

Estudio de la biometría y los parámetros de eclosión de quistes de *Artemia* recogidos en diferentes salinas de Argelia

Ghomari Sidi Mohammed^{1*} y Francisco Amat Domenech²

¹Laboratoire Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire. University of Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.

²Departamento de Biología, Cultivo y Patología de Especies Marinas, Instituto de Acuicultura de Torre la Sal (IATS-CSIC), Castellón, España.

*email: ghomarisidimohamed@gmail.com

Resumen

Artemia es un crustáceo branquiópodo anostráceo, distribuido en todo el mundo en lagos, estanques y lagunas hipersalinas, así como en salinas artificiales. Además de su capacidad osmorreguladora, es un animal que se adapta a este tipo de ambiente por la capacidad de producir quistes de diapausa, embriones latentes envueltos en un corion en condiciones adversas. Sin embargo, la fase más rentable del ciclo de vida de este crustáceo es el nauplio. Se recolecta y almacena como un quiste hasta que se usa. Los quistes de *Artemia* se consideran un material básico para el desarrollo de la cría de larvas de peces y crustáceos. Sin embargo, con la mayor demanda de quiste de *Artemia* inducida, todas las poblaciones pueden ser de gran interés. El presente estudio destaca la biometría de los quistes recolectados de varias salinas naturales argelinas y los reproducidos en el laboratorio, así como el examen de los parámetros de eclosión. El análisis del perfil biométrico de los quistes es similar al de los países de la cuenca mediterránea. Se compone de tres grupos: quistes producidos por poblaciones sexuales de pequeño diámetro, los de hembras partenogenéticas tetraploides con un diámetro mayor y, por último, quistes de partenogenética diploide con un diámetro promedio entre los dos grupos anteriores. En el estudio de los parámetros de eclosión, las poblaciones argelinas parecen tener rendimientos aceptables, cercanos a los quistes comerciales comunes. Se pueden usar en la industria de la acuicultura.

Palabras clave: *Artemia*, nauplios, decapsulación, eficiencia de eclosión, salinas

Summary

Study of biometry and hatching parameters of *Artemia* cysts collected in different solar saltworks in Algeria

The brine shrimp *Artemia* is an Anostracan branchiopod crustacean occurring worldwide in hypersaline lakes, ponds and lagoons, as well as in man-operated solar saltworks. In addition to its unique osmoregulatory capacity, brine shrimp is adapted to this harsh environment by the capacity to produce diapausing cysts, dormant embryos enveloped in a chorion, when the conditions turn unfavourable. The most profitable phase of the life cycle of this crustacean is the nauplii. It is acquired and preserved in cyst form until it is used. *Artemia* cysts are considered as a base material for the development of larval rearing of fish and crustaceans. However, the increase in demand for *Artemia* cyst means that all populations are of great interest. In this context, the present biometric study has focused on cysts collected from the wild as well as laboratory products of various Algerian saltworks, and on some hatching parameters. Parallel hatching parameters were highlighted in order to see their possible use in aquaculture. The profile analysis of biometric cysts is similar to that of Mediterranean countries. It consists of three groups: the cysts produced by sexual populations with a small diameter, those of the tetraploid parthenogenetic females with a larger diameter and finally, cysts of parthenogenetic diploids with an average diameter between the two previous groups. In the study of hatching parameters, Algerian populations appear to have acceptable yields, which resemble common commercial cysts. They can be used in the aquaculture industry.

Keywords: *Artemia*, nauplii, decapsulation, hatching efficiency, saltworks

Introducción

Artemia es un crustáceo branquiópodo anostráceo. El género *Artemia* tiene una amplia distribución geográfica. Está representado por las especies sexuales y las cepas partenogenéticas, distribuidas en todo el mundo, con la excepción de la Antártida (Muñoz y Pacios, 2010; Triantaphyllidis *et al.*, 1998; Vanhaecke *et al.*, 1987; Van Stappen, 2002). Suele vivir en ambientes hipersalinos y salinas operadas por el hombre. Su adaptación a estos ambientes hostiles se rige por sus habilidades osmorregulatorias únicas, así como por la producción de quistes de diapausa (embriones envueltos en un corion).

El estudio comparativo del tamaño del quiste y los nauplios ha demostrado su utilidad como criterio para diferenciar entre poblaciones de este crustáceo. D'agostino (1965) fue el primero en notar la diferencia en el tamaño de los quistes entre poblaciones e incluso dentro de la misma población. Claus *et al.* (1977) estudiaron varias muestras de quistes de diferentes partes del mundo y corroboraron las conclusiones de D'agostino (1965).

Posteriormente, Vanhaecke y Sorgeloos (1980) establecieron la base para los estudios biométricos de quistes y nauplios después del análisis de una gran cantidad de muestras de los cinco continentes. Confirmaron los resultados obtenidos por los autores anteriores sobre la existencia de esta significativa diferencia entre poblaciones, aunque no hay diferencia entre lotes de la misma población o entre quistes naturales o aquellos reproducidos en el laboratorio.

Vanhaecke y Sorgeloos (1980) han establecido una clasificación de quistes de *Artemia* según su diámetro que se divide en tres grupos:

- Quistes de pequeño diámetro de la bahía de San Francisco (California, EE. UU.) y sus sitios de inoculación en otras partes del mundo.
- Quistes de gran diámetro, característicos de poblaciones partenogenéticas.
- Quistes intermedios de Great Salt Lake (Utah, EE. UU.)

La nueva compilación completa de datos biométricos para quistes y nauplios se encuentra en el trabajo de (Leger *et al.*, 1986). Sin embargo, existen numerosos estudios sobre poblaciones de áreas específicas como la Península Ibérica (Amat, 1979, 1982; Hontoria *et al.*, 1987; Varo, 1988; Vieira y Amat, 1985; Vilela y Castelo, 1987), las Islas Canarias (Varo, 1988), Grecia (Abatzopoulos *et al.*, 1987), Túnez (Van Ballaer *et al.*, 1987), Argelia (Ghomari *et al.*, 2011, 2012; Kara *et al.*, 1998), México (Castro *et al.*, 1987) y Chile (Zuñaga *et al.*, 1999).

El objetivo de este trabajo es estudiar la biometría de quistes de ciertas poblaciones argelinas, recolectadas en su entorno natural y otras reproducidas en el laboratorio.

Los resultados experimentales obtenidos para las poblaciones argelinas se compararon con los datos de la especie de referencia (*Artemia franciscana*).

Material y Métodos

Se tomaron muestras de quistes de *Artemia* en cinco salinas geográficamente distantes (Salinas de Bethioua, Relizane, Ezzamoule, Chott Melghir y el lago salado El Goléa) (Figura 1).

La recogida de muestras tuvo lugar en los bancos de la salina, focalizando solo las capas superficiales para evitar recoger lo menos posible material asociado a quistes como arena, polen, escombros, plumas, etc. Las muestras fueron conservadas en bolsas de plástico y enviadas al laboratorio para un proceso completo de purificación.

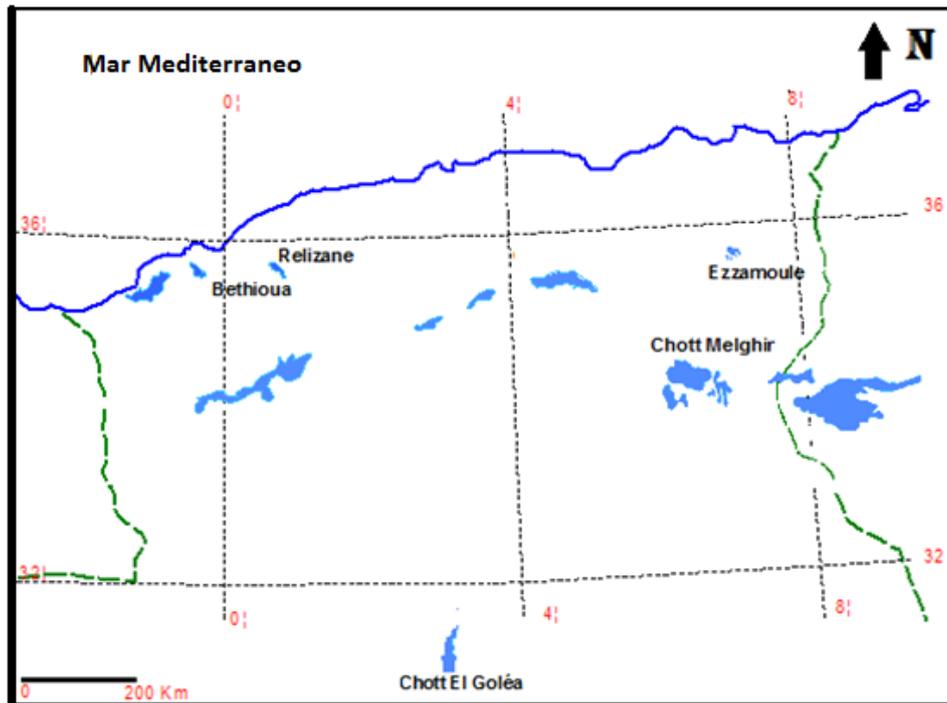


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en Argelia.

Purificación de muestras

El material recogido se vierte en salmuera saturada porque la alta salinidad inhibe el metabolismo embrionario y promueve la deshidratación. La suspensión se somete a agitación intensa durante varias horas utilizando una fuerte aireación para separar los quistes de otros materiales adherentes. Posteriormente, la aireación se interrumpe para permitir que la mezcla se decante. Los quistes y otras partículas ligeras tienden a flotar en salmuera formando una capa compacta en la superficie mientras que los materiales adherentes densos se depositan en el fondo del recipiente. Para separar las dos fracciones, los materiales sedimentados se eliminan por sifón.

Los quistes, una vez separados de los materiales adherentes densos, siempre se encuentran mezclados con otras partículas ligeras de densidad idéntica o inferior. Estos quistes se transfieren a través de una serie de tamices de tamaño de malla decreciente, el primero de 500 y 300 micrómetros respectivamente, retienen todo el material de un diámetro mayor que el quiste (restos de madera, plástico, etc.) y los de un Malla de 160 micrómetros de diámetro, permite retener los quistes y favorecer el paso de material más fino (polen, limo, fragmentos de muda de artrópodos, etc.).

Después de estos pasos, los quistes están purificados. Sin embargo, queda un cierto porcentaje de material de tamaño similar o inferior. Para separar esta fase, los quistes se someten al proceso de flotación diferencial en agua destilada. Los quistes se mezclan con agua destilada en un recipiente con fuerte agitación por aireación. Después de un lapso de tiempo, se corta al aire para la decantación. Los quistes hidratados enteros se depositan en el fondo del vaso y los restos de la cascara del quiste y los materiales ligeros flotan en la superficie del agua. Este paso generalmente se realiza a bajas temperaturas usando hielo para desacelerar el mecanismo metabólico del embrión.

De acuerdo con Sorgeloos *et al.* (1978), el tiempo de residencia de los quistes en agua destilada no debe exceder los 5 minutos para evitar los efectos de la hidratación. Una vez que se eliminan los materiales que se adhieren a los quistes, se deshidratan

inmediatamente. Este paso debe hacerse lo más rápido posible. En primer lugar, el agua debe eliminarse con papel de succión y luego someterse a calor en un horno de secado a 39 °C. El nivel de deshidratación en la muestra proporciona más seguridad de almacenamiento cuando su peso se estabiliza a niveles de humedad inferiores al 9% (Amat, 1985; Varo, 1988).

Obtención de nauplios a partir de quistes

Las muestras de quistes obtenidas por el proceso de purificación descrito anteriormente se incuban en condiciones estándar hasta la eclosión.

El dispositivo experimental utilizado para la incubación, consiste en un recipiente de cristal con forma de paralelepípedo de 60 litros de capacidad, lleno de agua fresca mantenida a una temperatura de 28 °C por una unidad de calor con termostato. En este baño se introducen hasta 12 recipientes cilíndricos de vidrio con extremidad cónica llenos de agua de mar con una salinidad de 38 g L⁻¹. En estos vasos, los quistes se incuban para obtener eclosiones en cantidades variables según sea necesario, pero nunca a densidades mayores de 5 g de quistes deshidratados por litro, aunque se pueden usar densidades de hasta 10 g L⁻¹ (Sorgeloos, 1980).

Cada recipiente está provisto de un tubo de vidrio delgado que llega al fondo para soplar aire a baja presión con el fin de proporcionar suficiente aireación y agitación para mantener los quistes en suspensión. En la parte superior del conjunto, hay un dispositivo fluorescente que permite una iluminación constante de 1800 lux durante el proceso de eclosión. La iluminación desencadena procesos fisiológicos (Sorgeloos, 1973).

Una vez que se logra la eclosión, el material se recoge en una malla de plancton de 60 micras de diámetro y se lava con agua corriente para eliminar los metabolitos liberados durante el proceso de eclosión (glicerol). Para separar las cáscaras vacías nauplios, el material se coloca en agua dulce y se dejó sedimentar. En el fondo, los quistes no eclosionados se depositan, en la superficie se acumulan las cáscaras vacías y a lo largo de la columna de agua se distribuyen los nauplios nadando libremente. Los nauplios se sifonan y se recogen en una malla de plancton y se usan para experimentación.

Cría y obtención de quistes en el laboratorio

Los nauplios recogidos se crían en recipientes con una capacidad de 2 a 3 litros de salmuera a 80 g L⁻¹ a una densidad de 50 individuos por litro y bajo aireación continua. Los recipientes se colocan en una cámara termostática regulada a una temperatura de 24 °C y un fotoperíodo de 12 h de luz: 12 h de oscuridad.

Estos nauplios se alimentan con una mezcla de microalgas compuesta de *Dunaliella salina* y *Tetraselmis suecica* con una concentración promedio de 50.000 cel mL⁻¹ y 90.000 cel mL⁻¹ respectivamente (Hontoria y Amat, 1992). El medio de cría se renueva cada 2 a 3 días.

Cuando las características adultas aparecen en individuos de cada población (hembras con un útero lleno de embriones o quistes y machos con antenas bien desarrolladas), las poblaciones consideradas están separadas por especies y cepas (*Artemia salina*), (*Artemia parthenogenetica*) diploide y tetraploide, y se pondrán en cría experimental para obtener quistes puros para los diferentes tratamientos.

Medición del diámetro de los quistes

El análisis del diámetro del quiste y el grosor de la envoltura terciaria (corion) se realiza de acuerdo con los procedimientos descritos por Vanhaecke *et al.* (1980).

Para cada población, una muestra de quistes se hidrata en agua destilada durante dos horas a temperatura ambiente. Durante su hidratación, los quistes se mantienen en suspensión por agitación suave por aireación simple desde el fondo del recipiente.

Otra muestra de quistes se trata con hipoclorito de sodio para eliminar la envoltura terciaria (corion), de acuerdo con el método descrito por Bruggeman *et al.* (1979).

Después de la decapsulación, el resto de los desechos coriónicos y los materiales ligeros se separan de los quistes completos mediante el proceso de flotación diferencial en agua destilada. Los elementos ligeros permanecen en la superficie, mientras los quistes decapsulados se depositan en el fondo. Para eliminar cualquier residuo asociado, se recomienda rehacer un nuevo proceso de flotación diferencial en salmuera concentrada, lo que permite que los embriones enquistados decapsulados se recojan en la superficie; los otros materiales se asientan al fondo. Los quistes decapsulados limpios y completos se someten al mismo proceso de hidratación descrito anteriormente.

Después de la hidratación, los quistes toman una forma esférica, se miden el diámetro de los quistes hidratados no decapsulados y el diámetro de los quistes decapsulados ($n > 200$). Todas las mediciones se realizan con un microscopio estereoscópico (SZ-ST OLYMPUS) con un objetivo 4X y un micrómetro ocular. Para cada una de estas dos categorías de quistes, se calcula el diámetro promedio. La diferencia entre los dos diámetros promedio divididos por dos, hace posible determinar el grosor del corion del quiste.

Parámetros de la eclosión

Existen diferentes parámetros para cuantificar la calidad de la eclosión de una muestra de quiste específico:

El primer parámetro utilizado es el porcentaje de eclosión (*Hatching Rate*, HR), que representa el número de nauplios obtenidos de 100 quistes. Si se usa según lo definido por Bruggeman *et al.* (1980), este parámetro no tiene en cuenta el grado de pureza del producto, es decir, no considera la naturaleza de los otros materiales que se adhieren a los quistes enteros.

Por otro lado, en muchos casos es de vital importancia conocer el número de nauplios obtenidos de un peso fijo de quistes. Sorgeloos *et al.* (1978), se refieren al parámetro (*Hatching Efficiency*, HE), definido como el número de nauplios obtenidos en un gramo de quiste deshidratado o el peso del quiste requerido para obtener un millón de nauplios. Este parámetro representa una gran utilidad, especialmente cuando se trata de cuantificar la calidad de la eclosión de un producto en comparación con su uso práctico como fuente de alimento para la cría de larvas.

Además de la calidad de la eclosión, el análisis de velocidad o la sincronía de eclosión son importantes. Implica evaluar el tiempo de incubación requerido para obtener el 10% y el 90% del total de nauplios para incubación (T_{10} y T_{90}). Estos períodos son más confiables y fáciles de determinar, ya que las curvas de eclosión describen formas sigmoidales que corresponden en realidad a valores concretos (T_{10}) requirió tiempo de incubación para la eclosión de los primeros quistes, (T_{90}) tiempo para la eclosión de los últimos quistes.

La sincronía de eclosión o tiempo de eclosión T_s , expresa la sincronización de la eclosión de los quistes. Cuanto mayor sea T_s , menor será la sincronización de eclosión del quiste, y viceversa. Se estima a través del lapso de tiempo entre (T_{10} y T_{90}).

Para el análisis de HR, HE y Ts, solo se estudiaron tres muestras de quistes recolectados del entorno natural pertenecientes a diferentes poblaciones (Bethioua, Relizane y El Goléa) de ubicaciones geográficamente distantes.

Para cada muestra de las poblaciones consideradas, se incuban tres submuestras de quistes purificados y deshidratados de un peso conocido (de 100 a 500 mg dependiendo de la disponibilidad) en el dispositivo experimental descrito anteriormente.

Las submuestras se envían previamente a tres tratamientos diferentes:

- Hidratación durante 2 horas y luego incubación.
- Tratamiento de quistes con hipoclorito de sodio para la decapsulación e incubación (Bruggeman *et al.*, 1979).
- Tratamiento de quistes con peróxido de hidrógeno al 5% (H₂O₂) durante 10 minutos de incubación (Van Stappen *et al.*, 1998).

Después de un período de 12 a 14 horas de incubación, cada 2 horas, se toman tres alícuotas de 1 mL usando una pipeta automática de cada submuestra incubada. Cada alícuota se fija con una gota de solución de lugol y se cuenta el número de nauplios bajo una lupa estereoscópica. Solo se cuentan los nauplios totalmente libres de la cutícula embrionaria. Los resultados se obtendrán sobre la base del cálculo del promedio de las tres muestras.

Desde el momento en que el número de nauplios comienza a disminuir en el recuento sucesivo de las muestras, se determina un porcentaje para cada recuento. Los datos relativos de cada muestra se utilizan posteriormente para establecer el cálculo de la curva de eclosión con respecto al tiempo.

Los valores promedio más altos de cada muestra se extrapolarán al volumen total de cada recipiente de incubación (1 L). Utilizando el peso de los quistes deshidratados, se deducen las estimaciones de HE.

Los valores de T₁₀ y T₉₀ se calculan a través de la curva de eclosión que representa el porcentaje acumulado de quistes eclosionados como la variable dependiente y el tiempo como la variable independiente. El Ts está determinado por la diferencia entre los valores de T₁₀ y T₉₀ (Ts = T₉₀ - T₁₀).

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados de los análisis de diámetro de quistes naturales (recogidos del ambiente natural) y los producidos en el laboratorio, de las poblaciones indígenas de las diferentes salinas argelinas.

Los quistes hidratados de (*A. salina*) tienen el diámetro promedio más pequeño (246 - 247,1 µm), seguidos por la cepa partenogenética diploide (248,1-275 µm) y luego el tetraploide (268,3 - 284,1 µm).

Los quistes de las salinas de Ezzamoule y Relizane (poblaciones sexuales) tienen un diámetro más pequeño y una envoltura terciaria gruesa (12,4 - 13,1 µm), en comparación con los de las poblaciones partenogenéticas. Las formas tetraploides producen quistes de gran diámetro con un grosor de corion pequeño de (8,5 - 9,3 µm). Las formas partenogenéticas diploides tienen un diámetro medio del quiste entre los dos primeros con un grosor del corion entre 6,5 y 9,5 µm. El grosor de la envoltura terciaria para partenogenética es más fino en comparación con las especies sexuales.

Además, los quistes tomados del entorno natural tienen diámetros que están casi en su mayor parte entre el rango de valores extremos de los quistes producidos en el

laboratorio. Los quistes de las muestras de las poblaciones de Chott Melghir son los más pequeños, seguidos de las poblaciones de la salina EzZamoule, Relizane, Bethioua y finalmente en lago salado El Goléa.

Tabla 1. Diámetro medio de los quistes hidratados y decapsulados y el grosor del corion en μm .

Cepa	Población	Diámetro quistes hidratados	Diámetro quistes decapsulados	Grosor corion	Número quistes (hidrat/descaps)
Naturales					
	Relizane	253,5 \pm 15,3	231,1 \pm 13,6	11,2	320/347
	Bethioua	273,0 \pm 12,6	252,0 \pm 14,7	10,5	390/316
	Ezzamoule	250,0 \pm 16,3	226,0 \pm 17,6	12,0	292/297
	Melghir	244,8 \pm 15,4	223,3 \pm 12,7	10,7	258/279
	El Goléa	288,5 \pm 13,5	255,3 \pm 11,8	9,0	244/308
Laboratorio					
<i>A. salina</i>	Relizane	246,4 \pm 16,9	220,0 \pm 11,9	13,1	219/266
	Ezzamoule	247,1 \pm 15,5	202,3 \pm 13,0	12,4	253/210
<i>A. parthenogenetica</i> (Diploide)	Relizane	257,6 \pm 12,4	240,3 \pm 17,2	8,5	447/329
	Bethioua	248,1 \pm 19,8	233,0 \pm 17,8	7,5	439/376
	Ezzamoule	250,4 \pm 14,2	237,2 \pm 14,0	6,5	317/337
	Melghir	275,0 \pm 15,9	256,0 \pm 15,8	9,5	273/275
<i>A. parthenogenetica</i> (Tetraploide)	Relizane	268,3 \pm 15,8	250,5 \pm 14,6	8,9	322/346
	Bethioua	271,9 \pm 25,4	254,1 \pm 23,8	8,5	298/329
	El Goléa	284,1 \pm 15,1	265,4 \pm 13,1	9,3	267/283

Con respecto a los parámetros de eclosión, parece que la cepa de Bethioua es la que tiene los valores más altos, con un porcentaje de eclosión del 79,4%, una eficiencia de eclosión que varía entre 153.540 hasta 220.667 nauplios y una sincronía de eclosión que varía de 5,9 y 6,7 horas, dependiendo del tratamiento aplicado a los quistes. La población de Relizane es la más baja en términos de velocidad y eficiencia de eclosión (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 2. Parámetros de eclosión de muestras de quistes naturales de las salinas de Bethioua, Relizane y El Goléa.

Población	Porcentaje de eclosión (HR) (%)	Eficiencia de eclosión (HE) (nauplios por gramo de quistes)			Tiempo de sincronía (Ts=T ₉₀ -T ₁₀) (horas)		
		Hidratado	Decapsulado	H ₂ O ₂	Hidratado	Decapsulado	H ₂ O ₂
Bethioua	79,4	153.540	220.667	162.000	6,7	5,9	6,2
Relizane	4,4	13.111	20.667	43.333	10,6	7,1	9,3
El Goléa	15,8	14.222	76.667	90.667	11,1	6,2	7,1

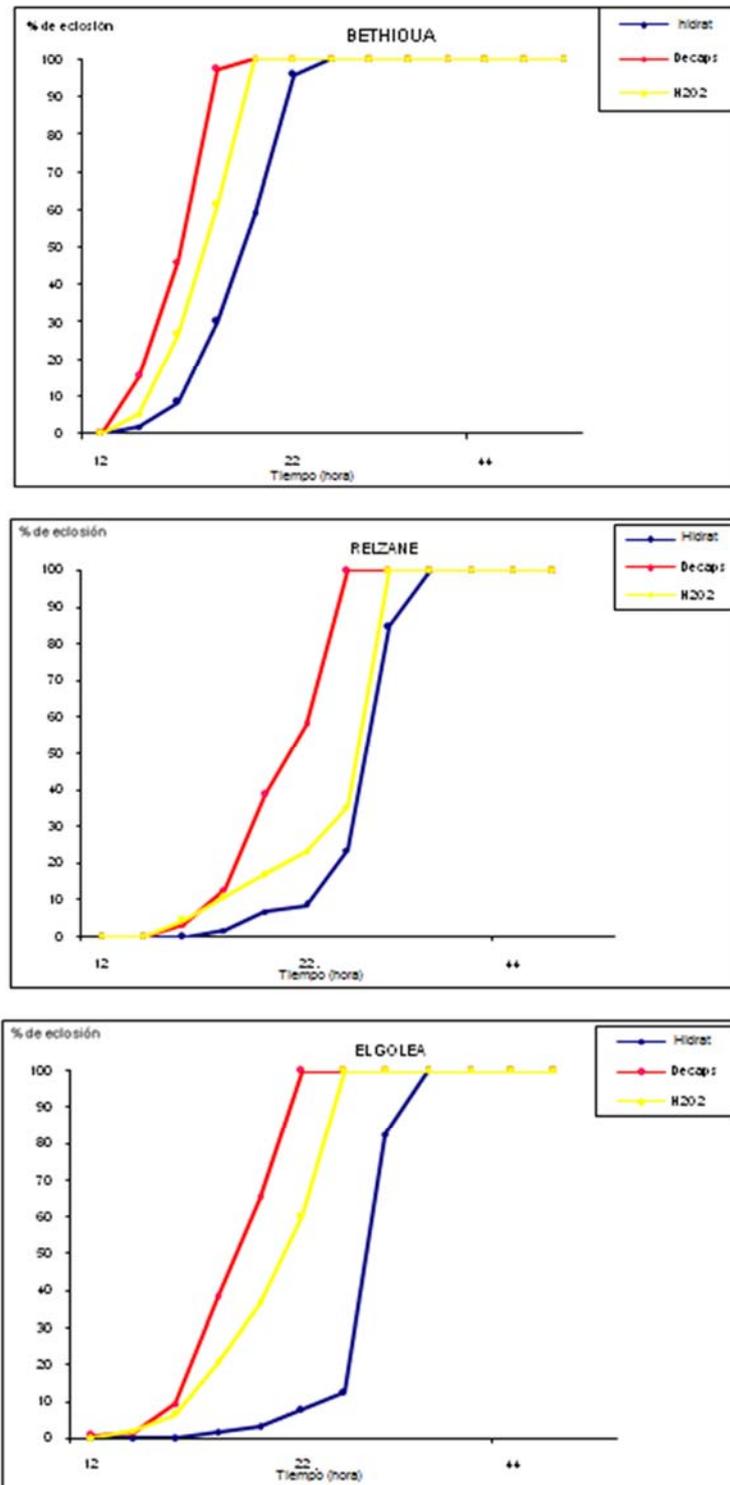


Figura 2. Curvas de eclosión de muestras de las salinas de Bethioua, Relzane y El Goléa después de haber sido sometidas a diferentes tratamientos utilizados para desactivar la diapausa.

Discusión

El conocimiento de la biometría y los diferentes parámetros de eclosión de los quistes de *Artemia* hacen posible lograr una mejor gestión del recurso por la acuicultura. Además, es importante considerar el tamaño de los organismos que se usan como alimento vivo, dada la relación del tamaño de la presa con la boca de la larva de depredador (Castro *et al.*, 1997).

Por otro lado, se acepta que los datos sobre la heredabilidad de ciertas características cuantitativas obtenidas mediante pruebas de cruzamiento, como el porcentaje de eclosión, el diámetro del quiste, la temperatura de resistencia a los nauplios y la tasa de crecimiento, demuestran no solo están bajo control genético (Tackaert *et al.*, 1987) sino que también están parcialmente influenciados por las condiciones de recolección, tratamiento y conservación (Vanhaecke y Sorgeloos, 1982).

A primera vista, los datos obtenidos en este estudio confirman las variaciones en las características biométricas de los quistes, que existen entre diferentes poblaciones que viven en diferentes biotopos.

Este margen de variabilidad que existe entre los parámetros biométricos es probablemente el resultado de una respuesta evolutiva a situaciones ecológicas según Vos *et al.* (1984).

Alvarez y Sánchez (1994) también informan que las condiciones ambientales son las causas fundamentales de las diferencias en las características biométricas de los quistes. Por otro lado, Belk *et al.* (1990) muestran que el tamaño de los quistes del braquiópodo (*Streptocephalus sealii*) varía entre las diferentes poblaciones según el origen y la naturaleza del agua. Los quistes son más pequeños en los charcos de lluvia cuyo régimen inundaciones-secado es instantáneo, en comparación con los resultantes del derretimiento de nieve estacional. El tamaño de los quistes también varía con el tamaño de la hembra, la latitud y la altitud de los biotopos. Estas variaciones parecen tener poca importancia en comparación con las que se originan a partir de factores genéticos (Vanhaeck *et al.*, 1984).

En relación con el grosor del corion, Correa y Buckle (1993) informan que las diferencias pueden ser causadas por las condiciones ambientales del hábitat de las poblaciones, dándoles estrategias adaptativas para sobrevivir. Los quistes de gran diámetro tienen mucha yema, lo que permitirá que los nauplios tengan suficiente energía para romper el corion y, además, estos organismos tendrán más ventajas cuando haya falta de alimentos en el medio ambiente.

La compilación del trabajo de Leger *et al.* (1986) sobre el estudio de quistes de diferentes áreas geográficas, muestra que el diámetro de los quistes varía ampliamente entre 224,7 y 284,9 μm para quistes hidratados no decapsulados y de 207,3 y 266,3 μm para quistes decapsulados. Cabe señalar que los diámetros de nuestros quistes estudiados, hidratados no encapsulados y decapsulados se encuentran en estos intervalos.

Por otro lado, el examen del perfil de los quistes de las salinas argelinas estudiada es similar al de los países adyacentes y el continente europeo (Amat, 1980, 1985; Amat *et al.*, 1995; Mura y Brecciaroli, 2004). Se pueden dividir en tres grupos diferentes: los quistes producidos por poblaciones sexuales que varían entre 246 y 247,1 μm , los producidos por hembras partenogenéticas diploides entre 248,1 y 275 μm , y finalmente, los de hembras partenogenéticas tetraploides que fluctúan en un intervalo alto entre 268,3 – 284,1 μm .

El grosor de la envoltura terciaria en las poblaciones sexuales no muestra una relación con el tamaño del quiste, los quistes son más pequeños con un corion más grande. Por

otro lado, en poblaciones partenogenéticas, notamos más o menos esta correlación, la envoltura es más fina en quistes pequeños (visibles en diploides).

Amat (1982) y Sorgeloos *et al.* (1986), informan que el corion grueso es una respuesta para compensar la acción de la alta salinidad y las altas temperaturas. En el mismo contexto, Galabert *et al.* (1993) mencionan que la función principal del corion es proteger al embrión contra la radiación solar.

Cabe señalar que la mayoría de los quistes tomados directamente de sus hábitats naturales están compuestos por una mezcla de quistes pertenecientes a diferentes poblaciones. Este compuesto de quistes revela la presencia de quistes de mayor tamaño pertenecen a la forma partenogenética tetraploide y quistes más pequeños de la partenogenética diploide y / o las especies sexuales. Esta situación de coexistencia de especies sexuales y cepas partenogenéticas en el mismo hábitat es una característica frecuente en las salinas de la región mediterránea (Amarouyache *et al.*, 2010; Amat *et al.*, 1995; Ghomari *et al.*, 2011; Ghomari *et al.*, 2012).

La eclosión es el proceso por el cual el quiste (el huevo de duración) que contiene un embrión en el estado de la criptobiosis, comienza su desarrollo antes de convertirse en pre-nauplios para aparecer en el medio en forma de nauplios (primera fase larval de este crustáceo). La eclosión de los quistes de *Artemia* está influenciada por una serie de factores mencionados anteriormente. La temperatura ambiental sigue siendo un factor importante, Vanhaecke y Sorgeloos (1989) estudiaron 32 cepas de *Artemia* de diferentes orígenes geográficos e indican que la temperatura de incubación afecta significativamente el porcentaje de eclosión en todas las artemias estudiadas. Informaron que el porcentaje de eclosión siempre fue más alto en el rango de temperatura de 25-30 °C. Sorgeloos (1980) informa que las temperaturas inferiores a 25 °C ralentizan la tasa de eclosión y, por lo tanto, no son adecuadas para la acuicultura. Además, en general, se establece que la tasa de eclosión de los quistes producidos por una hembra que vive en un entorno predecible y estable es alta en comparación con las hembras en entornos impredecibles e inestables.

El caso de las poblaciones de Relizane y El Goléa muestra un bajo porcentaje de eclosión en comparación con el de Bethioua. Parece estar relacionado con la influencia de factores climáticos ambientales bajo los cuales se producen quistes (Sorgeloos *et al.*, 1986; Torrentera-Blanco *et al.*, 1993; Vanhaecke y Sorgeloos, 1980), particularmente los excesos de calor en estas zonas, y fuertes salinidades. Además, existen los efectos del estado de latencia. Como resultado se genera la fuerte diapausa de los quistes naturales que es inducida por el proceso de ciclos repetidos de hidratación y deshidratación de estos últimos. Estos procesos hacen que algunas de las reservas de energía de los quistes se pierdan durante los intentos fallidos de eclosión, lo que reduce la capacidad de eclosión de estos quistes. Por otro lado, hay otros parámetros que también causarían este problema de eclosión, por ejemplo, diferencias genéticas entre poblaciones.

Una eficacia de eclosión de quistes de menos de 100.000 nauplii g⁻¹ es muy común a escala comercial. Los quistes de mayor calidad del continente americano (Gran Lago Salado) tienen valores de hasta 270.000 nauplii g⁻¹ (HR > 90%).

Los quistes pequeños (bahía de San Francisco) dan mejores rendimientos, hasta 300.000 nauplios g⁻¹.

La *Artemia* americana produce quistes con una eclosión que dura menos de 24 horas para alcanzar T₉₀. Las muestras analizadas de las poblaciones de Bethioua y El Goléa parecen tener rendimientos más o menos apropiados y que son similares o cercanos a los quistes comerciales comunes, pero más bajos que las especies americanas y pueden usarse en acuicultura.

Resulta que una sincronía de alta eclosión debería garantizar la cosecha de un máximo de nauplios antes de consumir sus reservas de energía. El tiempo de eclosión (lapso de tiempo para la eclosión completa del quiste) es un criterio importante para evaluar la calidad de la eclosión de los diferentes quistes de *Artemia*. Este tiempo de eclosión no es solo una función del origen geográfico del material (quistes), sino que también parece estar influenciado por condiciones relacionadas con la incubación, el tratamiento, la preservación y por ciertas condiciones ambientales bajo las cuales el quiste ha estado producido y expuesto (Vanhaecke y Sorgeloos, 1982). En términos de sincronía de eclosión, existe una diferencia entre los quistes de las salinas argelinas. Esto probablemente se deba a la diferencia en la tasa metabólica entre los grupos de población. La población de Bethioua parece tener el tiempo de eclosión de quistes más corto que otras poblaciones, y muy cercano al que caracteriza los quistes de la bahía de San Francisco ($T_s = 5$ horas).

Además, el tratamiento con peróxido de hidrógeno, aplicado por varios autores, ha revelado varios éxitos sin definir mucho un método de aplicación uniforme (Bogotava y Shmakova, 1980). Otros estudios (Lavens *et al.*, 1986, Vu Do Duynh *et al.*, 1987) han demostrado que se han utilizado diferentes cepas y diferentes concentraciones y períodos de tratamiento. El efecto del tratamiento fue variable y, en todos los casos, fue prometedor.

De hecho, la prueba de la influencia del peróxido de hidrógeno en la tasa de eclosión de las poblaciones argelinas ha llevado a una mejora en la calidad de la eclosión, pero la tasa de eclosión sigue siendo mejor para un producto decapsulado.

Conclusiones

Los diferentes resultados de las características biométricas de los quistes revelan muchas variaciones entre las poblaciones argelinas estudiadas.

El perfil biométrico de estos quistes es similar al de los países de la cuenca mediterránea. Se compone de tres grupos: quistes producidos por poblaciones sexuales de pequeño diámetro, los de hembras partenogenéticas tetraploides con un diámetro mayor y, por último, quistes de partenogenética diploide con un diámetro promedio entre los dos grupos anteriores.

En relación con los parámetros de eclosión, las poblaciones de Bethioua y El Goléa parecen tener rendimientos aceptables, que son similares a los quistes comerciales comunes, pero inferiores a los de *Artemia franciscana*. Se pueden usar en la industria de la acuicultura.

La aplicación de tratamientos que mejoran la eclosión en las poblaciones argelinas ha dado buenos resultados. El tratamiento con peróxido de hidrógeno actúa sobre el poder de la diapausa y mejora la tasa de eclosión, el hipoclorito de soda promueve una mejor eclosión.

Bibliografía

1. Abatzopoulos, T. J., Triantaphyllidis, C. D., Kastritsis, C. D. (1987). Preliminary studies on some *Artemia* populations from northern Greece. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Declerande, E. Jaspers (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp. 380). Wetteren, Belgium. Universa Press.
2. Alvarez, Z., Sanchez, R. (1994). Evaluación de la calidad de la cepa de *Artemia* de las cumaraguas, Paragana. Venezuela. *Cienc. Mar.*, 20: 287-299.
3. Amarouyache, M., Derbal, F., Kara, M. H. (2010). Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (crustacé, anostracé) de la sebkha Ez-zamoul, Algérie nord-est. *Rev. Ecol. (terre vie)*. 65: 129-138.
4. Amat, F. (1979). *Diferenciación y distribución de las poblaciones de Artemia (Crustáceo branquiópodo) de España*. (Tesis doctoral). Universidad Barcelona.
5. Amat, F. (1980) Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo, branquiópodo) de España. Análisis morfológico. Estudios alométricos referidos al crecimiento y a la forma. *Inv. Pesq.*, 44: 217-240.
6. Amat, F. (1982). Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo braquiópodo) de España. Biometría de quistes y nauplios. *Inv. Pesq.*, 46: 55-62.
7. Amat, F. (1985). Utilización de *Artemia* en acuicultura. *Inf. Técn. Inst. Inv. Pesq.*, 128-129: 1- 60.
8. Amat, F., Barata, C., Hontoria, F., Navaro, J. C., Varo, I. (1995). Biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Branchipoda, Anostraca) in Spain. *International Journal of Salt Lake Research*, 3: 175-190.
9. Belk Anderson, D. G., Hdu-sheau, Yu. (1990). Additional observations on variation in egg size among populations of *Streptocephalus sealii* (Anostraca). *Journal of Crustacea Biology*, 10: 128-133.
10. Bogotova, I. B., Shmakova, Z. I. (1980). Activation of diapause eggs in *Artemia salina* (in Russian). *Hidrobiol. Zh.*, 16: 108-110.
11. Bruggeman, E., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., Sorgeloos, P. (1979). Improvements in the decapsulation of *Artemia* cysts. In: E. Styczynska-Jurewicz, T. Backiel, E. Jaspers, G. Persoone (Ed.), *Cultivation of fish fry and its live food* (pp. 309-315). Bredene. EuropeanMaricultureSociety.
12. Bruggeman, E., Sorgeloos, P., Vanhaecke, P. (1980). Improvements in the decapsulation technique of *Artemia* cysts. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (Ed.), *The brine shrimp Artemia* (pp. 261-269). Wetteren, Belgium. Universa Press.
13. Castro, T., Castro, G., De Lara, R. (1987). Experimental production of an introduced *Artemia* strain in alkaline waters in the state of Mexico. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decieir, E. Jaspers(Ed.), *Artemia research and its applications* (pp. 319-325). Wetteren, Belgium. Universa press.
14. Castro, B. T., Castro, M. G., Castro. M. J., Malpica, S. A., De Lara, A. R. (1997). Características morfológicas y calidad de los quistes de *Artemia* sp., (Crustacea: Anostraca), habitante de aguas sulfatadas de Coahuila, México. *Ciencias Marinas*, 491-503.
15. Claus, C., Benijts, F., Sorgeloos, P. (1977). Comparative study of different geographical strains of the brine shrimp *Artemia salina*. In: G. Persoone, E. Jaspers (Ed.), *Fundamental anal applied research on the brine shrimp Artemia salina*. (pp. 91-105). Bredene, EuropeanMaricultureSociety.
16. Correa, F. S., Buckle, L. F. R. (1993). Morfología y biometría de cinco poblaciones de *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae). *Rev. Biol. Trop.*, 41, 103-110.
17. D'agostino, A. S. (1965). Comparative studies of *Artemia salina* (development and physiology). (Phd. Thesis). New York University, USA.
18. Galabert, R., Sanchez, R., Solis, L. (1993). Valoración de la calidad de una cepa cubana de *Artemia*. *Rev. Invest. Marinas*, 14: 92-101.
19. Ghomari, S. M., Selselet-Attou, G., Hontoria, F., Amat, F. (2011). *Artemia* biodiversity in Algerian Sebkhas. *Crustaceana*, 84: 1025–1039.
20. Ghomari, S. M., Selselet-Attou, G., Hontoria, F., Moncef, M., Amat, F. (2012). Note sur la biogéographie de la biodiversité du genre *Artemia* dans la région ouest de l'Afrique du nord (Algérie, Maroc et Tunisie). *Ecología Mediterranea*, 38: 29-38.

21. Hontoria, F. (1990). *Caracterización de tres poblaciones originarias del área levantina española del Crustáceo Branquiópodo Artemia. Aplicación en acuicultura.* (Tesis doctoral). Universidad autónoma de Barcelona, España.
22. Hontoria, F., Navarro, J. C., Varo, I., Gozalbo, A., Amat, F., Vieira, M. N. (1987). Ensayo de caracterización de cepas autóctonas de *Artemia* de Portugal. Séminario sobre acuicultura. Porto, Portugal.
23. Hontoria, F., Navarro, J. C., Varo, I., Amat, F. (1989). Utilisation of *Artemia* cysts in marine larvae cultures: a model of quality evaluation. *Aquacultural Engineering*, 8: 127-138.
24. Hontoria, F., Amat, F. (1992). Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origin: American populations. *J. Plank. Res.*, 14: 1461-1471.
25. Kara, M. H., Bengraïne, K. A., Derbal, F., Chaoui, I., Amarouyache, M. (2004). Quality evaluation of a new strain of *Artemia* from Chott Marouane (northeast Algeria). *Aquaculture*, 235: 361-369.
26. Lavens, P., Tackaert, W., Sorgeloos, P. (1986). The influence of culture conditions and specific diapause desactivation methods on the hatchability of *Artemia* cysts, produced in a standard culture system. *Mar. Eco. Prog. Ser.*, 31: 179-203.
27. Leger, P., Bengtson, D. A., Simpson, K. I., Sorgeloos, P. (1986). The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Marine Biology and Oceanography*, 24: 521-623.
28. Muñoz, J., Pacios, F. (2010). Global biodiversity and geographical distribution of diapausing aquatic invertebrates: the case of the cosmopolitan brine shrimp *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*, 83: 465-480.
29. Mura, G., Brecciaroli, B. (2004). Use of morphological characters for species separation within the genus *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, 520: 179-188.
30. Sorgeloos, P. (1973). First report on the triggering effect of light on the hatching mechanism of *Artemia salina* dry cysts. *Marine Biology*, 22: 75-76.
31. Sorgeloos, P. (1980). The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. In G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers, (Ed.), *The brine shrimp Artemia* (pp. 25-46). Wetteren, Belgium. Universa Press.
32. Sorgeloos, P., Persoone, G., Baeza-Mesa, M., Bossuyt, E., Bruggeman, E. (1978). The use of *Artemia* cysts in aquaculture: the concept "hatching efficiency" description of a new method for cyst processing. *Society J. Y. Avault*, 807: 715-721.
33. Sorgeloos, P., Lavens, P., Leger, P., Tackaert, W., Versichele, D. (1986). Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. State University of Ghent.
34. Tackaert, W., Vanbaecke, P., Sorgeloos, P. (1987). Preliminary data on the heritability of some quantitative characteristics. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp.241-248). Wetteren, Belgium. Universa press.
35. Torrentera-Blanco, L. (1993). *Ecology and evolution of Yucatan peninsula Artemia.* (Doctor Thesis). University of Wisconsin.
36. Triantaphyllidis, G. V., Abatzopoulos, T. J., Sorgeloos, P. (1998). Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of Biogeography*, 25: 213-226.
37. Van Ballaer, E., Versichele, D., Vanhaecke, P., Leger, P., Ben Abdel, K., Turkls, N., Sorgeloos, P. (1987). Characterization of *Artemia* from different localities in Tunisia with regard to their use in local aquaculture. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers. (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp 199-209). Wetteren, Belgium. Universa press.
38. Vanhaecke, P., Sorgeloos, P. (1980). International study on *Artemia* IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers (Ed.), *The brine shrimp Artemia* (pp 393-405). Wetteren, Belgium. Universa press.
39. Vanhaecke, P., Sorgeloos, P. (1982). International study on *Artemia* XVIII. The hatching rate of *Artemia* cysts. A comparative study. *Aquacultural Engineering*, 1: 263-273.
40. Vanhaecke, P., Tackaert, W., Sorgeloos, P. (1987). The biogeography of *Artemia*. An updated review. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Declair, E. Jaspers (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp 129-155). Wetteren, Belgium. Universa press.
41. Vanhaecke, P., Sorgeloos, P. (1989). International study on *Artemia* XVII. The effect of temperature on cyst hatching, larval survival and biomass production for different geographical strains of brine shrimp *Artemia* spp. *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique*, 119: 7-23.

42. Vanhaecke, P., Siddal, S. E., Sorgeloos, P. (1984). International study on *Artemia* XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 80: 259-275.
43. Van Stappen, G., Lavens, P., Sorgeloos, P. (1998). Effect of hydrogen peroxide treatment in *Artemia* cysts of different geographical origin. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.*, 52, 281-296.
44. Van Stappen, G. (2002). Zoogeography. In: Th. J. Abatzopoulos, J. A. Beardmore, J. S. Clegg, P. Sorgeloos (Ed.), *Biology of Aquatic Organisms. Artemia: basic and applied biology* (pp 171-224). Dordrecht, Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
45. Varo, I. (1988). *Caracterización de dos poblaciones de Artemia partenogénica procedentes del archipiélago canario. Estudio comparativo*. (Tesis de licenciatura). Universidad de la Laguna España.
46. Vieira, M. N., Amat, F. (1985). *Artemia* sp. from Aveiro: its characterization. *Publicações do Instituto de Zoologia "Dr. Augusto Nobre"*, 191: 1-9. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto.
47. Vilela, M. H., Castelo, M. A. (1987). Contribution to the characterization of the Portuguese *Artemia* strains. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decler, E. Jaspers (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp 211-217). Wetteren, Belgium. Universa press.
48. Vos, J., Leger, P., Vanhaecke, P., Sorgeloos, P. (1984). Quality evaluation of brine shrimp *Artemia* cysts produced in Asian saltponds. *Hydrobiologia*, 108: 17-23.
49. Vu Do, Quynh, Nguyen, Ngoc lam. (1987). Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in central Vietnam: An ecological approach and comparison of three geographical strains. In: P. Sorgeloos, D. A. Bengtson, W. Decler, E. Jaspers (Ed.), *Artemia research and its applications* (pp 380). Wetteren, Belgium. Universa press.
50. Zunaga, O., Wilson, R., Amat, F., Hontoria, F. (1999). Distribution and characterization of Chilean populations of the brine shrimp *Artemia* (Crustacean, Branchiopoda, Anostraca). *Int. J. Salt Lake Res.*, 8: 23-40.