

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y LA TEMPERATURA DE ACLIMATACION SOBRE TOLERANCIA TERMICA EN EJEMPLARES JUVENILES DE *LISA MUGIL CUREMA*

PABLO CIURCINA & K. S. CHUNG

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se determinaron las temperaturas letales durante 10.000 minutos (10.000 min-TLm) de la lisa (*Mugil curema*) aclimatizada en ambiente natural (Salazar, Golfo de Cariaco, Venezuela) a lo largo de un año y aclimatada durante 12-21 días a la temperatura de 24-34°C bajo condiciones de laboratorio para establecer la relación existente entre la 10.000 min-TLm y el nivel de aclimatación. La 10.000 min-TLm de la lisa aclimatizada en ambiente natural fluctuó en una tendencia directa con la temperatura ambiental. También, la 10.000 min-TLm de la lisa aclimatada en laboratorio aumentó con el incremento de la temperatura de aclimatación y disminuyó con el descenso de la temperatura de aclimatación. La zona de tolerancia térmica a alta temperatura fue estimada en 231,3°C² basada en la última temperatura letal baja de 15°C.

ABSTRACT: The lethal temperatures for 10,000 minutes (10,000 min-TLm) of white mullet (*Mugil curema*) acclimatized in its natural environment (Salazar, Gulf of Cariaco, Venezuela) throughout the year and those acclimated for 12-21 days at 24-34°C under laboratory conditions were determined to establish the relationship between 10,000 min-TLm and acclimation level. The 10,000 min-TLm of white mullet acclimatized in its natural environment fluctuates with ambient temperature. Also, 10,000 min-TLm of those acclimated in the laboratory increased with an increase in acclimation temperature and decreased with a decrease in acclimation temperature. The upper temperature tolerance triangle area estimated was found to be 231.3°C² based on the ultimate lower lethal temperature of 15°C.

INTRODUCCION

Todo organismo está adaptado para resistir las variaciones térmicas que se pueden producir en forma natural dentro de su medio ambiente (BRETT, 1956). Dicha adaptación es particular para cada especie (DOUDOROFF, 1942; HART, 1947; FRY, 1957; SPRAAGUE, 1963), encontrándose que la diferencia entre rangos de tolerancia interespecífica es más de dos veces superior a la intraespecífica, aun cuando sean especies pertenecientes a un mismo hábitat (HEATH, 1967). Esto sugiere una adaptación genética para un hábitat térmico particular y de hecho ha sido demostrado por otros investigadores (GRAHAM, 1970).

Los cambios en la temperatura ambiental producen variaciones en la temperatura letal de una especie. Así BRETT (1944) comparó la variación anual de la temperatura letal en algunas especies del Parque Algonquin de Canadá (*Ameiurus nebulosus*, *Semotilus atromaculatus*, *Pimephales promelas*, etc.) encontrando una relación directa entre ambos parámetros; HOAR (1955) señaló diferencias en la resistencia térmica entre verano e invierno en *Carassius* sp.; TYLER (1966) obtuvo resultados similares en *Chrosomus* sp.; HEATH (1967), estudió peces del Golfo de California y discutió la relación entre su temperatura de tolerancia y la temperatura ambiental.

La resistencia a una temperatura letal, también puede variar dentro de una misma especie, dependiendo del estadio de vida. Por ejemplo el salmón del Pacífico (*Oncorhynchus* sp.) presenta diferencia entre la resistencia de huevos, juveniles y adultos (FRY, 1971), GIBSON (1954) & TSUKUDA (1960) informan sobre diferencias entre sexo, edad y gravidez en *Poecilia reticulata*. HART (1952) encontró una amplia variedad de resultados en la relación resistencia térmica y edad, enfatizando diferencias entre varias especies estudiadas. Aunque no se encontró relación entre talla y orden de

muerte en *Ictalurus punctatus* (ALLAN & STRAWN, 1967).

La aclimatación envuelve toda una serie de cambios fisiológicos, dentro de los límites genéticamente controlables de una especie y se puede producir en períodos relativamente cortos de tiempo. La temperatura de aclimatación es fácil cambiarla en el laboratorio y produce amplias variaciones en la resistencia de una especie a altas y bajas temperaturas (BRETT, 1944; ALLEN & STRAWN, 1967; WIESEPAPE, 1975). Por otro lado, el ciclo natural diario de temperatura, produce una resistencia más alta que las temperaturas constantes de aclimatación en el laboratorio (LOWE & HEATH, 1969).

Sin embargo, los efectos de la temperatura de *Mugil curema* aclimatizada en ambiente natural y aclimatada en laboratorio no han sido estudiados. Por lo tanto, en el presente estudio fueron realizadas pruebas, a lo largo de un año, en ejemplares sin un período previo de aclimatación, para determinar la variación de la temperatura letal en este lapso de tiempo y su relación con la variación de la temperatura ambiental. Por otro lado, fueron utilizados tres niveles de aclimatación, dentro de un rango amplio de temperaturas, para estimar la zona de tolerancia a altas temperaturas y la variación de la temperatura letal en relación con la temperatura de aclimatación.

MATERIALES Y METODOS

El método utilizado fue el de la temperatura letal (TLm) desarrollado por BRETT (1941), el cual consiste en colocar a los peces en acuarios previamente estabilizados a las temperaturas de prueba deseadas, determinándose el tiempo de sobrevivencia (Ts) (resistencia) individual. Una pérdida completa de los movimientos opculares y respuesta a los estímulos indican a la muerte. Cada grupo constaba de diez peces y la duración máxima de la prueba fue de 10.000 minutos (GIBSON, 1954; ALLEN & STRAWN, 1967).

Los individuos utilizados para las pruebas fueron colectados en la localidad de Salazar, Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela (Fig. 1). El arte de pesca utilizado para la captura fue el denominado chinchorro. Una vez capturados los peces, fueron colocados en cavas de anime, para evitar cambios de la temperatura du-

rante el transporte. El promedio de la longitud estándar fue de 63.4 ± 6.3 mm.

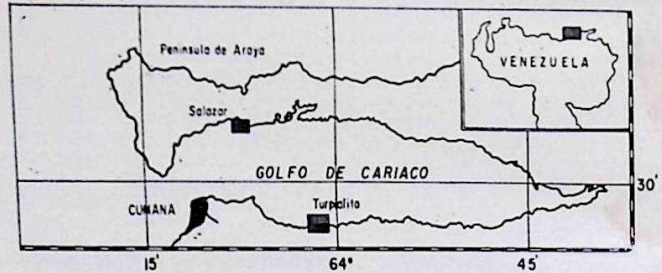


Fig. 1. Localización del sitio de colección de los juveniles de *Mugil curema* y lugares de trabajo.

A su llegada al laboratorio los peces fueron colocados en tanques de mantenimiento a la misma salinidad y temperatura registradas en el momento de captura. Cada uno de los tanques contaba con un equipo termorregulador sensible a una variación de temperatura de $0,01^{\circ}\text{C}$. La temperatura de cada tanque fue chequeada varias veces diarias con un termómetro de $0,1^{\circ}\text{C}$ de apreciación.

Los peces permanecieron en estas condiciones por un lapso de día y medio para su adaptación, permitiendo también eliminar los que por alguna u otra razón llegaron dañados al laboratorio.

Para estimar las relaciones entre la temperatura letal y la temperatura ambiental, fueron colocados los peces directamente desde este período de adaptación al período de prueba, a las temperaturas de $35,5$; $37,0$; $38,5$; $40,0^{\circ}\text{C}$ y control (temperatura medida en el momento de captura). Estas temperaturas fueron elegidas previamente con el fin de permitir un rango de sobrevivencia del 0-100% en el lapso de los 10.000 minutos preestablecidos. Las pruebas fueron realizadas en su totalidad entre las 8-10 a.m. con el fin de evitar algún efecto del ciclo térmico diario sobre la tolerancia térmica de la población. La alimentación fue suspendida en todos los casos, 24 horas antes de la prueba, para reducir algún efecto que pueda tener sobre la resistencia al calor.

Para establecer las relaciones entre la temperatura letal y la temperatura de aclimatación los peces fueron pasados desde el período de adaptación a un período de aclimatación, colocándolos a $24,0$; $29,0$ y $34,0^{\circ}\text{C}$

por un lapso variable de tiempo (12-21 días). Partiendo de estas aclimataciones conocidas se sometieron a diferentes temperaturas de prueba.

Para el análisis de los datos fueron utilizados métodos gráficos y estadísticos. La determinación de la zona de tolerancia a altas temperaturas fue hecha por medio de los triángulos de tolerancia térmica para organismos acuáticos (MCERLEAN *et al.*, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los tiempos de sobrevivencia por mes para cada temperatura de prueba fueron registrados individualmente, lo que permitió calcular los porcentajes de mortalidad en cada caso y tabularlos separadamente. A partir de estos datos y por medio de una interpolación se calculó la temperatura letal durante 10.000 minutos (10.000 min-TLm) para cada mes. En la Tabla 1 se observaron los valores de la temperatura letal acompañados por la temperatura ambiental, registrada cada mes en el momento de captura.

La figura 2 muestra que la tendencia de variación entre la temperatura letal (10.000 min-TLm) y la temperatura ambiental (T_a) a lo largo del período de prueba fue similar, observándose sus valores máximos en los meses de noviembre de 1980 y mayo y junio de 1981 ($37,8^\circ\text{C}$), donde la temperatura ambiental fue elevada excepto junio. Por otro lado, el mes de enero

de 1981 donde la temperatura del agua fue más baja ($24,5^\circ\text{C}$) presentó el menor valor de 10.000 min-TLm ($36,3^\circ\text{C}$).

Se observa la relación existente entre la temperatura ambiental y la temperatura letal de esta especie. De hecho la temperatura del medio produce cierto grado de "aclimatación", ya que cuando varía induce a este organismo a adaptarse a esta nueva condición térmica. LOWE & HEATH (1969) demostraron que *Cyprinodon macularius* posee un máximo térmico crítico (MTC) mayor en verano que en invierno y TYLER (1966) encontró una mayor tolerancia a altas temperaturas, en verano que en invierno en dos especies de género *Chrosomus*.

El rango de variación detectado para la temperatura ambiental, fue de $3,5^\circ\text{C}$ durante el período de experimentación. Esta variación produjo una diferencia de $1,5^\circ\text{C}$ entre la mínima y la máxima temperatura letal promedia. Se observa que la población de juveniles de lisa estudiada, tiene una capacidad adaptativa (para altas temperaturas), a pesar de ser un organismo que se encuentra en zonas donde las condiciones térmicas tienen poco rango de variación a lo largo del año. Una posible explicación de este fenómeno, es el hecho de que los ejemplares juveniles de esta especie, son capaces de vivir en zonas estuarinas, lagunas costeras e inclusive en pequeñas lagunetas que se forman a orillas de playas fangosas cuando baja la marea. El hecho de ocupar a estos cuerpos de agua, de condiciones térmicas muy variables (microhábitats), ponen en evidencia su gran adaptación genética.

Los resultados obtenidos en las pruebas para establecer las relaciones entre la temperatura letal (10.000 min-TLm) y la temperatura de aclimatación (T_a), fueron tabulados como porcentajes de mortalidad producidos por cada una de las temperaturas de prueba para cada temperatura de aclimatación (Tabla 2). En todos los casos se calculó la temperatura letal (10.000 min-TLm), interpolando la temperatura de prueba que producía un 50% de mortalidad. La temperaturas letales obtenidas para las pruebas se promediaron, encontrándose los resultados definitivos en la última fila de esta tabla, donde puede observarse que entre la temperatura mínima de aclimatación y la máxima existe un rango de 10°C , correspondiéndose esto a una variación de $1,2^\circ\text{C}$ en la temperatura letal.

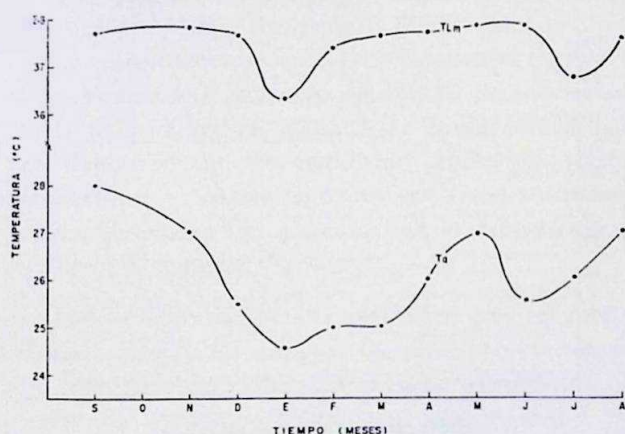


Fig. 2. Variación mensual de la temperatura letal (10.000 min-TLm) de juveniles de lisa *Mugil curema* y variación mensual de la temperatura ambiente (T_a) durante septiembre 1980 agosto 1981.

TABLA 1. VARIACION MENSUAL DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y LA TEMPERATURA LETAL ESTIMADA PARA 10.000 MINUTOS (10.000 MIN-TLm) Y PORCENTAJE DE MORTALIDAD EN EJEMPLARES JUVENILES DE LISA *MUGIL CUREMA* OBTENIDOS PARA CADA MES A DIFERENTES TEMPERATURAS DE PRUEBA DURANTE 10.000 MINUTOS

Fecha	Temperatura (°C)		Temperatura de prueba (°C)			
	Ambiente	Letal (TLm)	35,5	37,0	38,5	40,0
26-09-80	28,0	37,7	0	10	100	100
20-11-80	27,0	37,8	0	0	100	100
11-12-80	25,5	37,7	0	10	100	100
22-01-81	24,5	36,3	0	90	100	100
20-02-81	25,0	37,4	0	30	100	100
13-03-81	25,0	37,6	0	20	100	100
30-04-81	26,0	37,7	0	10	100	100
26-05-81	27,0	37,8	0	0	100	100
16-06-81	25,5	37,8	0	0	100	100
14-07-81	26,0	36,7	0	60	100	100
14-08-81	27,0	37,6	0	20	100	100

TABLA 2. PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA PROMEDIO PARA *MUGIL CUREMA* ACLIMATADAS DURANTE 12-21 DIAS A TRES TEMPERATURAS Y EXPUESTAS DURANTE 10.000 MINUTOS A DIFERENTES TEMPERATURAS LETALES DE PRUEBA Y TEMPERATURA LETAL ESTIMADA (10.000 MIN-TLm).

Aclimatación			Temperatura de prueba (°C)							TLm
Temperatura (°C)	Período (Días)	Número de peces	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5	40,5	
24	21	100	100	70	30	0	0			36,1
29	15	100		100	85	20	0	0		37,1
34	12	50			100	40	0	0	0	37,3

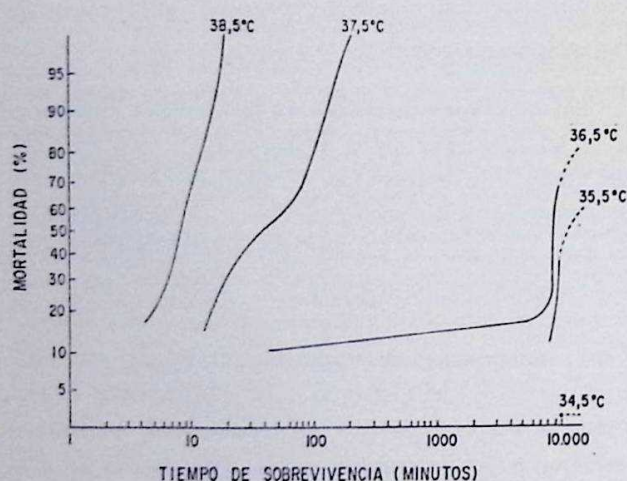


Fig. 3. Porcentaje de mortalidad de lisa *Mugil curema* aclimatada durante 21 días a la temperatura de 24°C y expuesta durante 10.000 minutos a varias temperaturas de prueba.

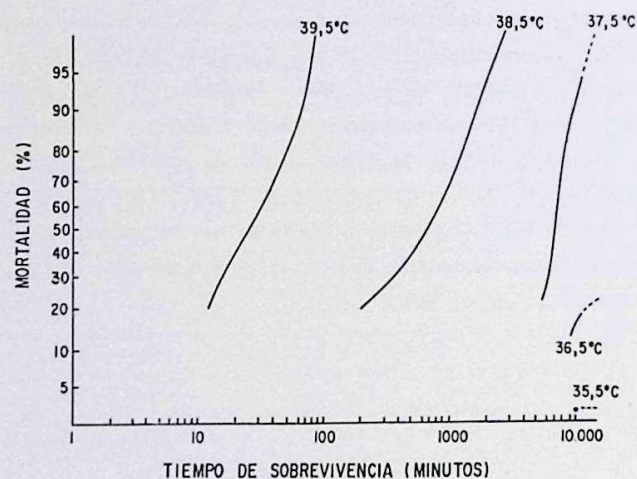


Fig. 4. Porcentaje de mortalidad de lisa *Mugil curema* aclimatada durante 15 días a la temperatura de 29°C y expuesta durante 10.000 minutos a varias temperaturas de prueba.

Las figuras 3-5 muestran un aumento en el porcentaje de mortalidad, para cada nivel de aclimatación, a medida que aumenta la temperatura de prueba. Además, el promedio del tiempo de sobrevivencia durante el período de prueba aumenta con el ascenso de la temperatura de aclimatación y la disminución de la temperatura de prueba. (Fig. 6).

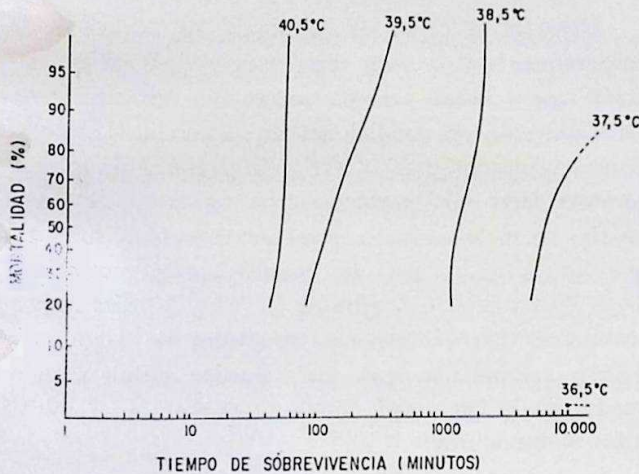


Fig. 5. Porcentaje de mortalidad de lisa *Mugil curema* aclimatada durante 12 días a la temperatura de 34°C y expuesta durante 10.000 minutos a varias temperaturas de prueba.

La relación combinada entre la temperatura de aclimatación, las temperaturas de prueba y el tiempo de sobrevivencia se muestra en la figura 7. Las barras truncadas representan las pruebas donde todos los individuos sobrevivieron más de 10.000 minutos. Tomando como referencia el promedio del tiempo de sobrevivencia, la temperatura de aclimatación presenta una relación directa con la temperatura de prueba. Es notable el incremento en el tiempo de sobrevivencia a una temperatura de prueba fija, a medida que la temperatura de aclimatación aumenta.

Las pruebas estadísticas realizadas para establecer diferencias entre los tiempos de sobrevivencia de las tres aclimataciones utilizadas, a una temperatura de prueba fija (38,5°C), indican que éstas existen y son significativas entre los grupos ($GL=2,27$; $F=123,93$). Un segundo análisis comparando tres temperaturas de prueba (38,5; 39,5 y 40,5°C) a una temperatura de aclimatación fija (34,0°C), también revela diferencias

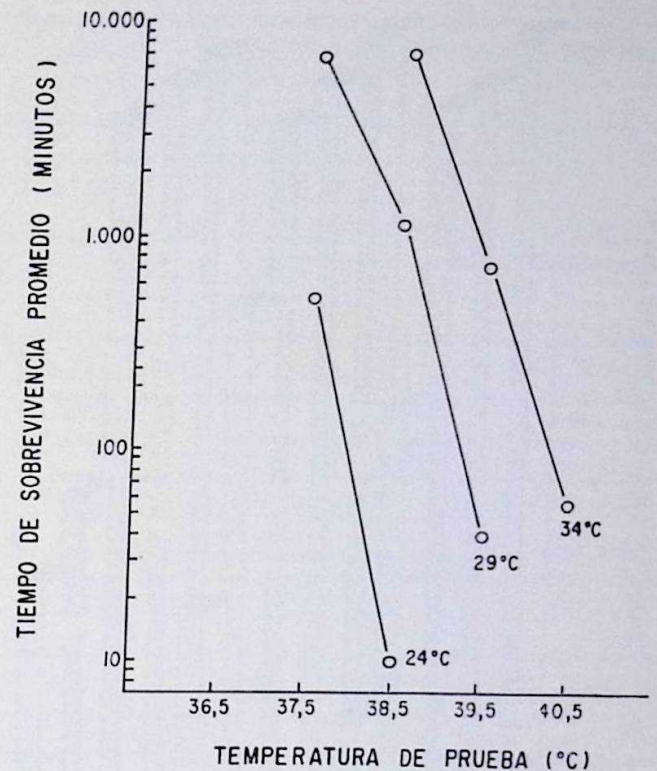


Fig. 6. Tiempo de sobrevivencia de lisa *Mugil curema* aclimatada durante 12-21 días a tres temperaturas y expuesta durante 10.000 minutos a varias temperaturas letales.

significativas entre los tiempos de sobrevivencia de los tres grupos ($GL=2,27$; $F=239,18$).

El área o zona de tolerancia calculada por el método de los triángulos de tolerancia establece una relación lineal entre T_a y la diferencia entre TL_{50} y T_a . Debido a la falta de información sobre tolerancia térmica en esta especie, la temperatura inferior utilizada para el cálculo del área fue estimada, comparando temperaturas mínimas de resistencia en otras especies de la misma (CHUNG, 1980). Se presume que la lisa puede vivir hasta 15°C, lo que produciría una zona de tolerancia de altas temperaturas de 231,3°C².

La temperatura de aclimatación más alta utilizada en el presente estudio fue de 34,0°C, obteniéndose para la misma una temperatura letal aproximada de 37,3°C. Sin embargo, esta temperatura letal observada a 34,0°C de aclimatación se encuentra por debajo de los valores máximos (37,8°C) de la temperatura letal mensual (Tabla 1), a pesar de que la temperatura ambiente media no sobrepasó los 28,0°C. Posiblemente una de las

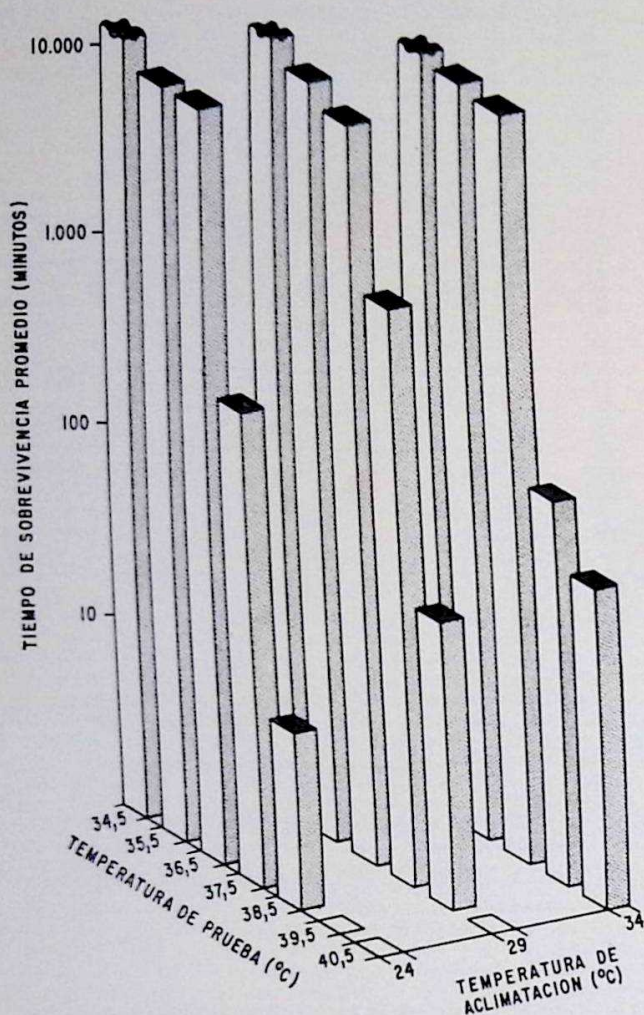


Fig. 7. Promedio del tiempo de sobrevivencia de juveniles de lisa *Mugil curema* aclimatados durante 12-21 días a tres temperaturas y expuestos durante 10.000 minutos a varias temperaturas de prueba.

razones que pudo provocar estas diferencias sea el período de aclimatación a que fueron sometidos los ejemplares. Las condiciones físicas de ellos pueden disminuir en estas temperaturas constantemente altas, ya que el gasto de energía cerca del límite térmico máximo es extremadamente grande (KINNE, 1963). Un organismo puede permanecer allí por un período de tiempo relativo. Es el caso de *Cyprinodon macularius*, para el cual se ha informado una temperatura letal de 44,6°C, la más alta registrada para peces hasta el momento. Sin embargo, su medio ambiente (desierto de Arizona) sufre una variación diaria de temperatura de hasta 18,0°C en verano. Dichos organismos soportan altas temperaturas (41,0°C) hacia las horas intermedias del día, su-

friendo un severo "stress". El período diario de temperaturas bajas es aprovechado para el reestablecimiento de sus condiciones físicas. El termoperíodo cíclico permite a las especies mantener un máximo de tolerancia, con un período de reposición (HEATH, 1963). Este hecho permitió afirmar que el ciclo diario de la temperatura ambiental produce tolerancias más altas que las temperaturas constantes de aclimatación en el laboratorio (LOWE & HEATH, 1969).

Otro factor capaz de disminuir los valores de la temperatura letal, a estas temperaturas altas de aclimatación, pudo haber sido el tiempo que los ejemplares permanecieron en condiciones de cautiverio. Los organismos utilizados para la variación mensual de la temperatura letal sólo permanecieron un lapso de día y medio, en el laboratorio antes de la prueba, mientras que los utilizados para las pruebas de aclimatación a 24,0; 29,0 y 34,0°C fueron de 21, 15 y 12 días respectivamente. Las condiciones simuladas de laboratorio (dieta, calidad del agua, etc.) pueden influir grandemente en la capacidad de los organismos para tolerar altas temperaturas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Drs. MARIO BELMAR ACUÑA, CARLOS MILLÁN & WOUTER ZURBURG por la lectura crítica del presente trabajo; a los Sres. SANTIAGO MÉNDEZ & JORGE HERNÁNDEZ por el trabajo de campo y a JESÚS HERNÁNDEZ & RÓMULO I. VELÁSQUEZ por la elaboración de las figuras. Al Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) por el financiamiento en parte de esta investigación.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. O. & K. STRAWN. 1967. Heat resistance of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Proc. Ann. Conf. S. E. Assoc. Game Fish Comm.*, 21: 399-411.
- BRETT, J. R. 1941. Tempering versus aclimatacion in the planting of speckled trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 70: 397-403.
- . 1944. Some Lethal Temperature Relations of Algonquin Park Fishes. *Univ. Tor. Stud., Biol. Ser.* N° 52; *Publ. Ont. Fish. Res. Lab.*, 63: 1-49.

- . 1956. Some principles in the thermal requirements of fishes. *Quart. Rev. Biol.*, 31 (2): 75-87.
- CHUNG, K. S. 1980. Cold anaesthesia of tropical fish. *Bull. J. Soc. Sci. Fish.*, 46 (3): 391.
- DOUDOROFF, P. 1942. The resistance and acclimation of marine fishes to temperature changes. I. Experiments with *Girella nigricans*. *Biol. Bull.*, 83: 219-244.
- FRY, F.E.J. 1957. The lethal temperature as a tool in taxonomy. *Ann. Biol.*, 33: 205-219.
- . 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. En: *Fish Physiology* (Ed. W.S. Hoar & D.J. Randall). Academic Press, New York, 6: 1-98.
- GIBSON, M.R. 1954. Upper lethal temperature relations of the guppy. *Lebistes reticulatus*. *Can. J. Zool.*, 32: 393-407.
- GRAHAM, J.B. 1970. Aspects of temperature sensitivity in some tropical inshore marine fishes, Ph.D. thesis. Univ. Calif. Berkeley; *Diss. Abs.* 31, 5112-12 (1971).
- HART, J.S. 1947. Lethal temperature relations of certain fish of the Toronto region. *Trans. Roy. Soc. Can.*, 41 (3): 57-71.
- . 1952. Geographic variations of some Physiological and morphological characters of certain fresh water fish. Univ. Tor. Stud. Biol. Ser. Nº 60; *Publ. Ont. Fish. Res. Lab.*, 72: 1-79.
- HEATH, W.G. 1963. Thermoperiodism in sea-run cutthroat trout (*Salmo clarki clarki*), *Sci.*, 142: 486-488.
- . 1967. Ecological significance of temperature tolerance in Gulf of California shore fish. *J. Ariz. Acad. Sci.*, 4: 172-178.
- HOAR, W.B. 1955. Seasonal variations in the resistance of gold fish to temperature stress. *Trans. Roy. Soc. Can.*, 49: 25-34.
- KINNE, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animal. I. Temperature. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1: 301-340.
- LOWE, C. H. & W. G. HEATH. 1969. Behavioral and Physiological responses to temperature in the Desert Pupfish, *Gyrinodon maculatus*. *Physiol. Zool.*, 42: 53-59.
- MCEERLEAN, A. J., J. A. MIHURSKY & H. J. BRINKLEY. 1969. Determination of upper temperature tolerance triangles for aquatic organism. *Chesapeake Sci.* (3-4) 10: 293-296.
- SPRAGUE, J.B. 1963. Resistance of four fresh water crustaceans to lethal high temperatures and low oxygen. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20 (2): 387-415.
- TSUKUDA, H. 1960. Heat and Cold tolerance in relations to Body Size in the Guppy *Lebistes reticulatus*. *Japan. J. Ecol.*, 12: 112-121.
- TYLER, A. V. 1966. Some lethal temperature relations of two minnows of the genus *Chrossomus*. *Can. J. Zool.*, 44: 349-364.
- WIESEPAPE, L. M. 1975. Thermal resistance and acclimation rate in young white and brawn shrimp, *Penaes setiferus* Linn. and *Penaes aztecus* Ieves. TAMU-SG-76-202, 195 p.

(Manuscrito recibido el 4 de julio de 1984).