

Comparación biométrica del lóbulo frontal en poblaciones americanas de *Artemia* (Anostraca, Artemiidae)

Biometric comparison of the frontal knob in american populations of *Artemia* (Anostraca, Artemiidae)

PATRICIO R. DE LOS RIOS^{1,2} & OSCAR ZUÑIGA²

¹ Instituto de Ecología y Evolución, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile, e-mail: prios@smtp.uach.cl

² Departamento de Acuicultura, Universidad de Antofagasta, Casilla 170, Antofagasta, Chile

RESUMEN

Se compararon el diámetro del lóbulo frontal y su relación con la longitud corporal, en poblaciones de *Artemia franciscana* (Chile y Estados Unidos), *A. persimilis* (Argentina) y *Artemia* sp. (Chile), cultivadas en laboratorio bajo condiciones controladas. Se encontraron diferencias significativas en ambos parámetros entre las poblaciones de *A. franciscana* y *Artemia* sp., de Salina El Convento (Chile) y entre *A. persimilis* y *Artemia* sp. de Torres del Paine (Chile). Se discuten en el presente trabajo los factores geográficos, ecológicos y genéticos que determinaron la especiación de *Artemia* en Chile y Argentina, y como ésta se manifiesta en distintos patrones morfométricos.

Palabras clave: población, lóbulo frontal, especie, morfometría.

ABSTRACT

The frontal knob diameter and its relationship with the total body length among populations of *Artemia franciscana* (Chile and U.S.A.), *A. persimilis* (Argentina), and *Artemia* sp. (Chile), were assessed. All populations were cultured under laboratory conditions. Significant differences in both parameters between *A. franciscana* and *Artemia* sp. from Salina el Convento (Chile), and between *A. persimilis* and *Artemia* sp. from Amarga Lagoon (Chile) were recorded. Geographical, ecological and genetic aspects which affected the speciation of *Artemia* populations in Chile and Argentina, and their expression in morphometric characters are discussed.

Key words: population, frontal knob, specie, morphometry.

INTRODUCCION

El género *Artemia* (Leach, 1819) es de distribución cosmopolita y está representado a nivel mundial por seis especies (Sorgeloos et al. 1986), cuyo origen puede ser natural o por inoculación artificial de quistes, siendo el principal mecanismo de distribución y colonización de nuevos hábitats el transporte de quistes por aves migratorias (Vanhaecke & Sorgeloos 1980). En el continente americano se encuentran las especies *Artemia franciscana monica* (Verill, 1869) que es propia de Mono Lake (USA), *A. franciscana* que se encuentra en lagos carbonatados en Nebraska (USA) (Browne & Bowen 1991), *A. franciscana franciscana* (Kellog, 1906) distri-

buida ampliamente entre Estados Unidos y América del Sur y *A. persimilis* (Piccinelli & Prosdocimi, 1968) restringida solo a Argentina (Triantaphyllidis et al. 1998).

En Chile, hasta 1994, se había registrado siete poblaciones de *Artemia* que en un comienzo fueron adscritas a la especie *A. franciscana* (Amat et al. 1994b). Posteriormente en 1996, se describió otra población de *Artemia* para la cual no se determinó su especie (Campos et al. 1996). No obstante, Colihueque & Gajardo (1996), y Gajardo et al. (1998) plantearon la posibilidad de hallar *A. persimilis* en Chile. Esta última especie se creyó endémica de Argentina hasta hace pocos años atrás (Sorgeloos et al. 1986, Browne & Bowen 1991, Amat et al. 1994a). Las poblaciones de

Artemia en Chile se encuentran principalmente en lagunas y salinas artificiales costeras con salmueras ricas en cloruros, y lagos continentales ricos en sulfatos, distribuidas a lo largo de varias partes en el país, principalmente en las regiones Tarapacá y Antofagasta (Chong 1988, Zúñiga et al. 1991, Gajardo et al. 1992, Amat et al. 1994b, Zúñiga et al. 1994, Garcés et al. 1996, Garcés 1997, Gajardo et al. 1998).

Por otro lado las poblaciones argentinas de *Artemia* fueron determinadas como *A. persimilis* y se encuentran distribuidas principalmente en la provincia de la Pampa, en lagunas continentales ricas en cloruros (Amat et al. 1994a), lo que fue corroborado por Rodríguez et al. (1998) y por Triantaphyllidis et al. (1998).

Una forma de estudio que se usó para discriminar a ambas especies es el análisis comparativo de varios parámetros de la morfología corporal de adultos entre poblaciones y especies de *Artemia* (Amat 1980a, 1980b, Hontoria & Amat 1992), cuyos valores son variables para cada población ya que serían resultado de la expresión genética al interactuar con el medio ambiente (Amat 1980a, 1980b, Hontoria & Amat 1992, Correa-Sandoval & Bückle-Ramírez 1993, Zúñiga et al. 1994, Triantaphyllidis et al. 1995, 1997a, 1997b).

Una de las estructuras que en *Artemia* muestra amplia variabilidad morfométrica es el lóbulo frontal de los machos, que es un órgano que participa en la reproducción de *Artemia*. Su función es favorecer el acoplamiento con la hembra durante el proceso de apareamiento. Durante la cópula el lóbulo frontal encaja perfectamente en una depresión presente en la porción posterior del ovisaco de la hembra. De allí que su forma, tamaño y mecanismo de acople constituiría un meca-

nismo de aislamiento reproductivo entre las especies del género (Wolfe 1980, Wilson et al. 1993). No obstante, en estos dos últimos años ha sido considerado además como elemento importante en la discriminación de las especies de *Artemia* (Triantaphyllidis et al. 1997a, 1997b, 1998).

La comparación de las diferentes formas y magnitud de los lóbulos frontales podría ser un método alternativo simple para la discriminación de especies y poblaciones, lo que ha sido evaluado previamente mediante microscopía electrónica (Mura et al. 1989a, 1989b, Wilson et al. 1993). Considerando que los diferentes parámetros de morfología externa, entre ellos el lóbulo frontal, son regulados genéticamente se esperaría encontrar diferencias significativas al comparar el diámetro del lóbulo frontal y su relación con el largo total del cuerpo entre poblaciones de *Artemia*, procedentes de diferentes localidades del continente americano, mantenidas bajo condiciones de laboratorio.

En el presente trabajo se utiliza el análisis estadístico del diámetro del lóbulo frontal y su relación con el largo total del cuerpo como argumento para asignar poblaciones de *Artemia* previamente conocidas en el territorio chileno cuyo estatus taxonómico permanece incierto.

MATERIALES Y METODOS

Se compararon estadísticamente 10 poblaciones de *Artemia*, 6 de las cuales correspondieron a la especie *A. franciscana*: 1.- Great Salt Lake, Utah, Estados Unidos (Marca comercial: Mackay Marine Brine Shrimp Company.); 2.- Yape, Chile (20° 40'S, 70° 15'W); 3.- Salar de Llamara, Chile (21°

TABLA 1

Valores promedio, desviación estándar y rango del índice (DLF/LT) en diez poblaciones de *Artemia* provenientes de Chile, Argentina y Estados Unidos

Mean value, standard deviation and range of the index (DLF/LT) in ten populations of *Artemia* from Chile, Argentina and USA

Especie	Localidad	Promedio ± DE	Rango
<i>A. franciscana</i>	Yape, Chile	0,0247 ± 0,0026	0,0201-0,0305
<i>A. franciscana</i>	Salar de Llamara, Chile	0,0228 ± 0,0018	0,0188-0,0277
<i>A. franciscana</i>	Salar de Atacama, Chile	0,0237 ± 0,0023	0,0205-0,0288
<i>A. franciscana</i>	Los Vilos, Chile	0,0240 ± 0,0027	0,0192-0,0301
<i>A. franciscana</i>	Pampilla, Chile	0,0254 ± 0,0043	0,0194-0,0377
<i>A. franciscana</i>	Utah, Estados Unidos	0,0225 ± 0,0024	0,0162-0,0271
<i>A. persimilis</i>	Salinas de Hidalgo, Argentina	0,0378 ± 0,0195	0,0195-0,0481
<i>A. persimilis</i>	La Colorada Chica, Argentina	0,0393 ± 0,0040	0,0312-0,0487
<i>Artemia</i> sp.	Salina el Convento, Chile	0,0215 ± 0,0034	0,0137-0,0275
<i>Artemia</i> sp.	Torres del Paine, Chile	0,0313 ± 0,0036	0,0244-0,0407

18°S, 69° 37'W); 4.- Salar de Atacama, (Laguna Chaxas), Chile (23° 02' S, 68° 13' W); 5.- Los Vilos, Chile (31° 51' S, 71° 25' W); 6.- Pampilla, Chile (29° 50' S, 71° 22' W). Dos poblaciones correspondieron a *A. persimilis*: 7.- La Colorada Chica, Argentina (38° 23' S, 63° 36' W); 8.- Salinas de Hidalgo, Argentina (37° 13' S, 63° 26' W). A este análisis se incorporaron dos poblaciones chilenas de *Artemia* recientemente localizadas, una colectada en una salina artificial localizada en el litoral central llamada Salina El Convento (33° 52' S, 71° 44' W), y la otra procedente de un lago carbonatado endorreico con exceso de sulfatos denominado Laguna Amarga al interior del Parque Nacional Torres del Paine (50° 29' S, 72° 45' W) que fue descrito por Campos et al. (1996).

Las poblaciones chilenas y sus biotopos fueron descritas por Amat et al. (1994b) y Gajardo et al.

(1995, 1998). Las de Argentina fueron estudiadas por Amat et al. (1994a).

Se obtuvieron quistes en laboratorio de las poblaciones estudiadas y fueron cultivados en condiciones estándar de laboratorio en estanques rectangulares de fibra de vidrio de 80 l. (iluminación por tubos fluorescentes de 40 watts, fotoperiodo 14:10 = Luz : Oscuridad, 80 ± 5 ‰ salinidad, 25 ± 2 °C de temperatura y alimentación con microalga *Dunaliella salina* suministrada diariamente ad libitum). De estas subpoblaciones se tomaron 30 machos maduros, los cuales fueron anestesiados previamente por inmersión en una solución al 2 % de cloroformo en agua de mar. Enseguida con una lupa estereoscópica provista de ocular graduado se midió en cada individuo el largo total (LT, µm) y el diámetro del lóbulo frontal derecho (DLF µm). Ambas dimensiones

TABLA 2

Valores de "q" obtenidos por aplicación de la prueba a posteriori de Tukey a la comparación del valor promedio del índice DLF/LT entre diez poblaciones de *Artemia*. Valores "q" iguales o mayores a 3,261 denotan diferencia significativa entre las poblaciones estudiadas (n.s: no significativo; *: significativo, P < 0,05)

"q" values obtained by applying Tukey test to the comparison of mean values of index DLF/LT among ten populations of *Artemia*. "q" values equals or higher than 3.261 indicate significant difference between compared populations. (n.s: insignificant difference; *: significant difference, P < 0.05)

	<i>A. franciscana</i>					<i>A. persimilis</i>		<i>Artemia</i> sp.	
	Salar de Llamara	Salar de Atacama	Los Vilos	Pampilla	Utah	Salinas de Hidalgo	La Colorada Chica	Salina El Convento	Torres del Paine
Yape	n.s (2,664)	n.s (1,317)	n.s (0,833)	n.s (0,251)	n.s (2,652)	*	*	*	*
	Salar de Llamara	n.s (1,347)	n.s (1,831)	n.s (2,916)	n.s (0,012)	*	*	n.s (0,889)	*
		Salar de Atacama	n.s (0,547)	n.s (1,632)	n.s (1,271)	*	*	n.s (2,236)	*
			Los Vilos	n.s (1,084)	n.s (1,818)	*	*	n.s (2,783)	*
				Pampilla	n.s (2,093)	*	*	n.s (3,868)	*
					Utah	*	*	n.s (0,965)	*
						Salinas de Hidalgo	n.s (0,919)	*	n.s (2,130)
							La Colorada Chica	*	n.s (3,049)
								Salina El Convento	*

permitieron calcular, para cada individuo, el índice entre el diámetro del lóbulo frontal y su largo total (DLF/LT), procedimiento adaptado de Correa-Sandoval & Bückle-Ramírez (1993).

Para confrontar las poblaciones de *Artemia* el diámetro del lóbulo frontal y el índice DLF/LT se analizaron estadísticamente mediante las pruebas no paramétrica de Kruskal-Wallis y de comparaciones múltiples de Tukey ($P < 0,05$) según Zar (1984) empleando el programa Statistica V. 5.0. Además, se aplicó un análisis de conglomerados basado en el método de UPGM, con distancia al cuadrado de Euclides para determinar el grado de distanciamiento entre las poblaciones.

RESULTADOS

El análisis no paramétrico Kruskal-Wallis de los índices obtenidos (Tablas 1 y 2) permite visualizar diferencias estadísticas entre las poblaciones estudiadas (T observado = 140,064; $P < 0,001$). Al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey se distinguen dos grupos principales, el primero formado por *A. franciscana* y *Artemia* sp., de Salina El Convento cuyos índices variaron entre $0,0215 \pm 0,0034$ (población de Salina El

Convento) y $0,0254 \pm 0,0043$ (población de Pampilla), y el segundo que agrupa a las poblaciones *A. persimilis* incluyendo a la de Torres del Paine de Chile con variación de los índices entre $0,0313 \pm 0,0036$ (localidad Torres del Paine) y $0,0393 \pm 0,0040$ (sitio La Colorada Chica).

El diámetro del lóbulo frontal difirió significativamente (T observado = 140,064; $P < 0,001$) entre las poblaciones de *A. franciscana* y *A. persimilis* (Tablas 3 y 4). *Artemia* sp. de Torres del Paine ($DLF = 301,5 \pm 40,55$ mm) no difirió significativamente de las poblaciones de *A. persimilis* de Salinas de Hidalgo ($DLF = 293,5 \pm 54,23$ mm) y La Colorada Chica ($DLF = 312,5 \pm 35,46$ mm). Algunas de las poblaciones chilenas de *A. franciscana* registraron diferencias estadísticamente significativas con la de Utah ($DLF = 162,6 \pm 24,29$ mm), a pesar de pertenecer a la misma especie (Tabla 4). Finalmente *Artemia* sp., de Salina El Convento ($DLF = 148,2 \pm 26,36$ mm) tuvo similitud solo con *A. franciscana* de Utah (Tabla 4).

El análisis del dendrograma (Fig. 1) permite ratificar la existencia de dos grupos principales formados por poblaciones de *A. franciscana* y de *A. persimilis*. En el primer grupo se encuentra un subconjunto formado por las poblaciones de Yape,

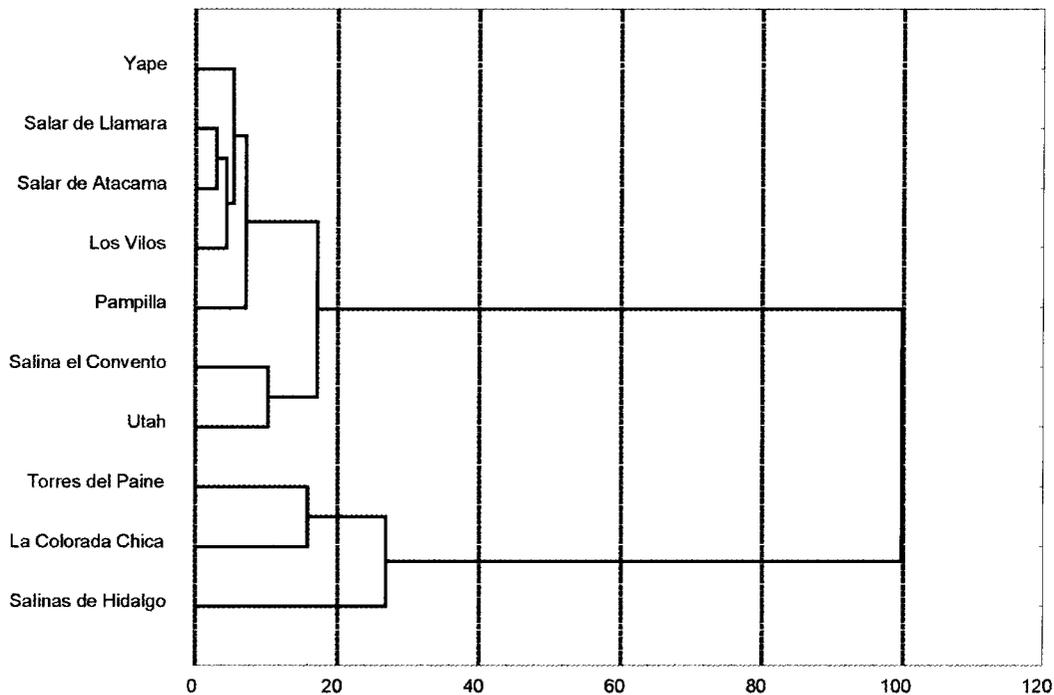


Fig. 1. Agrupación de diez poblaciones de *Artemia* de acuerdo al valor promedio del índice DLF/LT y del diámetro del lóbulo frontal (DLF)(UPGM).

Cluster analysis of ten populations of *Artemia* in relation to the mean value of DLF/LT index and frontal knob diameter (DLF)(UPGM).

TABLA 3

Valores promedio (mm), desviación estándar y rango del diámetro del lóbulo frontal derecho (DLF) en diez poblaciones de *Artemia* provenientes de Chile, Argentina y Estados Unidos

Mean value (mm), standard desviation and range of the right frontal knob diameter (DLF) in ten populations of *Artemia* from Chile, Argentina and USA

Especie	Localidad	Promedio \pm DE	Rango
<i>A. franciscana</i>	Yape, Chile	211,0 \pm 15,99	173,0-259,5
<i>A. franciscana</i>	Salar de Llamara, Chile	194,3 \pm 17,99	173,0-224,9
<i>A. franciscana</i>	Salar de Atacama, Chile	196,6 \pm 21,54	138,4-224,9
<i>A. franciscana</i>	Los Vilos, Chile	183,9 \pm 15,39	155,7-207,6
<i>A. franciscana</i>	Pampilla, Chile	198,9 \pm 29,35	138,4-259,5
<i>A. franciscana</i>	Utah, Estados Unidos	162,6 \pm 24,29	103,8-207,6
<i>A. persimilis</i>	Salinas de Hidalgo, Argentina	293,5 \pm 54,23	121,1-363,3
<i>A. persimilis</i>	La Colorada Chica, Argentina	312,5 \pm 35,46	224,9-397,9
<i>Artemia</i> sp.	Salina el Convento, Chile	148,2 \pm 26,36	86,5-190,0
<i>Artemia</i> sp.	Torres del Paine, Chile	301,5 \pm 40,55	207,6-380,6

TABLA 4

Valores de “q” obtenidos por aplicación de la prueba a posteriori de Tukey a la comparación del valor promedio del diámetro del lóbulo frontal derecho (DLF) entre diez poblaciones de *Artemia*. Valores “q” iguales o mayores a 3,261 denotan diferencia significativa entre las poblaciones estudiadas (ns: no significativo; *: significativo, $P < 0,05$)

“q” values obtained by applying Tukey test to the comparision of mean values of right frontal knob diameter (DLF) among ten populations of *Artemia*. “q” values equals or higher than 3.261 indicate significant difference between compared populations. (ns: unsignificat difference; *: significant difference, $P < 0.05$)

	<i>A. franciscana</i>			<i>A. persimilis</i>		<i>Artemia</i> sp.			
	Salar de Llamara	Salar de Atacama	Los Vilos	Pampilla	Utah	Salinas de Hidalgo	La Colorada Chica	Salina El Convento	Torres del Paine
Yape	ns (2,585)	ns (2,120)	* (4,227)	ns (1,991)	* (6,740)	* (4,714)	* (5,905)	* (7,947)	* (5,415)
	Salar de Llamara	ns (0,465)	ns (1,641)	ns (0,594)	ns (4,154)	* (7,300)	* (8,491)	* (5,361)	* (8,001)
		Salar de Atacama	ns (2,106)	ns (0,129)	ns (4,620)	* (6,835)	* (8,026)	* (5,827)	* (7,536)
			Los Vilos	ns (2,236)	ns (2,512)	* (8,942)	* (10,133)	* (3,720)	* (9,643)
			Pampilla	* (4,749)	* (6,705)	* (7,897)	* (5,926)	* (7,406)	* (12,156)
				Utah	* (11,455)	ns (12,646)	* (1,207)	* (13,853)	* (13,853)
					Salinas de Hidalgo	ns (1,191)	* (12,662)	ns (0,700)	ns (0,490)
						La Colorada Chica	* (13,853)	* (13,853)	* (13,853)
							Salina El Convento	* (13,853)	

Llamara, Los Vilos, Salar de Atacama y Pampilla. Dentro de éste se incluyen tres poblaciones de origen marino (Yape, Pampilla, y Los Vilos). Por otro lado, se distancian del conglomerado principal las poblaciones de Utah y Salina El Convento. Finalmente, las poblaciones argentinas de *A. persimilis* se agrupan cercanamente entre sí incluyendo la proveniente de Torres del Paine.

DISCUSION

Este método de discriminación de especies por medio del análisis de la morfología corporal de los adultos es de uso muy frecuente en estudios de *Artemia* (Amat 1980a, 1980b). Este método se basa en que la expresión fenotípica del genotipo de las poblaciones está condicionado por el medio ambiente (Vanhaecke & Sorgeloos 1980, Browne & Bowen 1991, Lenz & Browne 1991, Hontoria & Amat 1992, Correa-Sandoval & Bückle-Ramírez 1993, Zúñiga et al. 1994, Pilla & Beardmore 1994, Amat et al. 1995, Torrentera & Dodson 1995, Zúñiga & Wilson 1996, Triantaphyllidis et al. 1995, 1997a, 1997b). Sin embargo, en algunos casos no hay correspondencia entre diferencias corporales e información genética (Pilla & Beardmore 1994). La aplicación de este método sirve para discriminar con certeza a poblaciones de *A. franciscana* y *A. persimilis* (Hontoria & Amat 1992).

Se ha constatado que los lóbulos frontales difieren entre especies y poblaciones tanto microscópicamente (Triantaphyllidis et al. 1995, 1998, Torrentera & Dodson 1995) como por su ultraestructura celular (Mura et al. 1989a, 1989b, Mura 1990, Wilson et al. 1993, Torrentera & Dodson 1995). Los resultados del análisis microscópico del lóbulo frontal de *A. franciscana* y *A. persimilis* muestran que ambos tienen la forma subsférica descrita para especies americanas por Mura et al. (1989a, 1989b). Sin embargo, existen diferencias marcadas entre ellas en cuanto al tamaño, siendo éste mayor en *A. persimilis*.

Según Amat et al. (1994a, 1994b) las poblaciones de *Artemia* que se encuentran en Chile corresponden a *A. franciscana* y las de Argentina a *A. persimilis*. No obstante Colihueque & Gajardo (1996) registraron *A. persimilis* en dos localidades chilenas en las cuales se había indicado la presencia de *A. franciscana* (Gajardo & Beardmore 1993, Gajardo et al. 1995), lo que fue corroborado para una de estas poblaciones por Gajardo et al. (1998). Esta información, aparentemente contradictoria, planteó dudas acerca de si en las localidades mencionadas coexisten en simpatria ambas especies de *Artemia* o existe un problema de

determinación taxonómica de estas poblaciones sobre la base de argumentos no compatibles de análisis (cariotipo v/s isoenzimas v/s morfometría de adultos). Ambas especies son bisexuales y considerando su corto ciclo de vida presentan la posibilidad de variar su información genética a través de sucesiones generacionales (Abreu-Grobois 1987, Barigozzi 1989, Browne & Bowen 1991). Tal mecanismo las favorece como potenciales colonizadoras de nuevos ambientes, lo que ha sido demostrado al comparar sobrevivencia, fecundidad y crecimiento de *A. franciscana* en relación a especies del continente europeo (Triantaphyllidis et al. 1995). Las poblaciones de ambas especies analizadas del cono sur de América del Sur, mencionadas en el presente trabajo, tendrían tal vez las mismas ventajas. La inexistencia de referencias acerca de casos de coexistencia de éstas en un mismo hábitat o territorio se debería quizás a mecanismos de dominancia de una sobre otra que se puedan expresar en la fecundidad o facilidad para alterar su proceso reproductivo (ovoviviparismo u oviparismo). Además, en la existencia de barreras geográficas como la Cordillera de los Andes que no facilita el intercambio de quistes a través de la migración de aves. Aunque existe información que aves típicas de ambientes salobres, como son los flamencos, migran de uno a otro lado de la cordillera para la nidificación lo cual posibilitaría el transporte de quistes (Amat et al. 1994a, 1994b).

La población de *Artemia* sp., de Salina El Convento (33° 52' S) mostró similitud del índice DLF/LT con *A. franciscana*. Ello sería explicable debido a su relativa cercanía al área de distribución de ésta especie en territorio chileno que comprende de norte a sur entre 18° 48' S (Salar de Surire) y 31° 58' S (Los Vilos), (Amat et al. 1994b, Colihueque & Gajardo 1996, Gajardo et al. 1998).

La población de *Artemia* más austral, tanto en Chile como a nivel mundial, se registró en Torres del Paine, ubicada a 3000 kilómetros de distancia de la localidad chilena más cercana donde se ha encontrado *A. franciscana*. De acuerdo a los trabajos de Amat et al. (1994a, 1994b) sería esperable que ésta, tenga mayor similitud con *A. franciscana* que con *A. persimilis*. Los resultados obtenidos del análisis de características morfométricas permiten afirmar que *Artemia* de Torres del Paine es probablemente una población austral de *A. persimilis*, resultado similar a los encontrados por Gajardo et al. (1998) y Gajardo et al. (en prensa). En el extremo sur de América desaparece la Cordillera de los Andes y existe un vasto territorio estepario sin barreras físicas notorias entre Chile y Argentina. En consecuencia, no hay ma-

por aislamiento entre las especies *A. franciscana* de Chile y *A. persimilis* de Argentina, de tal forma que el movimiento de aves migratorias, cursos de aguas, deshielos y vientos pueden servir como potenciales transportadores de quistes y facilitar nuevas colonizaciones (Gajardo et al. 1998)

El análisis de conglomerados muestra un evidente distanciamiento entre las poblaciones de *A. franciscana* y *A. persimilis* ratificando el análisis estadístico preliminar del índice DLF/LT. Además, demuestra claramente que la población de Torres del Paine se asimila a *A. persimilis*.

Los resultados obtenidos demuestran la validez de la utilización de la medición del diámetro del lóbulo frontal y del índice diámetro del lóbulo frontal en relación al largo total para discriminar adecuadamente a las poblaciones de *A. franciscana* y *A. persimilis*. Incluso facilita visualizar su grado de distanciamiento genético de las poblaciones lo que coincide con resultados obtenidos por Gajardo et al. (1995, 1998). Sin embargo, la metodología empleada debe ser reforzada con análisis de otras relaciones morfométricas, como aquellas propuestas por Amat (1980a) y estudios genéticos como los realizados por Gajardo et al. (1995) y Colihueque & Gajardo (1996).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Paulina Gebauer, del Dr. Carlos Jara, de la Dra. Doris Soto, del Dr. José Arenas, (Universidad Austral de Chile) y del Dr. Francisco Amat (Instituto de Acuicultura Torres de la Sal, España) por sus críticas importantes a presente trabajo; y a Christian Quinteros (Universidad de Antofagasta) por su valioso aporte en el trabajo de laboratorio. El presente fue financiado por el Programa de Cooperación Científica con Iberoamérica.

LITERATURA CITADA

- ABREU-GROBOIS FA (1987) A review of genetics of *Artemia*. En: Sorgeloos P, D Bengtson, W Decler, & E Jaspers (eds) *Artemia*, Research and its applications. Vol. 1: Morphology, genetics, strain characterization, toxicology: 61-99. Universa Press, Wetteren, Belgium.
- AMAT F (1980a) Differentiation in *Artemia* strains from Spain. En: Persoone G, P Sorgeloos, O Roels, & E Jaspers (eds) *Artemia: Research and its applications*. Vol. 1: Morphology, genetics, radiobiology, toxicology: 19-39. Universa Press Wetteren, Belgium.
- AMAT F (1980b) Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* (Crustáceo, Branquiópodo) de España. II. Incidencia de la salinidad en la morfología y desarrollo. *Investigación Pesquera* 44: 485-503.
- AMAT F, F HONTORIA, JC NAVARRO, R COHEN & S RODRIGUEZ (1994a) Aproximación preliminar a la distribución del género *Artemia* (especie *persimilis*) en Argentina. Provincia de Buenos Aires y La Pampa. Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura. "Acuicultura y Desarrollo Sustentable": 73-83. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- AMAT F, F HONTORIA, O ZUÑIGA & R WILSON (1994b) Localización y caracterización de poblaciones chilenas del crustaceo *Artemia*. Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura. "Acuicultura y Desarrollo Sustentable": 84-99. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- AMAT F, C BARATA, & F HONTORIA (1995) A mediterranean origin for the Veldrif (South Africa) *Artemia* Leach population. *Journal of Biogeography* 22: 49-59.
- BARIGOZZI C (1989) Cytogenetics and speciation of the Brine-Shrimp *Artemia*. *Atti Accademy nazional Lincei memorie*. 19: 57-96.
- BROWNE RA & ST BOWEN (1991) Taxonomy and populations genetics of *Artemia*. En: Browne R, P Sorgeloos & C Trotman (eds) *Artemia* biology: 221-235. CRC Press Boca Raton Florida, EEUU.
- CAMPOS H, D SOTO, O PARRA, W STEFFEN & G AGÜERO (1996) Limnological studies of Laguna Amarga, Chile: a saline lake in Patagonian South America. *Journal of Salt Lake Research* 4: 301-314.
- CHONG G (1988) The cenozoic saline deposits of the Chilean Andes between 18°00' & 27°00' south latitude. En: Balhburg H, Ch Breitkreuz, & P Giese (eds) *Lecture Notes on Earth Sciences* 17: 137-151.
- COLIHUEQUE N & G GAJARDO (1996) Chromosomal analysis in *Artemia* populations from South America. *Citobios* 88: 141-188.
- CORREA-SANDOVAL F & LF BÜCKLE-RAMIREZ (1993) Morfología y biometría de cinco poblaciones de *Artemia franciscana* (Anostraca, Artemiidae). *Revista de Biología Tropical* 44: 103-110.
- GAJARDO GM, R WILSON & O ZUÑIGA (1992) Report on the occurrence of *Artemia* in a saline deposit of the Chilean Andes (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana* 63: 169-174.
- GAJARDO GM & JA BEARDMORE (1993) Electrophoretic evidence suggests that the *Artemia* found in the Salar de Atacama, Chile, is *A. franciscana* Kellog. *Hydrobiologia* 257: 65-71.
- GAJARDO G, M DA CONCEICAO, L WEBER & JA BEARDMORE (1995) Genetic variability and interpopulational differentiation of *Artemia* strains of South America. *Hydrobiologia* 302: 21-29.
- GAJARDO G, N COLIHUEQUE, M PARRAGUEZ & P SORGELOOS (1998) International study on *Artemia*. VIII. Morphologic differentiation and reproductive isolation of *Artemia* populations from South America. *International Journal of Salt Lake Research* 7: 133-151.

- GAJARDO G, C MERCADO, JA BEARMORE & P SORGELOOS (en prensa) International Study on *Artemia*. LX. Allozyme suggest that a new *Artemia* population in southern Chile (50°29'S; 73°34'W) is *A. persimilis*. *Hydrobiologia*.
- GARCESI (1997) Caracterización química y mineralógica del salar de Llamara (Chile), sistema Na-Cl-SO₄. *Innovación* 9: 14-24.
- GARCESI I, LAUQUE & G CHONG (1996) Modelación de salmueras naturales: aplicación geoquímica a lagos salinos del norte de Chile. *Innovación* 8: 60-70.
- HONTORIA F & F AMAT (1992) Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca). *Journal of Plankton Research* 14: 1461-1471.
- LENZ PH & RA BROWNE (1991) Ecology of *Artemia*. En: Browne R, P Sorgeloos, & C Trotman (eds) *Artemia* biology: 237-253. CRC Press Boca Raton Florida, EEUU.
- MURA G, L DEL CALDO & A FANFANI (1989a) Sibling species of *Artemia*: a light and electron microscopic survey of the frontal knobs. Part I. *Journal of Crustacean Biology* 9: 414-419.
- MURA G, L DEL CALDO & A FANFANI (1989b) Sibling species of *Artemia*: a light and electron microscopic survey of the frontal knobs. Part II. *Journal of Crustacean Biology* 9: 420-424.
- MURA G (1990) *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Lymington, England: frontal knob morphology by scanning electron microscopy. *Journal of Crustacean Biology* 10: 364-368.
- PILLA EJS & JA BEARMORE (1994) Genetic and morphologic differentiation in old world bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp). *Heredity* 72: 47-56.
- RODRIGUEZ GIL S, AG PAPERESI & RG COHEN (1998) Mitotic and meiotic chromosomes of *Artemia* (Branchiopoda) from populations of La Pampa province, Argentina. *Journal of Crustacean Biology* 18: 36-41.
- SORGELOOS P, P LAVENS, P LEGER, W TACKAERT & D VERSICHELE (1986) Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. Prepared for the Belgian Administration for Development Cooperation. The Food and Agricultural Organization of the United Nations. State University of Ghent, Belgium. Faculty of Agriculture. 319 pp.
- TRIANANTAPHYLLIDIS GV, K POULOPOULOU, TJ ABATZOPOULOS, CA PINTO-PEREZ & P SORGELOOS (1995) International study on *Artemia* XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive, and lifespan characteristics of a bisexual *Artemia*. *Hydrobiologia* 302: 215-227.
- TRIANANTAPHYLLIDIS GV, GRJ CRIEL, TJ ABATZOPOULOS, KM THOMAS, J PELEMAN, JA BEARMORE & P SORGELOOS (1997a) International study on *Artemia* LVII. Morphological and molecular characters suggest conspecificity of all bisexual European and North African *Artemia* populations. *Marine Biology* 129: 477-487.
- TRIANANTAPHYLLIDIS GV, GRJ CRIEL, TJ ABATZOPOULOS & P SORGELOOS (1997b) International study of *Artemia*. LIII. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. I. Bisexual populations. *Hydrobiologia*: 357: 139-153.
- TRIANANTAPHYLLIDIS GV, TJ ABATZOPOULOS & P SORGELOOS (1998) A review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of Biogeography* 25: 213-226.
- TORRENTERA L & S DODSON (1995) Morphological diversity of populations of *Artemia* (Branchiopoda) in Yucatan. *Journal of Crustacean Biology* 15: 86-102.
- VANHAECKE P & P SORGELOOS (1980) International study on *Artemia*. IV. The biometric of *Artemia* strains from different geographical origins. En: Persoone G, P Sorgeloos, O Roels, & E Jaspers (eds) *The Brine-Shrimp Artemia*. Vol. 3: Ecology, culture, and use in Aquaculture: 393-405. Universa Press, Wetteren, Belgium.
- WILSON R, O ZUÑIGA & R RAMOS (1993) Estudio comparativo de la morfología del lóbulo frontal de cuatro poblaciones chilenas de *Artemia* sp. con microscopía electrónica de barrido. *Estudios Oceanológicos* 12: 13-16.
- WOLFE AF (1980) A light and electronic microscopic study of the frontal knob of *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda). En: Persoone G, P Sorgeloos, O Roels, & E Jaspers (eds) *Artemia: Research and its applications*. Vol. 1: Morphology, genetics, radiobiology, toxicology: 117-130. Universa Press, Wetteren, Belgium.
- ZAR J (1984) *Biostatistical analysis*. Second Edition. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, N.J. 475 pp.
- ZUÑIGA LR, V CAMPOS, H PINOCHET & B PRADO (1991) A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile. *Hydrobiologia* 210: 19-24.
- ZUÑIGA O, R WILSON, R RAMOS, E RETAMALES & L TAPIA (1994) Ecología de *Artemia franciscana* en la Laguna Cejas, Salar de Atacama (Chile). *Estudios Oceanológicos* 13: 71-84.
- ZUÑIGA O, & R WILSON (1996) Variabilidad interpoblacional de *Artemia franciscana* cultivadas en condiciones estándar: biometría, parámetros reproductivos y perfil de ácidos grasos. *Estudios Oceanológicos (Chile)* 15: 51-60.