

Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad

Kyung S. Chung

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela. Telefax: (58) 93-516790, Tel.: (58) 93-515283, Correo electrónico: kchung@telcel.net.ve

Recibido 29-IX-1999. Corregido 28-VI-2000. Aceptado 31-VII-2000.

Abstract: Physiological response of tropical organisms to salinity changes was studied for some marine, estuarine and freshwater fishes (*Astyanax bimaculatus*, *Petenia karussii*, *Cyprinodon dearborni*, and *Oreochromis mossambicus*), marine and freshwater crustaceans (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schmitti* and *Macrobrachium carcinus*), and marine bivalves (*Perna perna*, *Crassostrea rhizophorae*, and *Arca zebra*) collected from North-east Venezuela. They were acclimated for four weeks at various salinities, and (1) placed at high salinities to determine mean lethal salinity, (2) tested by increasing salinity 5 ‰ per day to define upper lethal salinity tolerance limit, or (3) observed in a saline gradient tank to determine salinity preference. Acclimation level was the most significant factor. This phenomenon is important for tropical aquatic organisms in shallow waters, where they can adapt to high salinity during the dry season and cannot lose their acclimation level at low salinity during abrupt rain. For saline adaptation of tropical organisms, this behavior will contribute to their proliferation and distribution in fluctuating salinity environments.

Key words: Salinity adaptability, salinity tolerance, salinity preference.

La adaptabilidad a cambios de salinidad en los organismos acuáticos está influenciada por varios parámetros abióticos y bióticos (Hutchison 1976, Chung 1994a). La salinidad y la temperatura de aclimatación son factores claves en la respuesta fisiológica de los organismos acuáticos tropicales (Segnini & Chung 1989, 1991, Azuaje & Chung 1993, Chung & Méndez 1993, Chung 1990, 1994b, 1995). Esta aclimatación es más conveniente en el descenso que en el aumento de salinidad (Chung 1990); al contrario de la adaptación térmica (Segnini & Chung 1991, Segnini *et al.* 1993, Chung 1981, 1996). El objetivo de este trabajo es estudiar y resumir los efectos de salinidad sobre la tolerancia, adaptabilidad y preferencia de algunos peces (eurihalinos, oligohalinos y

polihalinos), crustáceos y bivalvos tropicales de la zona nororiental de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se capturaron peces tropicales oligohalinos (querepe, *Astyanax bimaculatus* y sardina de río, *Petenia karussii*), polihalinos (petota, *Cyprinodon dearborni*) y eurihalinos (tilapia, *Oreochromis mossambicus*), moluscos (mejillón, *Perna perna*, ostra de mangles, *Crassostrea rhizophorae* y pepitona, *Arca zebra*) y crustáceos (camarón rosado, *Penaeus brasiliensis*, camarón blanco, *Penaeus schmitti* y camarón de río, *Macrobrachium carcinus*) en el Golfo de Cariaco, La Laguna de Los Patos,

Río Los Bordonos y Río Manzanares, Estado Sucre y en La Laguna Restinga, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela (Chung 1980, 1985, 1990, 1994, Graziani *et al.* 1993, 1995). Se aclimataron los organismos en el laboratorio durante cuatro semanas a varias temperaturas entre 22 y 35°C, que representan las temperaturas mínima y máxima durante todo el año en los ambientes naturales para la región nor-oriental. Se colocaron 20 organismos aclimatados de cada especie en varias salinidades (entre 2 y 96 ‰) para determinar la resistencia salina. De otros grupos aclimatados a baja salinidad de 2 ‰, 70 animales fueron sometidos a un incremento en la salinidad de 5 ‰ por día, para determinar el límite de salinidad letal alta, el máximo salino crítico (Segnini & Chung 1989, Azuaje & Chung 1993, Chung 1994b). Las larvas y juveniles de los crustáceos (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schmitti*, y *Macrobrachium carcinus*) aclimatados en diversas

salinidades, se colocaron en numero de 10-20 larvas o juveniles al tanque de gradiente salino sin barrera para determinar la preferencia de salinidad durante el desarrollo larval (Chung 1980, Azuaje & Chung 1993, Graziani *et al.* 1993, 1995). Los tiempos de resistencia térmica en diferentes salinidades fueron obtenidos, colocando los organismos aclimatados en alta temperatura letal, y los resultados fueron analizados mediante ANOVA de una vía.

RESULTADOS

Se determinó que el nivel de aclimatación fue la causa de mayor influencia en la tolerancia salina de los peces. Así mismo, se descubrió que el tipo del cambio (gradual o brusco) fue un factor importante para la tolerancia a la salinidad y el máximo salino crítico (Cuadros 1 y 2).

CUADRO 1

Total acumulativo de Cyprinodon dearborni muertos por cambios bruscos de salinidad durante 16 días

TABLE 1

Total Cyprinidon dearborni dead by sudden salinity changes for 16 days (cumulative)

Salinidad (‰)	Tiempo							
	1 hr	2 hr	4 hr	8 hr	14 hr	24 hr	36 hr	16 día
2	0	0	0	0	0	0	0	0
35-55	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	2	2	8	10	10
75	0	6	12	20				
85	2	18	20					
95	20							

N = 20 peces/ensayo. Modificado de Chung 1982.

CUADRO 2

Total acumulativo de Cyprinodon dearborni muertos por cambios graduales de salinidad.

TABLE 2

Total Cyprinidon dearborni dead by gradual salinity changes (cumulative).

Día	0	1	2	...	17	18	19	20	21	22	23
Salinidad (‰)	2	7	12	...	87	92	97	102	107	112	117
Individuos muertos	0	0	0	...	1	2	2	2	10	45	58

N = 70 peces/ensayo. Modificado de Chung 1982.

El cambio gradual permitió que *Cyprinodon dearborni* pudiera tolerar más de 100 ‰ y menos de 65 ‰ por el cambio brusco. El orden de sensibilidad general de los peces sometidos a alta temperatura fue de los oligohalinos (los peces de agua dulce), los polihalinos (las espe-

cies de agua de mar) y los eurihalinos (los organismos aclimatados en amplios rangos de salinidad). El querepe, *Astyanax bimaculatus* sometidos a alta temperatura resistieron mas tiempo en agua salada de 4 ‰ que en agua dulce (Cuadro 3).

CUADRO 3

Tiempos de resistencia térmica de Astyanax bimaculatus aclimatada durante cuatro semanas a 23°C en agua dulce y 4 ‰ de salinidad, y luego expuesta a las temperaturas experimentales de 36.6 y 37.5°C, y resultados de ANOVA

TABLE 3

Thermal resistance times for Astyanax bimaculatus acclimated for four weeks at 23°C in freshwater and 4 ‰ salinity, and then exposed to experimental temperatures of 36.6 and 37.5°C, and results of ANOVA

Sal	Temp	Ámbito	Med	Resistencia (min)		pH	Longitud (mm)	Peso (g)
				Promedio	O ₂			
0	36.5	24.4 – 88.5	45.6	***50.6 ± 22.2	7.8	7.1	77.8 ± 19.6	12.3 ± 9.4
0	37.5	16.6 – 32.1	27.2	** 26.2 ± 05.0	7.2	7.2	79.3 ± 11.1	11.3 ± 6.3
4	36.5	56.9 – 460.1	126.6	***185.4 ± 15.2	6.4	7.3	74.8 ± 17.1	11.3 ± 8.2
4	37.5	16.3 – 45.1	34.8	** 31.9 ± 10.2	5.9	7.3	80.0 ± 16.8	11.8 ± 7.0

N = 20 peces/ensayo. Modificado de Chung 1994.

Sal: Salinidad (‰)

Temp: Temperatura de prueba (°C)

Med: Mediana

O₂ : Oxígeno disuelto, ppm

***: p < 0.001 (0 vs 4 ‰ en 36.5°C: 36.5 vs 37.5°C en 4 ‰)

**: p < 0.001 (0 vs 4 ‰ en 37.5°C: 36.5 vs 37.5 °C en 0 ‰)

Los moluscos adaptados en el estado estenohalino, la pepitona *Arca zebra*, fueron menos resistentes que los aclimatado en el estado eurihalino, el mejillón *Perna perna* y la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*. Las concentraciones letales salinas bajas y altas, míni-

mas y máximas salinas críticas durante 96 horas, que causaron el 50% de la mortalidad de los organismos, fueron 26 y 50 ‰ para la pepitona y 12 y 68 ‰ para el mejillón. El ostión de mangle sobrevivió en el agua dulce a 84 ‰ de salinidad durante 96 horas. El proceso de

aclimatación salina fue afectado severamente en el ascenso salino (desde baja a alta salinidad), pero no afectó mucho en descenso salino (desde alta a baja salinidad) (Cuadros 1 y 2). Las larvas de los camarones blanco y rosado (*Penaeus schmitti* y *Penaeus brasiliensis*) aclimatadas en diversas salinidades, escogieron las bajas salinidades (desde 5 hasta 25 ‰), cuando fueron sometidos en el tanque de gradiente salina sin barreras. Por el contrario, las larvas de *Macrobrachium* colocados en gradiente salino, seleccionaron su preferencia por la salinidad baja (5-15 ‰) durante el desarrollo larval; sin embargo, los juveniles y pre-adultos cambiaron su preferencia a salinidades más bajas (0-5 ‰).

DISCUSIÓN

El nivel de aclimatación causó mayor influencia en la tolerancia de salinidad de los organismos. También, el tipo del cambio, gradual o brusco, afectó la tolerancia a la salinidad y el máximo salino crítico (Cuadros 1 y 2). El cambio gradual les permitió a *Cyprinodon dearborni* tolerar más de 100 ‰. Al contrario, los peces no toleraron más de 65 ‰ por el cambio brusco. Así se puede observar que los tiempos de resistencia salina aumentaron a medida de que se incrementaba la salinidad de aclimatación. Este fenómeno confirmó que la tolerancia de salinidad de los organismos acuáticos es significativamente afectada por la salinidad de aclimatación (Chung 1982, 1990). Es interesante notar que, la especie de agua dulce, el querepe, *Astyanax bimaculatus*, aclimatados en el agua salda de 4 ‰ resistieron mucho más tiempo, que los aclimatados en el agua dulce, cuando fueron expuestos a las temperaturas letales altas, posiblemente debido a menor presión osmótica en el agua salada. También la temperatura de preferencia final de *Petenia karussii* aclimatado en 5-15 ‰ de salinidad fue ligeramente más alto que el pez aclimatado en el agua dulce (Segnini & Chung 1989).

La ostra, experimentada en ambiente eurihalino (amplias salinidades) fue más resistente que la pepitona o el mejillón, que las adaptadas

en estenohalino (pocas variedades de salinidad), demostrando que el nivel de aclimatación es un factor significativo (Chung 1983). Este fenómeno es muy importante en los organismos acuáticos que residen en las aguas someras de lagunas costeras temporales, lagos, bocas del río, estuarios, etc., permitiéndoles aclimatarse a altas salinidades durante el período seco y a no perder su nivel de aclimatación durante la época de lluvia. Este comportamiento les ayuda a resistir cambios bruscos de salinidad en ambientes naturales tropicales en el flujo del agua de río a estuarios y/o durante la época de lluvia. Esta adaptabilidad contribuye a la distribución de los organismos de las aguas saladas a través de la adaptación salina de los organismos tropicales (Chung 1989, 1994b).

Las larvas de peneidos escogieron bajas salinidades en el tanque gradiente de salinidad (Chung 1980, Azuaje y Chung 1993). Esta respuesta fisiológica implica que las larvas de los peneidos prefieren las aguas someras de estuarios y bocas del río, adonde fluyen bajas salinidades durante el desarrollo larval, y permanecen allí hasta el estado juvenil y pre-adulto antes de regresar al mar abierto de altas salinidades. Por el contrario, las larvas de *Macrobrachium carcinus* preferían las salinidades elevadas y las juveniles escogieron en bajas salinidades. Esto implica que, el camarón del río, *Macrobrachium* requiere alta salinidad en su desarrollo larval, y juveniles y adultos prefieren agua de poca salinidad o agua dulce (Graziani *et al.* 1993, 1995). Este comportamiento fisiológico indica que las larvas del camarón de río prefieren las aguas someras de bocas del río, donde la salinidad fluctúa, y los juveniles y pre-adultos regresan desde la desembocadura de río, confirmando que esta especie requiere ajustarse a diferentes salinidades a lo largo del desarrollo ontogenético (Graziani *et al.* 1993, 1995).

El nivel de aclimatación salina influye en la tolerancia y preferencia de salinidad de los peces, crustáceos y moluscos tropicales. El proceso de aclimatación salina afecta más a los organismos tropicales en ascenso salino (desde baja salinidad hacia arriba) que en descenso

salino (desde alta salinidad hacia baja). Este fenómeno contribuye a la adaptación salina de las larvas y juveniles de los organismos tropicales y a su proliferación y distribución en ambientes salinas fluctuantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (CI: 05-01803-0790/97-98) por el financiamiento parcial del trabajo, al Ángel Antón por su invaluable ayuda en el trabajo de campo y de laboratorio y a Mairín Lemus y Marisabel Segnini de B. por su lectura crítica.

REFERENCIAS

- Azuaje, O. & K. S. Chung. 1993. Efecto termohalino sobre la preferencia salina, crecimiento y sobrevivencia en larvas del camarón blanco, *Penaues schmitti*, en el laboratorio. *Caribb. J. Sci.* 29: 54-60.
- Chung, K. S. 1980. A note on salinity preference of *Penaues brasiliensis*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46: 389.
- Chung, K. S. 1981. Rate of acclimation of the tropical fish *Cyprinodon dearborni* to temperature changes. *Hydrobiol.* 78: 177-181.
- Chung, K. S. 1982. Salinity tolerance of tropical salt-marsh fish of Los Patos Lagoon, Venezuela. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48: 873.
- Chung, K. S. 1983. Salinity tolerance of some tropical marine molluscs. *Acta Cient. Venezolana* 34: 245-247.
- Chung, K. S. 1985. Adaptabilidad de *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) a los cambios de temperatura. *Acta Cient. Venezolana* 36: 180-190.
- Chung, K. S. 1990. Adaptabilidad de una especie eurihalina *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) en aguas saladas de la zona nororiental de Venezuela. *Saber* 3: 21-30.
- Chung, K. S. & S. Méndez. 1993. Tolerancia térmica comparativa en algunos peces tropicales de Venezuela. *Ciencia* 1: 1-7.
- Chung, K. S. 1994a. What factors influence the thermal tolerance of estuarine animals? Interpretation of multiple regression analyses. *Rev. Biol. Trop.* 42: 365-370.
- Chung, K. S. 1994b. Efecto de termohalino en el pez tropical, *Astyanax bimaculatus*, de la zona nororiental de Venezuela. *Rev. Invest. Cient. Ser. Cien. Mar.* 5: 57-63.
- Chung, K. S. 1995. Thermal acclimation rate of the tropical long-whiskered catfish *Pimelodella chagresi* to high temperature. *Caribb. J. Sci.* 31: 154-156.
- Chung, K. S. 1996. Gain and loss of heat resistance in the tropical fish *Astyanax bimaculatus* of Venezuela. P. 113-118 *In* A. Val, D. Randall & D. MacKinlay (eds.) *The Physiology of Tropical Fish Symposium, Proceedings of International Congress on the Biology of Fishes, San Francisco State University, July 14-18, 1996.*
- Graziani, C. A., K. S. Chung & M. De Donato. 1993. Comportamiento reproductivo y fertilidad de *Macrobrachium carcinus* (Decapoda: Palaemonidea) en Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 41: 657-665.
- Graziani, C. A., M. De Donato & K. S. Chung. 1995. Salinidades óptimas en larvas y postlarvas de *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 34: 33-40.
- Hutchison, V. H. 1976. Factors influencing thermal tolerance of individual organisms. P. 10-26 *In* G. W. Esch & W. W. MacFarlane (eds.). *Thermal Ecology II. Department of Energy Symposium Series (CONF-750425), National Technical Information Service, Springfield, Maryland.*
- Segnini de B., M. I. & K. S. Chung. 1991. Respuestas fisiológicas de *Petenia kraussii* (Pisces: Cichlidae) sometidos a cambios de temperatura. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 30: 5-15.
- Segnini de B., M. I. & K. S. Chung. 1989. Influencia de la salinidad sobre el preferendum final de la mojarra de río (*Petenia kraussii*) Steindachner 1878 (Perciformes, Cichlidae). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 28: 145-150.
- Segnini de B., M. I., K. S. Chung & P. Ciurcina. 1993. Tasa de aclimatación de temperatura de *Mugil curema*. *Rev. Biol. Trop.* 41: 59-62.

