



POTENCIAL REPRODUCTIVO DE SEIS POBLACIONES MEXICANAS DE *Artemia franciscana* Kellog, 1906 CULTIVADAS EN LABORATORIO A 100 Y 120 UPS

¹Castro Mejía Jorge, ¹Talía Castro Barrera, ²José Luis Arredondo Figueroa, ³Luis Héctor Hernández Hernández, ¹German Castro Mejía, ¹Ramón de Lara Andrade y ¹María del Carmen Monroy Dosta

¹ Laboratorio Alimento Vivo. Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso No.1100, Colonia Villa Quietud, México, 04960, Distrito Federal

² Planta Experimental de Producción Acuícola, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Avenida San Rafael Atlixco No. 186, Colonia Vicentina, México, 09340, Iztapalapa, Distrito Federal

³ Laboratorio de Producción Acuícola (Acuario), UNAM FES Iztacala, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala Tlalnepantla, Estado de México, 54090, México

RESUMEN

En éste estudio se comparó el potencial productivo de seis poblaciones mexicanas de *A. franciscana* provenientes de aguas costeras del Pacífico y de la península de Yucatán, así como de aguas interiores de México. Cada población fue cultivada en cilindros de 200 l en salinidades de 100 y 120 UPS. La temperatura se mantuvo en 25 ± 2 °C, con luz y aireación continua y un pH de 8-10. Los organismos fueron alimentados *ad libitum* con 50 ml de salvado de arroz y microalga *Tetraselmis* sp. Cuando las poblaciones alcanzaron la madurez sexual, fueron separadas en 25 frascos de 250 ml, con una proporción de dos machos por hembra para determinar sus características reproductivas. La cantidad de biomasa y quistes se obtuvo al final de dos meses de cultivo. Los valores reproductivos se incrementa en 120 UPS. No se observaron diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$) en número de puestas, nauplios producidos y duración del ciclo de vida, no así con los quistes producidos. Las poblaciones que mayor biomasa produjeron fueron RSAL y JUCH y en cuanto a quistes JUCH y OHUI. Esta información puede sentar las bases biológicas para su explotación en cultivos de tipo semi intensivo, en su hábitat natural.

Palabras clave: *Artemia franciscana*, México, potencial reproductivo, biomasa, quistes.

Correspondencia al autor: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de producción de Alimento Vivo. Calzada del Hueso No.1100. Colonia Villa Quietud. México, 04960, D. F. Del. Coyoacán. Tel. 54837151. Fax 5483 7469. Correo electrónico: camj7509@correo.xoc.uam.mx

ABSTRACT

This study compared the reproductive potential of six Mexican *A. franciscana* strains from Pacific and Yucatan Peninsula coast waters and inland waters from Mexico. Each strain was cultivated in 200 l beakers in 100 and 120 of UPS. Temperature was controlled at 25 ± 2 °C, continuous light and aeration, and pH 8-10. The organisms were fed *ad libitum* with 50 ml of rice bran and *Tetraselmis* sp. microalgae. Reached sexual maturity, one female and two males of each strain were separated in 25 beakers of 250 ml to obtain reproductive characteristics values. After two months of *Artemia* culture, total biomass and cysts were weight. All reproductive characteristics values increased at 120 UPS. All strains did not shown significant differences (Tukey $p < 0.05$) in number of broods, nauplii produced and life span duration in contrast with cysts production. The populations with better biomass production were RSAL y JUCH and cysts JUCH y OHUI. This information at laboratory conditions, can be allows the biological basins for semi intensive culture systems in their natural habitat.

Key words: *Artemia franciscana*, Mexico, reproductive potential, biomass, cysts.

INTRODUCCIÓN

El factor salinidad es una de las diferentes variables físico-químicas que mayor importancia tiene en la modificación del medio ambiente de los organismos, debido a su efecto en el ciclo de vida y desarrollo, sobre todo en aquellos que viven en ambientes acuáticos; y mucho más en aquellos que habitan medios que presentan fluctuaciones amplias, como los que viven en lagunas costeras y cuerpos de agua en donde se produce sal. Uno de estos organismos que habitan estas zonas fluctuantes es el crustáceo *Artemia*, que vive en sistemas hipersalinos con grandes cambios en la concentración de salinidad (Williams y Geddes, 1991; Browne y Wanigasekera, 2000).

El género *Artemia* comprende una serie de especies que se encuentran distribuidas ampliamente en el mundo, ocupando desde cuerpos de agua interiores, lagunas costeras y cuerpos de agua costeros dedicados a la producción de sal (Vanhaecke et al., 1987; Van Stappen, 2002). *Artemia* es un organismo único, que tiene la capacidad de adaptarse a condiciones cambiantes del medio con respecto a la salinidad, la cual puede ir desde concentraciones menores de 10 UPS (Abatzopoulos et al., 2006a) hasta 340 UPS (Post y Youssef, 1977), hábitats que tienen baja biodiversidad y una estructura trófica relativamente simple (Mayer, 2002). Este “camarón de salmuera”, como es conocido, se ve favorecido por estas condiciones debido a la ausencia de depredadores y de competidores del alimento, permitiendo con ello que su desarrollo (nauplio-adulto) sea exitoso bajo éstas condiciones extremas de salinidad y en algunos casos con densidades altas debido a la presencia de una halobacteria y microalgas que resisten esas condiciones adversas (Persoone y Sorgeloos, 1980) y que sirven como fuente de alimento para éste eficiente organismo filtrador no-selectivo (Camargo et al., 2004).

En el ámbito científico, existe información obtenida acerca de la sobrevivencia, crecimiento, morfometría, características reproductivas y ciclo de vida, de muchas poblaciones de especies bisexuales y partenogenéticas de *Artemia* (Browne et al., 1984;

Vanhaecke et al., 1987; Wear y Haslett, 1987; Browne y Bowen, 1991; Triantaphyllidis et al., 1995, 1997a,b; Browne y Wanigasekera, 2000; Abatzopoulos et al., 2003; Baxevanis et al., 2004; El-Bermawi et al., 2004; Soniraj, 2004; Abatzopoulos et al., 2006b; Medina et al., 2007; Agh et al., 2008). Muchos de estos estudios han contribuido a la evaluación de los componentes genéticos y medioambientales, así como de la comparación de las características del ciclo de vida y las diferentes estrategias reproductivas (ovovivípara vs ovípara) entre las diferentes poblaciones (Browne et al., 2002; Abatzopoulos et al., 2003; Baxevanis et al., 2004; Kappas et al., 2004, Agh et al., 2008).

Artemia es considerada como un recurso de importancia económica en la larvicultura de peces y crustáceos, puesto que es una fuente de alimento indispensable para su desarrollo (Bengston et al., 1991; Dhont y Sorgeloos, 2002; El-Bermawi et al., 2004). Es por esto que en años recientes, a nivel mundial las investigaciones se han encausado a descubrir u obtener una población que cubra las características potenciales (quiste y nauplio pequeño; rápida eclosión; buen desarrollo y alta producción de biomasa o quistes) para ser empleada en la acuicultura.

En México se encuentra dominando la especie *A. franciscana* (Castro et al., 2000), la cual se encuentra distribuida en 17 sitios en cuerpos de agua salados costeros y de aguas interiores en condiciones de salinidad y temperatura específicas, por lo que cada una de las poblaciones puede variar considerablemente respecto a respuestas fisiológicas para hacer frente a las condiciones que prevalecen en los diferentes ambientes acuáticos. Los trabajos realizados con poblaciones de artemias mexicanas versan sobre características biométricas y reproductivas (Gallardo y Castro, 1987, Castro et al., 1989; Castro et al., 1994; Castro et al., 1997; Castro et al., 1998; Castro et al., 1999; Castro et al., 2002; Castro et al., 2004; Castro et al., 2006a,b,c). Cabe resaltar que en estos trabajos el intervalo salino utilizado en la producción de *Artemia* fue de 40-60 UPS.

El objetivo de éste estudio fue comparar el efecto de dos salinidades (100 y 120 UPS) sobre el potencial reproductivo (producción de nauplios y quistes) de seis poblaciones mexicanas de *A. franciscana* ubicadas en tres hábitats diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Producción de Alimento Vivo del Departamento El Hombre y su Ambiente de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Los quistes de seis poblaciones mexicanas de *A. franciscana*, fueron tomadas del banco de quistes del laboratorio (almacenados en un refrigerador a -10 °C para mantener el proceso de deshidratación y diapausa en ellos). La localidad, abreviatura, tipo de hábitat y ubicación geográfica de las poblaciones empleadas en éste experimento se presentan en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1.- Poblaciones mexicanas de *A. franciscana* utilizadas

localidad	abreviatura	coordenadas geográficas
aguas costeras del Pacífico		
Juchitán, Oaxaca	JUCH	16° 26' N; 95° 01' W
Ohuira, Sinaloa	OHUI	24° 06' N; 107° 11' W
aguas costeras península de Yucatán		
Cancún, Quintana Roo	CAN	21° 10' N; 86° 47' W
Real de las Salinas, Campeche	RSAL	20° 02' N; 90° 14' W
aguas interiores		
Cuatro Ciénegas, Coahuila	CCIEN	26° 59' N; 102° 04' W
Sosa Texcoco, Estado de México	TEX	19° 32' N; 99° 00' W



Fig. 1. Ubicación geográfica de las poblaciones de *A. franciscana* empleadas

Los quistes (1 g de cada población), fueron puestos a eclosionar en contenedores con cuatro litros de agua a 40 UPS, con un pH 8-10; temperatura de 25 ± 2 °C, aireación e iluminación permanente (Castro et al., 2001). Los nauplios eclosionados fueron extraídos por sifoneo y transferidos a dos recipientes de 200 l de capacidad previamente etiquetados y llenados al 80 % de agua a 100 y 120 UPS respectivamente. La densidad poblacional en los contenedores fue ajustada a una concentración de un organismo ml^{-1} para evitar problemas de crecimiento por el espacio disponible (Castro et al., 2001). Durante el experimento los organismos fueron alimentados con 50 ml de salvado de arroz, preparado a una concentración de 300 g en cuatro litros de agua a 100 UPS y dos litros de *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher ($500,000$ células ml^{-1}) (Castro et al., 2001).

Cuando los organismos alcanzaron la madurez sexual fueron separados por sexo y cultivados bajo las mismas condiciones en recipientes de cuatro litros. Cada población fue puesta en 25 recipientes de vidrio de 250 ml, bajo las mismas condiciones de cultivo, con una proporción sexual de dos machos por una hembra para determinar el apareamiento y por consiguiente el número de puestas y cantidad de nauplios y/o quistes producido por hembra. El mismo tratamiento se hizo para cada salinidad. Los machos muertos a lo largo del experimento fueron remplazados (Bowen et al., 1988; Agh et al., 2008). Todos los días, hasta que la hembra moría, se hicieron observaciones de los recipientes de 250 ml para determinar las características reproductivas.

De cada población se obtuvo el promedio y \pm D.S. del número de puestas, duración entre puestas, nauplios producidos por hembra y quistes producidos por hembra y duración del ciclo de vida. Para determinar si existieron diferencias significativas ($p < 0.05$), se aplicó un análisis de ANDEVA de dos vías y la prueba de Tukey para comparar medias múltiples, considerando la salinidad y las poblaciones como variables (Tatsuoka, 1970). Se aplicó una prueba de Tallo y Hoja y Box Plot, por medio del programa Systat 10.2 (Systat Software Inc., California, USA), para asegurar la normalidad de la información (Tatsuoka, 1970; Kachigan, 1991).

Posteriormente se tomaron dos gramos de quistes obtenidos de cada población experimental y se pusieron a eclosionar bajo las mismas condiciones iniciales, solo que para éste experimento, la densidad a la cual fueron sembrados los recipientes fue de cinco organismos ml^{-1} (800,000 organismos por cilindro) y mantenidos bajo estas condiciones durante 21 días, para que alcanzaran la etapa reproductiva. Cuando se observó la presencia de cruasas y de nauplios en cada cilindro por población, éstas se mantuvieron durante 30 días más bajo las mismas condiciones.

Al cabo de 51 días la biomasa fue cosechada con una red de cuchara con abertura de malla de 0.1 mm, se le extrajo el exceso de agua con la ayuda de una red y una centrifuga casera (Castro et al., 2001). Los quistes producidos, fueron recolectados con la ayuda de un tamiz metálico (100 μm) y puestos a secar en una estufa con aire caliente a 60 °C durante 48 horas (Castro et al., 2001). La biomasa y los quistes fueron pesados en una balanza granataria digital Ohaus con precisión de 0.01 g.

Todos los días la salinidad fue monitoreada con un refractómetro AO con un intervalo de 0-150 UPS para mantener la concentración constante.

RESULTADOS

100 UPS

Las seis poblaciones presentaron un número promedio de puestas de 9.53 ± 1.51 a 9.93 ± 3.43 con 51.90 ± 9.32 a 52.88 ± 14.12 nauplios en promedio por hembra y una duración promedio del ciclo de vida de 61.27 ± 6.35 a 62.49 ± 5.40 días. Las poblaciones JUCH y CAN registraron un valor promedio de quistes de 59.53 ± 10.70 y 60.75 ± 10.0 respectivamente por hembra en cada puesta; las poblaciones OHUI, CCIEN, TEX y RSAL presentaron un promedio de 52.95 ± 9.49 a 56.48 ± 11.47 quistes (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedio de las características reproductivas y ciclo de vida para las seis poblaciones mexicanas de *A. franciscana* cultivadas a 100 UPS

Características reproductivas	poblaciones					
	OHUI	JUCH	CCIEN	TEX	RSAL	CAN
puestas	9.69	9.71	9.93	9.77	9.90	9.53
± D.S.	±3.42	±3.42	±3.43	±2.52	±3.22	±1.51
nauplios por hembra	52.10	52.88	52.36	52.45	52.55	51.90
± D.S.	±18.06	±14.12	±15.19	±16.07	±15.77	±9.32
quistes por hembra	52.95 ^b	59.53 ^a	55.27 ^b	56.48 ^b	54.52 ^b	60.75 ^a
± D.S.	±9.49	±10.70	±8.66	±11.47	±11.83	±10.00
duración ciclo de vida	61.27	62.14	61.49	61.85	61.53	62.49
± D.S.	±6.35	±6.13	±6.66	±5.91	±6.38	±5.40

a y b indican las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las poblaciones

La población que registró mayor biomasa fue RSAL con 56.07 g, CAN presentó la cantidad menor (48.38 g). CAN produjo la mayor cantidad de quistes (4.73 g), mientras que RSAL registró la menor cantidad (3.82 g) (Tabla 3).

Tabla 3. Biomasa y quistes producidos por población (cantidades expresadas en gramos)

Potencial productivo	poblaciones					
	OHUI	JUCH	CCIEN	TEX	RSAL	CAN
biomasa	51.4	54.03	55.98	53.73	56.07	48.38
quistes	3.87	4.68	3.92	3.10	3.82	4.73

120 UPS

Las seis poblaciones presentaron un intervalo promedio de 11.09 ± 2.32 a 11.60 ± 2.43 puestas con 56.85 ± 11.38 a 58.31 ± 12.94 nauplios en promedio por hembra y una duración promedio del ciclo de vida de 66.86 ± 4.47 a 67.60 ± 4.90 días. Las poblaciones de JUCH, TEX y RSAL presentaron un intervalo promedio de 61.57 ± 9.64 a 63.38 ± 9.48 quistes por hembra en cada puesta; mientras que las poblaciones de CCIEN y CAN registraron 55.38 ± 10.73 a 55.92 ± 7.62 quistes por hembra y la población de OHUI registró 60.79 ± 9.68 quistes por hembra (Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedio de las características reproductivas y ciclo de vida para las seis poblaciones mexicanas de *A. franciscana* cultivadas a 120 UPS

Características reproductivas	poblaciones					
	OHUI	JUCH	CCIEN	TEX	RSAL	CAN
puestas	11.14	11.60	11.42	11.38	11.24	11.09
± D.S.	+3.34	+2.43	+4.39	+2.49	+4.38	+2.32
nauplios por hembra	57.41	58.31	56.85	57.96	57.52	57.15
± D.S.	+14.69	+12.94	+11.38	+15.93	+13.36	+16.90
quistes por hembra	60.79 ^c	63.38 ^a	55.38 ^b	63.14 ^a	61.57 ^a	55.92 ^b
± D.S.	+9.68	+9.48	+10.73	+4.84	+9.64	+7.62
duración ciclo de vida	67.09	67.08	67.32	66.86	67.73	67.60
± D.S.	+5.32	+5.05	+5.26	+4.47	+5.64	+4.90

a y b indican las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las poblaciones

La población TEX presentó 97.87 g respecto a la biomasa, la menor biomasa fue registrada por la población CAN con 90.13 g. En cuanto a los quistes, JUCH registró 11.14 g, siendo el valor más alto, RSAL presentó el valor más bajo (9.52 g) (Tabla 5).

Tabla 5. Biomasa y quistes por población (cantidades expresadas en gramos)

Potencial productivo	poblaciones					
	OHUI	JUCH	CCIEN	TEX	RSAL	CAN
biomasa	91.86	102.91	94.76	97.87	93.95	90.13
quistes	10.63	11.14	9.74	11.13	9.52	9.72

DISCUSIÓN

En varios trabajos se ha observado el efecto de la salinidad sobre *Artemia* (Sorgeloos et al., 1986), solo en los más recientes se menciona la influencia de éste factor (Browne y Wanigasekera, 2000; Litvinenko et al., 2007; Agh et al., 2008). Sin embargo, Wear y Haslett (1987) mencionan que con una población de *A. franciscana* proveniente de Nueva Zelanda, observaron mejores resultados de crecimiento y madurez en cultivos con salinidad de 100-170 UPS, caso contrario con lo que pasa con poblaciones partenogenéticas en las que se obtienen mejores resultados cuando se cultivan a 60-100 UPS, mientras que en valores por debajo de 60 UPS y de 140-180 UPS, el potencial reproductivo cae en un 50 % después de 23 días de cultivo (Triantaphyllidis et al., 1995). Razón por la cual en el presente trabajo se decidió utilizar las salinidades de 100-120 UPS, para promover que las características reproductivas se expresaran mejor. Persoone y Sorgeloos (1980) mencionan que una concentración de iones y cationes mayor que la presente en agua de mar, promueve que el sistema osmorregulador de *A. franciscana* responda mejor (Hontoria y Amat, 1992).

Respecto a la madurez de la población de *A. franciscana*, Agh et al. (2008), mencionan que ésta se alcanza en menor tiempo cuando la salinidad se encuentra por debajo de 100 UPS y aumenta con una salinidad de 140 UPS. En especies partenogenéticas, la madurez de la población es más rápida cuando el intervalo salino es 50-80 UPS comparado con 120 UPS (Abatzopoulos et al., 2003). Baxevanis et al. (2004), reportan una madurez temprana empleando 35 UPS en especies partenogenéticas y 80 UPS en *Artemia salina* Leach, 1819 de una población egipcia, lo cual es congruente con lo reportado en el presente trabajo. Los mismos autores mencionan que en la mayoría de los experimentos realizados, los organismos no alcanzaron la madurez sexual en cultivos con intervalo salino de 150-200 UPS. Agh et al. (2008), Browne y Wanigasekera (2000) concuerdan en que el tiempo de madurez en las poblaciones de *Artemia* empleadas son dependientes principalmente de la temperatura y no de la salinidad, aunque ésta es mayor cuando se combinan ambos factores.

Autores como Agh et al. (2008), Medina et al. (2007), Litvinenko et al. (2007), y Browne y Wanigasekera (2000), mencionan que para obtener producción de quistes, las salinidades no pueden ser menores a 80 UPS, por lo cual en éste trabajo se decidió emplear las salinidades 100 y 120 UPS, con lo que la producción de quistes (Tablas 2 y 4) fue de 52.95-60.75 por hembra a 100 UPS y éste valor se incrementó con la salinidad de 120 UPS (55.38-63.38 por hembra). Esta diferencia de tres quistes por hembra, representan una diferencia de 6-8 g de quistes producidos en promedio por cilindro por población (Tablas 3 y 5).

Abatzopoulos et al. (2002), observaron que *A. parthenogenetica* presentó 10.8 ± 2.1 puestas promedio; *A. salina* 3.8 ± 2.0 ; *A. sínica* Cai, 1989 4.0 ± 3.2 ; *A. franciscana* con 5.4 ± 3.8 puestas promedio. Piccinelli y Prosdocimi (1968) reportaron que *A. persimilis* registró un promedio de 6.0 ± 4.3 puestas (especies cultivadas a 120 UPS y 24 °C). Agh et al. (2008) reportaron que *Artemia urmiana* Günther, 1900 (organismo bisexual) registró un promedio de 5.5 ± 2.0 puestas cultivada a 100 UPS y 2.5 ± 1.92 puestas promedio cultivada en 125 UPS. Al respecto se observó que el número promedio de puestas es mayor en las poblaciones utilizadas (Tablas 2 y 4).

El número de nauplios producidos por puesta para *A. parthenogenetica* es 57.3 ± 11.7 ; en *A. salina* 35.6 ± 12.2 ; en *A. sínica* 47.0 ± 50.4 ; en *A. franciscana* 74.6 ± 34.9 y en nauplios de *A. persimilis*, 61.6 ± 21.8 (Browne y Wanigasekera, 2000). En cuanto a la *A. urmiana*, Agh et al. (2008), señalan que la cepa bisexual de *A. urmiana* cultivada a 100 UPS el número de nauplios producidos fue 82.5 ± 13.95 y cultivada a 125 UPS fue 63.0 ± 11.23 . Los quistes producidos por la misma especie (mismas salinidades) fueron 86.4 ± 13.13 y 33.31 ± 6.97 respectivamente. El proceso de enquistamiento de los embriones presenta un incremento positivo conforme al incremento de la salinidad, no obstante éste proceso cesa a 120 UPS después de lo cual el enquistamiento disminuye y/o la población no alcanza la madurez sexual (Baxevanis et al., 2004; Abatzopoulos et al., 2006a,b).

En cuanto a la duración del ciclo de vida de las artemias, Browne y Wanigasekera (2000) observaron que éste es de 111.0 ± 21.9 días en *A. parthenogenetica* y 38.7 ± 10.2 días en *A. salina*, ambas especies cultivadas a 120 UPS y 24 °C; los mismos autores observaron que el ciclo de vida se alarga a 71.1 ± 22.7 y 44.8 ± 15.6 días respectivamente cuando se cultivan a 180 UPS. El ciclo de vida de *A. franciscana* es de 58.2 ± 24.2 días y de 61.9 ± 27.3 días en *A. persimilis*. *A. urmiana* (población bisexual), registró un ciclo de vida de 57.6 ± 28.83 días cultivadas a 100 UPS; mientras que a 125 UPS fue de 46.70 ± 16.0 días. Se observó una disminución en el número de días del ciclo de vida al aumentar la salinidad, lo que no ocurrió con las poblaciones mexicanas.

Para el presente trabajo solo se observó una diferencia significativa en la producción de quistes, esto concuerda con lo reportado por Triantaphyllidis et al. (1995), quienes mencionan que en estudios realizados con poblaciones de China y una población de *A. franciscana*, la única diferencia observada se presentó en la producción de quistes. Cabe hacer mención que las características reproductivas que están condicionadas genéticamente en las poblaciones no expresan diferencias, en cambio la producción de quistes que es dependiente de la salinidad y temperatura (Agh et al., 2008), cambian en las diferentes poblaciones. En este trabajo, las poblaciones de OHUI (52.95) y CCIEN (55.38), fueron las menos productivas; ambas poblaciones se localizan de forma natural en el norte del país, pero ambas en diferente hábitat, ya que OHUI es de aguas costeras mientras que CCIEN es de aguas interiores y principalmente carbonatadas (Castro et al., 2000). Las poblaciones más productivas fueron CAN con 60.75 quistes por hembra y JUCH con 63.38.

Baxevanis et al. (2004), reportan diferencias encontradas entre especies partenogenéticas de aguas costeras y bisexuales de aguas interiores. Los resultados indican que CCIEN y TEX presentan diferencias con JUCH y CAN, no así con las poblaciones de OHUI y RSAL pertenecientes a ambientes costeros. Autores como Gilchrist (1960), Dana y Lenz (1986), Triantaphyllidis et al. (1995), Abatzopoulos et al. (2003) y Baxevanis et al. (2004), han reportado resultados similares en *A. salina*, *A. monica* Verrill, 1869, *A. franciscana*, *A. parthenogenetica* y *A. urmiana*.

Los valores de las características reproductivas experimentan un incremento conforme aumenta la salinidad y comienzan a disminuir cuando ésta sobrepasa 140 UPS (Tablas 2 y 4) lo cual se ve reflejado en los valores del potencial reproductivo, los cuales pueden alcanzar un 100 % (Tablas 3 y 5).

Se puede concluir que la salinidad juega un papel preponderante no solo en el crecimiento y sobrevivencia de las poblaciones de *Artemia*, sino que también influye de manera significativa en las características reproductivas y sobre todo en el enquistamiento de los embriones. Estos resultados son importante puesto que se pueden realizar extrapolaciones para los hábitats naturales, lo cual puede verse reflejado en un mejor manejo sobre la producción masiva, no solamente de la biomasa, sino también de la producción de quistes.

REFERENCIAS

Abatzopoulos, T. J., I. Kappas, P. Bossier, P. Sorgeloos, y J. A. Beardmore, 2002. Genetic characterization of *Artemia tibetiana* (Crustacea: Anostraca). *Biological Journal of the Linnean Society*, 75: 333-344.

Abatzopoulos, T. J., A. D. Baxevanis, G. V. Triantaphyllidis, G. Criel, E. L. Pador, G. Van Stappen y P. Sorgeloos, 2006a. Quality evaluation of *Artemia urmiana* Günther (Urmia Lake, Iran) with special emphasis on its particular cyst characteristics. *International Study on Artemia*, LXIX. *Aquaculture*, 254: 442-454.

Abatzopoulos, T. J., N. Agh, G. Van Stappen, S. M. Razavi-Rouhani y P. Sorgeloos, 2006b. *Artemia* sites in Iran. *Journal of Marine Biology Association*, 86: 229-307.

Abatzopoulos, T. J., N. El-Bermawi, C. Vasdekis, A. D. Baxevanis y P. Sorgeloos, 2003. Effects of salinity and temperature on reproductive and life span characteristics of clonal *Artemia*. *Hydrobiologia*, 492: 191-199.

Agh, N. G., G. Van Stappen, P. Bossier, H. Sepehri, V. Lofti, S. M. R. Rouhani y P. Sorgeloos, 2008. Effects of salinity on survival, growth, reproductive and life span characteristics of *Artemia* populations from Urmia Lake and neighboring lagoons. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11: 164-172.

Baxevanis, A. D., N. El-Bermawi, T. J. Abatzopoulos y P. Sorgeloos, 2004. Salinity effects on maturation, reproductive and life span characteristics of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on Artemia LXVIII). *Hydrobiologia*, 513: 87-100.

Bengston, D. A., P. Léger y P. Sorgeloos, 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. En: R. A. Browne, P. Sorgeloos y C. N. A. Trotman (eds.), *Artemia Biology*: 255-285. (CRC Press, Boca Raton, Florida. USA).

Bowen, S. T., M. R. Buoncristiani y J. R. Carl, 1988. *Artemia* habitats: ion concentrations tolerated by one superspecies. *Hydrobiologia*, 158: 201-214.

Browne, R. A. y G. Wanigasekera, 2000. Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244: 29-44.

Browne, R. A. y S. T. Bowen, 1991. Cap. 9. Taxonomy and population genetics of *Artemia*. En: R. A. Browne, P. Sorgeloos y C. N. A. Trotman (eds.). *Artemia Biology*: 221-235. (CRC Press, Boca Raton, Florida. USA).

Browne, R. A., S. E. Salee, D. S. Grosch, W. O. Segreti y S. M. Purser, 1984. Partitioning genetics and environmental components of reproduction and life span in *Artemia*. *Ecology*, 65: 949-969.

Browne, R. A., V. Moller, V. E. Forbes y M. H. Depedge, 2002. Estimating genetic and environmental components of variance using sexual and clonal *Artemia*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 267: 107-119.

Camargo, W. N., J. S. Ely, G. M. Duran-Cobo y P. Sorgeloos, 2004. Influence of some physicochemical parameters on *Artemia* biomass and cyst production in some thalassohaline aquatic environments in the Colombian Caribbean. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35(2): 274-283.

Castro, T., G. Gonzalo, J. Castro y G. Castro, 2006c. A biometric and ecologic comparison between *Artemia* from Mexico and Chile. *Saline Systems*, 2(13): 1-10.

Castro, B. T., M. G. Castro, M. J. Castro, A. R. de Lara y S. A. Malpica, 2001. Alimento vivo para organismos acuáticos: 1-146. (Editorial AGT. S.A. México).

Castro, B. T., M. G. Castro, M. J. Castro, S. A. Malpica y A. R. De Lara, 1997. Características morfométricas y calidad de los quistes de *Artemia* sp. (Crustacea:Anostraca), habitante de aguas sulfatadas de Coahuila, México. *Ciencias Marinas*, 4(23): 491-503.

Castro, B. T., M. J. Castro, C. J. López, B. Miramontes, S. A. Malpica, M. G. Castro y A. R. De Lara, 1998. Primeros estudios del branquiópodo *Artemia* en las salinas Real de las Salinas, Campeche. *Revista Oceanología*, 17(3):10-20.

Castro, B. T., R. C. Gallardo, M. J. Castro y S. A. Malpica, 1994. Importancia del tamaño de los quistes descapsulados y de nauplios de *Artemia franciscana* (Texcoco), para la alimentación de organismos acuáticos. *Revista Investigaciones Marinas*, 18(2): 150-154.

Castro, J., T. Castro, J. Sanchez, G., A. Castro, J. Zaragoza, R. De Lara y M. C. Monroy, 2006b. Cysts and nauplii biometry characteristics of seven *Artemia franciscana* populations from México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(2): 1-8.

Castro, M. J., S. A. Malpica, M. G. Castro, B. T. Castro y A. R. De Lara, 1999. Variación del patrón reproductivo de dos poblaciones de *Artemia franciscana* (Branchiopoda, Anostraca) y su comparación con la población de Bahía de San Francisco California. *Biología Tropical*, 47(1): 99-104.

Castro, M. G., M. J. Castro, A. R. De Lara, R. C. Gallardo, Y. Salazar y B. Sánchez, 1989. Características biométricas generales, modo de reproducción y aislamiento reproductivo de la población silvestre de *Artemia* sp. de las Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. Revista Latinoamericana de Acuicultura, 39: 18-25.

Castro, M. J., B. T. Castro, F. J. I. Arredondo, M. G. Castro, A. R. De Lara y S. A. Malpica, 2004. Crossbreeding studies in seven *Artemia franciscana* strains from Mexico. Journal of Biological Research, 2: 35-41.

Castro, M. J., D. M. C. Monroy, M. G. Castro, B. T. Castro y A. R. De Lara, 2006a. Los estudios morfométricos y de aislamiento reproductivo, como herramientas para determinar características fenotípicas en poblaciones del género *Artemia* en México. Revista Contactos, 59(1): 49-53.

Castro, T. B., M. J. Castro, G. Gajardo, V. Vera y L. M. A. Gallegos, 2002. Manuscript A bio-ecological and distributional database on the brine shrimp *Artemia* from Latin American and Caribbean sites. Hidrobiología, 42: 199-209.

Castro, T., S. A. Malpica, J. Castro, G. Castro y R. de Lara, 2000. Environmental and biological characteristics of *Artemia* ecosystems in México: An updated review, En: M. Munawar, S. G. Lawrence, I. F. Munawary, D. F. Malley (eds.). Aquatic ecosystems of México. Status and Scope: 191-202. (Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands).

Dana, G. L. y P. H. Lenz, 1986. Effects of increasing salinity on an *Artemia* population from Mono Lake, California. Oecologia, 68(3): 428-436.

Dhont, J. y P. Sorgeloos, 2002. Applications of *Artemia*. En: T. J. Abatzopoulos, J. A. Beardmore, J. S. Clegg y P. Sorgeloos. (eds). *Artemia: Basic and Applied Biology*: 251-277. (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands).

El-Bermawi, N., A. D. Baxevanis, T. J. Abatzopoulos, G. Van Stappen y P. Sorgeloos, 2004. Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on Artemia. LCVII). Hydrobiologia, 523:175-188.

Gallardo, R. C., y M. J. Castro, 1987. Reproduction and genetics of Mexican *Artemia*. En: P. Sorgeloos, D. Bengston, W. Declair y E. Jaspers (eds.). *Artemia Research and It's application*. Vol.1. Morphology. Genetics. Strain Characteristics, Toxicology: 249-253. (Wetteren, Belgium).

Gilchrist, B. M., 1960. Growth and form of the brine shrimp *Artemia salina* L. Proceedings of Zoological Society of London, 134: 221-235.

Hontoria, F. y F. Amat, 1992. Morphological characteristics of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin. American populations. Journal of Plankton Research, 14: 1461-1471.

- Kachigan, S. K., 1991. Multivariate statistical analysis. A conceptual introduction: 1-303. (Radius Press, New York, USA).
- Kappas, I., T. J. Abatzopoulos, N. Van Hoan, P. Sorgeloos y J. A. Beardmore, 2004. Genetic and reproductive differentiation of *Artemia franciscana* in a new environment, *Marine Biology*, 146: 103–117.
- Litvinenko, L. I., A. V. Koslov, A. I. Kovalenko y D. S. Bauer, 2007. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp *Artemia* populations in Siberian Lakes. *Hydrobiologia*, 576: 95-101.
- Mayer, R. J., 2002. Morphology and biometry of three populations of *Artemia* (Branchiopoda: Anostraca) from the Dominican Republic and Puerto Rico. *Hydrobiologia*, 486: 29-38.
- Medina, G. R., J. Goenaga, F. Hontoria, G. Cohen y F. Amat, 2007. Effects of temperature and salinity on prereproductive life span and reproductive traits of two species of *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca) from Argentina: *Artemia franciscana* and *A. persimilis*. *Hydrobiologia*, 579: 41–53.
- Persoone, G. y P. Sorgeloos, 1980. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. En: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (eds). *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture: 3-24. (Universa Press, Wetteren, Belgium).
- Piccinelli, M. y T. Prosdocimi, 1968. Descrizione tassonomica delle due specie *Artemia salina* L. e *Artemia persimilis* n. sp. *Istituto Lombardo. Classe Scienze*, 102: 113-118.
- Post, F. J. y N. N. Youssef, 1977. A prokaryotick intracellular symbiont of the Great Salt Lake brine shrimp *Artemia salina* (L.). *Canadian Journal of Microbiology*, 23: 1232-1236.
- Soniraj, N., 2004. Effect of salinity on the life span and reproductive characteristics of brine shrimps in the salt pans at Tuticorin. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 46(2): 133-140.
- Sorgeloos, P., P. Lavens, P. H. Leger, W. Tackaert y D. Versichele, 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture: 1-319. (Ghent University, Wetteren, Belgium).
- Tatsuoka, M. M., 1970. Selected topics in advanced statistics. An elementary approach. *Discriminant analysis* (6): 1-57. (ed. IPAT. Illinois, USA).
- Triantaphyllidis, G. V., G. R. J. Criel, T. J. Abatzopoulos y P. Sorgeloos, 1997a. International study on *Artemia*. LVII. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World populations. I. Bisexual populations. *Hydrobiologia*, 357: 139–153.

Triantaphyllidis, G. V., G. R. J. Criel, T. J. Abatzopoulos, K. M. Thomas, J. Peleman, J. A. Beardmore y P. Sorgeloos, 1997b. International study on *Artemia*. LVII. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African *Artemia* populations. *Marine Biology*, 129:477–487.

Triantaphyllidis, G. V., G. V. Riantaphyllidis, K. Pouloupoulou, T. J. Abatzopoulos, C. A. Pinto-Perez y P. Sorgeloos, 1995. International study on *Artemia* 49. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*. *Hydrobiologia*, 302: 215-227.

Van Stappen, G., 2002. Zoogeography. En: T. J. Abatzopoulos, J. A. Beardmore, J. S. Clegg y P. Sorgeloos (eds.). *Artemia: Basic and Applied Biology*: 171-224. (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands).

Vanhaecke, P., S. E. Siddal y P. Sorgeloos, 1987. XXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. International study on *Artemia*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 98: 167-183.

Wear, R. G. y S. J. Haslett, 1987. Effects of temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* Kellogg from Lake Grassmere, New Zealand. 1. Growth and mortality. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 98: 153-166.

Williams, W. D. y M. C. Geddes. 1991. Anostracans from Australian salt lakes, with particular references to a comparison of *Parartemia* and *Artemia*. En: R.A. Browne, P. Sorgeloos y C.N.A. Trotman (eds.). *Artemia Biology*: 351-368. (CRC Press, Boca Raton, Florida, USA).