

SOBREVIVENCIA, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE QUISTES DE *Artemia* (cepa Araya), EDO. SUCRE, VENEZUELA, BAJO COMBINACIONES DE TRES DIETAS Y TRES SALINIDADES

SURVIVAL, PRODUCTION AND CYSTS QUALITY OF *Artemia* (Araya strain), SUCRE STATE, VENEZUELA, UNDER COMBINATION OF THREE DIETS AND THREE SALINITIES

MONTSERRAT ESTEVE¹; RICARDO ELMASRI

Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, ¹Escuela de Ciencias Aplicadas al Mar
montserrat_esteve@hotmail.com / mestevene.udo.edu.ve

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron la sobrevivencia, la producción y la calidad de quistes de *Artemia* (cepa de Araya), Edo. Sucre, Venezuela, cultivada bajo el efecto combinado de tres dietas (basadas en levadura comercial, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.), aplicadas a distintas salinidades (100×10^{-3} , 150×10^{-3} y 200×10^{-3}). La dieta, no así la salinidad, afectó el número de quistes producidos, el diámetro del quiste y el grosor del corion del quiste. Tanto la dieta como la salinidad afectaron la talla del nauplio, el porcentaje de eclosión y el tiempo de eclosión, T_0 . Recurrentemente, se observó simultaneidad de los modos reproductivos ovíparo y ovovivíparo. La dieta de levadura a 150×10^{-3} , es la más recomendable dado que bajo estas condiciones se obtuvo una mortalidad aceptable, mayor número de quistes, menor grosor de corion, menor talla de nauplio, mayor tasa de eclosión y menor T_0 . El suministro adicional de harina de *Ulva* sp., en combinación con la salinidad media elegida, debería favorecer el proceso de oviparidad.

PALABRAS CLAVES: *Artemia*, dieta, salinidad, quiste, modo reproductivo.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the survival, the production and the quality of the cysts of *Artemia* (Araya stock), Edo. Sucre, Venezuela, cultivated under the combined effect of three diets (based on commercial yeast, *Ulva* sp. flour and *Sardinella* sp. flour), which were applied to different salinities (100×10^{-3} , 150×10^{-3} y 200×10^{-3}). The diet but not the salinity affected the number of cysts produced, the diameter of the cyst and the thickness of the cyst. Both the diet and the salinity affected the nauplii size, the hatching rate and the hatching time T_0 . On the other hand, the oviparous and ovoviviparous reproductive modes were observed with recurrent simultaneity. The yeast diet at 150×10^{-3} showed a lower mortality rate, a higher cysts number, with thinner corion, smaller nauplio size and lower T_0 . The addition of *Ulva* sp. flour, in combination with selected medium salinity, should be favorable to the oviparity process.

KEY WORDS: *Artemia*, diet, salinity cyst, reproductive mode.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la producción de organismos acuáticos cultivados ha alcanzado un nivel importante, rondando los 40.0 millones de toneladas anuales, lo que representa un 30% de la producción mundial total (Infofish, 2005; Vannuccini, 2005). La alimentación de las primeras fases de crustáceos y peces se inicia con microalgas, protozoarios, rotíferos, y crustáceos planctónicos como los copépodos y la *Artemia* spp. La preferencia de la artemia a escala mundial se atribuye primordialmente, al fácil uso de los quistes y al valor nutritivo de los nauplios; igualmente, la artemia adulta, referida como biomasa, es ampliamente utilizada en acuarismo, y suministrada regularmente a reproductores de camarones y peces (Millamena *et al.*, 1988; Degani y Yehuda, 1996; Naessens *et*

al., 1997; Dhont y Van Steppen, 2003). Nauplios y adultos pueden ser enriquecidos con aminoácidos y ácidos grasos esenciales, o usados como vehículos para suministrar antibióticos u otras sustancias terapéuticas a organismos objeto de cultivo (Aguilar *et al.*, 1994; Abdu *et al.*, 1998; Han *et al.*, 1999; Payne y Rippingale, 2000; Roque *et al.*, 2004). Las características biológicas de la especie la han convertido en un modelo ideal para estudios de toxicidad de extractos de plantas, compuestos medicinales, herbicidas, insecticidas, metales pesados, y otras sustancias químicas, y recientemente, se ha usado en investigaciones de bacterias heterotróficas con potencial probiótico (Lewis, 1995; Serrano *et al.*, 1996; Varo *et al.*, 1997; Villamil *et al.*, 2003). La especie también ha sido propuesta para el tratamiento biológico de aguas residuales provenientes de granjas de cultivo intensivo de camarón (Tanvilai, 1991).

Estimaciones recientes, indican la comercialización anual de 2.000 toneladas métricas de quistes deshidratados y más de 3.000 toneladas métricas de biomasa, destinadas a facilidades de cultivo y a la industria de acuicultura (Artemia Reference Center, 2005; Dhont y Lavens, 2005). Se estima que el uso de alimento vivo representa un 79% de los costos de producción de las larvas, abarcando la artemia un 80% de dicho monto (Person-Le Ruyet *et al.*, 1993). En aras de aliviar esta situación, la industria se ha volcado a la elaboración de fuentes alternas de alimento al colocar en el mercado diversidad de liofilizados y micro-encapsulados. Sin embargo, todos los estudios realizados enfatizan la necesidad del uso de alimento vivo, y muy especialmente de la artemia (Blair *et al.*, 2003; Dhont y Van Stappen, 2003; Robinson *et al.*, 2005).

Existen poblaciones de *Artemia* sexuales y partenogenéticas, ambas con reproducción ovípara (quistes) y ovovivípara (nauplios) (Trotman *et al.*, 1980; Alekseev y Starobogatov, 1996). Los mecanismos fisiológicos que determinan el modo reproductivo de este crustáceo y la inducción a la diapausa aún no están claros, en todo caso, el modo reproductivo estaría dictado por un componente genético que guarda la historia adaptativa al medio natural, y las condiciones de mantenimiento impuestas como componente ambiental (Browne *et al.*, 1984; Drinkwater y Clegg, 1991; Lenz y Browne, 1991; Newmark, 1991).

La artemia es capaz de filtrar todo tipo de material particulado que se encuentre en suspensión en el medio acuático en que vive, mecanismo no selectivo y eficaz en la retención de partículas cuyo tamaño oscile entre pocos y 50 micrómetros (D'Agostino, 1980; Amat, 1985; Castro, 1993). Desde el punto de vista práctico, dicha característica permite suministrarle a artemia diversidad de alimentos elaborados lo cual simplifica su cultivo.

A escala nacional, se han realizado estudios sobre la ecología, la calidad de quistes y la potencialidad del cultivo masivo de cepas nativas de *Artemia*, entre los cuales se pueden mencionar los de (Scelzo y Voglar 1980, Fernández 1983, Teruel 1985, Sandor 1988, Ratta 1988, Campos 1989, Jurado 1991, Stredel 1992, Álvarez 1994, Hernández 1997, Sánchez y Álvarez 1994, Álvarez y Sánchez 2004). El Proyecto de Ley de Presupuesto para el Ejercicio Fiscal 2005, contempla la asignación de recursos para la instalación de granjas comunitarias de cultivo de artemia en zonas inhóspitas de los estados Sucre, Nueva Esparta y Falcón, con lo cual se estima promover el inicio de la actividad

(www.ocepre.gov.ve/2005). Actualmente, un número considerable de empresas acuicultoras, mayormente de camarón y tilapia, se han establecido en Venezuela, con la consecuente demanda de artemia tanto en forma de quistes como de biomasa, hecho que ha motivado el encarecimiento del producto en nuestro país. De aquí se desprende la importancia de estudiar la capacidad de producción de quistes de nuestras poblaciones de artemia para así lograr un alimento óptimo, a un menor costo, y disminuir la dependencia de los quistes foráneos. Ante la posibilidad de industrializar el recurso, se requiere inicialmente, determinar dietas de alto valor nutricional y bajo costo, elaboradas con productos de disponibilidad local, que conduzcan a obtener una producción rentable de quistes de calidad comercial. En este sentido, en el presente trabajo de investigación se evaluaron la sobrevivencia, la producción y la calidad de quistes de *Artemia* cepa de Araya, cultivada bajo el efecto combinado de la dieta (levadura comercial, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.) y la salinidad (100×10^{-3} , 150×10^{-3} y 200×10^{-3}).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los quistes de *Artemia* cepa Araya, colectados en las salinas de Araya, estado Sucre, fueron sembrados a una densidad de 0,5 g de quistes/L en dieciocho botellones de vidrio cilindro-cónicos invertidos conteniendo 10 L de agua a 25×10^{-3} , filtrada a través de un tamiz de 1 μm . La temperatura se mantuvo a $26,0 \pm 1,0$ °C y la iluminación fue constante (24 h) con una intensidad aproximada de 1000 lux. Se seleccionaron nauplios nacidos entre las 15 y 20 h de iniciada la incubación de los quistes con la finalidad de obtener una mayor uniformidad de su condición. Los nauplios fueron sembrados a una densidad de 250 individuos/L, en tres tanques de asbesto-cemento de 1000 L de capacidad, conteniendo 200 L de agua a 25×10^{-3} , con aireación continua, y expuestos a temperatura, e iluminación y fotoperiodo naturales. Se administraron tres dietas diferentes, una en cada tanque, elaboradas a partir de levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y de harina de *Sardinella* sp. La suspensión del alimento preparada a concentraciones de 0,5 g de harina por litro de agua de mar, y cernida a través de un tamiz de 50 μm al momento de ser administrada, se suministró dos veces al día.

A las 36 h de establecido el cultivo masivo, los nauplios fueron colocados en los recipientes de eclosión con capacidad de 10 L, a una concentración de 15 individuos/L, distribuidos de acuerdo a las tres dietas

antes mencionadas y tres salinidades, 100, 150 y 200x10⁻³. Se establecieron dos réplicas de cada tratamiento, diseño que dió como resultado un total de dieciocho recipientes que en conjunto albergaron 2.700 individuos. La salinidad fue aumentada progresivamente en cada caso, a razón de 25x10⁻³/día, mediante la adición de agua hipersalina filtrada a través de 1 µm. Desde el fondo de los recipientes de incubación se suministró aireación continua; la temperatura se mantuvo a 26,0 ± 1,0 °C, y la iluminación fue constante (24h) con una intensidad aproximada de 1000 lux. El oxígeno disuelto, la salinidad, la temperatura, el pH, y la intensidad de luz, fueron controlados durante toda la experiencia. El amonio fue determinado según el método de Nessler (APHA, 1989).

Se procedió a cuantificar los siguientes parámetros en cada unidad de cultivo:

1. Mortalidad en las unidades de cultivo bajo cada condición experimental.
2. Tipo de huevo dentro del útero de las hembras (ovíparo u ovovivíparo) en cada condición experimental.
3. Número total de quistes producidos en cada condición experimental.

Los quistes producidos se recolectaron con un gotero cada 12h durante un periodo de 14 días. Posteriormente, fueron colocados en salmuera durante 14 días para su deshidratación. El 10% de los quistes obtenidos en cada unidad de cultivo fueron rehidratados durante 1h en agua de mar a 25x10⁻³, para medir su diámetro. Para la descapsulación se siguió el método descrito por Sorgeloos (1983), con el objeto de determinar nuevamente el diámetro al finalizar este proceso. El resto de los quistes producidos se incubaron sin descapsular en cilindros graduados de 10 mL de capacidad, a salinidad de 25x10⁻³, temperatura de 26,0 °C e iluminación constante de 1000 lux de intensidad, y con aireación continua. Se evaluaron los siguientes parámetros de calidad:

1. Diámetros del quiste hidratado sin descapsular (SD) y descapsulado (D).
2. Grosor del corión (G): $G = SD - D$ (1)
3. Porcentaje de eclosión de los quistes sin descapsular (PE):

$$PE = \frac{(N^{\circ} \text{ nauplios nacidos} / N^{\circ} \text{ quistes incubados}) \times 100}{100} \quad (2)$$

4. Tiempo de eclosión T₀: tiempo en horas desde la incubación hasta el inicio de la eclosión de los quistes (Dobbeleir *et al.*, 1980).
5. Tamaño de los nauplios en Estadio I para cada tratamiento.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA doble vía y Modelo I con réplica, y después de conocer la existencia de diferencias significativas, se procedió a la aplicación de un test SNK como prueba *a posteriori*, según el método descrito por (Sokal; Rohlf 1995).

RESULTADOS

Las condiciones de mantenimiento en lo que se refiere a la temperatura y al régimen de luz, se mantuvieron constantes a lo largo de la experiencia. La concentración de oxígeno disuelto fue diferente para cada salinidad, más constante durante el periodo experimental, observándose valores de 4,2mg/L, 3,9mg/L y 3,7mg/L para las salinidades de 100x10⁻³, 150x10⁻³ y 200x10⁻³, respectivamente. El pH se mantuvo constante en 7,5 unidades para los cultivos con las dietas levadura y *Ulva* sp., mientras que con la harina de *Sardinella* sp., el mantenimiento estable de este valor del pH, requirió una renovación de agua de 10% por día. Durante este estudio, también se controló la concentración de amonio, y se registró un valor máximo de 1,42mg/L con esta dieta a la mayor salinidad, y de 1,39mg/L para las restantes salinidades. Para las dietas de levadura y *Ulva* sp., los niveles de amonio fueron de 0,67mg/L y 0,12mg/L, respectivamente.

La Tabla 1 recoge los valores de mortalidad bajo las diferentes condiciones experimentales. Tanto las dietas como las salinidades, presentaron diferencias altamente significativas con respecto a la mortalidad. La diferencia la ocasionó la harina de *Ulva* sp., la cual causó la mayor mortalidad, mientras que la levadura provocó la menor mortalidad, similar a la observada con la harina de *Sardinella* sp., para las salinidades baja y media. La salinidad de 200x10⁻³ arrojó la diferencia en mortalidad, mientras que en las salinidades restantes, este parámetro resultó ser estadísticamente igual. En cuanto a la interacción entre dietas y salinidades, también se manifestó una diferencia altamente significativa, con la menor mortalidad en la dieta de levadura a 200x10⁻³, en tanto que la harina de *Sardinella* sp. a 200x10⁻³ causó mortalidad total.

La Tabla 2 muestra el número total de quistes producidos en los diferentes tratamientos. Se observó una diferencia altamente significativa entre el número total de quistes producidos en cada dieta considerada, siendo la dieta de levadura el tratamiento que produjo

la diferencia, mientras que no se encontraron diferencias significativas en cuanto al número total de quistes producidos en las tres salinidades consideradas ni varianza añadida entre dietas y salinidades (Tablas 3 y 4).

Tabla 1. Porcentajes de mortalidad de *Artemia* cepa Araya, obtenidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200x10⁻³) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

TRATAMIENTO	MORTALIDAD (%)
L100	48,67
L150	51,00
L200	39,33
U100	76,67
U150	86,00
U200	87,00
S100	43,67
S150	41,67
S200	100,00

L = Levadura comercial Fleischmann
 U = Harina de *Ulva* sp.
 S = Harina de *Sardinella* sp.
 100 = 100x10⁻³
 150 = 150x10⁻³
 200 = 200x10⁻³

Tabla 2. Medias del número total de quistes, y los correspondientes porcentajes, producidos por *Artemia* cepa Araya, obtenidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200x10⁻³) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

DIETA	NÚMERO QUISTES	QUISTES (%)
Levadura	455,67	82,65
Harina de <i>Ulva</i> sp.	51,33	9,31
Harina de <i>Sardinella</i> sp.	44,33	8,04

Tabla 3. Análisis de varianza doble vía con réplica para los valores de número total de quistes de *Artemia* procedente de Araya, obtenidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200x10⁻³) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	G.L.	CUADRADO MEDIO	F
ENTRE DIETAS	665.459,111	2	332.729,556	18,242 ***
ENTRE SALINIDADES	89.560,111	2	44.780,056	2,455 NS
INTERACCIÓN	173.142,889	4	43.285,722	2,373 NS
RESIDUAL	164.157,000	9	18.239,667	
TOTAL	1.092.319,111	17		

$\alpha = 0,001$
 ***= Diferencia altamente significativa
 NS= Diferencia no significativa

Tabla 4. Análisis *a posteriori* SNK para los valores del número total de quistes de *Artemia* procedente de Araya, obtenidos bajo las diferentes dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

	HARINA DE <i>Sardinella</i> sp.	HARINA DE <i>Ulva</i> sp.	LEVADURA
HARINA DE <i>Sardinella</i> sp.	_____		
HARINA DE <i>Ulva</i> sp.	NS	_____	
LEVADURA	*	*	_____

 $\alpha = 0,05$

* = Diferencia significativa

NS= Diferencia no significativa

Se presentaron ambos tipos de reproducción, tanto ovovivípara como ovípara, en todos los tratamientos, sin embargo se observó prevalencia de la ovoviviparidad, siendo en todos los casos mayor de 92%. La salinidad de 150×10^{-3} , para las tres dietas, presentó las menores tasas de oviparidad, mientras que las mayores se presentaron con la dieta de *Ulva* sp., bajo todas las salinidades experimentales (Tabla 5). Se observó, en las tres dietas, presencia simultánea de los dos tipos de huevos en el ovisaco de las hembras (de los modos reproductivos ovovivíparo y ovíparo) antes de la deposición o puesta.

La Tabla 6 muestra los valores del diámetro, grosor del corion del quistes y longitud de los nauplios producidos en los diferentes tratamientos. Los diámetros de los quistes obtenidos con las dietas de harina de *Ulva* sp. y levadura

resultaron estadísticamente iguales entre si y diferentes a los producidos con harina de *Sardinella* sp. No existió diferencia significativa en cuanto al diámetro de los quistes producidos en las tres salinidades consideradas. De igual forma la dieta suministrada, no así la salinidad, provocó diferencias altamente significativas en el grosor del corion, entre las tres dietas suministradas.

La longitud de los nauplios presentó diferencias altamente significativas entre dietas y entre salinidades, siendo la levadura (nauplio más pequeño) y la salinidad alta (nauplio más grande), las que arrojaron las diferencias. Con respecto a la interacción dieta-salinidad, la menor y mayor longitudes se obtuvieron con la dieta de levadura a las salinidades media y alta, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 5. Porcentajes de reproducción ovovivípara y ovípara de *Artemia* cepa Araya, obtenidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200×10^{-3}) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

TRATAMIENTO	OVOVIVIPARIDAD (%)	OVIPARIDAD (%)
L100	96,315	3,685
L150	98,625	1,375
L200	97,850	2,150
U100	92,225	7,775
U150	96,315	3,685
U200	94,300	5,700
S100	96,925	3,075
S150	98,615	1,385
S200	96,075	3,925

L = Levadura comercial Fleischmann

U = Harina de *Ulva* sp.S = Harina de *Sardinella* sp.100 = 100×10^{-3} 150 = 150×10^{-3} 200 = 200×10^{-3}

Tabla 6. Diámetro y grosor del corión de los quistes, y longitudes de los nauplios de *Artemia* cepa Araya, producidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200x10⁻³) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp).

TRATAMIENTO	DIÁMETRO DEL QUISTE (µm)	GROSOR DEL CORION (µm)	LONGITUD DEL NAUPLIO (µm)
L100	240,22	6,65	369,0
L150	237,54	2,92	332,5
L200	230,51	8,27	422,5
U100	239,27	2,16	397,5
U150	233,29	3,42	382,5
U200	236,06	5,18	402,5
S100	223,48	5,20	400,0
S150	223,04	3,15	385,0
S200	228,99	6,64	410,0

L = Levadura comercial Fleischmann
 U = Harina de *Ulva* sp.
 S = Harina de *Sardinella* sp.
 100 = 100x10⁻³
 150 = 150x10⁻³
 200 = 200x10⁻³

Las tasas de eclosión presentaron diferencias altamente significativas entre: las dietas, las salinidades y la interacción dietas - salinidades. La dieta de levadura arrojó la diferencia y el mayor porcentaje de eclosión a 150x10⁻³, el menor porcentaje de eclosión se registró para la dieta de harina de *Ulva* sp. a 200x10⁻³ (Tabla 7).

Para el tiempo de eclosión T₀ se verificaron diferencias altamente significativas entre las tres dietas, las tres salinidades y su interacción. El menor y el mayor tiempo de eclosión fueron registrados para la dieta de levadura respectivamente a 150x10⁻³ y 100x10⁻³ (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes de eclosión y T₀ de *Artemia* cepa Araya, obtenidos bajo las diferentes salinidades (100, 150 y 200x10⁻³) y dietas (levadura comercial Fleischmann, harina de *Ulva* sp. y harina de *Sardinella* sp.).

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE ECLOSION (%)	T ₀ (h)
L100	2,495	75,5
L150	37,780	20,0
L200	6,870	21,5
U100	6,765	28,0
U150	5,515	23,5
U200	1,565	26,0
S100	2,750	45,0
S150	6,365	32,0
S200	1,935	44,0

L = Levadura comercial Fleischmann
 U = Harina de *Ulva* sp.
 S = Harina de *Sardinella* sp.
 100 = 100x10⁻³
 150 = 150x10⁻³
 200 = 200x10⁻³

DISCUSIÓN

En el tratamiento con harina de *Sardinella* sp. a 200×10^{-3} , la concentración de amonio alcanzó valores dentro del intervalo letal para crustáceos, y para *Artemia franciscana*, ubicado entre 0,4 y 2,31 mg/L (Colt y Armstrong, 1981; Chen *et al.*, 1989; Espinosa-Fuentes *et al.*, 1996-1997). En el diseño de nuevos procesos en sistemas cerrados para el cultivo masivo de artemia, Wilkinson (2000), enfatiza la importancia de remover la materia orgánica y el amonio disueltos, para el control de la mortalidad. Para la misma cepa utilizada en el presente trabajo, cultivada con sistema de biofiltro, renovación de agua, y alimentación a base de *Spirulina*, Álvarez (1994) obtuvo mortalidades de 43,15%, similares a las observadas con la levadura y la *Sardinella* sp. De tal forma que aunque ambas dietas cubren los requerimientos alimenticios de la artemia, la levadura no conlleva a niveles deletéreos de amonio. En relación a la salinidad, la menor mortalidad con la dieta de levadura a 200×10^{-3} , indica que la tolerancia de la cepa experimental escapa al intervalo de sobrevivencia señalado por Vanhaecke *et al.* (1984), estimado entre 40 y 120×10^{-3} . En este sentido, las tres salinidades escogidas son apropiadas para el mantenimiento y sobrevivencia de la artemia.

Contrario a la idea general, la producción de quistes no guardó relación con la salinidad en el intervalo experimental, mientras que la dieta sí tuvo un marcado efecto, en particular la de levadura con la que la producción de quistes fue significativamente superior. Estos resultados evidencian que la calidad del alimento, además de afectar la sobrevivencia, determina el potencial y modo reproductivo de la especie, lo cual concuerda con lo observado por Lenz y Browne (1991). Los porcentajes de oviparidad estuvieron alrededor de los obtenidos por Browne (1980), quien refiere tasas de enquistamiento entre 3 y 28% para cinco cepas de *Artemia* de diferente origen geográfico.

Se observó recurrentemente simultaneidad de reproducción ovovivípara y ovípara en todos los tratamientos a lo largo de la experiencia, hecho no reseñado en la bibliografía revisada relacionada con los factores que inducen la criptobiosis, en la cual por el contrario, se habla de puestas ovovivíparas u ovíparas (Browne, 1980; Berthelemy-Okazaki y Hedgecock, 1987; Lenz y Browne, 1991).

La dieta, no así la salinidad, afectó tanto el diámetro del quiste como el grosor del corion. Aunque la salinidad no

produjo diferencias significativas en el grosor del corion, se observó una tendencia dentro de cada dieta, a un menor valor de este parámetro a la salinidad intermedia. Una cubierta de menor grosor sería compatible con el menor diámetro del quiste. Determinaciones de estas variables en la cepa madre silvestre, arrojaron valores de 250,68 μm y 11,63 μm , mayores que los obtenidos bajo las condiciones experimentales ensayadas, lo que podría ser consecuencia de la calidad del alimento suministrado. Por otra parte, factores ambientales adicionales a la dieta y salinidad, primordialmente el nivel de oxígeno, y la cantidad y calidad de luz, pudieran causar estas marcadas diferencias. La baja concentración de oxígeno y la alta radiación solar del medio natural, activan la excreción de hematina, mayor constituyente del corion, por parte de las glándulas de la cáscara, lo cual se traduciría en la elaboración de una cubierta protectora mucho más gruesa (Moens *et al.*, 1991; Castro, 1993).

Dieta y salinidad afectaron la talla del nauplio. Por otra parte, el grosor del corion guardó una relación directa con la talla del nauplio. El efecto de la salinidad se presentó a plenitud con la dieta de levadura, obteniéndose los extremos del intervalo de longitudes para los nauplios, a 150×10^{-3} y 200×10^{-3} , respectivamente, patrón que se repitió para las restantes dietas. Además de la relación no lineal entre la talla del nauplio y la salinidad, los nauplios más grandes se obtuvieron para las tres dietas en la salinidad más alta. Estimados de este parámetro aportados por otros estudios en la misma cepa son: 490 μm (Campos, 1989), 480,48 μm y 472,90 μm (Álvarez, 1994) y 415,11 μm (Hernández, 1997). El amplio intervalo de longitudes indica que la talla naupliar es una cualidad regida parcialmente por factores ambientales, lo cual sugiere la posibilidad de manipular el tamaño del nauplio, con el fin de obtener nauplios más pequeños cuando así sea requerido.

De igual forma, tanto la salinidad como la dieta afectaron significativamente el porcentaje de eclosión, siendo la dieta de levadura a la salinidad intermedia la que rindió las mayores tasas. A juzgar por los resultados generales, se observa una relación inversa entre el grosor del corion y la tasa de eclosión. Un corion grueso representa una excelente protección pero puede dificultar la eclosión. Llama la atención una tasa de eclosión sobre 37%, obtenida con la levadura a la salinidad intermedia, no sólo con relación al resto de porcentajes registrados en la experiencia, sino también al compararla con los de la cepa madre, calculados para los quistes sin descapsular, entre 5,86 y 6,32%, figuras que aumentaron a 94,73% y 91,87% luego de la

descapsulación, corroborando lo anteriormente dicho. Tal tasa de eclosión se correspondió con el menor T_0 y un corion delgado, que pudo favorecerla.

Aunque las condiciones de mantenimiento pudieron provocar una disminución de la calidad de la cepa y de los quistes producidos en el laboratorio, especialmente la alimentación por consistir en un solo tipo de alimento, la levadura rindió buenos resultados, pudiéndose mejorar las tasas de sobrevivencia mediante el uso de sistemas y metodologías para mantener la calidad del agua de cultivo y esterilizando el alimento a suministrar. La dieta de levadura a 150×10^{-3} , sería la más recomendable dado que bajo estas condiciones se obtuvo una mortalidad aceptable, mayor número de quistes, menor grosor de corion, menor talla de nauplio, mayor tasa de eclosión y menor T_0 , además de estar los valores de los parámetros mencionados dentro de los intervalos óptimos. Esta es una dieta de bajo costo y alto rendimiento, que de acuerdo con investigaciones recientes, sólo requiere ser sometida a tratamiento de esterilización en autoclave para mejorar considerablemente las tasas de sobrevivencia (Coutteau *et al.*, 1990; Orozco-Medina *et al.*, 2002). El suministro adicional de harina de *Ulva* sp., a la salinidad media elegida, debería favorecer el proceso de oviparidad, dado que con esta dieta se obtuvieron los mayores porcentajes de producción de quistes (Tabla 5). Esta alga es abundante y de fácil colección en las áreas costeras orientales.

CONCLUSIONES

- La dieta de levadura a 150×10^{-3} , sería el tratamiento más recomendable dado que bajo estas condiciones se obtuvo mayor número de quistes, una mortalidad aceptable, menor grosor de corion, menor talla de nauplio, mayor tasa de eclosión y menor T_0 .
- Se observó simultaneidad de los procesos reproductivos de ovoviviparidad y oviparidad en todos los tratamientos experimentales.
- La dieta de *Ulva* sp. favoreció el proceso reproductivo de oviparidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDU U., TAKAC P., YEHEZKEL G., CHAYOTH R.; SAGI A. 1998. Administration of methyl farnesoate through the *Artemia* vector, and its effect on *Macrobrachium rosenbergii* larvae. Israeli J. Aquaculture-Bamidgeh 50(2):73-81.
- AGUILAR A., TEJEDA A.; RUIZ A. 1994. Using brine shrimp as a drug carrier for therapeutic applications in aquaculture. Aquacult. Eng. 13(4):301-309.
- ALEKSEEV V.R.; STAROBOGATOV Y.I. 1996. Types of diapause in Crustacea: definitions, distribution, evolution. Hydrobiol. 320(1-3):15-26.
- ÁLVAREZ R. 1994. Inducción a la producción de quistes en *Artemia* (Cepa de Araya) bajo condiciones controladas de cultivo. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Venezuela. 67 pp.
- ÁLVAREZ Z.; SÁNCHEZ R. 2004. Cultivo semi-intensivo de *Artemia franciscana* Las Cumaraguas-Venezuela. Resúmenes Simposio Investigación – Hombre, Sociedad, Educación y Cultura. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela, p.1.
- AMAT F. 1985. Biología de *Artemia*. Inf. Téc. Inst. Inv. Pes. 126-127:1-60.
- APHA, AWWA, WES. 1989. Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales, Unites Book Press, Baltimore, U.S.A., pp. 4-105.
- BERTHÉLÈMY-OKASAKI J.; HEDGECOCK D. 1987. Effects of environmental factors on cysts formation in the brine shrimp *Artemia*. *Artemia* Research and its implications. Vol. 3. Persoone G., Sorgeloos P., Roels O. & Jaspers E. (Editors). Universa Press, Wetteren, Belgium, pp.167-182.
- BLAIR T., CASTELL J., NEIL S., D'ABRAMO L., CAHU C., HARMON P.; OGUNMOYE K. 2003. Evaluation of microdiets versus live feeds on growth, survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Aquacult. 225(1-4):451-461.
- BROWNE R. 1980. Reproductive Pattern and Mode in the Brine Shrimp. Ecol. 61(3):466-470.
- BROWNE R., SALLEE S., GROSCH D., SEGRETI O.; PURSER M. 1984. Partitioning Genetic and Environmental Components of reproduction and Lifespan in *Artemia*. Ecol. 65(3):949-960.
- CAMPOS M. 1989. Cultivo, Biometría y Calorimetría de *Artemia* (Crustácea: Anostraca) Procedente de Tres Localidades Diferentes de Venezuela. Trabajo

- de Grado, Universidad de Oriente, Venezuela. 92 pp.
- CASTRO T. 1993. Biología y Cultivo de *Artemia franciscana* en el lago de Texoco de Ecatepec, Estado de México. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México. 72 pp.
- CHEN J., CHEN K.; LIAO J. 1989. Joint Action of Ammonia and Nitrite on *Artemia salina* nauplii. Book of Abstracts 19th Annual Meeting World Aquaculture Society, Honolulu, Hawaii, p.26.
- COLT J.; ARMSTRONG D. 1981. Nitrogen Toxicity to Crustaceans, Fish, and Molluscs. Bio-Engineering Symposium for Fish Culture Section of the American Fisheries Society (FCS Publ. 1):34-47.
- COUTTEAU P., LAVENS P.; SORGELOOS P. 1990. Beaker's yeast as a potential substitute for live algae in aquaculture diets: *Artemia* as a case study. J. World Aquacult. Soc. 21:1-9.
- D'AGOSTINO A. 1980. The vital requirements of *Artemia*: Physiology and Nutrition. The brine shrimp *Artemia*. Vol. 2. Persoone G. Sorgeloos P., Roels O. & Jaspers E. (Editors), Universa Press, Wetteren, Bélgica, 644 pp.
- DEGANI G.; YEHUDA Y. 1996. Effects of diets on reproduction of angelfish *Pterophyllum scalare* (Cichlidae). Indian J. Fish. 43(2):121-126.
- DHONT J.; VAN STAPPEN G. 2003. Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, U.K., pp. 65-144.
- DHONT J.; LAVENS P. 2005. Nutritional Properties of Ongrown *Artemia*. <http://allserv.rug.ac.be/aquaculture/coursemat/faoman/mcd/art/nutrip.htm>, 18.04.2005
- DOBBELEIR J., ADAM N., BOSSUYT E., BRUGGEMAN E.; SORGELOOS P. 1980. New Aspects of the Use of Inert Diets for High Density Culturing of Brine Shrimp. The brine shrimp *Artemia*. Vol. 3. Persoone P., Sorgeloos P., Roels O. & Jaspers E. (Editors), Universa Press, Wetteren, Bélgica, 428 pp.
- DRINKWATER L.; CLEGG J. 1991. Experimental biology of cyst diapause. *Artemia* Biology. Browne R., Sorgeloos P. & Trotman C. (Editors), C.R.C. Press, Boca Raton, U.S.A., pp. 93-118.
- ESPINOSA-FUENTES M., ORTEGA-SALAS A.; LAGUARDA-FIGUERAS A. 1996-1997. Two experimental assays to produce biomass of *Artemia franciscana* (Anostraca). Rev. Biol. Trop. 44(3):45(1):565-572.
- FERNÁNDEZ O. 1983. Optimización de Eclosión de la *Artemia* sp. (Brachiopoda) de la Península de Araya, Mediante los Parámetros Físico-Químicos. Tesina de Grado, IUTEMAR, La Salle, Venezuela. 65 pp.
- HAN K., GEURDEN I.; SORGELOOS P. 1999. Enrichment strategies for *Artemia* using emulsions providing different level of n-3 highly unsaturated fatty acids. Aquacult. 183(3-4):335-348.
- HERNÁNDEZ A. 1997. Efecto de la concentración de EDTA-Fe sobre la producción de quistes de *Artemia* (Cepa de Araya) bajo condiciones controladas de cultivo. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Venezuela. 71 pp.
- JURADO J. 1991. Obtención de quistes de *Artemia* bajo condiciones controladas. Tesina de Grado, IUTEMAR, La Salle, Venezuela. 39 pp.
- LAVENS P.; SORGELOOS P. 2000. The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. Aquacult. 181(3-4):397-403.
- LENZ P.; BROWNE R. 1991. Ecology of *Artemia*. *Artemia* Biology. Browne P. Sorgeloos P. & Trotman C. (Editors), CRC Press, Boca Raton, U.S.A., pp.237-254.
- LEWIS G. 1995. Testing the toxicity of extracts of southern African plants using brine shrimp (*Artemia salina*). South African J. Sci., 91(8):382-384.
- MILLAMENA O., BOMBEO R., JUMALON N.; SIMPSON K. 1988. Effects of Various Diets on the Nutritional Value of *Artemia* sp. as Food for the Prawn *Penaeus monodon*. Mar. Biol. 98:217-221.
- MOENS L., WOLF G., VAN HAUWAERT M., DE BACRE I., VAN BEEUMEN J., WODAK S.; TROTMAN C. 1991. The extracellular hemoglobins of *Artemia*: Structure of the oxygen carrier and respiration physiology.

- Artemia* Biology. Browne R., Sorgeloos P. & Trotman C. (Editors), C.R.C. Press, U.S.A., pp. 187-220.
- NAESSENS E., LAVENS P., GÓMEZ L., BROWDY C., MCGOVERHOPKINS K., SPENCER A., KAWAHIGASHI D.; SORGELOOS P. 1997. Maturation performance of *Penaeus vannamei* co-fed *Artemia* biomass preparations. *Aquacult.* 155(1-4):87-101.
- NEWMARK, U. 1991. Modelos Predictivos de Biomasa Poblacional, Hembras Ovíparas y Ovovivíparas de *Artemia* en la Salina de Pozos Colorados, Colombia. *Bol. Ecotrópica* (24):11-38.
- OCEPRE. 2005. Proyecto Ley Presupuesto 2005. Instalación de granjas comunitarias de cultivo de artemia en zonas inhóspitas de los Estados Sucre, Nva. Esparta y Falcón. www.ocepre.gov.ve/Información/Proyecto Ley 2005, 21.06.2005, p.61.
- OROZCO-MEDINA C., MAEDA-MARTINEZ A.; LÓPEZ-CORTÉS A. 2002. Effect of aerobic Gram-positive heterotrophic bacteria associated with *Artemia franciscana* cysts on the survival and development of its larvae. *Aquacult.* 213(1-4):15-29.
- PAYNE M.; RIPPINGALE R. 2000. Rearing West Australian sea horse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched *Artemia*. *Aquacult.* 188(3-4):353-362.
- PERSON-LE RUYET J., ALEXANDER J., THEBAUD L.; MUGNIER C. 1993. Marine fish larvae feeding. Formulated diets or live prey. *J. World Aquacult.* 24:211-224.
- RATTA S. 1988. Evaluación Preliminar de la Calidad de Quistes de *Artemia* sp. Proveniente de La Isla de Coche, Edo. Nueva Esparta. Tesina de Grado, IUTEMAR, La Salle, Venezuela. 46 pp.
- ROBINSON C., SAMOCHA T., FOX J., GAUDY R.; MCKEE D. 2005. The use of inert artificial commercial food sources as replacements of traditional live food items in the culture of larval shrimp, *Farfantepenaeus aztecus*. *Aquacult.* 245(1-4):135-147.
- ROQUE A., CUENCA C., ESPINOSA A., BERMÚDEZ C., BOLÁN C.; GÓMEZ-GIL B. 2004. Evaluación de la concentración de oxitetraciclina en tejidos de camarón suministrada a través de nauplios de *Artemia* y de una baño medicado. *Cienc. Mar.* (30-1B):219-226.
- SÁNCHEZ R.; ÁLVAREZ Z. 1994. Evaluación de la calidad de la *Artemia* cepa Las Cumaraguas, Paraguaná, Venezuela. Memorias VIII Congreso Latinoamericano Acuicultura. A.L.A.-CILDESERC, Sante Fé de Bogotá, Colombia.
- SANDOR J. 1988. Factibilidad del Cultivo de Biomasa de *Artemia* en Estanques de la Granja del Departamento de Cultivos Edimar-Flasa. Tesina de Grado, IUTEMAR, La Salle, Venezuela. 60 pp.
- SCELZO M.; VOGLAR J. 1980. Ecological Study of the *Artemia* Populations in Boca Chica Salt Lake, Margarita Island, Venezuela. The brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Persoone, G., Sorgeloos P., Roels O. & Jaspers E. (Editors), Universa Press, Wetteren, Belgium. 428 pp.
- SERRANO C., ORTEGA T.; VILLAR A. 1996. Biological activity of traditional medicines from Spain and Guatemala. *Artemia salina* bioassays: a revision. *Phytotherapy Res.* 10:S118-S120.
- SOKAL R.; ROHLF F. 1995. *Biometría*. Editorial H. Blume. New York. 887 pp.
- SORGELOOS P. 1983. Descapsulation Method for *Artemia* Cysts. Vol. I. Crustacean Aquaculture. CRC Press, Boca Ratón, U.S.A., 441 pp.
- STREDEL J. 1992. Evaluación de una población de *Artemia* (Crustacea: Anostraca) de lagunas artificiales de Pampatar, Isla de Margarita. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Venezuela. 85 pp.
- TANVILAI D. 1991. Study on pollutant removal rate of *Artemia* in the biological waste water treatment from intensive shrimp farming. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, pp. 231-242.
- TERUEL H., 1985. Determinación de las condiciones óptimas para la eclosión de quistes de *Artemia* (Leach 1812) raza de Araya. Trabajo de Grado, Universidad de Oriente, Venezuela. 28 pp.

- TROTMAN C.; MANSFIELD B.; TATE W. 1980. Inhibition, emergency, hatching, and protein biosynthesis in embryonic *Artemia salina*. *Develop. Biol.* 80:167.
- VANHAECKE P.; SIDDALL S.; SORGELOOS P. 1984. International Study on *Artemia*. XXXII. Combined Effect of Temperature and Salinity on Survival of *Artemia* of Various Geographical Origin. *J. Exp. Mar. Biol.* 80: 259-275.
- VANNUCCINI S. 2005. Overview of Fish Production, Consumption and Trade. <http://www.globefish.org/index> , 27.04.2005.
- VARO I.; TAYLOR A.; FERRANDO M.; AMAT F. 1997. Effect of endosulfan pesticide on the oxygen consumption rates of nauplii of different Spanish strains of *Artemia*. *J. Environ. Sci. Health, Part B*, 32(3):363-375.
- VILLAMIL L.; FIGUERAS A.; PLANAS M.; NOVOA B. 2003. Control of *Vibrio alginolyticus* in *Artemia* culture by treatment with bacterial probiotics. *Aquacult.* 219(1-4):43-56.
- WILKINSON L. 2000. Process design for *Artemia* culture at coastal biomarine. *J. Shellfish Res.* 19(1):584.