

## Influencia de la temperatura y tipo de alimento en la historia de vida de *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1885) (Crustacea: Cladocera)

### Influence of temperature and food type on the life history of *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1885) (Crustacea: Cladocera)

Ignacio Alejandro Pérez Legaspi<sup>1\*</sup>, Adriana Marisol García Villar<sup>1</sup>, Mariana Garatachia Vargas<sup>1</sup>, Martha Patricia Hernández Vergara<sup>1</sup>, Carlos Iván Pérez Rostro<sup>1</sup>, Luis Alfredo Ortega Clemente<sup>1</sup>

Pérez Legaspi, I. A., García Villar, A. M., Garatachia Vargas, M., Hernández Vergara, M. P., Pérez Rostro, C. I., Ortega Clemente, L. A. Influencia de la temperatura y tipo de alimento en la historia de vida de *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1885) (Crustacea: Cladocera). *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 64: 11-18, enero-abril 2015.

#### RESUMEN

Los cladóceros son pieza clave en la red trófica, ya que contribuyen a la nutrición de especies acuáticas. Se determinó mediante tablas de vida el efecto de la temperatura (20, 25 y 30 °C) y tipo de alimento (*Nannochloris oculata*, *Scenedesmus obliquus* y *Selenastrum capricornutum*) en *Ceriodaphnia cornuta*. Resultados muestran la mayor longevidad y esperanza de vida a 20 °C sin importar el tipo de alimento. La tasa neta de reproducción es mayor a 25 °C y 30 °C, con *S. obliquus* y/o *S. capricornutum*. Según el valor reproductivo, la mayor tasa de fertilidad y fecundidad ocurre con *S. obliquus*. Los valores menores se registraron con *N. oculata*. La temperatura influye en mayor proporción que el alimento en la longevidad, fecundidad y fertilidad. Los resultados indican que este cladóceros tropical es viable para: a) desarrollar futuras pruebas de toxicología acuática, y b) alimento vivo para larvicultura con cualquiera de las microalgas probadas.

#### ABSTRACT

Cladocerans are key in the food web, contributing to nutrition of aquatic species. We determined the effect of temperature (20, 25, and 30 °C) and food

**Palabras clave:** cladóceros, planctónico, tabla de vida, microalgas, temperatura, valor reproductivo.

**Keywords:** cladoceran, planktonic, life table, microalgae, temperature, reproductive value.

Recibido: 18 de octubre de 2013, aceptado: 13 de junio de 2014

<sup>1</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Boca del Río.

\* Autor para correspondencia: [ialegaspi@yahoo.com](mailto:ialegaspi@yahoo.com)

type (*Nannochloris oculata*, *Scenedesmus obliquus*, and *Selenastrum capricornutum*) on *Ceriodaphnia cornuta*. Results show greater longevity and life expectancy at 20 °C, regardless of the food type. However, net reproductive rate is greater at 25-30 °C, with *S. obliquus* and *S. capricornutum*. According to the reproductive value, the highest rate of fertility and fecundity occurs with *S. obliquus*. The lowest values were recorded with *N. oculata*. Temperature is more influential than type of food for: longevity, fecundity, and fertility. The most suitable microalgae for this cladoceran were *S. capricornutum* and *S. obliquus*. The results indicate this tropical cladoceran is viable for: a) developing aquatic toxicology tests, and, b) live feed for larviculture, with any of the microalgae tested.

#### INTRODUCCIÓN

Los cladóceros o pulgas de agua son crustáceos cosmopolitas, representativos de la comunidad planctónica dulceacuícola. Son importantes consumidores primarios que influyen en la transferencia de materia y energía en ecosistemas dulceacuícolas y son piezas clave en la red trófica (Dodson y Hanazato, 1995; Martínez Jerónimo y Ventura López, 2011; Vieira et al., 2011). *C. cornuta* Sars (1885) es un cladóceros común en ecosistemas dulceacuícolas tropicales y subtropicales (Villalobos y González, 2005; Kumar et al., 2008), se distribuye ampliamente debido a su tolerancia a variaciones de temperatura. *C. cornuta* tiene un desarrollo embrionario corto, con crecimiento rápido, gran longevidad, madurez sexual prematura y baja fecundidad (Villalobos y González, 2005). Sin embargo, existe poca información acerca de la influencia de factores ambientales como temperatura y alimento sobre su dinámica poblacional (Dehui, 1989).

Las tablas de vida son útiles para el aprovechamiento de poblaciones naturales, generan información sobre la influencia de las condiciones ambientales en la estructura poblacional de una especie, como edad específica, mortalidad, fecundidad, y biología reproductiva (Martínez Jerónimo y Ventura López, 2011). Savaş y Erdogan (2006) sugieren que el óptimo crecimiento poblacional de *Ceriodaphnia quadrangula* es a 30 °C, alimentado con la microalga *Scenedesmus acuminatus*, en donde es proporcional el aumento en la ingesta y la tasa de crecimiento. Sin embargo, la concentración y calidad del alimento influyen positiva o negativamente sobre la demografía de cladóceros planctónicos y litorales como *C. cornuta*, *Moina macrocopa*, *Pleuroxus aduncus* y *Simocephalus vetulus* durante su cultivo; de modo que concentraciones moderadas de *Chlorella vulgaris* favorecen su cultivo (Nandini y Sarma, 2000).

Por otro lado, *M. macrocopa* y *C. cornuta* mostraron mayor tiempo de generación, tasa reproductiva neta y esperanza de vida promedio al alimentarse con protistas (*Tetrahymena pyriformis* y *Colpoda steini*) que con *C. vulgaris* a 25 °C; sin mostrar diferencias en la longitud corporal (Kumar y Hwang, 2008). Es posible cultivar cladóceros con varios tipos de alimento, sin afectar significativamente su ciclo biológico. Otra opción nutritiva son exopolisacáridos de cianobacterias (*Anabaena spiroides*) con buenas tasas reproductivas y de crecimiento en *C. cornuta* a 25 °C, en comparación con el seston natural (Choueri et al., 2007). La producción de *C. cornuta* y *Ceriodaphnia dubia* a 25 °C muestra que ambas aceptan favorablemente alimento artificial fermentado a base de pescado, con buena producción de huevos y neonatos en 7 d (Dehui, 1989).

La dinámica poblacional en *Moina minuta*, *C. cornuta* y *Diaphanosoma spinulosum* a 25 °C indica que pueden usar diferentes tipos de alimento, incluso con deficiencias nutricionales de nitrógeno y/o fósforo en una mezcla de clorofitas (*Scenedesmus*, *Chlorella* y *Kirchneriella*), donde *C. cornuta* tiene mayor crecimiento en condiciones oligotróficas a mesotróficas (Vieira et al., 2011). Ferrão Filho et al. (2003) suministraron *Scenedesmus spinosus* deficiente en N y P a *Moina micrura*, *C. cornuta* y *Daphnia gessneri*, en donde mostrarán distintos efectos en la tasa de crecimiento y reproducción. Sin embargo, al suplementar la microalga con PUFA (ácidos grasos polinsaturados), EPA (ácido eicosapentanoico) y DHA (ácido docosahexanoico) aumentó la tasa

de crecimiento, indicador de que son nutrientes importantes en su dieta.

Además del alimento, la temperatura afecta la dinámica poblacional de los cladóceros al establecer rangos estrechos para su óptimo crecimiento, como *Daphnia magna* a 18-20 °C, *Daphnia longispina*, *Daphnia pulex* y *M. rectirostris* a 28-29 °C; *Moina macrocopa* 24-26 °C y *Moina brachiata* 8-13 °C (Torretera y Tacon, 1989). Es importante considerar que la temperatura y el alimento son factores que influyen en su desarrollo, tasa de crecimiento poblacional y reproducción (Savaş y Erdoğan, 2006; Martínez Jerónimo y Ventura López, 2011; Vieira et al., 2011). La mayoría de estudios poblacionales con cladóceros se enfocan en especies de regiones templadas del género *Daphnia* (Savaş y Erdoğan, 2006; Martínez Jerónimo y Ventura López, 2011), y son pocos con especies tropicales y subtropicales, lo cual puede aprovecharse como alimento vivo o en ensayos de toxicidad. El conocimiento de las necesidades ambientales de estos organismos permite cultivarlos con facilidad, además por su pequeño tamaño (0.2-18.0 mm de longitud) y facilidad de enriquecimiento nutricional son buenas alternativas para la alimentación de diversas especies acuícolas durante sus críticos estadios larvarios (Prieto, 2001). Aun así, solo unas especies como *D. magna*, *D. pulex*, *D. longispina*, *D. magna* Straus, *M. rectirostris*, *M. macrocopa*, *M. brachiata* y *Moina affinis* se emplean en la acuicultura por su alto contenido nutricional y facilidad de producción (Torretera y Tacon, 1989). El objetivo del presente estudio consiste en evaluar el efecto de la temperatura y tipo de alimento en la dinámica poblacional del cladóceros *C. cornuta* en condiciones de laboratorio, lo que contribuye al conocimiento de su biología reproductiva, genera información útil para su cultivo con futuras aplicaciones mediante pruebas de toxicidad, así como su cultivo masivo con aprovechamiento en la acuicultura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El cladóceros *C. cornuta* se obtuvo del Sistema Lagunar de Alvarado, localizado en el municipio de Alvarado (18° 53'-18° 25' latitud norte y 95° 34' y 96° 08' longitud oeste), al suroccidente del Golfo de México y sureste del estado de Veracruz, México (Portilla Ochoa, 2003). Se recolectó mediante una red para zooplancton de 54 µm de diámetro. La pulga de agua fue identificada mediante las

claves taxonómicas de Elías Gutiérrez et al. (2008). Los organismos se aislaron mediante una pipeta de transferencia de plástico y se colocaron en pozas de placas de poliestireno con 24 pozas (Costar, Co., EE. UU.), añadiendo agua dulce artificial medio EPA (96 mg  $\text{NaHCO}_3$ , 60 mg  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 60 mg  $\text{MgSO}_4$ , y 4 mg  $\text{KCl}$  / L) a pH 7.5 (US EPA, 1985), se mantuvieron a una temperatura de 25 °C en iluminación continua y la microalga *S. obliquus* se suministró como alimento ad libitum. Se obtuvieron bastantes descendientes (neonatos) provenientes de 100 hembras partenogénicas seleccionadas del lote original de reproductores y se observaron al menos dos huevos asexuales en su cámara embrionaria, lo que permitió contar con neonatos necesarios para desarrollar los experimentos de tablas de vida.

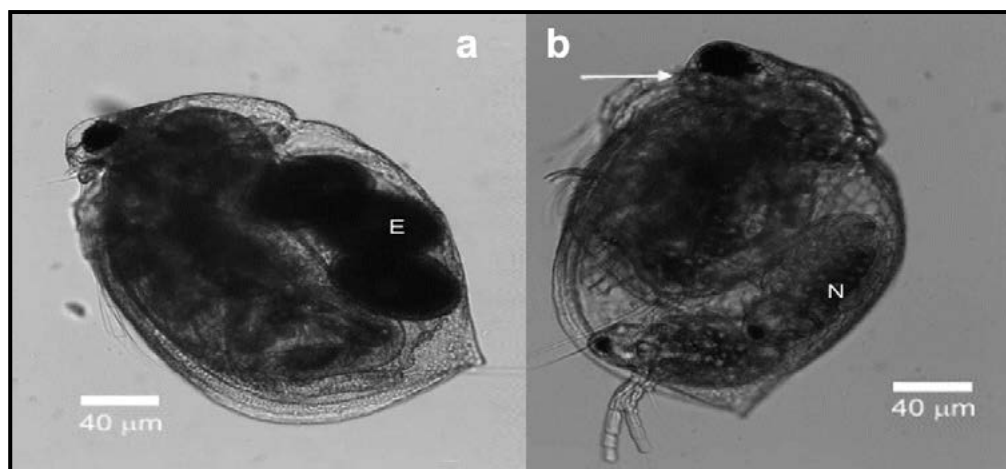
Las tablas de vida comenzaron colocando un neonato de *C. cornuta* menor de 24 hr de edad por poza (n= 24 individuos) en una placa nueva de poliestireno. Cada tratamiento consideró una placa para cada tipo de alimento (*N. oculata*, *S. obliquus* y *S. capricornutum*) a una concentración de  $1 \times 10^6$  cel/ml por poza. Estas microalgas fueron cultivadas en medio basal Bold (Nichols, 1973) con agua destilada a 20 °C. Posteriormente, cada placa fue expuesta por triplicado a una de las temperaturas a evaluar (20, 25 o 30 °C). Las placas se colocaron en baño María y se mantuvieron a la temperatura seleccionada mediante un termostato sumergible para acuario. Se observó cada 24 hr el número de organismos sobrevivientes (progenitores), y se transfirió a nuevo medio con alimento a la concentración correspondiente. Se registró el número de neonatos

producidos por cada progenitor por tratamiento. Las tablas de vida concluyeron hasta la muerte del último progenitor de cada tratamiento.

El análisis de datos comprendió la estimación de parámetros poblacionales como el intervalo de tiempo cada 24 horas (x), tiempo medio de generación (G), potencial reproductivo (Ro), tasa de incremento natural (r), esperanza de vida (ex), y valor reproductivo (Vx) (Begon et al., 1996). También mediante un micrómetro de retículo (10:100 Carl Zeiss) se estimó aleatoriamente el tamaño promedio de cladóceros a diferentes edades, alimentados con *S. obliquus* a 25 °C; se consideraron medidas como longitud total sin espina (LTs), longitud total con espina (LTc), longitud de la cabeza (LC) y amplitud máxima (AM). El análisis estadístico comprendió regresión entre supervivencia (lx) y esperanza de vida (ex) para cada tratamiento. Los datos se analizaron con el paquete STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., 2004), mediante ANOVA de una vía para cada temperatura y los tres tipos de alimento y, en caso de ser significativo ( $p < 0.05$ ), se realizó una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre las variables.

## RESULTADOS

Las tablas de vida cohorte indican que en las condiciones evaluadas es posible reproducir al cladóceros *C. cornuta* mostrando de 1 a 8 huevos asexuales y neonatos fácilmente distinguibles en la cámara embrionaria (Figuras 1 y 6).



**Figura 1.** Hembras de *C. cornuta* (10x). a) Huevos asexuales en la cámara embrionaria (E); b) Neonatos (N) en el interior de la cámara embrionaria al momento de concebir, la flecha señala la proyección rostral característica de la especie. Fotografías de Jesús Alvarado Flores e Ignacio Alejandro Pérez Legaspi.

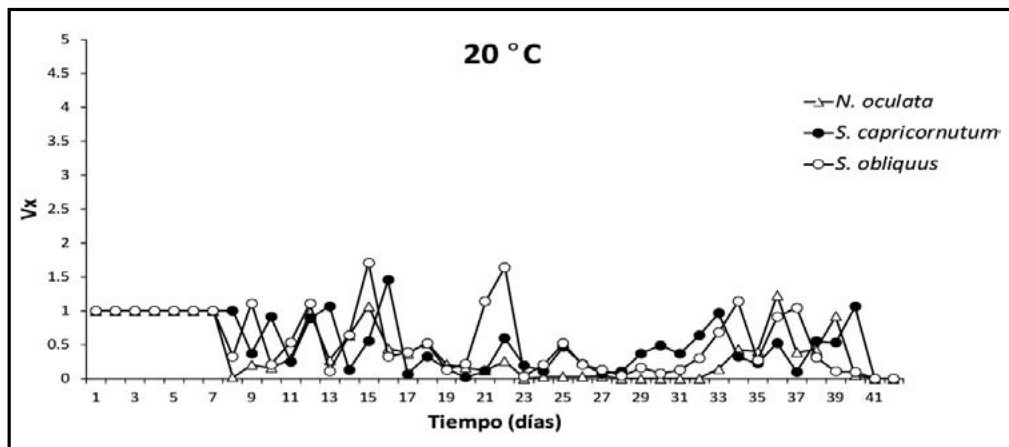
Los cladóceros mantenidos a 20 °C, sin importar el tipo de alimento suministrado, mostraron los valores más altos para  $x$  (tiempo),  $ex$  (esperanza de vida),  $G$  (tiempo de generación), y  $r$  (tasa intrínseca de incremento natural); estos fueron mayores al suministrar *S. capricornutum* (Figura 2).

El potencial reproductivo ( $R_0$ ) incrementó al aumentar la temperatura con las tres microalgas suministradas como alimento, en donde los cladóceros a 30 °C presentaron los valores más altos. No obstante, los valores ( $p < 0.001$ ) más altos para la tasa intrínseca de incremento natural ( $r$ ) se obtuvieron a 20 °C, probablemente por la longevidad, en donde fue mayor con *S. capricornutum* (Tabla 1).

La mayor longevidad registrada en *C. cornuta* fue por 41 d a una temperatura de 20 °C, sin importar el tipo de alimento suministrado (Figura 2, Tabla 1);

mientras que la menor longevidad de *C. cornuta* es de 15 a 16 d al alimentarse con *N. oculata* a 25 °C y 30 °C (Figuras 3 y 4). Asimismo, es notable que la producción más baja de neonatos se observe al suministrar esta microalga a cualquier temperatura evaluada.

En los organismos expuestos a 30 °C se reconoce incremento de fertilidad entre los tratamientos, se mostró la mayor producción de descendientes a partir del primer día (24 hr de edad) del organismo (Figura 4). Los niveles más altos de valor reproductivo ( $V_x$ ) se obtienen al alimentar a *C. cornuta* con *S. obliquus* con una longevidad de 30 d. También, a 20 °C se registra una producción similar de neonatos al alimentarse con *S. capricornutum* y *S. obliquus*. Sin embargo, la producción de neonatos se alcanza a partir del día 7 (168 hr).

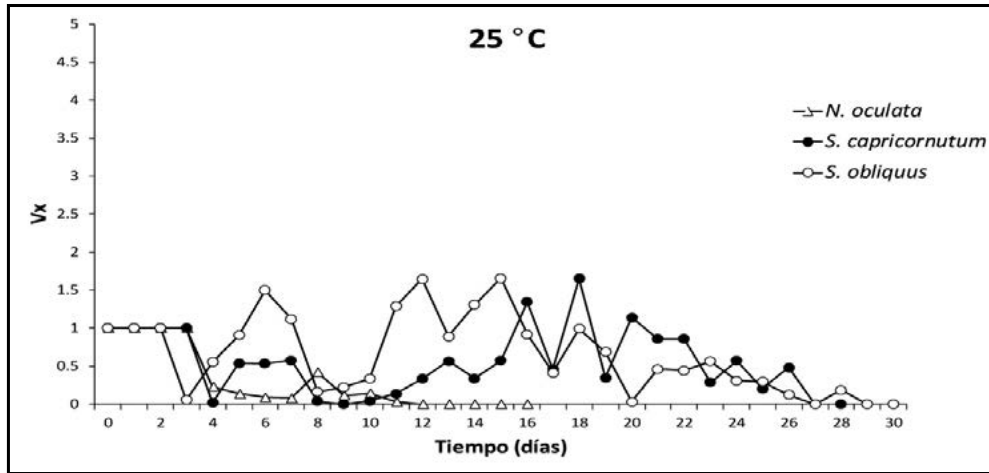


**Figura 2.** Influencia de diferentes microalgas ( $1 \times 10^6$  cel/ml) como alimento sobre el valor reproductivo ( $V_x$ ) de *C. cornuta* cultivada a 20 °C.

**Tabla 1.** Tabla de vida cohorte en el cladóceros *C. cornuta* expuesto a diferentes temperaturas y tipos de alimento

Temperatura (°C)	Alimento	X	ex	G	r	$R_0$	$\lambda$
20	<i>N. oculata</i>	41	21.56	22.86	0.1090	9.7896	1.115
	<i>S. capricornutum</i>	41	26.80	24.59	0.9910	16.14	2.693
	<i>S. obliquus</i>	41	20.83	21.42	0.1001	16.45	1.105
25	<i>N. oculata</i>	16	8.15	7.12	0.0048	1.24	1.004
	<i>S. capricornutum</i>	30	9.81	19.37	0.2540	9.11	1.289
	<i>S. obliquus</i>	30	15.38	14.93	0.1347	19.75	1.144
30	<i>N. oculata</i>	15	10.40	6.81	0.0461	10.51	1.047
	<i>S. capricornutum</i>	25	11.05	9.49	0.0868	18.19	1.090
	<i>S. obliquus</i>	26	11.69	8.48	0.0898	32.07	1.093

Abreviaturas: X (días),  $ex$  (esperanza de vida), G (tiempo de generación),  $r$  (tasa de incremento natural),  $R_0$  (potencial reproductivo),  $\lambda$  (índice finito de incremento).



**Figura 3.** Influencia de diferentes microalgas ( $1 \times 10^6$  cel/ml) como alimento sobre el valor reproductivo (Vx) de *C. cornuta* cultivada a 25 °C.

**Tabla 2.** Resultados del análisis de ANOVA del potencial reproductivo (Ro) de *C. cornuta* con tres tipos de microalga como alimento a temperaturas diferentes: (SC) Suma de cuadrados, (gl) grados de libertad, (CM) cuadrados medios, (F) proporción de F, (p) valor de  $p < 0.05$

Variable	SC	gl	CM	F	p
20 °C	161.057	2	80.529	4.2860	0.0698
	112.732	6	18.789		
25 °C	938.624	2	469.312	110.7627	0.00001
	25.423	6	4.237		
30 °C	93.2038	2	46.6019	16.1582	0.0038
	17.3046	6	2.8841		

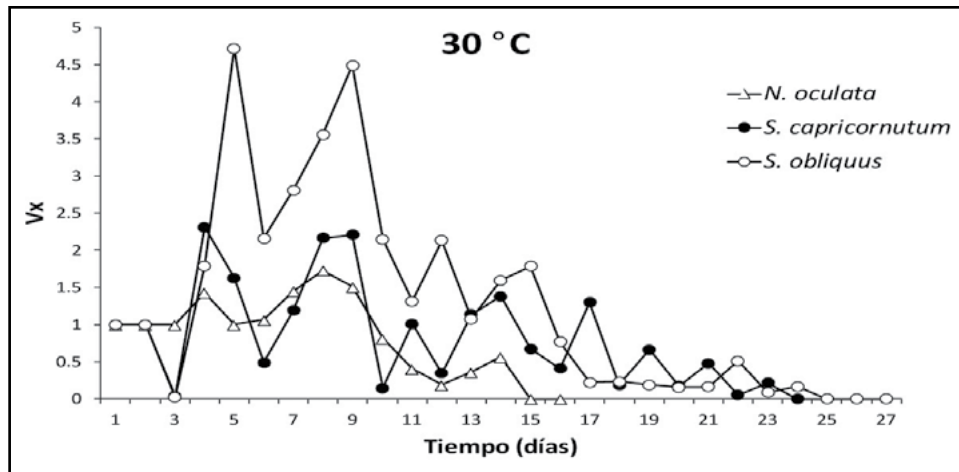
**Tabla 3.** Caracterización morfológica de *C. cornuta* a diferentes edades alimentada con *S. obliquus* a 25 °C

	Edad (hr)											
	0	< 1	< 2	< 14	24	< 72	< 96	< 120	< 144	< 168	< 192	Adulta*
LTs	266±14	274±14	288±33	301±26	304±21	315±18	350±26	389±38	395±20	408±37	412±24	495±22
LTc	337±27	321±24	338±22	364±31	370±19	367±29	404± 39	445±60	459±22	459±36	482±23	576±30
LC	47±6	46±4.8	49±5.3	59±8.1	49±7	58±11	62±6.7	63±6.9	63±4.8	75±14	70±5.6	72 ±7.8
AM	212±18	227±17	222±13	195±17	224±34	202±21	249±42	319±37	331±15	281±34	345±20	415±25
n	10	10	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10

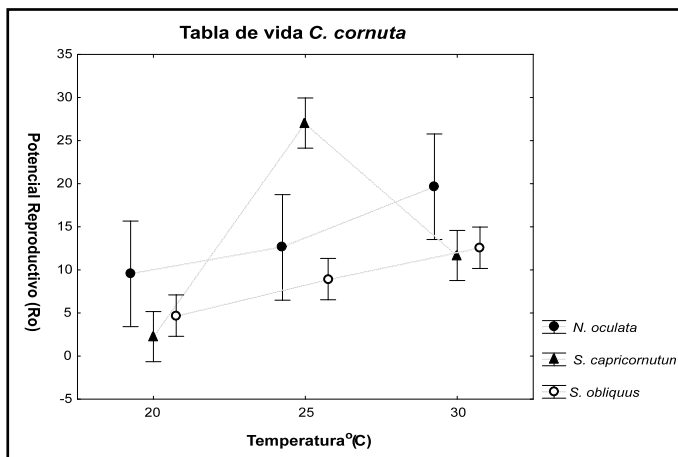
Abreviaciones: (LTs) longitud total sin espina, (LTc) longitud total con espina, (LC) longitud de la cabeza, (AM) amplitud máxima (valores en  $\mu\text{m}$ ). \* Individuos tomados al azar, n: número de individuos.

La caracterización morfológica de *C. cornuta* a distintas edades se muestra en la Tabla 2, en donde se observa que a partir de las 0 hr el organismo tiene una longitud total sin espina (LTs) de  $266.6 \pm 14.9 \mu\text{m}$ , longitud de la cabeza (LC) de  $47.6 \pm 6.3 \mu\text{m}$ , amplitud máxima (AM) de  $212.2 \pm 18.8 \mu\text{m}$ ; y alcanzó aproximadamente el tamaño promedio adulto a partir de las 144 hr (6 d).

Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre la sobrevivencia ( $lx$ ) y la esperanza promedio de vida ( $ex$ ) se expresan en la Tabla 3, en donde se muestra que la mayor correlación es a 25 °C con las tres microalgas.



**Figura 4.** Influencia de diferentes microalgas ( $1 \times 10^6$  cel/ml) como alimento sobre el valor reproductivo ( $V_x$ ) de *C. cornuta* cultivada a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Figura 5.** Gráfica que muestra la influencia de las tres temperaturas y el tipo de alimento sobre el valor reproductivo ( $R_o$ ) de *C. cornuta*.

**Tabla 4.** Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre la sobrevivencia ( $lx$ ) y la esperanza media de vida ( $ex$ ) para todos los tratamientos evaluados

Alga ( $1 \times 10^6$ cel/ml)	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )		
	20	25	30
<i>N. oculata</i>	0.5136	0.8051	0.6971
<i>S. capricornutum</i>	0.4650	0.7324	0.6808
<i>S. obliquus</i>	0.4759	0.6090	0.6357

la reproducción de *C. cornuta*, con *S. capricornutum* y/o *S. obliquus* como las especies que ofrecen la mayor esperanza de vida, tiempo de generación, tasa de incremento natural y potencial reproductivo en comparación con *N. oculata* para cualquier temperatura evaluada. Además, los parámetros poblacionales más bajos se registraron cuando *C. cornuta* es alimentada con *N. oculata* en las tres temperaturas probadas (Tabla 1, figuras 2, 3, y 4), lo que indica que el tipo de alimento es un factor que influye en la longevidad y reproducción de *C. cornuta* (Figura 5).

En contraste, las microalgas *S. capricornutum* y *S. obliquus* ofrecen mayor aprovechamiento al favorecer la reproducción de *C. cornuta*. Estas diferencias pueden deberse a la calidad nutricional de cada microalga suministrada. Se ha reportado que cladóceros con deficiencias nutricionales muestran lento crecimiento y bajas tasas reproductivas (Choueri et al., 2007), por lo que una estrategia de vida consiste en invertir su energía en sobrevivencia. Por tanto, no todas las especies de microalgas proporcionadas como alimento son aprovechadas para todas las especies de cladóceros. También

## DISCUSIÓN

Este estudio muestra la factibilidad de cultivar la pulga de agua tropical *C. cornuta* (Sars, 1885) en condiciones de laboratorio. Para hacerlo, es conveniente mantener temperaturas de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  y una alimentación basada en microalgas como *S. capricornutum* y *S. obliquus*, siendo posible obtener elevadas tasas de reproducción de acuerdo al valor reproductivo (figuras 4 y 5). Villalobos y González (2005) mencionan que la disponibilidad de alimento y temperaturas elevadas son factores que influyen en la fecundidad de *C. cornuta*. Por tanto, la temperatura en combinación con el alimento apropiado influyen en la longevidad, potencial reproductivo y sobrevivencia de *C. cornuta* determinando las condiciones de cultivo. La microalga como alimento influye directamente en

se debe considerar la concentración de alimento suministrado.

Nandini y Sarma (2000, 2003) mencionan que altas concentraciones de microalgas como *C. vulgaris* afectan negativamente la historia de vida de *C. cornuta* al disminuir su fecundidad, a pesar de incrementar la reproducción en otros cladóceros como *Alona rectangula*, *C. dubia*, *Daphnia laevis*, *Diaphanosoma brachyurum*, *M. macrocopa*, *Scapholeberis kingi* y *S. vetulus*. Esto sugiere que es conveniente considerar la especie de cladóceros, así como el tipo de alimento y concentración apropiada a suministrar durante su cultivo.

En el presente estudio se registran los valores más altos en longevidad, esperanza de vida y tasa de incremento natural para *C. cornuta* a 20 °C (Tabla 1, figuras 2, 3 y 4), esto puede deberse a que temperaturas bajas como 20 °C ocasionan que este cladóceros opte como estrategia de vida ser más longevo, con mayor probabilidad de esperanza de vida y sobrevivencia, pero con tasas de reproducción bajas. Por tanto, altos valores en la tasa de crecimiento natural "r" a 20 °C pueden estar relacionados con la gran longevidad del cladóceros en esta temperatura. Villalobos y González (2005) mencionan que *C. cornuta* tiene la posibilidad de disminuir su fecundidad al demorar su madurez sexual y compensarla con pocos estadios adultos e incrementar su longevidad. *C. cornuta* es capaz de tolerar un amplio rango de temperatura si el alimento es favorable como *S. capricornutum*, al invertir la mayoría de su energía metabólica en sobrevivir en lugar de reproducirse y mantener su potencial reproductivo por grandes periodos (Villalobos y González, 2005), lo que permite colonizar nuevos ambientes.

Los mayores valores reproductivos ( $V_x$ ) de *C. cornuta* se observan a 30 °C con *S. capricornutum* y *S. obliquus* en donde muestra una reproducción prematura desde las 48 hr, con la máxima producción a partir de los 4 d de edad. Sin embargo, a 20 °C y 25 °C la reproducción comienza a partir de 7 a 8 d (Figura 2). Es posible que la reproducción de esta especie pueda ser estimulada por el aumento en la temperatura. Villalobos y González (2005) reportan que este cladóceros puede invertir rápidamente la energía disponible en su madurez reproductiva. Incluso la duración de los estadios disminuye al aumentar la temperatura, con poca influencia por el tipo de alimento en la duración de los estadios



**Figura 6.** Pulga de agua *C. cornuta* con su proyección rostral típica y posabdomen con garra (superior izquierda), huevo asexual en su cámara embrionaria (inferior izquierda) y neonatos durante su nacimiento (derecha). Fotografías de Jesús Alvarado Flores e Ignacio Alejandro Pérez Legaspi.

adultos (Amarasinghe et al., 1997), por lo que una vez que *C. cornuta* alcanza su madurez sexual invierte su energía en la producción de huevos y crecimiento (Villalobos y González, 2005). Por tanto, temperaturas como 30 °C con el alimento apropiado pueden estimular un crecimiento rápido y alcanzar la madurez rápidamente.

## CONCLUSIONES

Con base en los datos generados en este estudio sobre la biología reproductiva del cladóceros *C. cornuta* es posible establecer las condiciones óptimas de cultivo en cualquiera de las tres temperaturas evaluadas en combinación con *S. capricornutum*. Además, en condiciones de laboratorio y temperaturas de 30 °C es posible incrementar la tasa de reproducción a edades tempranas, en donde se obtienen grandes densidades. Esto, aunado a su pequeño tamaño hace posible considerarlo como buen candidato para cultivarlo de manera intensiva y aprovecharlo en larvicultura de peces y crustáceos con interés económico en acuicultura. Sin embargo, es conveniente realizar estudios que evalúen su cultivo en exteriores, así como su valor nutricional y aceptación como alimento vivo.

### Agradecimientos

El apoyo para la realización de este proyecto fue otorgado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (Promep-NPTC) con clave ITBOR-

PTC-004. Ignacio Alejandro Pérez Legaspi agradece el apoyo otorgado por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONACyT, expediente 49351.

### LITERATURA CITADA

- AMARASINGHE, P. et al. The effect of temperature, and food quantity and quality on the growth and development rates in laboratory-cultured copepods and cladocerans from Sri Lankan reservoir. *Hydrobiologia*, 350: 131-144, 1997.
- BEGON, M. et al. *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*. 3 ed., Blackwell Scientific. 1068 pp., 1996.
- CHOUERI, R. B. et al. Effects of cyanobacterium exopolysaccharides on life-history of *Ceriodaphnia cornuta* SARs. *Journal of Plankton Research*, 29(4): 339-345, 2007.
- DEHUI, Z. Growth, reproduction and population growth of *Ceriodaphnia cornuta* Sars and comparison of 7-day fecundity with *Ceriodaphnia dubia* Richard. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 7(2): 105-111, 1989.
- DODSON, S. I. y HANAZATO, T. 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(4), 1995.
- ELÍAS GUTIÉRREZ, M. et al. *Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México*. Guía ilustrada. México: UNAM, pp. 322, 2008.
- FERRÃO FILHO, A. S. et al. Effects of essential fatty acids and N and P-limited algae on the growth rate of tropical cladocerans. *Freshwater Biology*, 48: 759-767, 2003.
- KUMAR, R. y HWANG, J. S. Ontogenic shifts in the ability of the cladoceran, *Moina macrocopia* Straus and *Ceriodaphnia cornuta* Sars to utilize ciliated protists as food source. *International Review of Hydrobiologia*, 93(3): 284-296, 2008.
- MARTÍNEZ JERÓNIMO, F. y VENTURA LÓPEZ, C. Population dynamics of the tropical cladoceran *Ceriodaphnia rigaudi* Richard, 1894 (Crustacea: Anomopoda). Effect of food type and temperature. *Journal of Environmental Biology*, 32: 513-521, 2011.
- NANDINI, S. y SARMA, S. S. S. Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) density. *Hydrobiologia*, 435: 117-126, 2000.
- NANDINI, S. y SARMA, S. S. S. Population growth of some genera of cladocerans in relation to algal food (*Chlorella vulgaris*) levels. *Hydrobiologia*, 491: 211-219, 2003.
- NICHOLS, H. W. Growth media-freshwater. En J. R. Stein (Ed.), *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge University Press, pp. 7-24, 1973.
- PORTILLA OCHOA, E. *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)*, 2003.
- PRIETO, M. Aspectos reproductivos del cladóceros *Moinodaphnia* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista MVZ Córdoba*, 6(002): 102-110, 2001.
- SAVAŞ, S. y ERDOĞAN, Ö. The Effect of Food (*Scenedesmus acuminatus* (von Lagerheim) R. H. Chodat) Densities and Temperature on the Population Growth of the Cladoceran *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Muller, 1785). *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, (1-2): 113-116, 2006.
- TORRENTERA, L. y TACON, A. G. J. Cultivo de microcrustáceos de agua dulce. En *La producción de alimento vivo y su importancia en la acuicultura*. Programa Cooperativo Gubernamental FAO-Italia, 1989.
- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms*. EPA-600/4-85-013. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, p. 159, 1985.
- VIEIRA, A. C. B. et al. Population dynamics of *Moina minuta* Hansen (1899), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (1886), and *Diaphanosoma spinulosum* Herbst (1967) (Crustacea: Branchiopoda) in different nutrients (N and P) concentration ranges. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 23(1): 48-56, 2011.
- VILLALOBOS, M. J. y GONZÁLEZ, E. J. Estudios sobre la biología y ecología de *Ceriodaphnia cornuta* Sars: Una revisión. *Interciencia*, 31(5): 351-357, 2005.