

Mantenimiento de un cultivo de *Ceriodaphnia dubia* (Richard 1894) y *Daphnia pulicaria* (Forbes, 1893), alimentadas con *Sphaerocystis* sp. y *Chlorolobion* sp. para su uso en el laboratorio.

Castro-Mejía J*, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Licenciatura en Biología. Módulo Producción Secundaria. Departamento El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, México, D.F. C.P. 04960.

* Email responsable: camj7509@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

El alimento vivo en acuicultura juega un papel importante dentro del desarrollo de los organismos acuáticos. Dentro del grupo que más se utiliza están los cladóceros, los cuales pueden ser de fácil cultivo. Dentro de este grupo están las especies *C. dubia* y *D. pulicaria*, las cuales son filtradoras de microalgas unicelulares como el *Sphaerocystis* sp. y el *Chlorolobion* sp. Los cultivos de estos organismos zooplanctónicos se llevaron a cabo durante 91 días en recipientes de 20 L, alimentados con estas dos microalgas por separado y una dieta combinada de ambas microalgas (500×10^3 cél mL⁻¹). Se obtuvieron densidades desde 1 mL⁻¹ hasta 227 mL⁻¹. Siendo mejor dieta la combinada con *C. dubia* y en *D. pulicaria* con *Sphaerocystis* sp. Los organismos producidos por hembra estuvieron en el rango de 24-3,789 por hembra, con tasas de reproducción (r) de 0.54-0.84. El tiempo generacional fluctuó entre 5.96 a 9.80 días. Estas dos especies de cladóceros presentan características de tamaño adecuado para ser considerados como potenciales alimentos para acuicultura ya que se adaptan a condiciones de producción en laboratorio, donde los factores ambientales pueden ser controlados y se pueden suministrar diversas dietas para mejorar parámetros reproductivos de ambas poblaciones.

Palabras clave: Cladóceros, tablas de vida, curvas de crecimiento, microalgas.

ABSTRACT

One of the most used microorganisms in this industry are cladocerans, which can be produced in easy culture systems.

C. dubia and *D. pulicaria*, which are microalgae's filter feeders organisms like *Sphaerocystis* sp. and *Chlorolobion* sp. These cladocerans were cultured during 91 days in 20 L beakers, fed separately with two microalgae and one mixed diet. The three diets were maintained at 500×10^3 cells mL⁻¹. The population density was 1 to 227 org mL⁻¹. The mixed diet with those two microalgae obtained the best density results with *C. dubia* and with *D. pulicaria* with *Sphaerocystis* sp. diet. Each female produced 24 to 3,789 new organisms and have a reproduction rate of 0.54 to 0.84; generation time have 5.96 to 9.80 day range. These species show adequate size considered as potential live food to aquarist industry because they are able to adapt to laboratory production conditions, where abiotic factors can be controlled and different microalgae diets can be applied to improve better potential productions with both cladocerans populations.

Key words: Cladocera, life tables, tendency curves, microalgae.

INTRODUCCIÓN

El alimento vivo en acuicultura juega un papel importante dentro del desarrollo de los organismos acuáticos, ya que se ha observado que el alimento inerte, ya sea en hojuelas o "pellets" no es consumido en su totalidad por los organismos en cultivo o no cubre los requerimientos nutricionales adecuados para las especies en cultivo. Aunque muchas veces producir alimento vivo no es fácil, presenta diferentes características que lo hacen atractivo: se distribuye mejor, no deteriora el medio, puede

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

modificarse su contenido nutricional, puede tener diferentes estadios, con tamaños diferentes que lo hacen más versátil, tiene una mejor digestibilidad, no se deshace o disuelve en el agua como el alimento peletizado, evitando la descomposición del medio de cultivo (Ocampo et al., 2010).

El suministro de alimento vivo da mejores resultados en las primeras etapas de vida de peces y crustáceos (alevines y larvas), que son las más difíciles antes de pasar a alimentación de tipo inerte, dando como consecuencia mayores niveles de supervivencia, desarrollo y madurez sexual de los organismos en cultivo (Ocampo et al., 2010).

Resulta común que especies zooplanctónicas como ciliados, rotíferos, copépodos, ostrácodos, cladóceros y *Artemia* sean utilizados como alimento vivo en acuicultura por su facilidad de crianza y capacidad de modificar sus valores nutricionales (Castro et al., 2003). Dentro de los cladóceros se encuentran dos géneros de pulga de agua dulce que pueden llegar a ser de gran importancia por su fácil producción como lo es *Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia pulex*.

Daphnia pulex se encuentra principalmente en el fondo de los cuerpos de agua en donde habita y es más abundante en la época de la primavera (Brandlova et al. 1972; Stich y Maier 2007). Los estadios juveniles y adultos se distribuyen de acuerdo a la disponibilidad y calidad de alimento, así como de la presencia de sus depredadores (Reichwaldt y Abrusán, 2007; Reichwaldt, 2008). Los juveniles se encuentran en el epilimnion en donde las temperaturas son más calientes, mientras que los adultos, que son más aparentes para los depredadores, están en el hipolimnion (Reichwaldt, 2008). Los organismos adultos presentan una mayor migración vertical y se encuentran en la superficie durante la noche (Cerny y Bytel, 1991; Leibold, 1991). *Daphnia pulex* se reproduce principalmente de forma partenogenética y solamente cuando las condiciones son adversas presenta reproducción sexual; estos adultos producen huevos en estado de resistencia o efipios, los cuales pueden resistir sequías y congelamiento hasta que existan condiciones favorables para que eclosionen (Chen y Felt, 1996; Brewer, 1998).

Ceriodaphnia dubia habita en la parte de las orillas de los cuerpos de agua dulce. Son organismos de tamaños menores de 1 mm. Los machos son más pequeño que las hembras. Las segundas antenas son muy grandes con respecto a su cuerpo, las cuales sirven para impulsarse al nadar. Se ha utilizado principalmente para realizar pruebas de toxicidad de aguas de desecho.

Estas dos especies de cladóceros presentan características de tamaño adecuado para ser considerados como potenciales alimentos para acuicultura ya que se adaptan a condiciones de producción en laboratorio, donde los factores ambientales pueden ser controlados y se pueden suministrar diversas dietas para mejorar parámetros reproductivos. Es por eso, que el objetivo del presente estudio fue utilizar *Sphaerocystis* sp. y *Chlorolobion* sp., dos microalgas verdes que no se han utilizado como alimento común en este tipo de cladóceros, para evaluar su dinámica poblacional y así obtener información para su mantenimiento en el laboratorio y posible producción masiva.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de organismos

Las muestras de agua fueron tomadas de los canales de Xochimilco, México D.F. (Fig.1). Estas fueron tamizadas por una serie de tamices de 1.0, 0.5 y 0.25 mm para obtener diferentes estadios de cladóceros. Para la identificación de las especies se utilizó la clave obtenida por Haney et al. (2013) (<http://cfb.unh.edu/cfbkey/html/index.html>). Los cladóceros encontrados en una mayor cantidad fueron *Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia pulex*, con los cuales se procedió a trabajar.

Diseño experimental

De acuerdo a las condiciones encontradas en su hábitat, *Ceriodaphnia dubia* se mantuvo a una temperatura de 19°C, mientras que *Daphnia pulex* a los 24°C. Para el cultivo de ambas especies se utilizaron recipientes de plástico de 20 L,

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

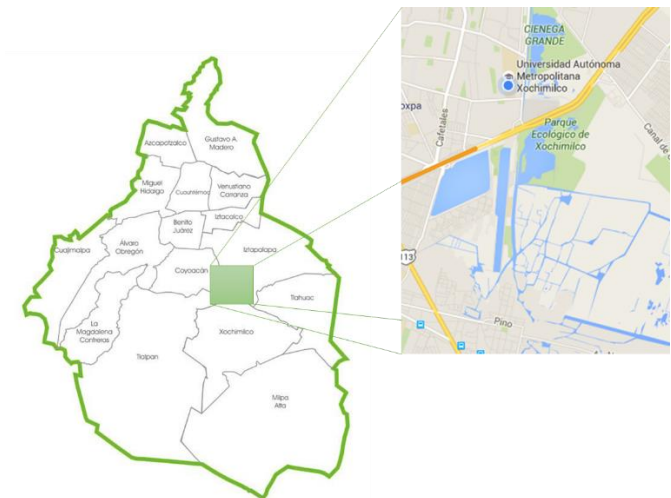


Fig.1.-Localización geográfica de los Canales de Xochimilco, México, D.F.

los cuales fueron mantenidos a la temperatura correspondiente, con un pH entre 7-8 y luz y aireación continua durante todo el experimento. Debido a las diferencias de talla de las dos especies, en el caso de *C. dubia* el experimento se inició con 60 organismos juveniles, mientras que para *D. pulicaria* fue de 30 organismos juveniles por recipiente. El experimento se realizó por triplicado para poder obtener una media ($\pm D.S.$) de los organismos producidos y tuvo una duración de 91 días para ambas especies (Fig.2).

Alimento suministrado

Para ambos experimentos se utilizaron dos microalgas verdes, *Sphaerocystis* sp. y *Chlorolobion* sp. a una densidad de 500×10^3 cél mL⁻¹, suministradas por separado y una tercer variante fue la combinación de ambas microalgas a partes iguales. Cada tercer día se agregaron al cultivo 100 mL de cada una de las dietas elaboradas. Cada semana, los cultivos fueron cosechados y posteriormente fertilizados con 20 mL de Triple 17 (50 g en 500 mL de agua) y 5 mL de Urea (1 Kg en 4 L de agua) para mantener la concentración deseada de células por mililitro. La densidad de microalgas fue monitoreada mediante el conteo del número de células por

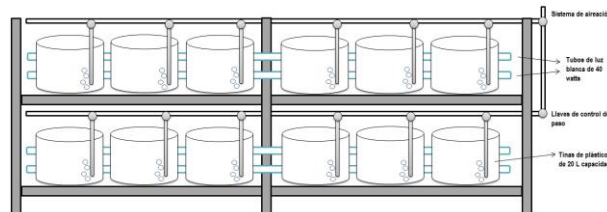


Fig.2. Infraestructura utilizada para el diseño experimental del cultivo con *Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia pulicaria*.

mililitro con ayuda de una cámara de Neubauer, previo a la alimentación de los organismos.

Toma de muestras

Cada semana se tomó una muestra de 100 mL de cada recipiente, para contar el número total de organismos presentes y extrapolar la información a 1 L.

Procesamiento de la información

Con la información obtenida se procedió a realizar una base de datos en Excel 2010, para cada una de las especies en cultivo. Se determinó el valor promedio por semana junto con su desviación estándar y se determinó la curva de crecimiento. Con los valores promedio de los organismos se procedió a realizar la tabla de vida de cada especie de cladóceros. Para ello se consideraron las siguientes fórmulas:

Tasa de reproducción (Ro):

$$Ro = \sum l_x m_x$$

Donde:

l_x = Proporción de sobrevivientes en cada fase.
 m_x = Organismos producidos en cada fase / No. de organismos observados en cada fase

Tiempo generacional de la cohorte (Tc):

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

$$T_c = \sum l_x m_x / R_o$$

Donde:

x = fase

$\sum l_x m_x$ = sumatoria de los organismos producidos por cada individuo original en cada fase.

R_o = Tasa de reproducción

Tasa instantánea de crecimiento (r):

$$r = \log_e R_o / T_c$$

Donde:

$\log_e R_o$ = Logaritmo base e de la tasa de reproducción.

T_c = Tiempo generacional de la cohorte.

Proporción de sobrevivientes en cada fase (l_x):

$$l_x = a_{x+1} / a_{\text{inicial}}$$

Donde:

$a_{(x+1)}$ = Cantidad de organismos en cada fase posterior

a_{inicial} = Cantidad de organismos al principio del experimento.

Esperanza de vida (e_x):

$$e_x = T_x / l_x$$

Donde:

T_x = Tiempo que falta por vivir

l_x = Proporción de sobrevivencia en cada fase

RESULTADOS

Ceriodaphnia dubia

En la Tabla 1 y la Fig. 3 se presentan los valores promedio (\pm D.S.) de la producción de *C. dubia* alimentada con las dietas experimentales. La máxima producción fue de $227,433 \pm 47$ org L^{-1} (227.43 org mL^{-1}) y se alcanzó a los 91 días de cultivo utilizando la dieta de mezcla de microalgas; con la microalga

Tabla 1.- Valores promedio (\pm D.S.) de la producción de *C. dubia* alimentados con las tres dietas experimentales.

Día de cultivo	<i>Sphaerocystis</i> sp.	<i>Chlorolobion</i> sp.	<i>Sphaerocystis</i> + <i>Chlorolobion</i>
0	60 \pm 7	60 \pm 10	60 \pm 9
7	69 \pm 7	62 \pm 4	40 \pm 4
14	55 \pm 6	80 \pm 7	146 \pm 13
21	101 \pm 7	133 \pm 5	745 \pm 26
28	353 \pm 25	241 \pm 21	2,362 \pm 22
35	953 \pm 34	408 \pm 29	5,67 \pm 248
42	2,046 \pm 38	629 \pm 20	11,535 \pm 30
49	3,775 \pm 33	887 \pm 22	20,930 \pm 42
56	6,283 \pm 45	1,150 \pm 15	35,019 \pm 51
63	9,715 \pm 22	1,378 \pm 36	55,119 \pm 40
70	14,213 \pm 50	1,515 \pm 18	82,700 \pm 39
77	19,923 \pm 41	1,496 \pm 49	119,394 \pm 24
84	26,987 \pm 46	1,242 \pm 45	166,989 \pm 49
91	35,549 \pm 32	664 \pm 43	227,433 \pm 47

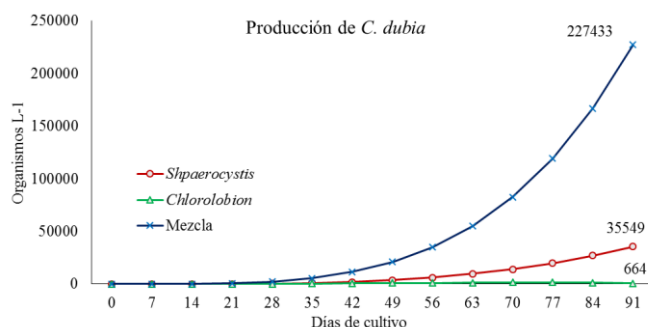


Fig. 3.- Producción de *C. dubia* con las tres dietas experimentales.

Sphaerocystis sp. se alcanzó una concentración máxima de $35,549 \pm 32$ org L^{-1} (35.54 org mL^{-1}), mientras que para la dieta con *Chlorolobion* sp. fue de $1,515$ org L^{-1} (1.51 org mL^{-1}) a los 70 días de cultivo. Las curvas de tendencia del crecimiento poblacional se presentan en la Fig. 4. En las dietas con mezcla de microalgas y de *Sphaerocystis* sp. los cultivos se mantienen en producción hasta los 91

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

Tabla 2. Tabla de vida de los organismos producidos de *C. dubia* con la dieta.

Dieta de microalgas.	Tasa de reproducción	Tiempo generacional de la cohorte	Tasa instantánea de crecimiento
	$\sum l x m x$	$\sum x l x m x / R_o$	$\log_e R_o / T_c$
	R_o	T_c	r
<i>Sphaerocystis</i> sp	592	9.64	0.66
<i>Chlorolobion</i> sp.	24	5.96	0.54
<i>Sphaerocystis</i> sp. + <i>Chlorolobion</i> sp.).	3789	9.80	0.84

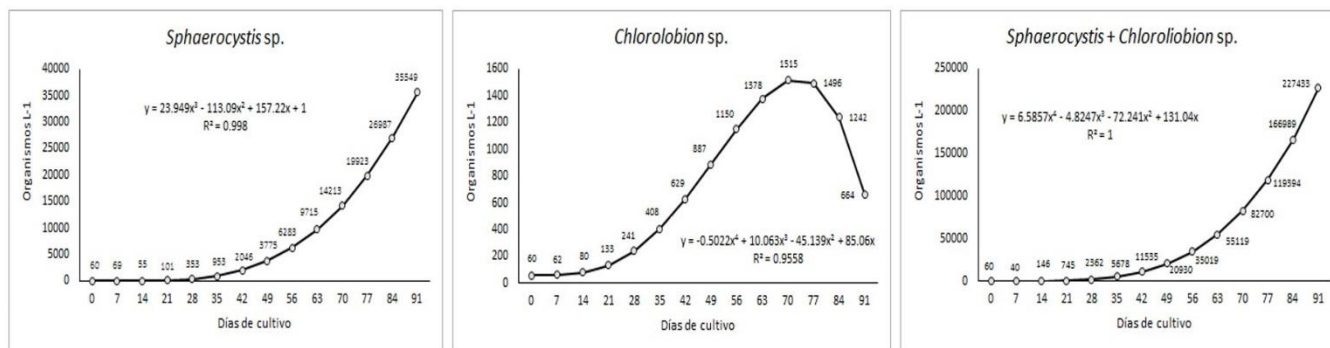


Fig. 4.- Curvas de tendencia del crecimiento poblacional del cultivo de *C. dubia* alimentado con las tres dietas experimentales.

días, mientras que con la dieta de *Chlorolobion* sp. el cultivo comienza a decaer a partir del día 70.

En las Tablas 2 se presenta las tabla de vida por dieta experimental de la producción de *C. dubia*. En ellas se puede observar que la dieta con ambas microalgas presentó una tasa mayor de reproducción por hembra con 3,789 org hembra⁻¹ y la menor con la dieta experimental de *Chlorolobion* sp. con tan solo 24 org hembra⁻¹. Con respecto al tiempo generacional de la cohorte las dietas con *Sphaerocystis* sp. y la mezcla de ambas microalgas presentaron un valor muy semejante (9.64 y 9.80 días respectivamente). La dieta con *Chlorolobion* sp. aunque presenta un menor tiempo generacional de la cohorte (5.96 días), es la que presenta menor producción, así como una tasa instantánea de crecimiento de 0.54, mientras que para *Sphaerocystis* sp. fue de 0.66 y para la dieta con la mezcla de ambas fue de 0.84.

Daphnia pulicaria

En la Tabla 3 y Figura 5 se presentan los valores promedio (\pm D.S.) de la producción de *D. pulicaria* alimentada con las dietas experimentales durante los 91 días de cultivo. Se observó que la mayor producción fue de $23,433 \pm 42$ org L⁻¹ (23.43 org mL⁻¹) con la dieta de *Sphaerocystis* sp. Para *Chlorolobion* sp. se obtuvieron valores máximos de $13,648 \pm 35$ org L⁻¹ (13.64 org mL⁻¹). Para la dieta con mezcla de ambas microalgas se obtuvo $18,384 \pm 54$ org L⁻¹ (18.38 org mL⁻¹).

Las curvas de tendencia del crecimiento poblacional se presentan en la Fig. 6. En este caso *D. pulicaria* se mantuvo durante los 91 días de cultivo con las tres dietas.

En las Tabla 4 se presentan la tabla de vida por dieta experimental de la producción de *D. pulicaria*.

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

Tabla 3.- Valores promedio (\pm D.S.) de la producción de *D. pulicaria* alimentada con las tres dietas experimentales.

Día de cultivo	<i>Sphaerocystis</i> sp.	<i>Chlorolobion</i> sp.	<i>Sphaerocystis</i> + <i>Chlorolobion</i>
0	30 \pm 5	30 \pm 4	30 \pm 3
7	16 \pm 4	19 \pm 9	19 \pm 8
14	115 \pm 13	112 \pm 20	123 \pm 17
21	363 \pm 11	316 \pm 24	365 \pm 37
28	823 \pm 16	662 \pm 40	787 \pm 22
35	1,551 \pm 54	1,174 \pm 46	1,429 \pm 11
42	2,604 \pm 15	1,874 \pm 14	2,326 \pm 13
49	4,035 \pm 55	2,785 \pm 21	3,512 \pm 25
56	5,897 \pm 18	3,923 \pm 42	5,020 \pm 25
63	8,242 \pm 39	5,309 \pm 48	6,878 \pm 47
70	11,118 \pm 37	6,958 \pm 21	9,116 \pm 23
77	14,577 \pm 36	8,888 \pm 29	11,761 \pm 34
84	18,666 \pm 16	11,113 \pm 31	14,842 \pm 28
91	23,433 \pm 42	13,648 \pm 35	18,384 \pm 54

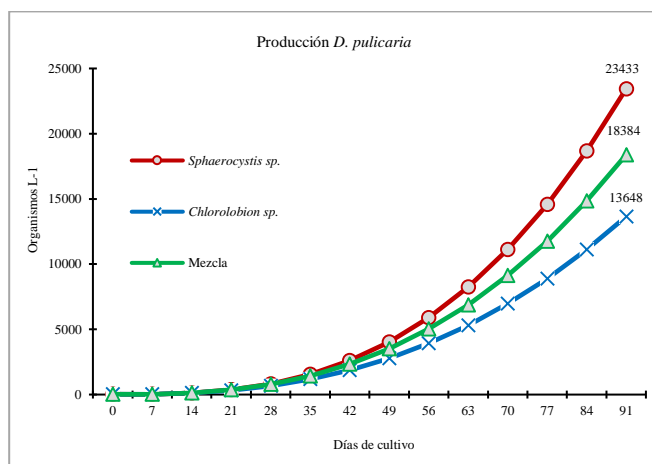


Fig. 4.- Producción de *D. pulicaria* con las tres dietas experimentales.

En ellas se puede observar que la dieta con *Sphaerocystis* sp. presentó la mayor reproducción de organismos por hembra con 781 org hembra⁻¹ y la menor se obtuvo con la dieta con *Chlorolobion* sp. con 454 org hembra⁻¹. Con respecto al tiempo generacional de la cohorte las tres dietas experimentales presentaron valores muy semejantes (9.10; 8.85 y 8.95 días). Lo mismo sucede con la tasa de crecimiento (0.73, 0.69 y 0.72). Las tres dietas presentaron una curva de supervivencia del Tipo I, característica de los invertebrados.

DISCUSIÓN

Flores-Burgosa et al. (2003), mencionan que uno de los factores que más influyen en los patrones y tasas de crecimiento de los diferentes géneros de cladóceros es la calidad nutricional de la microalga que se emplea para su cultivo, así como la digestibilidad de sus células. Estos autores encontraron que alimentando *C. dubia* con *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus* a una concentración de 0.546-1.0 x 10⁶ cel mL⁻¹ obtuvieron densidades de 12 org mL⁻¹; valor que sobrepasa solamente al obtenido con la dieta con la microalga *Chlorolobion* sp. (0.664 org mL⁻¹) en el presente estudio, mientras que los valores obtenidos con las dietas a base de *Sphaerocystis* sp (35.54 org mL⁻¹) y la mezcla de ambas (227.43 org mL⁻¹) lo superan. Con respecto a *D. pulicaria* es un valor muy semejante con *Chlorolobion* sp. (13.64 org mL⁻¹), pero por debajo con *Sphaerocystis* sp (23.43 org mL⁻¹) y la mezcla de ambas microalgas con 18.38 org mL⁻¹.

Nandini et al. (2005), trabajaron también con *C. dubia* alimentada con una dieta exclusiva con *Chlorella vulgaris* a una concentración de 1.0-1.5 x 10⁶ cel mL⁻¹ obtuvieron valores de r entre 0.1 y 1.5 día⁻¹. En este experimento se obtuvieron valores de r en este rango los cuales fueron de 0.54 a 0.84 día⁻¹.

Peña-Aguado et al. (2005), encontraron picos de abundancia en diferentes cladóceros, cuando éstos fueron alimentados en dietas mixtas de microalgas, junto con levaduras. Estos autores encontraron que

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

Tabla 4. Tabla de vida de los organismos producidos de *D. pulicaria* con la dieta.

Dieta de microalgas.	Tasa de reproducción	Tiempo generacional de la cohorte	Tasa instantánea de crecimiento
	$\sum lxmx$	$\sum xlmx/Ro$	$\log_e Ro/Tc$
	R_o	T_c	r
<i>Sphaerocystis</i> sp	781	9.10	0.73
<i>Chlorolobion</i> sp.	454	8.85	0.69
<i>Sphaerocystis</i> sp. + <i>Chlorolobion</i> sp.).	612	8.95	0.72

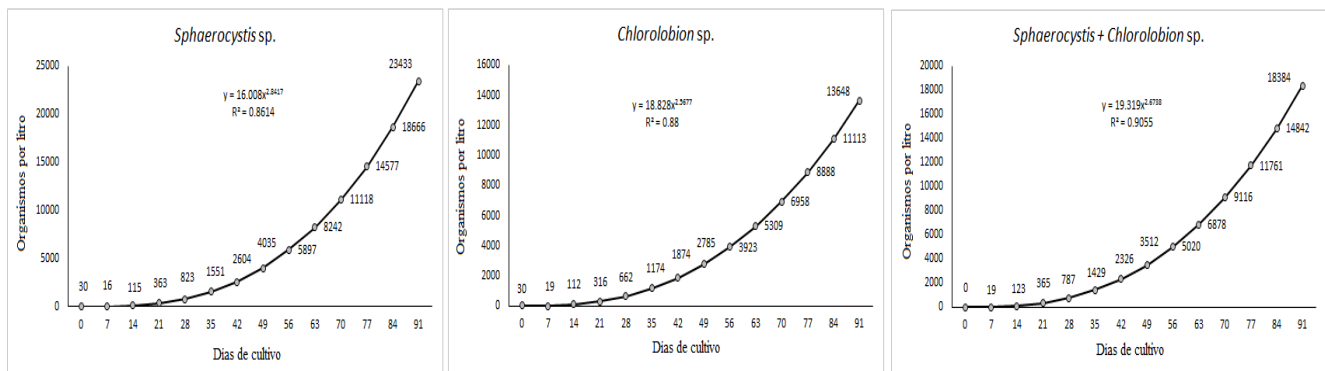


Fig. 5. Curvas de tendencia del crecimiento poblacional de *D. pulicaria* alimentada con las tres dietas experimentales.

C. dubia crece bien con *C. vulgaris* (1×10^6 cel mL^{-1}) y *Scenedesmus acutus* (0.5×10^6 cel mL^{-1}), debido a la diferencia de tamaño que existe entre estas dos microalgas y que dan un mejor resultado para alimentar a diferentes estadios de estos cladóceros, así como la diferencia en su composición nutricional, en donde *C. vulgaris* tiene una menor concentración de lípidos, proteínas y carbohidratos que *S. acutus*. Sin embargo, estos autores no encontraron diferencias significativas en la densidad poblacional tanto en dietas con una sola microalga o mezcla de

ellas junto con la levadura; a diferencia de lo encontrado en esta investigación en donde la densidad es mucho menor cuando se utilizan estas dos microalgas (*Sphaerocystis* sp. y *Chlorolobion* sp.) con levadura, que la mezcla de ambas con levadura, la diferencia es de 12 org mL^{-1} . Estos autores mencionan que la tasa de crecimiento (r) de una especie determinada depende de su abundancia numérica y del tiempo que tarda en alcanzarla, permitiendo con ello, la eficacia de una dieta determinada.

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

Alva-Martínez et al. (2007), quienes trabajaron también con *C. dubia* encontraron valores de $r = 0.07$ a 0.26 día^{-1} . Estos autores mencionan que las dietas ricas con *Microcystis* dan valores bajos de tasas de reproducción debido a que presenta una deficiencia nutricional.

Sarma et al. (2006), mencionan que en cultivos con *C. dubia* y *Daphnia pulex* a 5 gL^{-1} de salinidad alimentadas con la microalga *Chlorella* sp. a una densidad de $0.25-1.5 \times 10^6 \text{ cel mL}^{-1}$, obtuvieron una r entre 0.34 a 0.22 día^{-1} , valores por debajo de los obtenidos por este trabajo con *C. dubia* ($0.54-0.84$) y para *Daphnia pulicaria* de $0.69-0.73 \text{ día}^{-1}$. Sarma et al. (2006), mencionan que la mayoría de los cladóceros no presentan reproducción y supervivencia cuando los cultivos se hacen por arriba de 5 gL^{-1} de salinidad.

Savas y Erdogan (2006), mencionan que en cultivos con *C. quadrangula* alimentada con *Scenedesmus acuminatus* ($15-75 \times 10^4 \text{ cel mL}^{-1}$) encontraron densidades de 8.63 a $20.10 \text{ org mL}^{-1}$ con una $r = 0.199-0.237$. Estos valores aún se encuentran por debajo de lo obtenido con *C. dubia* y *D. pulicaria* alimentada con *Sphaerocystis* sp. $23-35 \text{ org mL}^{-1}$; $r = 0.66-0.73$). Estos autores encontraron que un nivel bajo de alimento en el medio de cultivo de los cladóceros presenta diferencias significativas ($P < 0.05$) en las densidades de los cladóceros, con aquellos que se hacen en alta concentración de alimento. Una mayor concentración de alimento permite que las diferentes poblaciones de cladóceros tengan tasas de crecimiento mayores, que aquellos en los cuales el alimento es limitado.

Gama-Flores et al. (2007), encontraron valores de $r = 0.342$ en *C. dubia* alimentada con *Chlorella* sp. a una concentración de $0.5 \times 10^6 \text{ cel mL}^{-1}$, valores por debajo de la r encontrada en este experimento cuyos valores van de $0.54-0.84 \text{ día}^{-1}$ para *C. dubia* y para *D. pulicaria* de 0.69 a 0.73 día^{-1} . Sánchez-Ortiz et al. (2010), encontraron valores de r en *C. dubia* alimentada con *Scenedesmus acutus* a una densidad de $0.5 \times 10^6 \text{ cel mL}^{-1}$ entre -0.12 a 0.14 día^{-1} y densidades entre 0.2 a 6.0 org mL^{-1} . También valores por debajo de los encontrados en este experimento con *C. dubia* y *D. pulicaria* alimentadas con *Sphaerocystis* sp. y *Chlorobion* sp. a una

concentración de $5 \times 10^6 \text{ cel mL}^{-1}$. Corroborando que una mezcla de microalgas como dieta complementada con una levadura, incrementa las tasas de crecimiento de las poblaciones de cladóceros.

Fernández et al. (2012), mencionan que una dieta con mezcla de microalgas, suplementada con ciano-bacterias mejoran el crecimiento y la reproducción no solamente de los cladóceros, sino también de los rotíferos. Aunque estos autores, así como Pérez-Morales et al. (2014), también mencionan que el uso de cianobacterias pueden provocar bajas tasas de crecimiento debido a la pobre calidad nutricional que tienen, así como a la baja eficiencia de alimentación de los cladóceros con respecto a estos microorganismos.

Pietrzak et al. (2013), mencionan que cuando se hacen cultivos de diferentes especies de cladóceros en el mismo recipiente, hay que considerar los tamaños de los organismos, así como el tamaño que tienen las microalgas a emplear para su alimentación, debido a la competencia que existe entre estos organismos entre especies chicas y de mayor tamaño debido a la competencia inter e intraespecífica por el alimento presente en el medio de cultivo.

Alcantara-Azuara (2014), quien trabajó con *D. pulex* alimentada con *Haematococcus pluvialis* y *Chlorella vulgaris* menciona que el incremento en la concentración de las microalgas en cultivos de cladóceros no aseguran el éxito del mismo, ya que puede ocasionar una pérdida de la fecundidad de las hembras debido a la competencia intraespecífica por el espacio disponible. Estos autores mencionan que la incorporación de una microalga parda (diatomea) rica en lípidos y carbohidratos mejora la capacidad digestiva de *D. pulex* mejorando la tasa de reproducción de las hembras, una disminución para alcanzar la madurez sexual y por consiguiente un aumento en la densidad de los cultivos.

Conde-Porcuna et al. (2014), mencionan que una variable importante a considerar en el cultivo de cladóceros, es el fotoperiodo, la cual influye directamente en la producción de efipios, cuando se da la reproducción sexual en estos organismos y no solamente por alteración de otros factores como lo es

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

la temperatura del agua, riesgos de depredación o factores denso dependientes como lo son la disponibilidad de alimento, así como el hacinamiento. Este fenómeno no se observa cuando la población de cladóceros se encuentra reproduciéndose de forma partenogenética, aunque se ha observado en *D. pulicaria*, cuando existe una baja concentración de alimento o baja calidad nutricional en el alimento suministrado.

Sikora et al. (2014), quienes trabajaron con *D. pulicaria* alimentada con *Scenedesmus obliquus*, en ciclos de fotoperiodo de 16:8 horas luz oscuridad, encontraron que la tasa de crecimiento disminuía cuando los cultivos se llevaban a 32°C a diferencia de los cultivos entre 16-24°C bajo las mismas condiciones de luz/oscuridad. Estos autores mencionan que la influencia es mayor con cladóceros de gran tamaño que en cladóceros con cuerpos pequeños como *D. cucullata*. La diferencia en las tasas de crecimiento encontradas en relación al tamaño corporal de las especies puede estar determinada por la demanda de fósforo, la cual es mayor en especies “grandes”, que en especies “pequeñas”. La demanda de fósforo en las especies con diferentes tamaños es inversamente proporcional a este cuando las especies llegan a la madurez sexual. Las especies “pequeñas” necesitan una mayor cantidad de fósforo por unidad de biomasa que las grandes, la cual debe de ser aportada por las microalgas.

William et al. (2015), mencionan que el tamaño corporal de los cladóceros interviene en un menor o mayor grado de competencia interespecífica. Esta hipótesis de la eficiencia del tamaño (zooplancton grande es un mejor competidor), muchas veces no impacta en todas las especies de cladóceros para la obtención de alimento, pero si para el incremento de la fecundidad en la población y por consiguiente en un aumento en la producción de biomasa de las poblaciones.

BIBLIOGRAFIA

Aconde-Porcuna JM, Ramos-Rodríguez E, Pérez-Martínez C. 2014. In situ production of empty

ephippia and resting eggs by an obligate parthenogenetic *Daphnia* population. *J. Plankton Res.* 36(1): 157–169.

Alcántara-Azuara AK, Contreras-Rodríguez AI, Reyes-Arroyo NE, Castro-Mejía J, Castañeda-Trinidad H, Castro Mejía G. y Ocampo-Cervantes JA. 2014. Density population comparison of *Daphnia pulex* Müller, 1785 cultured in laboratory conditions, fed with three green unicellular microalgae (*Sphaerocystis* sp., *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis*). *REVISTA DIGITAL E-BIOS* 1 (5): 17-23. January to June 2014.

Alva-Martínez AF, Sarma SSS, Nandini S. 2007. Effect of mixed diets (cyanobacteria and green algae) on the population growth of the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Aquat Ecol* 41: 579–585.

Brandlova J., Brand Z, Fernando CH. 1972. The cladocera of Ontario with remarks on some species and distribution. *Can. J. Zool.* 50: 1373-1404.

Brewer, M. C. 1998. Mating behaviours of *Daphnia pulicaria*, a cyclic parthenogen: comparisons with copepods. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 353:805-815.

Castro BT, De Lara AR, Castro MG, Castro MJ, Malpica SA. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos* 48: 27-33.

Cerny, M., and J. Bytel. 1991. Density and size distribution of *Daphnia pulicaria* at different fish predation levels. *Hydrobiologia* 225:199-208.

Chen, C. Y., and C. L. Felt. 1996. Consequences of fall warming for zooplankton overwintering success. *Limnology and Oceanography* 41:1077-1086.

Fernández R, Nandini S, Sarma SSS. 2012. A comparative study on the ability of tropical micro-crustaceans to feed and grow on cyanobacterial diets. *Journal of Plankton Research* 34(8): 719–731.

Flores-Burgosa J, Sarmaa SSS, Nandini S. 2003. Population Growth of Zooplankton (Rotifers and Cladocerans) Fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* in Different Proportions. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31 (3): 240–248.

Gama-Flores JL, Castellanos-Páez ME, Sarma SSS, Nandini S. 2007. Life table demography of *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera) exposed to copper at different levels and periods. *Journal of Environmental Biology* 28(3) 691-696.

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.

- Leibold MA. 1991. Trophic interactions and habitat segregation between competing *Daphnia* species. *Oecologia* 86:510-520.
- Nandini S, Hernández VM, Sarma SSS. 2005. Life History Characteristics of Cladocerans, (Cladocera) Fed on Wastewaters. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33 (2005) 2, 133–141.
- Ocampo, L.E.; Botero, M.C.; Restrepo, L.F. 2010. Evaluación del crecimiento de un cultivo de *Daphnia magna* alimentado con *Saccharomyces cerevisiae* y un enriquecimiento con avena soya. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 23:78-85.
- Peña-Aguado F, Nandini S, Sarma SSS. 2005. Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. *Limnologica* 35 298–303.
- Pérez-Morales A, Sarma SSS, Nandini S. 2014. Feeding and filtration rates of zooplankton (rotifers and cladocerans) fed toxic cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*). *Journal of Environmental Biology*, Vol. 35, 1013-1020, November 2014
- Pietrzak B, Bednarska A, Markowska M, Rojek M, Szymanska E, Slusarczyk M. 2013. Behavioural and physiological mechanisms behind extreme longevity in *Daphnia*. *Hydrobiologia* 715: 125–134.
- Reichwaldt, E. S. 2008. Food quality influences habitat selection in *Daphnia*. *Freshwater Biology* 53:872-883.
- Sánchez-Ortíz JR, Sarma SSS, Nandini S. 2010. Comparative population growth of *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia pulex* (Cladocera) exposed to zinc toxicity. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 45: 37–41.
- Sarma SSS, Nandini S, Morales-Ventura J, Delgado-Martínez I, González-Valverde L. 2006. Effects of NaCl salinity on the population dynamics of freshwater zooplankton (rotifers and cladocerans). *Aquat Ecol* 40: 349–360.
- Savas S, Erdogan O. 2006. 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* 23 (1-2): 113–116.
- Sikopora BA, Dawidowicz P, Elert E. 2014. *Daphnia* fed algal food grown at elevated temperature have reduced fitness. *J. Limnol.* 73(3): 421-427.
- Stich HB, Maier G (2007) Distribution and abundance of *Daphnia pulex*, a large *Daphnia* of the “pulex group”, in Lake Constance. *Limnologica* 37: 303-310.
- Williams CJ, Redlinski I, Steiner CF†, Cáceres CA. 2015. Life-history evolution in a *Daphnia* ambiguous population during community assembly. *Journal of Plankton Research* 37(2): 409–416.

Cultivo de cladóceros en laboratorio con microalgas.

Castro-Mejía J, Ocampo-Cervantes JA, Cruz-Cruz I, Castro-Mejía G, Monroy-Dosta MC, Becerril-Cortés D, Orozco-Rojas DI.