

Morfometría de adultos de *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) de dos poblaciones venezolanas y su relación con otras poblaciones americanas

Roselena Sánchez^{1*}, Zoraya Alvarez¹, Glebys Z. Velásquez¹, Francisco Amat²
y Francisco Hontoria²

¹Centro de Investigaciones Marinas (CIMAR)/Departamento de Producción Animal/Programa de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Núcleo El Hatillo. Coro, Estado Falcón-Venezuela. ²Instituto de Acuicultura de Torre de La Sal (IATS). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 12595, Ribera de Cabanes. Castellón-España.

Recibido: 12-07-05 Aceptado: 25-04-07

Resumen

Las múltiples variaciones que existen en cuanto a los diferentes aspectos de biometría, genética, bioquímica, fisiología y nutrición de las distintas poblaciones de *Artemia*, han hecho difícil una correcta clasificación taxonómica. El objetivo de este trabajo fue la caracterización morfológica de adultos de *Artemia* de dos poblaciones venezolanas: Las Cumaraguas-Falcón y Coche-Nueva Esparta a través de 12 caracteres morfológicos y establecer su relación con poblaciones americanas procedentes de Colombia, Chile, Perú, Argentina y Estados Unidos. Para el estudio morfológico de las poblaciones venezolanas de *Artemia*, los nauplios fueron cultivados durante 20 días bajo condiciones controladas a una salinidad 65 ppm, a una temperatura de 25°C y a una densidad de 50 individuos por litro en envases de 1-3 litros. Los nauplios fueron alimentados con las microalgas *Dunaliella* sp y *Tetraselmis* sp en una concentración de 50.000 y 90.000 cel/mL respectivamente. Al obtener los primeros adultos, se tomaron al azar 30 hembras y 30 machos de cada una de las poblaciones y se le tomaron medidas de 12 caracteres morfológicos. Para maximizar las diferencias entre las medias de los diferentes grupos de observaciones, se empleó el método del análisis discriminante multivariado. Para este análisis, se incluyeron los datos de otras seis poblaciones americanas de *Artemia* (Caribe, Norte y Sur América). Entre las características morfológicas que más contribuyen en la separación entre poblaciones, están la longitud total, longitud de abdomen y el número de sedas implantadas en las ramas derecha e izquierda de la furca. Los resultados de este trabajo sugieren que existen patrones morfológicos similares entre las poblaciones del Caribe estudiadas y la población originaria (San Francisco Bay); esto pudiera indicar que las poblaciones venezolanas pertenecen a la especie *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) como se ha observado en la mayoría de las poblaciones del continente americano.

Palabras clave: Análisis discriminante multivariado; *Artemia*; morfometría de adultos.

* Autor para la correspondencia. Telf./Fax: (0058 68) 2513776. E-mail: cyted0658@cantv.net

Morphometrics of adults *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from two venezuelan populations and their relationships with other american populations

Abstract

The diverse variations observed in different aspects of biometrics, genetics, biochemistry, physiology and nutrition of *Artemia* populations, have made difficult its correct taxonomical identification. The aim of this work was to characterize morphometrically adults of two Venezuelan *Artemia* populations, Las Cumaraguas-Falcón and Coche-Nueva Esparta, through 12 morphometrical characters and compare them with other *Artemia* populations from Colombia, Chile, Peru, Argentina and United States. Nauplii were cultured during 20 days to adulthood under standardised conditions: 65 ppt salinity, temperature of 25°C and a density of 50 nauplii/liter in containers of 1-3 liters. Nauplii were fed *Dunaliella* sp and *Tetraselmis* sp microalgae at a concentration of 50.000 and 90.000 cel/mL, respectively. At adulthood, a random sample of 30 females and 30 males from each population were analyzed to determine 12 morphological characters under the dissecting microscope. To maximize differences among groups of species of *Artemia* in the American continent, a multivariate discriminant analysis was used. Within the most helpful parameters to separate populations are total length, abdominal length, number of setae inserted on each left and right furca. Results show similar morphometrics patterns among Caribbean populations studied and the original San Francisco Bay population, suggesting that the populations from Las Cumaraguas-Falcon and Coche-Nueva Esparta belong to *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906) species, as observed in the majority of *Artemia* populations in America.

Key words: *Artemia*; multivariate discriminant analysis; morphometrics of adults.

Introducción

Artemia, en sus múltiples formas: quistes, quistes descapsulados, nauplios y biomasa, es en la actualidad, la dieta más comúnmente utilizada en la acuicultura (1, 2). Asociado a la expansión mundial de la acuicultura, el consumo anual de *Artemia* ha aumentado exponencialmente y se estima que está entre las 2.000 y 3.000 TM. De ésta producción, el 90% es suministrado por la fuente del Great Salt Lake-EE.UU. (1, 3). Sin embargo, la vulnerabilidad observada en esta principal fuente, debido a bajas producciones relacionadas con fenómenos climáticos; han motivado a los productores e investigadores a localizar e identificar nuevas fuentes de producción y evaluarlas desde el punto de vista ecológico, biológico y nu-

tritativo para su posible utilización en los mercados nacionales e internacionales (4).

La complejidad sistemática y taxonómica que existe con respecto a las diferentes especies del género *Artemia*, ha hecho difícil su correcta clasificación, debido a las diversas variaciones en genética, fisiología, bioquímica, biometría y nutrición entre las especies estudiadas (5). Se han empleado diversos métodos para caracterizar las especies de este género, entre los que se destacan los referentes a patrones electroforéticos de isoenzimas (6), los de aislamiento reproductivo (7) y los de caracterización morfo-biométrica (1, 8). El aspecto externo del género *Artemia* ha sido la principal característica de estudio entre poblaciones; Amat (8-11) ha establecido algunos criterios morfológicos

que permiten diferenciar poblaciones, especies y razas. Estos han sido desarrollados a través de la biometría de varios caracteres morfológicos y cuantificados en ejemplares adultos de diversas poblaciones experimentales, mantenidas bajo condiciones estandarizadas de cultivo. La expresión de dichos caracteres proviene de la información genética almacenada en los embriones resultantes del avivamiento de quistes, sin que se produzcan interferencias por los cambios ambientales (12, 13). Gajardo y Beardmore (14) afirman que la utilización de técnicas de electroforesis en gel de almidón, constituye un excelente método para aclarar problemas taxonómicos y para establecer los niveles de variación genética entre las poblaciones de *Artemia*. Hontoria y Amat (15) y Castro (1), establecen sin embargo, que aún persisten las discrepancias para distinguir a una población de otra, debido a la heterogeneidad de individuos de una misma especie, como es el caso de las variaciones que existen en las características morfológicas de poblaciones del Mediterráneo y en América. Gajardo et al., (16) opinan que pocos esfuerzos sistemáticos han sido realizados para caracterizar los patrones de variación de las poblaciones de América del Sur y como consecuencia, la biogeografía de las especies endémicas del continente americano, aún no ha sido establecida.

El objetivo de este trabajo fue la caracterización morfométrica de adultos de *Artemia* de dos poblaciones venezolanas: Las Cumaraguas-Falcón y Coche-Nueva Esparta a través de 12 caracteres morfométricos y establecer su relación con algunas poblaciones americanas procedentes de Colombia, Chile, Perú, Argentina y Estados Unidos. En este trabajo se adelantan los resultados obtenidos de una línea de investigación cuyo propósito es contribuir a la caracterización de *Artemia* en Venezuela y ampliar la discusión sobre la distribución geográfica, caracterización taxonómica y potencial de este género para la acuicultura del país. Estos resultados contribuirán también a resaltar la

calidad de las poblaciones de *Artemia* venezolanas como alimento vivo ya que se reconoce que la misma es función del origen geográfico y probablemente de la arquitectura genética de las cepas empleadas (17).

Materiales y Métodos

Se estudiaron dos poblaciones venezolanas de *Artemia*, procedentes de las salinas Las Cumaraguas Estado Falcón y Coche Estado Nueva Esparta, Venezuela. La eclosión de los quistes de ambas poblaciones se obtuvo al colocar dos muestras de quistes (100 mg) de cada población en cilindros de vidrio de base cónica con un litro de agua de mar a 35 ppm, cada uno sumergidos en baño maría a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, bajo luz (1,800 lux) y aireación constante. Después de 24 horas se obtuvieron los primeros nauplios y a las 30 horas se procedió a la separación de los nauplios eclosionados del resto de los quistes no viables. El cultivo de los nauplios de las cepas de Las Cumaraguas y Coche se mantuvo durante 20 días aproximadamente bajo condiciones controladas a una salinidad 65 ppt, a una temperatura de 25°C (cámara de aclimatación) y una densidad de 50 individuos por litro en envases de 1-3 litros de volumen. Los nauplios fueron alimentados con las microalgas *Dunaliella* sp y *Tetraselmis* sp en una concentración de 50.000 y 90.000 cel/mL respectivamente (13). Cuando más de la mitad de los individuos de una población presentaron caracteres de adultos (ovisacos desarrollados en las hembras, 13, 18), se procedió a tomar al azar 30 hembras y 30 machos de cada una de las poblaciones y anestésarlos con agua de mar saturada con 5 mL. de cloroformo durante unos 20-25 minutos. Luego se tomaron las diferentes medidas de cada individuo, utilizando un microscopio estereoscópico con un ocular micrométrico calibrado. Las 12 medidas consideradas fueron: a) longitud total, b) longitud del abdomen, c) longitud de la furca, d) anchura del ovisaco en las hembras o del segmento genital en machos, e) anchura del abdomen en su tercer segmento, f) an-

chura de la cabeza, g) longitud de la anténula, h) diámetro de los ojos, i) separación entre los ojos, j) número de sedas implantadas en la rama izquierda de la furca, k) número de sedas implantadas en la rama derecha de la furca, l) cálculo del porcentaje que representa la longitud del abdomen con respecto a la longitud total (Figura 1).

Las medias obtenidas de las poblaciones venezolanas se compararon con los datos registrados para *A. franciscana* de la Bahía de San Francisco, EE.UU. (BSF), por considerarse la población originaria y una de las más estudiadas del continente americano (1). Para poder comparar los resultados del análisis en un marco de referencia más amplio y completo, se incluyeron los datos de otras seis poblaciones americanas de *Artemia* (Caribe, Norte y Sur América) procedentes de la base de datos del Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (Castellón-España). Las hembras procedían de las localidades de Manaure (Colombia), Atacama (Chile), Piura (Perú), Hidalgo (Argentina), San Francisco Bay (EE.UU.) y Great Salt Lake (EE.UU.) y las dos poblaciones de machos de las localidades de Hidalgo (Argentina) y Great Salt Lake (EE.UU.) (Figura 2). De las poblaciones estudiadas, Hidalgo (Argentina) pertenece a la especie *A. persimilis* Piccinelli y Prosdocimi 1968 (19), las restantes, pertenecen a la especie *A. franciscana* Kelloggs 1906 (20). Los doce caracteres señalados anteriormente medidos en todos los individuos fueron empleadas para establecer relaciones morfométricas entre estas poblaciones a través del método análisis discriminante multivariado (13, 15), el cual permite maximizar las diferencias entre las medias de los diferentes grupos de observaciones, lo que permite obtener un incremento en la sensibilidad de las diferencias morfológicas y encuentra una escala de representación en la que los individuos con morfología similar se representan más cercanos. El análisis multivariado provee una serie de funciones de los caracteres estudiados que maximizan la separación entre los diferentes grupos de ob-

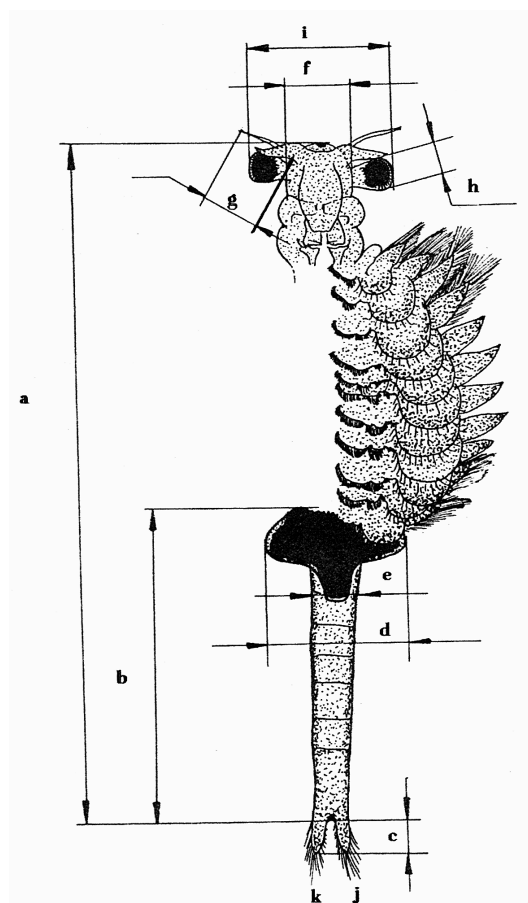


Figura 1. Vista ventral de una hembra adulta de *Artemia* con las medidas utilizadas: a) longitud total, b) longitud abdomen, c) longitud furca, d) anchura del ovisaco en las hembras o segmento genital en machos, e) anchura abdomen en tercer segmento, f) anchura cabeza, g) longitud anténula, h) diámetro ojos, i) separación entre ojos, j) número sedas en rama izquierda de la furca, k) número de sedas en rama derecha de la furca (modificado de Hontoria y Amat, 1992a).

servaciones definidas *a priori*. Este análisis se efectuó con el programa estadístico Statgraphics versión 3.0 (Statistical Graphics Corp., Rockville, MD) en una PC., donde se utilizaron las 12 caracteres morfológicos con el ori-

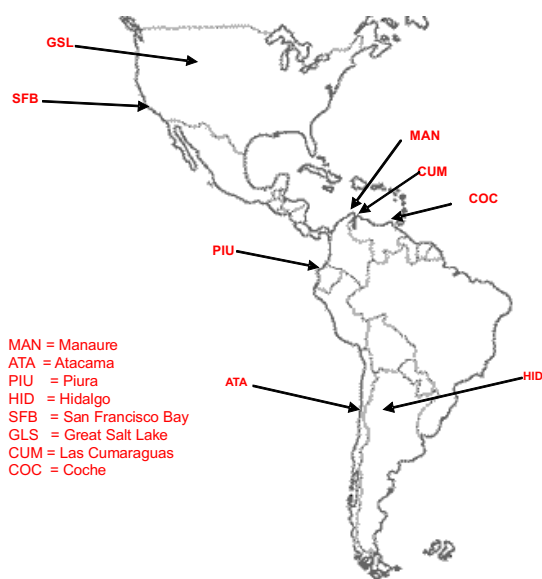


Figura 2. Localización geográfica de las poblaciones americanas de *Artemia* estudiadas.

gen geográfico de la población como factor de separación. A partir de estos datos se obtuvieron: las funciones discriminantes, los coeficientes no-estandarizados para cada una de los caracteres analizados con los centroides de grupo de cada población y el porcentaje de predicción de asignación o de "pertenencia" (homogeneidad) de los individuos a cada grupo de población.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los promedios y desviaciones estándar de los 12 caracteres morfométricos en los que se ha basado el análisis discriminante para las hembras y para los machos separadamente. Como se observa, las hembras de las poblaciones venezolanas estudiadas, tienen tamaños mayores en longitud total, longitud de abdomen y ancho del abdomen que los machos; y estos últimos tienen tamaños ligeramente mayor en el diámetro de los ojos y longitud de anténulas. Se destaca en la Tabla 1, el bajo número de sedas furcales que posee la población de Hidalgo (*A. persimilis*), con respecto al alto número de sedas pre-

sente en los individuos de *A. franciscana* de las poblaciones de Piura, San Francisco y Great Salt Lake. Con respecto a las poblaciones venezolanas, se observan los menores valores en el número de sedas comparados con las poblaciones de *A. franciscana*; ubicándose entre los dos extremos: *A. persimilis* (Hidalgo) y el resto de las poblaciones de *A. franciscana*. Con respecto a la longitud de anténula, se observan los máximos valores en la población de Great Salt Lake y los mínimos en las poblaciones de Manaure y Piura. En la Tabla 2 se destaca la diferencia del porcentaje que representa la longitud del abdomen con respecto a longitud total y la variable longitud de abdomen entre la población de Hidalgo y las poblaciones de Great Salt Lake, Las Cumaraguas y Coche, respectivamente, y la similitud entre estas tres últimas poblaciones de *Artemia*. Al igual que en las hembras, los machos de la población de Hidalgo presentan un bajo número de sedas furcales con respecto a las otras tres poblaciones. En general, los caracteres morfométricos señalan la similitud de las poblaciones venezolanas con respecto a las poblaciones de *A. franciscana* y como se diferencian de la población de Hidalgo (*A. persimilis*).

Los resultados del análisis discriminante en cuanto a los coeficientes no-estandarizados para el caso de las hembras (Tabla 3), indican que las 5 primeras funciones alcanzan un 98,17% acumulado de separación lo que significa un alto poder de discriminación $P < 0,0001$, siendo la primera y la segunda función las que determinan la mayor variación. Los caracteres que más aportaron a la primera función discriminante son el número de sedas de la furca y la longitud de la furca. Para la segunda función discriminante los caracteres fueron longitud de la anténula, longitud total y longitud de abdomen.

Para el caso de los machos (Tabla 3), las 2 primeras funciones alcanzan un 92.52 % acumulado de separación con una alta significación estadística $P < 0,0001$. La primera función discriminante recibe los aportes más importantes del porcentaje de longitud

Tabla 1
Promedios y desviaciones estándar de los caracteres morfométricos de ocho poblaciones americanas de *Artemia* (hembras)

Población	Longitud total (mm)	Longitud abdomen (mm)	Longitud de furca (mm)	Ancho del ovisaco (mm)	Ancho del abdomen (3 er segm) (mm)	Ancho de la cabeza (mm)	Longitud de la anténula (mm)	Diámetro de ojos (mm)	Separación entre ojos (mm)	Nº Sedas izquierda furca (µ)	Nº Sedas derecha furca (µ)	% Longitud abdomen/ Longitud total
Manauare (1)	9.37 (±0.66)	5.17 (±0.55)	0.24 (±0.14)	1.85 (±0.14)	0.66 (±0.04)	0.82 (±0.05)	0.58 (±0.07)	0.25 (±0.01)	1.42 (±0.09)	9.33 (±1.79)	9.33 (±1.65)	55.01 (±2.68)
Atacama (1)	10.07 (±0.89)	5.58 (±0.61)	0.31 (±0.04)	1.87 (±0.22)	0.72 (±0.40)	0.90 (±0.07)	0.72 (±0.07)	0.31 (±0.02)	1.65 (±0.14)	9.93 (±1.68)	9.70 (±2.05)	55.38 (±1.61)
Piura (1)	8.81 (±0.59)	4.52 (±0.37)	0.31 (±0.04)	2.00 (±0.15)	0.72 (±0.05)	0.88 (±0.06)	0.58 (±0.07)	0.27 (±0.02)	1.47 (±0.01)	14.30 (±1.74)	14.63 (±1.61)	51.31 (±1.54)
Hidalgo (1)	10.97 (±0.92)	6.51 (±0.75)	0.32 (±0.05)	2.02 (±0.23)	0.64 (±0.06)	0.81 (±0.05)	0.51 (±0.06)	0.24 (±0.02)	1.40 (±0.09)	1.30 (±0.65)	1.43 (±0.86)	59.22 (±2.40)
San Francisco Bay (1)	10.33 (±0.82)	5.44 (±0.45)	0.24 (±0.05)	2.11 (±0.22)	0.72 (±0.07)	0.97 (±0.08)	0.70 (±0.06)	0.28 (±0.02)	1.63 (±0.14)	10.33 (±1.94)	10.43 (±1.89)	52.74 (±1.52)
Great Salt Lake (1)	11.29 (±0.73)	6.13 (±0.53)	0.19 (±0.03)	2.01 (±0.16)	0.76 (±0.07)	0.91 (±0.06)	0.77 (±0.06)	0.30 (±0.02)	1.63 (±0.11)	10.93 (±2.42)	10.73 (±2.18)	54.20 (±1.84)
Las Cumaraguas (2)	9.38 (±0.43)	5.13 (±0.33)	0.24 (±0.04)	1.88 (±0.14)	0.64 (±0.06)	0.82 (±0.05)	0.65 (±0.04)	0.25 (±0.01)	1.45 (±0.07)	6.80 (±1.83)	6.53 (±1.83)	54.60 (±1.68)
Coche (2)	9.38 (±0.43)	5.38 (±0.70)	0.24 (±0.44)	2.04 (±0.31)	0.70 (±0.08)	0.88 (±0.04)	0.66 (±0.06)	0.27 (±0.03)	1.54 (±0.17)	6.73 (±2.56)	7.03 (±2.22)	53.46 (±2.41)
Totales	10.04 (±1.06)	5.48 (±0.79)	0.25 (±0.07)	1.97 (±0.22)	0.70 (±0.08)	0.87 (±0.08)	0.65 (±0.10)	0.27 (±0.03)	1.52 (±0.15)	8.71 (±4.06)	8.73 (±4.04)	54.49 (±2.94)

Fuente:(1) Base de datos del Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, España. (2) Poblaciones venezolanas estudiadas

Tabla 2
Promedios y desviaciones estándar de los caracteres morfométricos de cuatro poblaciones americanas de *Artemia* (machos).

Población	Longitud total (mm)	Longitud de abdomen (mm)	Longitud de furca (mm)	Ancho del ovisaco (mm)	Ancho de abdomen (3 ^{er} segm) (mm)	Ancho de la cabeza (mm)	Longitud de la anténula (mm)	Diámetro de ojos (mm)	Separación entre los ojos (mm)	N° Sedas implantadas izquierda (μ)	N° Sedas implantadas derecha (μ)	% Longitud abdomen/Longitud total
Great Salt Lake (1)	9,29 (±1,04)	4,39 (±0,54)	0,32 (±0,07)	0,79 (±0,12)	0,57 (±1,08)	0,84 (±0,10)	1,21 (±0,16)	0,42 (±0,08)	1,95 (±0,25)	12,53 (±2,73)	12,20 (±2,66)	47,22 (±2,00)
Hidalgo (1)	9,60 (±0,84)	5,28 (±0,56)	0,17 (±0,04)	0,68 (±0,07)	0,47 (±0,04)	0,73 (±0,05)	1,09 (±0,18)	0,31 (±0,04)	1,68 (±0,19)	3,33 (±1,03)	3,07 (±0,98)	54,95 (±1,76)
Las Cumaraguas (2)	7,50 (±0,42)	3,56 (±0,24)	0,20 (±0,04)	0,60 (±0,04)	0,45 (±0,02)	0,69 (±0,04)	1,13 (±0,06)	0,35 (±0,02)	1,61 (±0,08)	7,67 (±1,94)	7,63 (±2,31)	47,45 (±1,45)
Coche (2)	7,71 (±0,45)	3,69 (±0,29)	0,25 (±0,48)	0,62 (±0,05)	0,45 (±0,04)	0,72 (±0,04)	1,09 (±0,08)	0,34 (±0,03)	1,65 (±0,11)	7,33 (±2,34)	7,17 (±2,07)	47,79 (±2,21)
Totales	8,53 (±1,18)	4,23 (±0,81)	0,23 (±0,07)	0,67 (±0,10)	0,49 (±0,07)	0,75 (±0,08)	1,13 (±0,13)	0,36 (±0,06)	1,72 (±0,22)	7,72 (±3,88)	7,52 (±3,85)	43,54 (±3,74)

Fuente: (1) Base de datos del Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, España. (2) Poblaciones venezolanas estudiadas

Tabla 3
 Coeficientes no-estandarizados de las dos primeras funciones discriminantes del análisis morfométrico de ocho poblaciones americanas de *Artemia* (hembras y machos) agrupadas por origen geográfico.

Características morfo-biométricas	Hembras		Machos	
	Función 1	Función 2	Función 1	Función 2
Longitud total	0,02	0,40	0,59	4,84
Longitud abdomen	3,15	-0,39	0,69	-7,21
Longitud de furca	0,51	-8,85	1,41	4,95
Ancho de abdomen	0,18	0,26	14,77	9,98
Ancho de la cabeza	1,49	-9,86	-4,09	-1,17
Longitud de la anténula	8,61	0,45	-4,39	-5,51
Diámetro de los ojos	-2,97	-5,80	-7,67	-23,63
Separación entre los ojos	18,29	26,68	-2,00	4,30
Nº sedas rama izquierda furca	0,68	0,08	0,41	0,16
Nº sedas rama derecha furca	0,70	-0,04	0,42	0,09
% longitud abdomen/longitud total	-1,80	-11,26	0,66	0,43
Constante	-20,58	-66,03	-20,29	-29,94
Porcentaje de Varianza	47,02	26,25	66,95	28,58
Porcentaje Acumulado	47,02	73,27	63,95	92,52
Significación Estadística	P <0,0001	P <0,0001	P <0,0001	P <0,0001

abdominal con respecto a la longitud total, de la longitud de abdomen y en menor medida de las sedas furcales (rama derecha e izquierda); así como de la longitud total. La segunda función discriminante en machos separa por el ancho del abdomen pero con contribuciones relativamente importantes de casi todas las demás variables medidas.

Las Figuras 3 y 4 muestran el grado de separación y ordenamiento resultante entre las distintas poblaciones estudiadas y se observa la representación gráfica de los centroides de los grupos (hembras y machos, respectivamente) resultante de las dos primeras funciones del análisis discriminante, utilizando el origen geográfico como factor de separación. Los centroides de los grupos

representan los puntos promedios para cada población del Pacífico, Caribe, Norte América y Argentina y no observaciones individuales, de manera que éstos representan la aproximación que existe entre aquellos individuos con características morfológicas similares. Los centroides pueden considerarse representativos de cada población debido a su alta significación estadística, como se señaló anteriormente. Las figuras antes señaladas visualizan la distancia relativa entre los centroides en un espacio multidimensional (12 dimensiones o caracteres) que permiten dar una idea más precisa de las relaciones morfológicas entre las diferentes poblaciones (15). Los caracteres morfométricos analizados permiten observar en la Figura 3 como las distintas poblaciones de

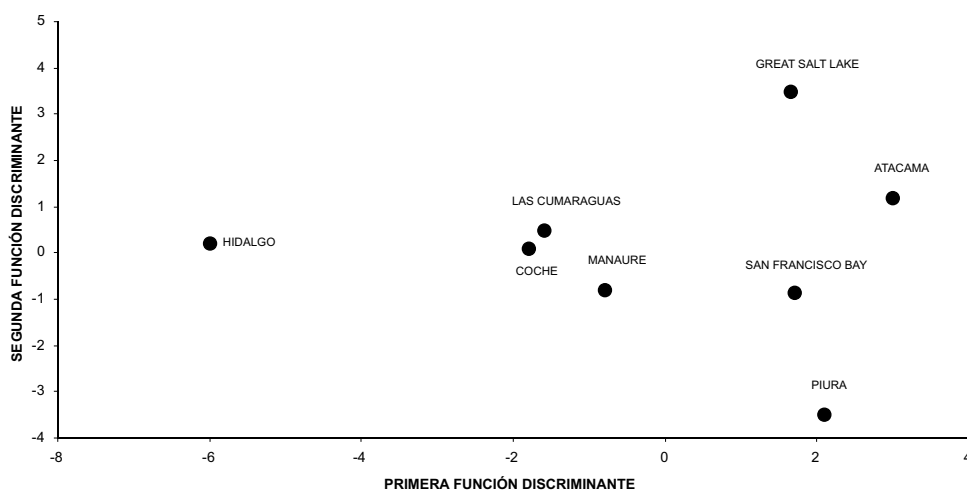


Figura 3. Representación gráfica de centroides de los grupos (hembras) para las dos primeras funciones resultantes del análisis discriminante, utilizando el origen geográfico como factor de separación de las poblaciones de *Artemia* procedentes de Argentina, Chile, Colombia, Perú, USA y Venezuela.

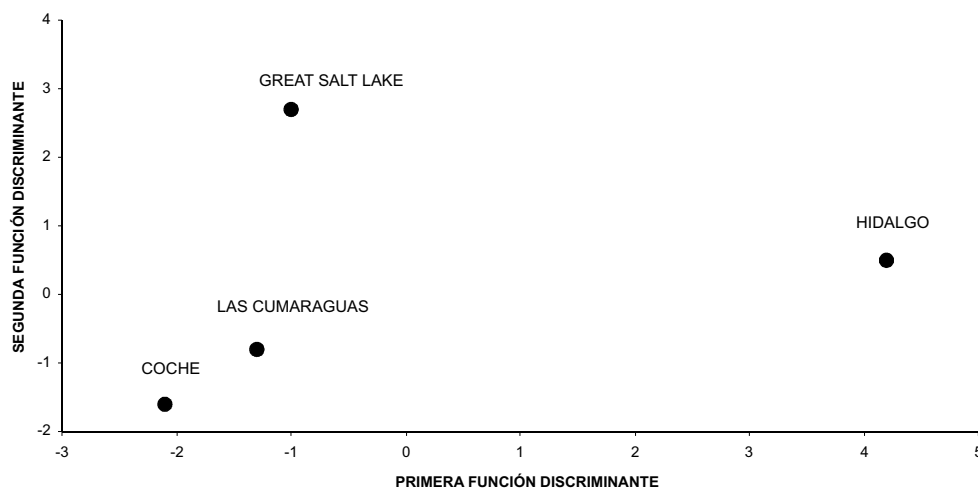


Figura 4. Representación gráfica de centroides de los grupos (machos) para las dos primeras funciones resultantes del análisis discriminante, utilizando el origen geográfico como factor de separación de las poblaciones de *Artemia* procedentes de Argentina, USA y Venezuela.

Artemia se agrupan formando ordenamiento de distribución (nubes de distribución). La población de Argentina (*A. persimilis*) en un extremo de la figura y en el extremo opuesto, todas las poblaciones de *Artemia* reportadas como *A. franciscana* (Great Salt Lake, Atacama, San Francisco y Piura), en el centro, se ubican las poblaciones que perte-

necen al área del Caribe. En la Figura 4 es más notoria la separación del centroide de la población de Argentina con respecto a los centroides de las poblaciones de Great Salt Lake (EE.UU.) y las venezolanas.

La Tabla 4 muestra la clasificación de los resultados del análisis discriminante para las poblaciones de hembras estudiadas. Son re-

sultados comparativos entre las poblaciones, donde se puede apreciar el porcentaje de predicción de asignación de los individuos estudiados con sus respectivos grupos pudiendo sugerir el grado de homogeneidad de las poblaciones estudiadas. El porcentaje de casos correctamente asignados es de un 89,17%. Como se observa en la misma tabla, las hembras estudiadas de la población de *Artemia* de Las Cumaraguas, presentan el 90,0% de características propias que las asigna como de Las Cumaraguas-Venezuela, y presenta menores proporciones de individuos que pueden ser adjudicados como Manaure (Colombia) o como Coche; mientras que ningún individuo es adjudicado a Atacama (Chile), Piura (Perú) y las poblaciones de EE.UU. analizadas. Con respecto a la población de *Artemia* de Coche, el 63,3% de hembras presentan características propias que las agrupa como Coche-Venezuela. En comparación con la población de Las Cumaraguas, la población de Coche también presenta porcentajes de individuos que se agrupan como Manaure (Colombia) y como de Las Cumaraguas (área del Caribe); pero también presenta proporciones de individuos de las poblaciones de Atacama (Chile), Piura (Perú) y San Francisco Bay (EE.UU.).

Resultados y Discusión

El análisis de los caracteres morfométricos estudiados, concuerda con los resultados de Hontoria y Amat (15) cuando señalan la existencia de 4 diferentes grupos de poblaciones de *Artemia* en el continente Americano: Argentina, Norte América continental, costa del Pacífico y el Caribe. Los autores resaltan las diferencias morfológicas que presenta la población argentina (*A. persimilis*) con el resto de las poblaciones estudiadas, enfatizando el hecho aceptado de que la misma pertenece a otra especie, tal y como lo citan otros trabajos más recientes (21, 22, 23). Los caracteres morfométricos analizados (Figura 3) también permiten diferenciar tres grupos de poblaciones de *Artemia franciscana*: Norte América continental, costa del Pacífico y el Caribe. Diferencias

ecológicas y fisiológicas han sido previamente reportadas entre las poblaciones de *A. franciscana* (24, 25, 26, 27). Estas diferencias probablemente son debidas a factores ecológicos propios de los ecosistemas donde habitan cada una de las poblaciones, a factores fisiológicos, genéticos o una combinación de éstos.

Los resultados de este trabajo sugieren que existen patrones morfométricos similares entre las tres poblaciones del Caribe estudiadas, observándose (Figura 3) como los centroides del Caribe están cercanamente relacionados. Abreu-Grobois y Beardmore (25), establecieron a través de un estudio de patrones electroforéticos de 16 diferentes isoenzimas, que las poblaciones del Caribe se encuentran cada vez más diferenciadas del resto de poblaciones americanas. Hontoria y Amat (15) trabajando con 25 poblaciones americanas de *Artemia*, entre las cuales se estudiaron tres venezolanas (Araya, Boca Chica y Tucacas), señalan que éstas se ubicaron en la nube de distribución del Caribe. Los autores citados mencionan como caso de interesante similitud, a la población de Manaure-Colombia con respecto a Great Salt Lake y San Francisco Bay-EE.UU. (dos de las poblaciones de *Artemia* más utilizadas en la acuicultura) y argumentaron que esta similitud pueda deberse a posibles inoculaciones intencionales como las ocurridas en Macau-Brasil hacia los años 70. En particular sobre el trabajo anteriormente señalado, los datos morfométricos obtenidos en este trabajo presentan a la población de Manaure, más próxima a las dos poblaciones venezolanas (nube del Caribe). Esto podría deberse al hecho de que las condiciones medio-ambientales de las salinas de Manaure-Colombia son muy parecidas a las reportadas para las salinas Las Cumaraguas, tanto en la composición iónica de las salmueras así como a las condiciones físico-químicas del agua (temperatura y salinidad) (28, 29). Bowen et al., (30) señalan que las poblaciones continentales norteamericanas están separadas ecológicamente debido a la com-

Tabla 4
 Porcentaje de predicción de asignación o de "pertenencia" (homogeneidad) de hembras de ocho poblaciones americanas de *Artemia*.

Grupo actual	N° de casos	Manare, Colombia	Atacama, Chile	Piura, Perú	Hidalgo, Argentina	San Francisco Bay, USA	Great Salt Lake, USA	Las Cumaraguas, Venezuela	Coche, Venezuela
Manare, Colombia	30	24,0 80,0%	0,0 0,0%	1,0 3,3%	0,0 0,0%	1,0 3,3%	0,0 0,0%	1,0 3,3%	3,0 10,0%
Atacama, Chile	30	0,0 0,0%	30,0 100,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%
Piura, Peru	30	0,0 0,0%	0,0 0,0%	29,0 96,7%	0,0 0,0%	1,0 3,3%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%
Hidalgo, Argentina	30	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	30,0 100,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%
San Francisco Bay, USA	30	1,0 3,3%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	25,0 83,3%	0,0 0,0%	1,0 3,3%	3,0 10,0%
Great Salt Lake, USA	30	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	30,0 100,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%
Las Cumaraguas, Venezuela	30	2,0 6,7%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	27,0 90,0%	1,0 3,3%
Coche, Venezuela	30	2,0 6,7%	1,0 3,3%	0,0 0,0%	0,0 0,0%	2,0 6,7%	0,0 0,0%	6,0 20,0%	19,0 63,3%

Porcentaje de casos clasificados correctamente 89,17%.

posición iónica de las salmueras donde habitan y cómo estas divergencias en estos ambientes talasohalinos crean aislamientos reproductivos en algunas de ellas. Castro et al., (1) registrando una nueva población de la Isla de Jamaica (Yallahs), establecen que el análisis integral de los datos morfométricos de adultos de *Artemia* hace suponer que esta población de Jamaica pertenece a la especie *A. franciscana*, como la mayoría de las poblaciones del continente americano, aun cuando se observaron diferencias morfológicas con la especie originaria. Probablemente, estas diferencias morfológicas se deban a un aislamiento y dan como consecuencia, adaptaciones al medio ambiente.

Los resultados indican que las poblaciones de *Artemia* de Las Cumaraguas y Coche se diferencian de otras poblaciones presentes en Norte América continental, el Pacífico y otros lugares de Suramérica. Esto puede deberse en el caso de las poblaciones de Great Salt Lake (EE.UU.) y Atacama (Pacífico) a que éstas son poblaciones localizadas en lagos y salares interiores o atalásicos. Con respecto a la población de Hidalgo (Sur América), la diferencia se debe a que se trata de otra especie (*A. persimilis*). Gajardo et al., (16) discuten la efectividad del aislamiento geográfico para restringir el flujo de genes. Sin embargo, en el caso de *Artemia* los quistes pueden ser dispersados a grandes distancias por los flamencos y el viento contrarrestando el efecto de las barreras naturales. En el caso de las poblaciones del norte y centro de Chile (*A. franciscana*) y Argentina (*A. persimilis*), la cordillera andina, pudiera ser un efectiva barrera natural.

Con respecto al porcentaje de predicción de asignación o de "pertenencia" (homogeneidad) de los individuos estudiados con sus respectivos grupos (Tabla 4); los datos obtenidos hasta el momento parecen indicar que la población de Las Cumaraguas es más adecuada para una inoculación con vistas a la producción semi-intensiva de *Artemia* con destino a la acuicultura, puesto

que se observó una mayor homogeneidad (90%) indicado esto por los escasos aportes foráneos en comparación con la población de Coche (63,3%). No obstante, este punto requiere un tamaño muestral más grande y mayor atención en el sentido de monitorear otras poblaciones cercanas a Coche.

Van Stappen (23) indica como diferentes metodologías empleadas para la identificación de especies de *Artemia*; algunas más básicas como la biometría de quistes y nauplios, la morfometría y morfología de adultos y otras más potentes como estudios citogenéticos, marcadores moleculares (polimorfismo ADN, ADN mitocondrial), conforman una serie de herramientas para abordar en forma cada vez mas multidisciplinaria, el estudio futuro de este organismo vital en la acuicultura mundial. Gajardo et al., (16) establecen la utilidad de los análisis morfológicos multivariados sobretudo cuando se trata de poblaciones de *Artemia*, pero recomiendan como herramientas confiables los estudios genotípicos. Hontoria y Amat (15) sobre los beneficios y limitaciones del método del análisis discriminante multivariado, señalan que debe tomarse en consideración que las diferencias que se pueden encontrar entre los grupos nunca deben ser consideradas como valores absolutos sino como relativos a las nubes de distribución en las cuales las observaciones han sido disgregadas utilizando factores de separación definidos *a priori* y que si se hacen esfuerzos en la estandarización de los sistemas de cultivo, los resultados pueden ser muy útiles en una serie de problemas de caracterización de este crustáceo. En resumen, los resultados hacen suponer que las poblaciones venezolanas pertenecen a la especie *Artemia franciscana* como la mayoría de las poblaciones en el continente americano (1, 14, 27). Una futura investigación a través de comportamiento reproductivo y ADN debería confirmar la identificación específica de estas poblaciones venezolanas.

Agradecimiento

Este trabajo fue cofinanciado por el Programa CYTED: Subprograma Acuicultura, la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Estado Falcón (FUNDACITE Falcón) y por la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Los autores venezolanos desean expresar su agradecimiento al Instituto de Acuicultura de Torre de La Sal, Castellón-España por el apoyo en la ejecución de este trabajo. El agradecimiento a la Lic. Esperanza Buitrago de la Estación de Investigaciones Marinas (EDIMAR) de la Fundación La Salle-Margarita por la donación de los quistes de la población de Coche, Nueva Esparta, Venezuela.

Referencias Bibliográficas

- CASTRO B.T., CASTRO M.J., MARÍN V.R.E., YOUNG G.R., JENOURE D., CASTRO M.G., MALPICA S.A., DE LARA A.R. *Ciencias Marinas* 26 (2):201-214, 2000.
- LAVENS P., SORGELOOS P. *Manual the production and use of live food for aquaculture*. Laboratory of Aquaculture and *Artemia* Reference Center. University of Ghent, Ghent, Belgium. FAO Fisheries Technical Paper 361. 1996.
- GARCIA M., VAN STAPPEN G. *Panorama Acuícola* 6(5): 30-31, 2001.
- MALPICA S., A., CASTRO B., T., SANDOVAL T., H., CASTRO M., J, DE LARA A., R., CASTRO M., G. *Rev biol trop mar* 52(1): 297-300, 2004.
- SORGELOOS P., BEARDMORE J. *Larviculture & Artemia Newsletter* 32: 38, 1994.
- ABREU-GROBOIS F.A. *Artemia Research and Its Applications* (Eds. Sorgeloos, P., Bengestson D.A, Declair W., Jasper E.). Universa Press, Wetteren, Belgium volume 1, pp. 61-69, 1987.
- BROWNE R., BOWEN S.T. *Handbook of Artemia Biology* (Eds. Brown, R. A., Soorgeloos, P., Trotman, C.N. Press Inc, Boca Raton. Florida (USA), pp. 221-235, 1991.
- AMAT F. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo, Branquiópodo) de España. (Ph D. Tesis). Universidad de Barcelona, Barcelona (España), pp. 251, 1979.
- AMAT F. *Inf Técn Inst Inv Pesq* 75: 3-24, 1980a.
- AMAT F. *Inf Técn Inst Inv Pesq* 44(1): 217-240, 1980b.
- AMAT F. *Inf Técn Inst Inv Pesq* 44(3): 485-503, 1980c.
- AMAT F. *Inf Técn Inst Inv Pesq* p. 60, 1985.
- HONTORIA F., AMAT F. *Journal of Plankton Research* 14(7): 949-959, 1992a.
- GAJARDO G., BEARDMORE J. *Hydrobiologia* 257: 65-71, 1993.
- HONTORIA F., AMAT F. *Journal of Plankton Research* 14 (7): 1461-1471, 1992b.
- GAJARDO G., COLIHUEQUE N., PARRAGUEZ M., SORGELOOS P. *International Journal of Salt Lake Research* 7 (2): 133-151, 1998.
- GAJARDO G., DA CONCEICAO M., WEBER L., BEARDMORE J.A. *Hydrobiologia* 302:21-29, 1995.
- CASTRO M.J., MALPICA S.A., CASTRO M.G., CASTRO B.T., DE LARA A.R. *Rev Biol Trop* 47 (Supl. 1): 99-104, 1999.
- PICCINELLI M. PRODOSCIMI T. *Classe Scienze* 102: 113-118, 1968.
- KELLOGG V.L. *Science* 24: 594-596, 1906.
- SATO N., MAYO J. Y FENNUCCI J. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 39(2): 79-92, 2004.
- GAJARDO G. *Larvi'2005*. 4th International Fish & Shellfish Larviculture Symposium. Ghent University, Belgium, September 5 - 8, Disponible en: <http://www.aquaculture.ugent.be//larvi/index.htm>
- VAN STAPPEN G. *Larvi'2005*. 4th International Fish & Shellfish Larviculture Symposium. Ghent University, Belgium, September 5-8, Disponible en: <http://www.aquaculture.ugent.be//larvi/index.htm>
- VANHAECKE P., SORGELOOS P. The Brine Shrimp *Artemia* (Eds. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels, E. Jaspers) Volumen 3, Uni-

-
- versa Press, Wetteren, Belgium, pp. 393-405, 1980.
25. ABREU-GROBOIS A., BEARDMORE J.A. **Mechanisms of Speciation**. (Ed. Barrigozzi, C). Alan. R. Liss NY (USA), pp. 345-376, 1982.
26. ABREU-GROBOIS A. **Artemia Research and Its Applications**. (Eds. Sorgeloos, P., Bengtson, D.A., Decleir, W., Jaspers, E.). Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 61-99, 1987.
27. TORRENTERA L., DODSON S.I. **J Crustacean Biol** 15(1): 86-102, 1995.
28. NEWMARK F. **Boletín Ecotrópica Ecosistemas Tropicales** 24: 11-38, 1991.
29. ALVAREZ Z., SÁNCHEZ R. **Ciencias Marinas** 20(3): 287-299, 1994.
30. BOWEN S.T., BUONCRISTIANI M.R., CARL J.R. **Hydrobiologia** 158: 201-214, 1988.