

Morfología y biometría de cinco poblaciones de *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae)

Francisco Correa Sandoval y Luis Fernando Bückle Ramírez

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), Departamento de Acuicultura, Av. Espinoza 843, Apdo. Postal 2732, Ensenada, Baja California, México.

(Rec. 30-IX-1991. Acep. 4-IX-1992)

Abstract: The morphometric characteristics of two *Artemia* populations from Baja California, Mexico, were compared to those of three *A. franciscana* populations from the *Artemia* Reference Center, Belgium, (San Francisco Bay, U.S.A.), San Francisco Bay Brand, U.S.A., and Yavaros, México. The general morphology was similar but we found significant differences in all biometric features analyzed; although, the Baja Californian populations belong to the same species. These populations have acquired some features of their own, which probably are environment-dependent and genetically fixed. This might be sufficient to define them as microgeographic varieties of *A. franciscana*.

Key words: *Artemia franciscana*, morphology, biometry, characterization of populations, varieties, microgeographic races.

Artemia fue descrita en el siglo XVIII y ha sido extensamente estudiada desde el siglo XIX (Sorgeloos 1980). Cuando las condiciones ambientales son adversas, su principal propiedad es la de producir formas de resistencia llamadas quistes. Después de un período de incubación aproximado de 24 a 48 horas en concentraciones óptimas de oxígeno y salinidad, emergen larvas nauplius que pueden administrarse directamente como alimento vivo a una gran variedad de organismos acuáticos.

Este crustáceo cosmopolita no tiene una distribución continua; las poblaciones se encuentran localizadas en biotopos aislados de climas templados y tropicales (Stella 1933). En consecuencia, las características ecológicas, físicas y químicas del hábitat pueden diferir ampliamente (Cole y Brown 1967, Persoone y Sorgeloos 1980).

El número de poblaciones diferentes de *Artemia* descritas hasta ahora excede 150 (Persone y Sorgeloos 1980). El estudio genético de 27 formas reveló la existencia de por lo menos seis especies (Bowen *et al.* 1980).

Varios autores (Gilchrist 1960, Baid 1963, Vanhaecke y Sorgeloos 1980, Lenz y Dana

1987) han demostrado que el aislamiento geográfico y las condiciones del hábitat han inducido diversos fenotipos de *Artemia* con diferentes características biológicas, químicas y fisiológicas, y que la biometría de los organismos es influida por la salinidad del medio (Erhardt *et al.* 1971, Amat 1980a, 1980b, 1982a, 1982b, Castritsi *et al.* 1987, Lysenko 1987, Yaneng 1987, Castro 1989).

El análisis de las características biológicas específicas de cada población permite evaluar, desde el punto de vista evolutivo, la gama de respuestas de la especie y de las poblaciones a un ambiente particular y sus consecuencias, por ejemplo, la diferenciación morfométrica y el aislamiento reproductivo. Por otro lado, es importante considerar las características biológicas de las poblaciones porque pueden ser de utilidad para la acuicultura (*e.g.* tamaño de los quistes, composición bioquímica y valor nutricional). En tal contexto, se planteó caracterizar, comparar y diferenciar algunas poblaciones de *Artemia*, dos de las cuales son de Baja California, empleando el análisis morfológico y biométrico de los adultos y el tamaño de los quistes.

MATERIAL Y METODOS

Las poblaciones proceden de las localidades indicadas en el Cuadro 1. Los quistes de las poblaciones mexicanas se recolectaron de los márgenes secos y húmedos de las lagunas y fueron colocados en baldes de plástico de 18 L con agua de mar. El agua se agitó vigorosamente para separar los quistes embebidos en la tierra y se dejó reposar para que se sedimentara el lodo. El sobrenadante fue transvasado a cribas desde 1 cm hasta 150 mm, para obtener los quistes libres de sedimentos, restos de insectos y material vegetal. Este procedimiento se repitió varias veces. Los quistes fueron lavados con agua destilada y secados en una estufa a 38 ± 2 °C y se preservaron en cilindros de plástico negro con tapa hermética.

El método de descapsulación empleado fue el del Hipoclorito de Sodio (Anónimo 1988). Después de uno a dos días, los nauplius que emergieron de los quistes fueron extraídos con un sifón y se bañaron en una solución de mercurio (25 ml en 50 ml de agua de mar tratada con luz ultravioleta) por cinco minutos con el fin de desinfectarlos; después se colocaron en acuarios de 15 L con aeración.

Los organismos se cultivaron hasta alcanzar el estado adulto. Las condiciones de cultivo fueron: salinidades de 32 - 35 ‰, temperatura de 20 ± 1 °C, pH de 7 a 8, concentración de oxígeno de 7 ppm. La densidad de las artemias fue de 1 org/mL. La cantidad de alimento diario que se proporcionó se indica en el Cuadro 2.

CUADRO 1

*Poblaciones de Artemia franciscana analizadas en este estudio y algunos parámetros físicos y químicos de las lagunas. SJ-A= San José, B.C. Laguna "A". SJ-C= San José, B.C. Laguna "C". YAV= Yavaros, *= Febrero y Mayo de 1989, **= Septiembre de 1989. No hay datos para CRA y SFBB*

Poblaciones	SJ-A*	SJ-C*	YAV**
Dimensiones (m) (largo x ancho)	1300x60	9x5	--
Salinidad (‰)	117-144	111-365	187
Temperatura (°C)	23-26	14-38	--
Oxígeno disuelto (ppm)	1-9	0.3-2.1	--
pH	7-8	6.8-7.4	--

Alcanzado el estado adulto, se tomó una muestra al azar (82 organismos) de cada población y se preservó con una solución fijadora compuesta de 25 ml de formol con el pH ajustado a 8 con glicerofosfato de sodio, 5 ml de propilfenoxitol, 50 ml de propilenglicol, todo aforado a 500 ml con agua destilada.

Las mediciones se realizaron en un microscopio estereoscópico, con reglilla ocular. Además se midió el diámetro de 200 quistes hidratados y tratados con el método del hipoclorito. Los datos fueron homoscedásticos y con distribución normal, por lo cual, se contrastaron con la técnica de análisis de varianza de una vía paramétrica y con la prueba a posteriori de comparación múltiple de rangos. El nivel de aceptación o rechazo de hipótesis fue $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

La morfología general es similar en todas las poblaciones, en cuanto a sus caracteres principales como ovisaco, pene, segundo par de antenas de los machos (claspers), forma de la cabeza y botón frontal. Tampoco se encontraron diferencias al comparar la morfología descrita en

CUADRO 2

Raciones de la microalga Chaetoceros sp. administradas a las cepas de Artemia franciscana según su edad (modificado de Tackaert et al. 1987)

Edad de la Artemia (días)	Ración diaria (10 ³ por organismo)
1	150
2	300
5, 6	450
7	600
8	750
9	1120
10, 11	1140
12, 13	1800
14, 15	2160
16, 17	2520
días subsecuentes	2750

CUADRO 3

Caracteres anatómicos de las especies de *Artemia*. ^aAmat (1980a, 1980b),
^bAbreu-Grobois (1987), ^cCastro (1989), ^dEste estudio

Especie	Distribución Geográfica	Furca	Forma del botón de los claspers	Espina del pene	Forma del ovisaco
<i>franciscana</i> ^{a,b,c,d}	Continente americano; Caribe	bilobulada; muchas espinas; contricción basal	subesférico	presente	puntiagudo lateralmente
<i>monica</i> ^b	Lago Mono, California (E.U.)	como <i>franciscana</i>	como <i>franciscana</i>	como <i>franciscana</i>	como <i>franciscana</i>
<i>persimilis</i> ^b	Argentina	lóbulos rudimentarios; pocas espinas	subesférico	presente	puntiagudo lateralmente; con espinas
<i>tunisiana</i> ^{a,b} (<i>salina</i>)	Europa; Norte de Africa	bilobulada; muchas espinas; sin constricción basal	subcónico	ausente	extremos laterales redondeados
<i>urmiana</i> ^b	Lago Urmia (Irán)	lóbulos rudimentarios; pocas espinas	subesférico	presente	extremos laterales elipsoidales

Amat (1980a, 1980b), Abreu-Grobois (1987) y Castro (1989), con los obtenidos en este estudio (Cuadro 3). Por lo tanto puede suponerse que se trata de la misma especie compuesta de variedades o razas microgeográficas. Sin embargo, hay que tener en consideración lo señalado por Bowen *et al.* (1980) sobre la existencia de especies gemelas cuya identificación es difícil sin utilizar otros métodos de estudio.

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en todas las características biométricas. Las diferencias registradas se pueden deber a diferencias morfométricas de las poblaciones originarias o a diferentes grados de respuestas al estrés provocado por las condiciones experimentales a que fueron expuestas las poblaciones.

Sí aún en condiciones estándar surgen diferencias sustanciales en la comparación biométrica interpoblacional, esto se debe a la evolución de las características específicas de desarrollo que marcan los hábitats al fijar rasgos biométricos distintivos a cada población. La presencia de diferencias biométricas tan notorias en condiciones ambientales estándar hace pensar que éstas estén fijadas, quizás inclusive a nivel genético (Correa 1991). Un ejemplo

ilustrativo es la comparación de las poblaciones de SJ-A y SJ-C que, separadas sólo por 1.5 Km, tienen diferencias en casi todos los caracteres estudiados. Esta disparidad podría deberse al tiempo de residencia y de adaptación de las poblaciones a las condiciones de las lagunas que habitan: la laguna A tiene condiciones más estables de temperatura, salinidad, permanencia y tamaño en comparación con la laguna C que tiene fluctuaciones más drásticas por su reducida dimensión (Cuadro 1).

Los datos biométricos promedio (Cuadro 4) indican que los organismos más grandes son del CRA(SFB) y los más pequeños de SJ-A y SJ-C. En la longitud total, las dos últimas poblaciones son las de menor tamaño (6340 y 6478 μm , respectivamente) y son grupos homogéneos. Le siguen en tamaño la de Yav (6759 μm) y la del CRA(SFB) es la que desplegó la longitud mayor (7422 μm). Este mismo patrón se observa en la longitud abdominal; en ella, según Amat (1980a), existe una relación directa con la longitud total. En la longitud de la furca y ancho máximo del abdomen, la población de SJ-C es la que tuvo el tamaño menor; las poblaciones de SJ-A y Yav son grupos homogéneos y la del CRA(SFB) es la que tiene las mayores

CUADRO 4

Análisis múltiple de rangos ($P < 0.05$) de los valores absolutos biométricos promedio de Artemia franciscana expresados en micras ($n = 82$; promedio/error estándar)

Longitud total (grupos homogéneos)	SJ-A 6340.83 (57.26) *	SJ-C 6478.99 (58.05) *	YAV 6759.60 (82.02) *	CRA (SFB) 7422.66 (72.93) *
Longitud del abdomen (grupos homogéneos)	SJ-A 2764.55 (27.43) *	SJ-C 2769.81 (26.61) *	YAV 3072.89 (39.29) *	CRA(SFB) 3326.74 (33.02) *
Longitud de la furca (grupos homogéneos)	SJ-C 210.81 (5.20) *	SJ-A 224.20 (3.41) *	YAV 229.46 (4.91) *	CRA(SFB) 290.65 (4.99) *
Máximo ancho del abdomen (grupos homogéneos)	SJ-C 616.68 (14.47) *	YAV 653.49 (9.40) *	SJ-A 671.65 (7.68) *	CRA(SFB) 745.75 (7.81) *
Ancho del ojo compuesto (grupos homogéneos)	SJ-C 217.51 (4.03) *	SJ-A 309.77 (1.29) *	YAV 314.07 (2.09) *	CRA(SFB) 315.03 (2.39) *
Máxima ancho del ovisaco (grupos homogéneos)	SJ-C 1205.61 (9.82) *	SJ-A 1280.53 (13.23) *	YAV 1675.43 (21.19) *	CRA(SFB) 1768.66 (23.22) *
Número de espinas en lóbulo furcal (grupos homogéneos)	YAV 10.09 (0.09) *	CRA(SFB) 10.20 (0.13) *	SJ-C 10.24 (0.11) *	SJ-A 11.51 (0.09) *

dimensiones. Se observa una homogeneidad en el ancho del ojo compuesto, excepto para SJ-C. En relación con el ancho máximo del ovisaco, las poblaciones son distintas entre sí. Esto se puede deber a los diferentes estadios de desove y quizás al número de huevos contenidos en el ovisaco, aunque éste no se analizó en este estudio. En relación al número de espinas en el lóbulo furcal, no se identificaron grandes diferencias

y la única población que no está agrupada es la de SJ-A.

En la comparación de las razones entre la longitud total y el resto de los caracteres biométricos, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre todas las poblaciones con la excepción de la razón AOV/IT, para la cual algunas poblaciones son homogéneas (Cuadro 5). Por lo tanto, aún en la comparación de las

CUADRO 5

Análisis múltiple de rangos ($P < 0.05$) de los razones biométricas de *Artemia franciscana* ($n = 82$; promedio/error estándar).
 LT = longitud total; LA = longitud abdominal; AOVl = ancho del ovisaco; AABD = ancho del abdomen; LFUR = longitud de la furca; AOJO = ancho del ojo compuesto; NESP = número de espinas furcales

LA/LT	SJ-C 0.42739 (0.0009)	SJ-A 0.43582 (0.0007)	CRA(SFB) 0.44828 (0.0011)	YAV 0.45442 (0.0009)
(grupos homogéneos)	*	*	*	*
AOVI/LT	SJ-A 0.06224 (0.0098)	YAV 0.07412 (0.0117)	SJ-C 0.09872 (0.0099)	CRA(SFB) 0.11724 (0.0128)
(grupos homogéneos)	*-----*			
AABD/LT	SJ-C 0.9460 (0.0017)	YAV 0.9690 (0.0010)	CRA(SFB) 0.1005 (0.0005)	SJA-A 0.1059 (0.0007)
(grupos homogéneos)	*-----*			
LFUR/LT	SJ-C 0.0322 (5E-004)	YAV 0.0337 (4E-004)	SJ-A 0.0352 (3E-004)	CRA(SFB) 0.0393 (7E-004)
(grupos homogéneos)	*	*	*	*
AOJO/LT	SJ-C 0.0336 (5E-004)	CRA(SFB) 0.0428 (5E-004)	YAV 0.0468 (5E-004)	SJ-A 0.0490 (3E-004)
(grupos homogéneos)	*	*	*	*
NESP/LT	CRA(SFB) 0.00138 (2E-005)	YAV 0.00151 (2E-005)	SJ-C 0.00158 (2E-005)	SJ-A 0.00182 (2E-005)
(grupos homogéneos)	*	*	*	*

proporciones morfométricas, se mantienen las diferencias interpoblacionales.

En los valores promedio de los diámetros de los quistes hidratados (Cuadro 6), las poblaciones quedan agrupadas, excepto SJ-A que es de menor tamaño. En los hidratados y tratados es interesante resaltar que SJ-A y SJ-C tienen tamaños diferentes, aún siendo poblaciones geográficas contiguas. En comparación con otras poblaciones de *Artemia* de México (Fig. 1), el diámetro de los quistes hidratados de la cepa de

Las Salinas Hidalgo (LSH) de San Luis Potosí (Castro 1989) es muy superior a las poblaciones de SJ-A, de SJ-C y de Yav. Los datos de SFB de Vanhaecke y Sorgeloos (1980) dan valores similares a los encontrados en este estudio.

El diámetro de los quistes tratados tienen una tendencia similar a los hidratados en la cual las cepas mexicanas tienen los valores más bajos (Fig. 2); esta diferencia radica en el grosor del corión.

CUADRO 6

Análisis múltiple de rangos ($P < 0.05$) de los diámetros promedio y grosor del corión de los quistes de *Artemia franciscana* expresados en micras ($n=200$; promediol error estándar)

	SJ-A	SJ-C	CRA(SFB)	YAV	SFBB/3044
Hidratados (grupos homogéneos)	222.64 (0.076) *	227.04 (0.68)	227.53 (1.20)	228.41 (0.93)	229.68 (0.96)
Tratados (grupos homogéneos)	SJ-A 207.86 (0.57) *	CRA(SFB) 210.61 (0.88)	SFBB/3044 215.50 (0.85) *	SJ-C 215.86 (0.48)	YAV 217.19 (0.77)
Grosor del corión (grupos homogéneos)	SJ-C 5.59 (0.21) *	YAV 5.61 (0.29)	SFBB/3044 7.09 (0.33)	SJ-A 7.39 (0.24)	CRA(SFB) 8.46 (0.37) *

El grosor del corión (Cuadro 6, Fig.3) de SJ-C es menor respecto a SJ-A. Esto podría ser una de las estrategias adaptativas causadas por las condiciones ecológicas diferentes que habitan; un quiste más grande que posee reservas de vitelo mayores le confiere al nauplio ventajas energéticas particulares para romper el corión del quiste y en el caso de que el alimento del medio no sea suficiente. Al contrario de lo expuesto por Amat (1982b) quien establece que el incremento del espesor del corión es necesario para compensar la acción de salinidades muy elevadas y radiaciones muy intensas, los quistes de SJ-C tienen un corión de menor espesor y la salinidad donde se recolectaron osciló entre 111 a 365 ‰ en comparación con 117 a 144 ‰ de SJ-A. El espesor del corión de Las Salinas (LSH) (Fig. 3) es también alto en relación a SJ-A, SJ-C y de Yav. Vanhaecke y Sorgeloos (1980) dan valores para SFB de 7.05 a 8.30 μm y en este estudio son de 7.09 para SFBB(3044) y de 8.46 para CRA(SFB).

En general, las dimensiones de los quistes están dentro de los ámbitos ya publicados para las cepas de *A. franciscana*. La excepción es GSL, la cual guarda características propias aunque pertenece a la misma especie.

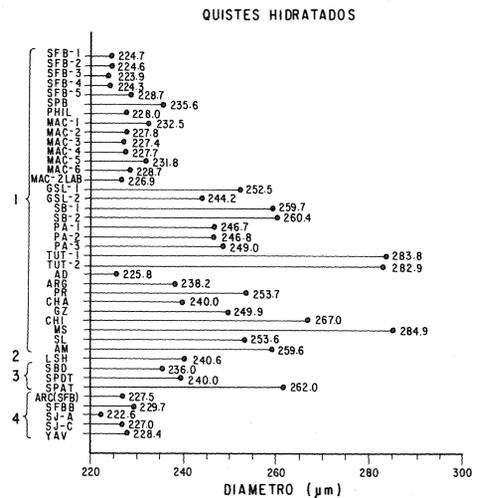


Fig. 1. Comparación del diámetro de los quistes hidratados. Fuente: 1= Vanhaecke y Sorgeloos, 1980; 2 = Castro, 1989; 3 = Amat, 180a; 4 = este estudio.

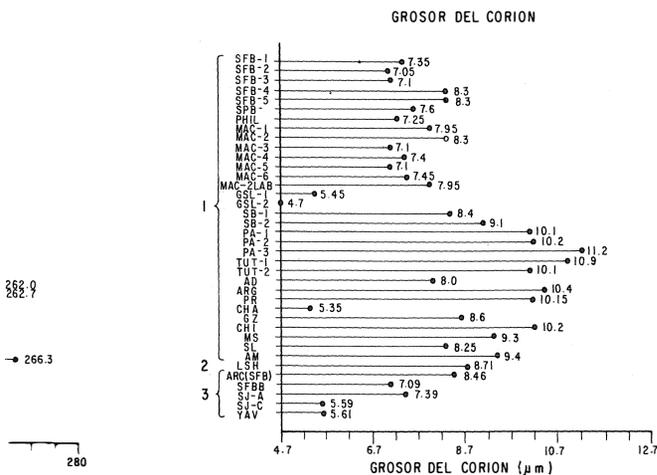


Fig. 3. Comparación del grosor del corion. Fuente: 1 = Vanhaecke y , 1980; 2 = Castro, 1989; 3 = este estudio.

es tratados.
ite estudio.

REFERENCIAS

tolina y
A José
listes de
rtemia
propor-
investiga-
acionay
036 el
lucación
01).

Abreu-Grobois, F.A. 1987. A review of the genetics of *Artemia*, p. 61-99. In P. Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decler & E. Jaspers (eds.). *Artemia Research and its Applications*. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

Amat, F. 1980a. Differentiation in *Artemia* strains from Spain, p. 19-39. In G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds.). *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

Amat, F. 1980b. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo, branquiópodo) de España. II. Incidencia de la salinidad ambiental sobre la morfología y el desarrollo. *Inv. Pesq.* 44:485-503.

Amat, F. 1982a. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* en España. III. Oviparismo y ovoviviparismo. Estudio cualitativo y cuantitativo. *Inv. Pesq.* 46:3-13.

Amat, F. 1982b. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* de España. IV. Biometría de quistes y nauplius. *Inv. Pesq.* 46:55-62.

Anónimo. 1988. Tips on cyst decapsulation. San Francisco Bay Brand, Inc. 2 p.

Baid, I. 1963. The effect of salinity on growth and form of *Artemia salina* L. J. *Exp. Zool.* 153: 279-284.

Bowen, S., M. Davis, S. Fenster & G. Lindwall. 1980. Sibling species of *Artemia*, p. 155-167. In G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds.). *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

de dos
ifornia,
as tres
nientes
Bélgica
ncisco
co. La
se en-
todos
mbar-
perte-
as en-
lético,
s am-
ermi-
gráfi-

- Castritsi, C., M. Christodouloupoulou, A. Aivatzidou & B. Kiortsis. 1987. Biometrics of *Artemia* from Milos (Greece), p. 219-220. In P. Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decleir & E. Jaspers (eds.). *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Castro, J. 1989. Características biométricas generales, modo de reproducción de *Artemia* sp. en Las Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. Rev. Lat. Acui. (Lima, Perú). 39: 19-35.
- Cole, G. & R. Brown. 1967. Chemistry of *Artemia* habitats. Ecology 48: 858-861.
- Correa, S. F. 1991. Caracterización biológica y bioquímica de algunas poblaciones de *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. Tesis de Doctor en Ciencias. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, México. 150 p.
- Erhardt, J., R. Monocoulon & P. Niauxsat. 1971. Comportement in vitro de la chlorophycée *Dunaliella salina* dans les milieux a salinité différente. Determination d'un optimum de salinité. Vie-Mili. Suppl. 22:203-217.
- Gilchrist, B. 1960. Growth and form of brine shrimp, *Artemia salina* (L.). Proc. Zool. Soc. Lond. 134:221-235.
- Lenz, P. & G. Dana. 1987. Life-cycle studies in *Artemia*: a comparison between a subtropical and temperate population, p. 89-100. In P. Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decleir & E. Jaspers. (eds.). *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Lysenko, N. 1987. Preliminary characterization of four populations of *Artemia* from the Dominican Republic, p. 221-226. In P. Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decleir & Jaspers M. (eds.). *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Mayr, E. 1970. Populations, Species and Evolution. Harvard University Press, Cambridge. 453p.
- Persoone, G. & P. Sorgeloos. 1980. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*, p. 3-24. In G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Sorgeloos, P. 1980. Life history of the brine shrimp . p. xix-xxiii. In G.. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 1, 2 & 3. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Stella, E. 1933. Phenotypical characteristics and geographical distribution of several biotypes of *Artemia salina* L. Z. ind. Abst. Vererbungslehre 65: 412-446.
- Tackaert, W., P. Vanhaecke & P. Sorgeloos. 1987. Preliminary data on the heritability of some quantitative characteristics in *Artemia*, p. 241-248. In P. Sorgeloos, D. A. Bengston, W. Decleir & E. Jaspers (eds.). *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Vanhaecke, P. & P. Sorgeloos. 1980. International Study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different origins, p. 393-405. In G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels & E. Jaspers (eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Bélgica.