal, Estado Apure, Venezuela. Act. Biol. Venez. 12(1): 43-45.