

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS Y CALIDAD DE LOS QUISTES DE *Artemia* sp. (CRUSTACEA: ANOSTRACA), HABITANTE DE AGUAS SULFATADAS DE COAHUILA, MÉXICO

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND QUALITY OF *Artemia* sp. CYSTS (CRUSTACEA: ANOSTRACA), LIVING IN SULPHATED WATERS IN COAHUILA, MEXICO

T. Castro
G. Castro
J. Castro
A. Malpica
R. De Lara

Laboratorio de *Artemia*, Departamento El Hombre y su Ambiente
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
Calzada del Hueso 1100
Col. Villa Quietud
04960 México, DF

Recibido en abril de 1997; aceptado en agosto de 1997

RESUMEN

En el presente trabajo se da a conocer una nueva población de *Artemia* en la República Mexicana, localizada en un ecosistema de aguas atalasoalinas, ricas en iones de sulfato, magnesio y sodio. La zona de Cuatro Ciénegas en el estado de Coahuila ha sido estudiada ampliamente; sin embargo, son escasos los trabajos sobre las poblaciones de *Artemia* de la zona. La recolección de los quistes de *Artemia* se realizó en los estanques rústicos de la salina Casa Blanca. Los estudios de biometría de los quistes, nauplios y adultos y la calidad de eclosión de los quistes se llevaron a cabo en condiciones de laboratorio. Los resultados obtenidos se compararon con los datos de otras poblaciones de aguas interiores y con la población de la Bahía de San Francisco, California, EUA, que fue considerada como referencia de la especie *Artemia franciscana*. Los quistes de Cuatro Ciénegas son los más pequeños de las variedades de *Artemia* de aguas interiores en México hasta ahora descritos. Las medidas de los quistes hidratados ($230.8 \pm 20.54 \mu\text{m}$) y descapsulados ($221.0 \pm 33.56 \mu\text{m}$) y de los nauplios ($479.71 \pm 54.54 \mu\text{m}$) muestran que pertenecen al intervalo establecido para la especie *A. franciscana* ($237 \pm 14.60 \mu\text{m}$, $212.1 \pm 11.30 \mu\text{m}$ y $431 \pm 23.7 \mu\text{m}$, respectivamente). La talla que alcanza el adulto de la población de Coahuila es pequeña; las hembras son más grandes que los machos ($6.94 \pm 1.19 \text{ mm}$ y $6.35 \pm 0.47 \text{ mm}$) y, aunque esta talla se sale de la establecida para la especie *A. franciscana* ($10.25 \pm 0.89 \text{ mm}$ y $7.08 \pm 0.37 \text{ mm}$), hay que considerar que el medio ambiente influye en el tamaño de los adultos. La información biológica que aquí se presenta sirve para aprovechar este recurso en la alimentación de especies acuáticas cultivadas.

Palabras clave: *Artemia*, quistes, morfometría, aguas sulfatadas, Coahuila, México.

ABSTRACT

The present work deals with a new population of *Artemia* in the Mexican Republic, located in an ecosystem of athalassohaline waters, rich in sulphate, magnesium and sodium ions. The zone of Cuatro Ciénegas in the state of Coahuila has been widely studied; however, studies on the populations

of *Artemia* in this zone are scarce. *Artemia* cysts were collected from the rustic reservoirs of the Casa Blanca saltworks. The studies of the biometry of cysts, nauplii and adults and the hatch quality of the cysts were carried out under laboratory conditions. The results obtained were compared with data of other populations of interior waters and with the population of San Francisco Bay, California, USA, that has been used as reference of the *Artemia franciscana* species. The cysts of Cuatro Ciénegas are the smallest of the varieties of *Artemia* of interior waters in Mexico described to date. The measurements of the hydrated cysts ($230.8 \pm 20.54 \mu\text{m}$), the decapsulated cysts ($221.0 \pm 33.56 \mu\text{m}$) and the nauplii ($479.71 \pm 54.54 \mu\text{m}$) show that they belong in the range established for the *A. franciscana* species ($237 \pm 14.60 \mu\text{m}$; $212.1 \pm 11.30 \mu\text{m}$ and $431 \pm 23.7 \mu\text{m}$, respectively). The size of the adults of the Coahuila population is small; the females are larger than the males ($6.94 \pm 1.19 \text{ mm}$ and $6.35 \pm 0.47 \text{ mm}$) and, though these sizes are bigger than the ones established for the *A. franciscana* species ($10.25 \pm 0.89 \text{ mm}$ and $7.08 \pm 0.37 \text{ mm}$), one must consider that the environment influences the size of the adults. The biological information presented here may be of help in the use of this resource in the nourishment of cultivated aquatic species.

Key words: *Artemia*, cysts, morphometry, sulphated waters, Coahuila, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran cantidad de cuerpos de agua epicontinentales salinos distribuidos en todo el mundo, cuya composición química de sus aguas es muy variada y de origen diverso (Amat *et al.*, 1991); esto ha permitido que limnólogos como Bayly y Cole (citados en Alcocer y Escobar, 1993) y Hammer (citado por Amat *et al.*, 1991) clasifiquen a estas aguas en talasohalinas y atalashalinas, dependiendo de su afinidad marina u otra composición iónica del agua.

En estos ecosistemas proliferan organismos halófitos, como la microalga *Dunaliella* y el crustáceo *Artemia* (Amat *et al.*, 1991), los cuales tienen una amplia tolerancia tanto a las concentraciones salinas como a diferentes composiciones iónicas.

El mayor número de poblaciones de *Artemia* registradas en el mundo se encuentra en aguas en cuya composición química domina el cloruro de sodio; el menor número de poblaciones se localiza en aguas con otra composición química (Sorgeloos *et al.*, 1986).

Dentro de la bibliografía sobre la distribución de *Artemia* en aguas sulfatadas, se encuentran reportadas diversas poblaciones en el mundo; así, Persoone y Sorgeloos (1980) y Amat *et al.* (1991) informan sobre el Lago Hot (EUA), Lago Tsokar (Tibet), Little Manitou y Lago Chaplin (Canadá).

En el Laboratorio de *Artemia* de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, se han realizado análisis de la

INTRODUCTION

There are many saline epicontinental water bodies around the world, and the chemical composition of their waters is very diverse and of different origin (Amat *et al.*, 1991); this has allowed limnologists such as Bayly and Cole (cited in Alcocer and Escobar, 1993) and Hammer (cited by Amat *et al.*, 1991) to classify these waters as thalassohaline and athalassohaline, depending on their marine affinity or other ionic composition of the water.

Halophyte organisms proliferate in these ecosystems, such as the microalga *Dunaliella* and the crustacean *Artemia* (Amat *et al.*, 1991), which have a high tolerance to saline concentrations and to different ionic compositions.

Most populations of *Artemia* registered in the world are found in waters whose chemical composition is dominated by sodium chloride; fewer populations are located in waters with other chemical composition (Sorgeloos *et al.*, 1986).

The bibliography on the distribution of *Artemia* in sulphated waters shows that several populations have been found in the world; Persoone and Sorgeloos (1980) and Amat *et al.* (1991) inform on Hot Lake (USA), Tsokar Lake (Tibet), Little Manitou and Chaplin Lake (Canada).

In the *Artemia* Laboratory of the Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, analyses have been done on the chemical composition of the water at the Casa Blanca

composición química del agua de la salina Casa Blanca de Cuatro Ciénegas, Coahuila (México), donde se observa que los sulfatos predominan (61,440 mg/L) sobre las otras sales. Esta información está por ser publicada.

Por ser éste un trabajo hecho con una población encontrada en aguas interiores, es importante resaltar las poblaciones mexicanas de *Artemia* que habitan cuerpos de aguas interiores y que han sido registradas en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí (Castro *et al.*, 1989), y el ex Lago de Texcoco, Estado de México (Castro, 1993); sin embargo, ambas poblaciones viven en aguas con predominio de cloruro de sodio.

La presencia del anostraco *Artemia* en Cuatro Ciénegas, Coahuila, fue registrado por Belt (Cole, 1984) y por Franco (1989). En esta región se han realizado estudios biológicos de otras especies terrestres y acuáticas, así como estudios limnológicos y ecológicos, destacando los que se describen en la publicación especial de la Academia de Ciencias de la Universidad de Arizona (Johnson, 1984), además de los trabajos de Alcocer y Kato (1995) y de Minckley y Cole (1968).

El propósito de este trabajo es dar a conocer las características morfométricas y la calidad de los quistes de una nueva población de *Artemia* en la República Mexicana, así como ofrecer datos biológicos que sirvan para el aprovechamiento de la *Artemia* en la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

El lugar de trabajo se llama salina Casa Blanca; se localiza en las coordenadas 26°59' de latitud Norte y 102°04' de longitud Oeste, al oriente de la Sierra Madre Oriental y al sur de la cabecera municipal de Cuatro Ciénegas (fig. 1).

Los quistes fueron recolectados en abril de 1994 en las orillas de los estanques rústicos de la salina. Para limpiar los quistes de basura, se utilizaron tamices con abertura de malla de 0.250, 0.177 y 0.140 mm; después, se colocaron en salmuera a 300 g/L de salinidad para ser transportados al laboratorio, en donde se eliminaron la arena y los quistes rotos. Luego se desinfectaron y se secaron siguiendo las técnicas descritas en Castro y De Lara (1991).

saltworks of Cuatro Ciénegas, Coahuila (Mexico), which show that the sulphates prevail (61,440 mg/L) over the other salts. This information will soon be published.

Since this work presents a population found in interior waters, it is important to mention that Mexican populations of *Artemia* that inhabit interior water bodies have been reported in Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí (Castro *et al.*, 1989) and in the former Texcoco Lake, Estado de Mexico (Castro, 1993); however, both populations live in waters with predominance of sodium chloride.

The presence of the Anostraca *Artemia* in Cuatro Ciénegas, Coahuila, was registered by Belt (Cole, 1984) and by Franco (1989). In this region, biological studies have been carried out with other aquatic and land species, as well as limnological and ecological studies, in particular those which are described in the special publication of the Arizona-Nevada Academy of Science of the University of Arizona (Johnson, 1984), and those of Alcocer and Kato (1995) and Minckley and Cole (1968).

The purpose of this work is to determine the morphometric characteristics and the quality of the cysts of a new population of *Artemia* in the Mexican Republic, as well as to offer biological data leading to the utilization of *Artemia* in the region.

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted at the Casa Blanca saltworks (26°59'N, 102°04'W), located to the east of the Sierra Madre Oriental and to the south of the municipality of Cuatro Ciénegas (fig. 1).

The cysts were collected in April 1994 from the borders of the rustic reservoirs of the saltworks. Sieves with a mesh opening of 0.250, 0.177 and 0.140 mm were used to clean the dirt from the cysts; they were then put in brine at 300 g/L of salinity for transportation to the laboratory, where the sand and the broken cysts were eliminated. The samples were disinfected and dried according to the techniques described in Castro and De Lara (1991).

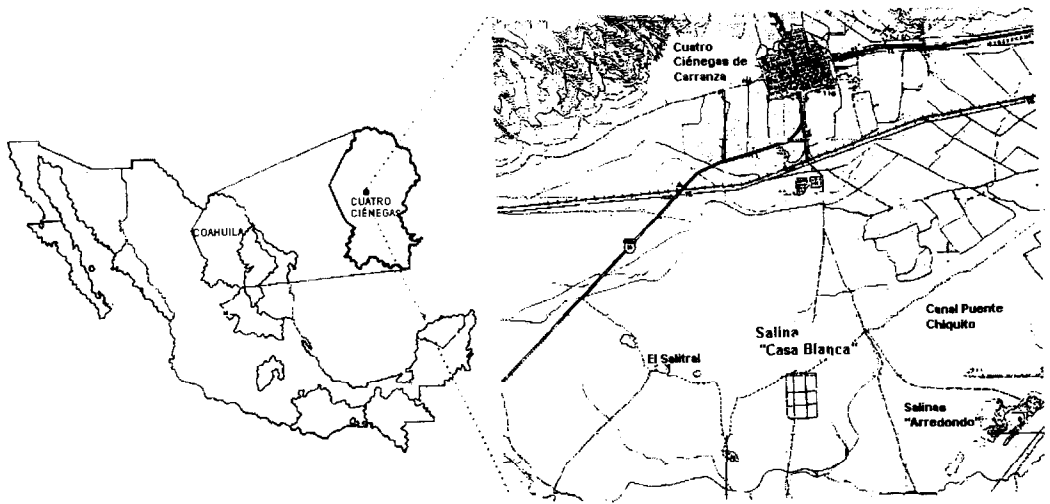


Figura 1. Localización geográfica de la salina Casa Blanca de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.
Figure 1. Location of the Casa Blanca saltworks of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico.

Biometría de los quistes y de los nauplios

Para determinar el diámetro del quiste hidratado y descapsulado, se colocaron 0.2 g de quistes en agua dulce durante 1 h con aeración constante; se midieron 500 quistes. Después, se descapsularon con una solución de hipoclorito de sodio (Sorgeloos *et al.*, 1986) y se registró el diámetro del embrión. El grosor del corion se determinó por la diferencia entre las mediciones del diámetro del quiste hidratado y el descapsulado.

Para la medición de la talla del nauplio, se pusieron a eclosionar 0.2 g de quistes en 800 mL de agua a 35 g/L de salinidad en un embudo de separación de 1,000 mL con luz y aeración continua durante 24 h. Los nauplios recién eclosionados (Instar I) se fijaron con lugol al 5% (Sorgeloos *et al.*, 1986) y se midieron 200 ejemplares.

Para todas las mediciones se utilizó un microscopio estereoscópico con objetivo de 40× y ocular de 4×, con una reglilla micrométrica (1 cm/100). Se utilizó la prueba *t* para determinar diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) entre las variables morfométricas de los quistes y nauplios (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1981).

Biometry of the cysts and nauplii

To determine the diameter of the hydrated and decapsulated cysts, 0.2 g of cysts were put in fresh water for 1 h with constant aeration; 500 cysts were measured. They were then decapsulated with a solution of sodium hypochlorite (Sorgeloos *et al.*, 1986) and the diameter of the embryo was recorded. The thickness of the chorion was determined from the difference between the diameter measurements of the hydrated and decapsulated cysts.

To measure the length of the nauplii, 0.2 g of cysts in 800 mL of water at 35 g/L of salinity were put to hatch in a 1,000-mL separation funnel with light and continuous aeration for 24 h. The recently hatched nauplii (Instar I) were fixed in lugol at 5% (Sorgeloos *et al.*, 1986) and 200 nauplii were measured.

A stereoscopic microscope with a 40× objective and 4× eyepiece, with a micrometric rule (1 cm/100) was used for all the measurements. A *t* test was used to determine significant differences ($\alpha < 0.05$) between the morphometric variables of the cysts and nauplii (Zar, 1974; Sokal and Rohlf, 1981).

Calidad de eclosión

A partir del mismo lote de quistes, se determinaron el porcentaje, la eficiencia y tasa de eclosión, siguiendo las técnicas descritas en Sorgeloos *et al.* (1986).

Biometría de adultos (hembras y machos)

Se pusieron a eclosionar 2 g de quistes. Los nauplios obtenidos se colocaron en un recipiente de plástico de 40 L de capacidad, con 25 L de agua a 35 g/L de salinidad. La temperatura se mantuvo a $26 \pm 2^\circ\text{C}$ y la aeración fue continua durante todo el experimento. *Artemia* se alimentó con *Spirulina* en polvo a una concentración de 0.1 mg/org.

A los 15 días los organismos iniciaron su diferenciación sexual (aparición de los apéndices prensiles en los machos y presencia del ovisaco en las hembras). Se separaron por sexo y se colocaron 20 machos y 20 hembras en frascos de 1 L, con 800 mL de agua; se mantuvieron por un periodo de dos semanas hasta llegar a su talla máxima. Después, todos los organismos se fijaron con lugol al 5% para realizar su biometría. La separación por sexos tuvo el propósito de que los organismos aprovecharan todo el alimento para su crecimiento y no gastaran energía en la fecundación.

Para las mediciones, se tomaron en cuenta las características propuestas por Amat (1980) y se utilizó el microscopio estereoscópico que se empleó para los quistes y nauplios. Para estimar la variabilidad de las muestras, se utilizó el intervalo de confianza con un 95% (Daniel, 1989).

Los datos morfométricos de cada sexo se analizaron estadísticamente como variables independientes. La comparación de los caracteres morfométricos por sexo se hizo por medio de la prueba del coeficiente de variación (Daniel, 1989). Los datos obtenidos de quistes, nauplios y adultos se compararon con los datos morfométricos existentes para *Artemia franciscana* de la Bahía de San Francisco (SFB), California, EUA, y con otras variedades de *Artemia* de aguas interiores.

Hatch quality

The same batch of cysts was used to determine the percentage, efficiency and hatch rate, following the techniques described in Sorgeloos *et al.* (1986).

Biometry of adults (females and males)

To determine the biometry of the adults, 2 g of cysts were put to hatch. The nauplii obtained were put in a 40-L plastic container, with 25 L of water at 35 g/L of salinity. Temperature was maintained at $26 \pm 2^\circ\text{C}$ and aeration was continuous during the experiment. The *Artemia* were fed powdered *Spirulina* at a concentration of 0.1 mg/org.

At 15 days of life, the organisms began their sexual differentiation (the appearance of prehensile appendices in the males and presence of the ovisac in the females). They were separated by sex and 20 males and 20 females were put in 1-L flasks, with 800 mL of water. They were kept for two weeks until reaching their maximum size. Later, all the organisms were fixed in lugol at 5% to carry out their biometry. The organisms were separated by sex so that they would take full advantage of the food for growth and not waste their energy on fecundation.

The characteristics proposed by Amat (1980) were taken into account for the measurements; the stereoscopic microscope employed for the cysts and nauplii was used. A 95% confidence limit was used to estimate the variability of the samples (Daniel, 1989).

The morphometric data of each sex were statistically analyzed as independent variables. The comparison of the morphometric characteristics by sex was made by means of the test of the coefficient of variation (Daniel, 1989). The data obtained for cysts, nauplii and adults were compared with the morphometric data for *Artemia franciscana* of San Francisco Bay (SFB), California, USA, and with other varieties of *Artemia* of interior waters.

RESULTADOS

Quistes y nauplios

En la tabla 1 se presentan los datos biométricos de los quistes y nauplios de *Artemia* de la población de Cuatro Ciénegas, Coahuila, y se comparan con los datos de otras poblaciones de *Artemia* de aguas interiores y con los de SFB.

En la tabla 2 se muestran los valores de los parámetros que se obtuvieron para conocer la calidad de eclosión de los quistes de la salina en estudio y su comparación con otras poblaciones de *Artemia* de aguas interiores y de SFB.

Morfometría de adultos

En la tabla 3 y fig. 2 se muestran los datos promedio de las tallas de hembras y machos de los adultos de *Artemia* de Coahuila y se observa un mayor tamaño en las hembras en casi todas las dimensiones; sin embargo, los machos tienen dimensiones mayores en la región cefálica.

Las tablas 4 y 5 muestran la comparación de los datos morfométricos de los adultos de *Artemia* de Coahuila con los adultos de San Luis Potosí y Texcoco, ambas de aguas interiores, y con la marina de SFB.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las medidas que se obtuvieron en los quistes de *Artemia* de Cuatro Ciénegas, tanto hidratados ($230.8 \pm 20.54 \mu\text{m}$) como descapsulados ($221.0 \pm 33.56 \mu\text{m}$), aunque tuvieron amplia desviación estándar, muestran que se mantienen en el intervalo conocido para la especie *A. franciscana* de SFB, que es $237.4 \pm 14.60 \mu\text{m}$ para los hidratados y $212.1 \pm 11.30 \mu\text{m}$ para los descapsulados (Cowgill *et al.*, 1987). El haber incluido datos de quistes de otras poblaciones permitió comparar los de Cuatro Ciénegas con otras poblaciones mexicanas de aguas interiores (Texcoco y Salinas de Hidalgo), y los quistes de Coahuila son los más pequeños de las variedades de *Artemia* en aguas interiores mexicanas, hasta ahora descritos.

RESULTS

Cysts and nauplii

The biometric data of the cysts and nauplii of the *Artemia* population at Cuatro Ciénegas, Coahuila, are presented in table 1 and are compared with data of other populations of *Artemia* of interior waters and with those of SFB.

The values of the parameters obtained to determine the hatch quality of the cysts of the saltworks in this study and its comparison with other populations of *Artemia* of interior waters and SFB are shown in table 2.

Morphometry of adults

The average data of the female and male sizes of the *Artemia* adults of Coahuila are shown in table 3 and fig. 2; it can be observed that in almost all their dimensions, the females are larger, even though the males have bigger dimensions in the cephalic region.

Tables 4 and 5 show the comparison of the morphometric data of *Artemia* adults from Coahuila with adults from San Luis Potosí and Texcoco, both of interior waters, and with the marine SFB.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Even though the measurements of the hydrated ($230.8 \pm 20.54 \mu\text{m}$) and decapsulated cysts ($221.0 \pm 33.56 \mu\text{m}$) showed a wide standard deviation, they are still within the range established for the *A. franciscana* species of SFB, which is $237.4 \pm 14.60 \mu\text{m}$ for hydrated and $212.1 \pm 11.30 \mu\text{m}$ for decapsulated cysts (Cowgill *et al.*, 1987). The cyst data of the Cuatro Ciénegas population were compared with those of other Mexican interior water populations (Texcoco and Salinas de Hidalgo); the cysts of Coahuila are the smallest of the *Artemia* varieties of Mexican interior waters described to date.

These three varieties can be placed in the interval of 210 to 250 μm . Upon comparing them with the population of Great Salt Lake ($252.5 \pm 13.00 \mu\text{m}$ for hydrated cysts and

Tabla 1. Comparación biométrica de quistes y de nauplios de *Artemia* sp. de la población de Cuatro Ciénegas, Coahuila, con poblaciones de aguas interiores y de la Bahía de San Francisco, California. Entre paréntesis se expresa la desviación estándar ($P < 0.001$).

Table 1. Biometric comparison of cysts and nauplii of the *Artemia* population of Cuatro Ciénegas, Coahuila, with populations of interior waters and of San Francisco Bay, California. The standard deviation is expressed in parentheses ($P < 0.001$).

Población	Diámetro del quiste hidratado (μm)	Diámetro del quiste descapsulado (μm)	Grosor del corion (μm)	Talla del nauplio (μm)
Cuatro Ciénegas, Coahuila	230.8 (20.54)	221.0 (33.56)	4.90	479.71 (54.54)
Texcoco, Edo. de México ¹	234.8 (01.58)	224.8 (01.58)	5.00	479 (16.8)
Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí ²	240.61	231.90	4.35	423.70
San Francisco, EUA ³	237.4 (14.60)	212.1 (11.30)	8.30	431 (23.7)
Gran Lago Salado, Utah, EUA ⁴	252.5 (13.00)	241.6 (13.20)	5.45	489 (29.2)
Lago Chaplin, Canadá ⁴	240.0 (16.10)	229.3 (15.10)	5.35	---

¹ Castro (1993)

² Castro *et al.* (1989)

³ Cowgill *et al.* (1987)

⁴ Vanhaecke y Sorgeloos (1980)

Tabla 2. Valores promedio de eclosión de los quistes de *Artemia* sp. de Cuatro Ciénegas, Coahuila, y su comparación con poblaciones de aguas interiores y de la Bahía de San Francisco, California.

Table 2. Average values of hatch quality in *Artemia* cysts of Cuatro Ciénegas, Coahuila, compared with populations of interior waters and of San Francisco Bay, California.

Población	Porcentaje de eclosión* (H%)	Eficiencia de eclosión* (HE)	Tasa de eclosión* (h)			
			T ₀	T ₁₀	T ₉₀	T _s
Cuatro Ciénegas, Coahuila	60	201,666	12.0	13.0	23.0	10
Texcoco, Edo. de México (nov. 90) ¹	90.00	263,000	20.0	21.0	29.0	8.0
Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí ²	35.72	127,600	---	---	---	---
San Francisco, EUA ³	71.40	259,200	16.4	16.9	23.2	6.3
Gran Lago Salado, Utah, EUA ⁴	43.9	106,000	14.1	14.7	21.7	7.0
Lago Chaplin, Canadá ⁴	---	65,600	14.3	15.7	33	17.3

* 35 g/L de salinidad

¹ Castro (1993)

² Castro *et al.* (1989)

³ Cowgill *et al.* (1987)

⁴ Vanhaecke y Sorgeloos (1980)

Tabla 3. Datos promedio de la morfometría de los adultos de *Artemia* de Cuatro Ciénegas, Coahuila. La desviación estándar se presenta entre paréntesis ($P < 0.001$).

Table 3. Average morphometric data of *Artemia* adults from Cuatro Ciénegas, Coahuila. The standard deviation is presented in parentheses ($P < 0.001$).

Medidas morfométricas	Hembras (mm)	Machos (mm)
Largo total	6.94 (1.189)	6.35 (0.477)
Largo del abdomen	3.26 (0.577)	2.65 (0.175)
Anchura del saco ovífero	0.88 (0.108)	---
Anchura del abdomen	0.67 (0.009)	0.43 (0.056)
Número de cerdas	12	12
Largo de la furca	0.27 (0.003)	0.26 (0.004)
Anchura de la cabeza	0.65 (0.011)	0.68 (0.008)
Largo de las antenas	0.52 (0.011)	0.72 (0.016)
Distancia entre ojos	1.10 (0.013)	1.23 (0.026)
Diámetro de los ojos	0.12 (0.004)	0.13 (0.006)

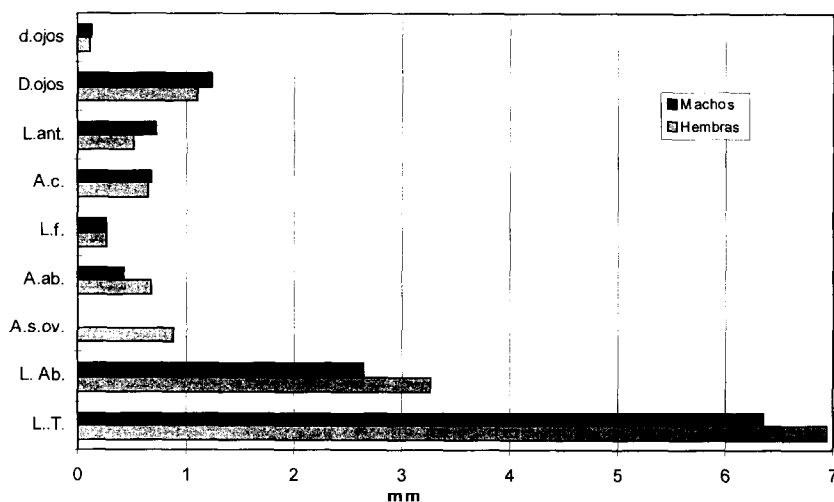


Figura 2. Comparación morfométrica de hembras y machos de *Artemia* de la población de Cuatro Ciénegas, Coahuila. L.T. = largo total, L.Ab. = largo del abdomen, A.s.ov. = anchura del saco ovífero, A.ab. = anchura del abdomen, L.f. = largo de la furca, A.c. = anchura de la cabeza, L.ant. = largo de las antenas, D.ojos = distancia entre ojos, d.ojos = diámetro de los ojos.

Figure 2. Morphometric comparison of *Artemia* females and males of the population of Cuatro Ciénegas, Coahuila. L.T. = total length, L.Ab. = length of the abdomen, A.s.ov. = width of the ovisac, A.ab. = width of the abdomen, L.f. = fork length, A.c. = width of the head, L.ant. = length of the antennae, D.ojos = distance between the eyes, d.ojos = diameter of the eyes.

Tabla 4. Comparación de datos biométricos promedio (en milímetros) de hembras de *Artemia* de tres poblaciones mexicanas de aguas interiores y la población de la Bahía de San Francisco (SFB), California. La desviación estándar se presenta entre paréntesis ($P < 0.001$).

Table 4. Comparison of average biometric data (in millimeters) of *Artemia* females from three Mexican populations of interior waters with the population of San Francisco Bay (SFB), California. The standard deviation is presented in parentheses ($P < 0.001$).

Medidas morfométricas	Coahuila	San Luis Potosí ¹	Texcoco ²	SFB ³
Largo total	6.94 (1.189)	8.46	10.79	10.25 (0.89)
Largo del abdomen	3.26 (0.577)	3.59	4.79 (0.32)	3.75 (0.11)
Anchura del saco ovífero	0.88 (0.108)	1.52	2.03 (0.17)	2.06 (0.29)
Anchura del abdomen	0.67 (0.009)	0.52	---	0.91 (0.03)
Número de cerdas	12	---	---	---
Largo de la furca	0.27 (0.003)	0.77	0.22	0.26
Anchura de la cabeza	0.65 (0.011)	0.63	0.91 (0.32)	0.94 (0.30)
Largo de las antenas	0.52 (0.011)	0.70	0.71 (0.04)	0.71
Distancia entre ojos	1.10 (0.013)	1.21	1.75 (0.03)	1.71 (0.08)
Diámetro de los ojos	0.12 (0.004)	0.26	0.32	0.32 (0.12)

¹ Castro *et al.* (1989)

² Castro (1993)

³ Castro *et al.* (1995)

Tabla 5. Comparación de datos biométricos promedio (en milímetros) de machos de *Artemia* de tres poblaciones mexicanas de aguas interiores y la población de la Bahía de San Francisco (SFB), California. La desviación estándar se presenta entre paréntesis ($P < 0.001$).

Table 5. Comparison of average biometric data (in millimeters) of *Artemia* males from three Mexican populations of interior waters with the population of San Francisco Bay (SFB), California. The standard deviation is presented in parentheses ($P < 0.001$).

Medidas morfométricas	Coahuila	San Luis Potosí ¹	Texcoco ²	SFB ³
Largo total	6.35 (0.477)	6.66	7.67 (0.10)	7.08 (0.37)
Largo del abdomen	2.65 (0.175)	2.93	2.71 (0.13)	1.89 (0.30)
Anchura del abdomen	0.43 (0.056)	0.43	0.64 (0.03)	0.62 (0.07)
Número de cerdas	12	---	12-14	8-14
Largo de la furca	0.26 (0.004)	0.66	0.26	0.26
Anchura de la cabeza	0.68 (0.008)	0.65	0.84 (0.01)	0.80 (0.04)
Largo de las antenas	0.72 (0.016)	0.80	1.07 (0.03)	0.90 (0.07)
Distancia entre ojos	1.23 (0.026)	1.24	1.73 (0.37)	1.58 (0.06)
Diámetro de los ojos	0.13 (0.006)	0.29	0.36	0.32

¹ Castro *et al.* (1989)

² Castro (1993)

³ Castro *et al.* (1995)

Estas tres variedades se pueden colocar en el intervalo de 210 a 250 μm y, al comparar con la población del Gran Lago Salado ($252.5 \pm 13.00 \mu\text{m}$ para el quiste hidratado y $241.6 \pm 13.20 \mu\text{m}$ para el descapsulado), se observa que todas estas poblaciones, de aguas interiores, están en el mismo intervalo de la especie *A. franciscana*.

En cuanto a los quistes del Lago Chaplin, es importante relacionarlos con los de Coahuila, ya que ambas poblaciones viven en aguas sulfatadas (Vanhaecke y Sorgeloos, 1980) y, aunque los de Coahuila son más pequeños que los de Chaplin, $240.0 \pm 16.10 \mu\text{m}$ hidratados y $229.3 \pm 15.10 \mu\text{m}$ descapsulados, por su desviación estándar continúan en el mismo intervalo.

En cuanto al grosor del corion, se observa claramente que es menor en las poblaciones de *Artemia* de aguas interiores que el de las marinas; así, se observa que el grosor de los quistes de aguas epicontinentales varía de 4.35 a 5.45 μm , a diferencia de los marinos (SFB) que es de 8.30 μm . Castro (1993) señala que los quistes marinos están sujetos a mayores movimientos y presiones del agua (mareas, oleaje) que los quistes de aguas interiores, lo que provoca que las hembras activen la glándula de la cáscara para una mayor secreción de constituyentes del corion.

En cuanto a la talla de la larva nauplio de Coahuila ($479.71 \pm 54.54 \mu\text{m}$), ésta se encuentra también en el intervalo establecido para la especie *A. franciscana* ($431 \pm 23.7 \mu\text{m}$) (Cowgill *et al.*, 1987) y es atractiva para los depredadores con diámetro de boca de 500 μm (Sorgeloos *et al.*, 1991).

Al aplicar la prueba *t* con un 95% de confiabilidad a los datos de quistes hidratados ($9.68\text{E}-14$), quistes descapsulados ($9.19\text{E}-07$) y nauplios ($5.19\text{E}-20$) de Coahuila y de SFB, se observa que, aunque la primera población permanece en el intervalo de la especie *A. franciscana*, como se mencionó al inicio de la discusión, las tallas morfométricas indican una separación entre ambas poblaciones; esto se debe a las condiciones del medio ambiente que son tan diferentes entre ambas, ya que la población de Coahuila vive en aguas interiores ricas en sulfatos, sujetas a fuertes evaporaciones, a diferencia de la población de SFB, que habita

$241.6 \pm 13.20 \mu\text{m}$ for decapsulated cysts), it is observed that all the interior water populations fall within the same interval of the *A. franciscana* species.

With respect to the cysts of Chaplin Lake, it is important to relate them to those of Coahuila, since both populations live in sulphated waters (Vanhaecke and Sorgeloos, 1980). Even though the cysts of Coahuila are smaller than those of Chaplin ($240.0 \pm 16.10 \mu\text{m}$ hydrated and $229.3 \pm 15.10 \mu\text{m}$ decapsulated cysts), they still remain in this interval, because of their standard deviation.

Regarding the thickness of the chorion, it is clearly observed that it is thinner in *Artemia* populations of interior waters than of marine waters; the chorion thickness of cysts of epicontinental waters varies from 4.35 to 5.45 μm , as opposed to that of marine cysts (SFB), which is 8.30 μm . Castro (1993) indicates that marine cysts are subject to greater water movement and pressure (tides, swells) than interior water cysts, which provokes the females to activate the shell gland and secrete more chorion constituents.

The length of the larval nauplii of Coahuila ($479.71 \pm 54.54 \mu\text{m}$) is also within the range established for *A. franciscana* ($431 \pm 23.7 \mu\text{m}$) (Cowgill *et al.*, 1987), and attracts predators with a mouth diameter of 500 μm (Sorgeloos *et al.*, 1991).

Upon applying the *t* test with 95% confidence to the data of hydrated cysts ($9.68\text{E}-14$), decapsulated cysts ($9.19\text{E}-07$) and nauplii ($5.19\text{E}-20$) of Coahuila and of SFB, it is observed that, although the first population stays in the range of *A. franciscana*, as mentioned at the beginning of the discussion, the morphometric data indicate a separation between both populations, due to different environmental conditions. The Coahuila population inhabits interior waters rich in sulphates, with high evaporation, whereas the SFB population inhabits coastal waters that present less drastic conditions of evaporation.

Due to the fact that cysts are affected during their hatching as a result of hydration and dehydration because of the climatic conditions (rain, humidity, luminous intensity, evaporation and temperature), of the cysts that

en aguas costeras y sujeta a condiciones menos drásticas de evaporación.

Debido a que los quistes se ven afectados en su eclosión por las reacciones de hidratación y deshidratación, dadas por las condiciones climáticas (lluvia, humedad, intensidad luminosa, evaporación y temperatura), los quistes que se recolectaron y utilizaron en este trabajo presentaron sólo 60% de eclosión.

En relación con la tasa de eclosión, se pudo ver que los quistes de la variedad de Coahuila, al igual que la del Lago Chaplin, ambas provenientes de aguas sulfatadas, toman más horas para eclosionar (10 y 17.3 h, respectivamente), dato que el acuicultor debe tomar en cuenta para el empleo de esta población.

Los datos morfométricos de los adultos de *Artemia* de Cuatro Ciénegas indican que las hembras son más grandes (6.94 ± 1.89 mm) que los machos (6.35 ± 0.477 mm) y las mediciones del cuerpo, como son largo total, largo y ancho del abdomen y largo de la furca, son mayores en las hembras que en los machos. Sin embargo, los machos presentan mayores medidas en el ancho de la cabeza, largo de las antenas, distancia entre ojos y diámetro de los ojos. Al comparar estas medidas con las de dos poblaciones mexicanas de aguas interiores (Texcoco y San Luis Potosí) y de la marina (SFB), se observa que los adultos (machos y hembras) de la población de Coahuila tienen tallas y estructuras más pequeñas.

Amat *et al.* (1991) señalan que a mayor salinidad, se reducen la longitud total, la anchura del abdomen, el largo de las antenas y el diámetro del ojo de *Artemia*. Como se puede apreciar en la tabla 4, la *Artemia* de Coahuila presenta menor talla en estas mediciones en comparación con la *Artemia* de SFB; esto se debe a las condiciones más drásticas del medio, como la composición iónica del agua y por ser aguas temporales.

Todos los organismos que se cultivaron en condiciones controladas de laboratorio registraron tallas pequeñas en todos sus caracteres en la etapa adulta y sería recomendable compararlos con *Artemia* adulta recolectada en el sitio. También es recomendable realizar estudios de hibridación para confirmar la ubicación taxonómica

were collected and used in this work, only 60% hatched.

With regard to the hatch rate, the Coahuila cysts, as well as those of Chaplin Lake, both from sulphated waters, take longer to hatch (10 and 17.3 h, respectively). Aquaculturists should take this information into account.

The morphometric data of *Artemia* adults of Cuatro Ciénegas indicate that the females are larger (6.94 ± 1.89 μm) than the males (6.35 ± 0.477 μm); the measurements of the body, such as total length, length and width of the abdomen and fork length, are greater in the females than in the males. However, the males present larger measurements in the width of the head, length of the antennae, diameter of the eyes and the distance between them. A comparison of these measurements with those of two Mexican interior water populations (Texcoco and San Luis Potosí) and the marine population (SFB) shows that the adults (females and males) of Coahuila have smaller sizes and structures.

Amat *et al.* (1991) indicate that in greater salinity, *Artemia* reduces its total length, width of the abdomen, length of the antennae and diameter of the eyes. As can be seen in table 4, the *Artemia* of Coahuila presents smaller sizes in these measurements, compared with those of SFB; this is due to the drastic environmental conditions, such as the ionic composition of the water and because they are temporary waters.

All the organisms cultivated under controlled laboratory conditions registered small sizes in all characters of the adult stage, and it would be advisable to compare them with *Artemia* adults collected from the site. It is also recommended that hybridization studies be conducted to confirm the taxonomic position of this population with respect to *A. franciscana*. On the other hand, it is necessary to cultivate this population in water with the same quality as that of Cuatro Ciénegas and compare this information with that of the population cultivated under standard laboratory conditions, in order to determine its degree of sensitivity to environmental changes.

English translation by the authors.

de esta población con respecto a la especie *A. franciscana*. Por otro lado, es necesario hacer cultivos de esta población con agua de la misma calidad de la original de Cuatro Ciénegas y comparar con la cultivada en condiciones establecidas en el laboratorio, con el propósito de conocer su grado de sensibilidad a los cambios ambientales

REFERENCIAS

- Alcocer, J. and Escobar, E. (1993). Athalassohalinity (on the concept of salinity in inland waters). *Hidrobiológica*, 3(1-2): 81-88.
- Alcocer, J. y Kato, E. (1995). Cuerpos acuáticos de Cuatro Ciénegas, Coahuila. En: G. de la Lanza y J.L. García (comps.), Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo AC, México, pp. 177-193.
- Amat, D.F. (1980). Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* en España. II. Incidencia de la salinidad ambiental sobre morfología y el desarrollo. *Inv. Pesq.*, 44(1): 485-503.
- Amat, D.F., Hontoria, D.F., Navarro, T., Gonzalbo, E.A. y Varó, V.I. (1991). Biología de *Artemia* (Crustacea, Branquiopoda) en la Laguna de la Mata, Torrevieja, Alicante. Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (CSIC), España, 176 pp.
- Castro, B.T. (1993). Biología y cultivo de *Artemia franciscana* en el ex lago de Texcoco, Ecatepec, Estado de México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, 72 pp.
- Castro, M.G., Castro, M.J., De Lara, A.R., Gallardo, R.C., Salazar, I. y Sánchez, B. (1989). Características biométricas generales, modo de reproducción y aislamiento reproductivo de la población silvestre de *Artemia* sp. de las salinas de Hidalgo, SLP. *Rev. Lat. Acui.* Lima, Perú, No. 39-68: 18-23.
- Castro, M.J. y De Lara, A.R. (comps.) (1991). Manual CBS: Técnicas para el manejo de quistes de *Artemia* sp. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, 47 pp.
- Castro, M.J., Malpica, S.A., Rodríguez, G.S.A., Castro, B.T. y De Lara, A.R. (1995). Análisis morfométrico de la *Artemia* spp. en la salina "La Colorada", Oaxaca, México. *Oceanología*, 2(6): 116-128.
- Cole, A. (1984). Crustacea from the bolson of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico. *J. Arizona-Nevada Acad. Sci.*, USA, 19(1): 3-12.
- Cowgill, U.M., Emmel, H.W., Boggs, G.U., Murphy, P.G., Gerish, F.M., Takahashi, I.T. and Bengston, D.A. (1987). Variation in chemical composition of *Artemia* cysts from three geographical locations. In: P. Sorgeloos, D. Bengston, W. Decler and E. Jaspers (eds.), *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Morphology. Genetics. Strain characterization. Toxicology. Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 173-188.
- Daniel, W.W. (1989). Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Bioestadística. Ed. Limusa, México, DF, 485 pp.
- Franco, C.S. (1989). Descripción morfológica por estadios de *Artemia* sp. del bolson de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, México, 30 pp.
- Johnson, J.E. (1984). Special Symposium on the Biota of Cuatro Ciénegas: A summary. *J. Arizona-Nevada Acad. Sci.*, 19(1): 89-90.
- Minckley, W.L. and Cole, G.A. (1968). Preliminary limnologic information on waters of the Cuatro Ciénegas basin, Coahuila, Mexico. *Southwestern Naturalist*, 13(4): 421-431.
- Persoone, G. and Sorgeloos, P. (1980). General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers (eds.), *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 3-24.
- Sokal, R. and Rohlf, F.J. (1981). *Biometry*. 2nd ed. W.H. Freeman, San Francisco, California, 832 pp.
- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, Ph., Tackaert, W. and Versichele, D. (eds.) (1986). *Manual for the Culture and Use of Brine Shrimp Artemia in Aquaculture*. State University of Ghent, Belgium, 319 pp.

- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, Ph. and Tackaert, W. (1991). State of the art in larviculture of fish and shellfish. In: P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers and F. Ollevier (eds.), Larvi 91' Fish and Crustacean Larviculture Symposium. European Aquaculture Soc., Spec. Publ. 15, Ghent, Belgium, pp. 3-5.
- Vanhaecke, P. and Sorgeloos, P. (1980). International study on *Artemia*. IV. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. In: G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers (eds.), The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 393-408.
- Zar, J.H. (1974). Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 620 pp.