

Tolerancia térmica del pez tropical *Cyprinodon dearborni* (Atheriniformes: Cyprinodontidae) a diversas tasas de calentamiento y salinidades

K. S. Chung

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Estado Sucre, Venezuela

Recibido 16-IX-1996. Corregido 31-VII-1997. Aceptado 19-VIII-1997.

Abstract: Tropical salt marsh fish, *Cyprinodon dearborni*, collected from Laguna Los Patos were acclimated for four weeks at three salinities (10, 15 and 20 ‰) and a temperature of 25°C. Fish (average standard length 25.5±3.6 mm) were then exposed to three heating rates (0.2, 0.5, and 0.8°C min⁻¹) to determine critical thermal maximum (CTM) and death points (DP), as criteria of thermal tolerance. The CTM ranged from 40.9-41.3°C at 10 ‰, 40.4-41.6°C at 15 ‰, and 42.3-42.9°C at 20 ‰. Average CTM (DP) values at heating rates of 0.2, 0.5, and 0.8°C min⁻¹ were 41.5 (42.8), 40.8 (42.4), and 40.9°C (42.5°C), respectively. Heating rate affected significantly the thermal tolerance of *C. dearborni*, while salinity had little influence. Slow heating rate (0.2°C min⁻¹) yielded the highest determined CTM value, indicating that the species can acclimate at this slow thermal increasing rate.

Key words: Heating rate, temperature tolerance, thermal acclimation, tropical fish.

El máximo térmico crítico (MTC) es un índice fisiológico que ha sido usado como indicador de la tolerancia térmica de los organismos acuáticos (Hutchison 1961, Becker y Genoway 1979, Chung y Méndez 1993). La tasa de calentamiento influye significativamente sobre el MTC de los peces dulceacuícolas (Cox 1974).

Es bien conocido que la temperatura de aclimatación constituye un factor determinante y significativo sobre la resistencia térmica de los organismos acuáticos (Allen y Strawn 1967, Chung 1985, Chung y Strawn 1994). Así mismo, el mínimo térmico crítico de los peces tropicales depende de la temperatura de aclimatación (Chung 1980). Además la tasa de aclimatación es más rápida en el aumento tér-

mico que en el descenso térmico (Allen y Strawn 1971, Chung 1995, Segnini *et al.* 1993). También es conocido que la salinidad generalmente modifica la tolerancia térmica de los organismos acuáticos (Kinne 1964, Martín 1989, Segnini *et al.* 1993) y se ha señalado que los animales aclimatados a bajas y altas salinidades poseen mejor preparación para enfrentar cambios de temperatura (Strawn y Dunn 1967, Wiesepape *et al.* 1972, Chung 1990).

Una investigación previa en *Cyprinodon dearborni* (Chung *et al.* 1994) reveló que esta especie requirió poco tiempo (unos días) para alcanzar el máximo nivel de aclimatación en incremento térmico. Sin embargo, fueron necesarias varias semanas para establecer su nivel

de aclimatación en la disminución térmica del pez (Chung 1981).

Ya que los efectos termohalinos sobre la tasa de calentamiento y la condición salina no han sido estudiados completamente en *C. dearborni*, el objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la tasa de calentamiento (0.2, 0.5 y 0.8°C por min) a tres salinidades (10, 15 y 20 ‰) sobre los máximos térmicos críticos (MTC) y los puntos muertos (PM).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ejemplares de *Cyprinodon dearborni* fueron capturados en la Laguna los Patos, en las cercanías de la Universidad de Oriente, Cumaná (Estado Sucre, Venezuela). La temperatura y la salinidad registradas en el momento de la captura fueron de 32°C y 15 ‰, respectivamente. Los organismos fueron aclimatados durante cuatro semanas a la temperatura de 25°C y tres salinidades (10, 15 y 20 ‰), tiempo que considerado apropiado para efectuar la aclimatación en las condiciones de salinidad y temperatura (Chung 1981, 1995).

Para determinar los máximos térmicos críticos (MTC) y los puntos muertos (PM) al cada tratamiento se colocó cinco grupos de dos individuos en recipientes de tres litros de capacidad, los cuales contenían dos litros del agua utilizada para la aclimatación y una piedra difusora para homogeneizar la condición térmica y salina y, a la vez, proveer suficiente oxígeno disuelto. Luego el agua del acuario fue calentada utilizando termostatos, para lograr tres tasas de calentamiento (0.2, 0.5 y 0.8°C min⁻¹). Así se emplearon total de diez ejemplares (25.5±3.6 mm longitud estándar) para cada tasa de calentamiento y salinidad. Como criterios para determinar el máximo térmico crítico (MTC) y el punto muerto (PM) de los peces, se utilizó la primera pérdida de equilibrio en aumento térmico y la cese de movimiento opercular, respectivamente (Cox 1974, Chung y Méndez 1993).

RESULTADOS

Los promedios de los máximos térmicos críticos (MTC) y los puntos muertos (PM) oscilaron desde 40.4 a 41.6°C y desde 42.3 a

43.0°C, respectivamente (Cuadro 1). Se observó que la tasa de calentamiento lento (0.2°C por min) presentó valores más altos del MTC y del PM en todos los peces sometidos (Cuadro 1). Sin embargo, los valores de MTC y PM entre las tres salinidades no fueron estadísticamente significativos ($P > 0.05$; Cuadros 2-3).

Para el MTC, el análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias en nivel de la tasa de calentamiento y en la interacción entre el calentamiento y la salinidad ($P < 0.01$; Cuadro 2). En el caso del PM, el ANOVA reveló discrepancia sólo en la tasa de calentamiento ($P < 0.01$; Cuadro 3).

A fin de determinar los grupos diferentes en MTC y MT se realizó la prueba de Newman-Keul, la cual indicó que el valor de MTC y PM en baja tasa de calentamiento (0.2°C min⁻¹), fue significativamente mayor que en las tasas más altas (Cuadros 2-3).

DISCUSIÓN

Entre las tres tasas de calentamiento estudiadas, la tasa lenta de 0.2°C min⁻¹ produjo el mayor valor de MTC y PM, y las tasas de calentamiento de 0.5°C min⁻¹ y 0.8°C min⁻¹ mostraron los valores inferiores (Cuadro 1). Sin embargo, entre ambas tasas de calentamiento (0.5 y 0.8°C min⁻¹) las diferencias no fueron significativas para el MTC y el PM de los peces. Estudio preliminar indicó que esta especie alcanzó el máximo nivel de aclimatación al cambio térmico en corto tiempo (Chung *et al.* 1994). En razón de lo antes expuesto, *C. dearborni*, se adapta rápido a cambios lentos de temperatura y posee la capacidad de aclimatación térmica en corto tiempo. De este modo, en pocos horas éste pez llegó al alto nivel de aclimatación en aumento térmico (Chung 1981). Esta respuesta de la adaptabilidad térmica es sumamente importante para los organismos acuáticos tropicales, especialmente para los que habitan los aguas someras de lagunas costeras y temporales, estuarios y los ríos, porque se aclimatan cuando aumenta temperatura durante el día y mantienen éste alto nivel de aclimatación, en descenso térmico, durante la noche, lo cual concuerda con observaciones previas que indican que la tasa de calentamiento de *C. dearborni*, en descenso de temperatura, requirió mas de dos semanas (Chung 1981).

CUADRO 1

Promedios (95% límites de confianza) de los máximos térmicos críticos (MTC) y puntos muertos (PM) de *Cyprinodon dearborni* aclimatados durante cuatro semanas a tres salinidades (10, 15 y 20 ‰) y a 25°C, y luego expuestos a tres tasas de calentamiento (0.2, 0.5 y 0.8°C min⁻¹)

Salinidad (‰)		Tasa de calentamiento			Promedio
		0.2°C min ⁻¹	0.5°C min ⁻¹	0.8°C min ⁻¹	
10	MTC	41.3 (41.1-41.4)	40.9 (40.7-41.1)	41.3 (40.8-41.8)	41.2
	PM	42.6 (42.4-42.8)	42.5 (42.2-42.8)	42.5 (41.1-42.9)	42.5
15	MTC	41.6 (41.4-41.8)	40.4 (40.1-40.6)	40.7 (40.2-41.2)	40.9
	PM	42.9 (42.7-43.1)	42.3 (42.1-42.5)	42.4 (41.8-42.9)	42.5
20	MTC	41.4 (41.2-41.5)	41.1 (40.9-41.8)	40.7 (40.3-41.1)	41.1
	PM	43.0 (42.6-43.3)	42.5 (42.2-42.8)	42.4 (41.9-42.9)	42.6
Promedio					
	MTC	41.5	40.8	40.9	41.1
	PM	42.8	42.4	42.5	42.6

CUADRO 2

Análisis de varianza y prueba de Newman-Keul sobre los máximos térmicos críticos (MTC) de *Cyprinodon dearborni* aclimatados durante cuatro semanas a tres salinidades y a 25°C, y luego expuestos a tres tasas de calentamiento.

F. de variación	GL	SC	MC	F
Tasa de calentamiento (T)	2	785.16	392.58	22.33 **
Línea (L)	1	516.27	516.27	29.36 **
Cuadrado (Q)	1	268.89	268.89	15.03 **
Salinidad (S)	2	89.49	44.74	2.54 Ns
Interacción (T x S)	4	549.38	137.34	7.81 **
T _L x S _L	1	165.33	165.33	9.40 **
T _L x S _Q	1	154.13	154.13	8.76 **
T _Q x S _L	1	50.71	50.71	2.88 Ns
T _Q x S _Q	1	179.21	179.21	10.19 **
Error	81	1423.21	17.58	
Total	89	2847.82		

Prueba de Newman-Keul

Tasa de calentamiento (°C min ⁻¹)	0.2	0.5	0.8
MTC(°C)	41.5	40.8	40.9

** : Significancia al 1% de nivel

Ns: No significancia

Los promedios no conectados son significativamente diferentes

CUADRO 3

Análisis de varianza y prueba de Newman-Keul sobre los puntos muertos (PM) de *Cyprinodon dearborni* aclimatados durante cuatro semanas a tres salinidades y a 25°C, y luego expuestos a tres tasas de calentamiento

F. de variación	GL	SC	MC	F
Tasa térmica (T)	2	279.1	139.5	5.14 **
Línea (L)	1	201.6	201.6	7.43 **
Cuadrado (Q)	1	77.5	77.5	2.85 Ns
Salinidad (S)	2	14.5	7.2	0.26 Ns
Interacción (T x S)	4	70.6	17.6	0.65 Ns
Error	81	2198.3	27.1	
Total	89	2548.1		
Prueba de Newman-Keul				
Tasa térmica (°C min ⁻¹)		0.2	0.5	0.8
PM (°C)		42.8	42.5	42.4

** : Significancia al 1% de nivel

Ns: No significancia.

Los promedios no conectados son significativamente diferentes

Hutchison (1961) sugirió que para determinar el máximo térmico crítico, la tasa de calentamiento en el agua que circunda a los organismos debe seguir la misma tasa de calentamiento corporal. El exceso de calentamiento rápido del agua exterior podría adelantar la temperatura corporal de los organismos y el calentamiento demasiado lento podría retrasar la temperatura corporal (Cox 1974). Por otro lado, Becker y Genoway (1979) sugirieron aplicar tasa de calentamiento constante para comparar la tolerancia térmica de diferentes peces. No obstante, los resultados de este estudio indican que fue necesario aplicar tasas de calentamientos diferentes.

La salinidad modifica la tolerancia térmica de los organismos acuáticos (Kinne 1971), señalando que las especies estenohalinas aclimatadas en altas salinidades superan al cambios térmicos (Strawn y Dunn 1967, Wiesepape 1975). Sin embargo, este estudio reveló que la salinidad no influyó significativamente en esta especie. La resistencia térmica de *Oreochromis mossambicus*, la especie estenohalina, tampoco fue modificada por la salinidad (Chung 1982) y la de *Astyanax bimaculatus*, la especie oligohalina, fue influenciada al cambio salino (Chung 1994). Esto indica que este pez, *Cyprinodon dearborni* es verdaderamente una espe-

cie eurihalina.

Así se concluyó que, la tasa de calentamiento influyó significativamente sobre la tolerancia térmica de *Cyprinodon dearborni*, aunque la salinidad mostró poca influencia. La tasa de calentamiento de 0.2°C min⁻¹ permitió una aclimatación térmica en aumento de temperatura mejor que con tasas de calentamiento más rápidas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, en parte, por el financiamiento para realización de este trabajo (CI: 05-019-00544/92-96). A M. Nirchio por la lectura crítica y a S. Méndez por su ayuda para realización del trabajo en el campo y laboratorio.

REFERENCIAS

- Allen, K.O. & K. Strawn. 1967. Heat tolerance of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Game Fish Comm. 21:399-411.
- Allen, K.O. & K. Strawn. 1971. Rate of acclimation of juvenile catfish, *Ictalurus punctatus*, to high temperatures. Trans. Amer. Fish. Soc. 100:665-671.

- Becker, C.D. & R.B. Genoway. 1979. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Envir. Biol. Fish* 4:245-256.
- Cox, 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegill, p. 158-163. *In* J.W. Gibbons & R.R. Sharitz (eds.). *Thermal Ecology*. AEC Symposium Series (CONF-430505).
- Chung, K.S. 1980. Cold anaesthesia of tropical fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46:391.
- Chung, K.S. 1981. Rate of acclimation of tropical salt-marsh fish (*Cyprinodon dearborni*) to temperature changes. *Hydrobiology* 78:77-81.
- Chung, K. S. 1982. Effects of the salinity on the growth, survival, and temperature tolerance of Mozambique mouthbrooder (*Sarotherodon mossambicus*) under laboratory conditions. *Actas Congr. Latinoamer. Zool.* 8:445-464.
- 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. 1994. Efecto termohalino en el pez tropical, *Astyanax bimaculatus*, de la zona nororiental de Venezuela. *Rev. Invest. Cient., Area Cienc. Mar. Univ. Baja Calif. Méx.* 5:57-63.
- Chung, K.S. & K. Strawn. 1994. What factors influence the thermal tolerance of estuarine animals? Interpretation of multiple regression analyses. *Rev. Biol. Trop.* 42:365-370.
- Chung, K.S. 1995. Thermal acclimation rate of tropical long-whiskered catfish, *Pimelodella chagresi*, to high temperature. *Caribb. J. Sci.* 31:154-156.
- Chung, K.S., M.I. Segnini de B. & M. Lemus. 1994. Effects of heating rate and salinity on thermal tolerance of tropical fish, *Cyprinodon dearborni*, of Venezuela. *Amber, Special Edition of the Second Estuary Symposium, Polish Academy of Science, Polonia.*
- Hutchison, V.H. 1961. Critical thermal maxima in salamanders. *Physiol. Ecol.* 34:92-125.
- Kinne, O. 1964. The effect of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature-salinity combination. *Oceanogr. Mar. Biol. Rev.* 2:281-339.
- Kinne, O. 1971. Salinity: invertebrates. *En Marine Biology Volume I. Wiley-Interscience, London*, pp. 281-995.
- Martin, T.J. 1989. Interaction of salinity and temperature as a mechanism for spatial separation of three co-existing species of *Ambassidae* (Cuvier) (Teleostei) in estuaries on the Southeast coast of Africa. *J. Fish Biol.* 33 (Supp.):9-15.
- Segnini de B. M.I., K.S. Chung & P. Ciurcina. 1993. Tasa de aclimatación al cambio de temperatura de *Mugil curema*. *Rev. Biol. Trop.* 41:59-62.
- Strawn, K. & J. Dunn. 1967. Resistance of Texas salt- and freshwater marsh fishes to heat death at various salinities. *Texas J. Sci.* 19:57-76.
- Wiesepape, L.M. 1975. Thermal resistance and acclimation rate in young white and brown shrimp, *Penaeus aztecus* Linn. and *Penaeus setiferus* Ives. *Sea Grant Publication (TAMU-SG-76-202)*. 196 pp.
- Wiesepape, L.M., D. Aldrich & K. Strawn. 1972. Effects of temperature and salinity on thermal death in postlarval brown shrimp, *Penaeus aztecus*. *Physiol. Zool.* 45:22-3

