

00361

11

207



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS (BIOLOGIA)

"RELACION ENTRE LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION Y LA TOLERANCIA TERMICA DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii* (CRUSTACEA PALAEMONIDAE)"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

Lic. en Biología Arturo Garrido Mora

MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE 1990.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAGINAS
AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	8
MATERIAL Y METODOS	9
RESULTADOS	17
DISCUSION	21
BIBLIOGRAFIA	33
ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS	41

RESUMEN

En postlarvas y juveniles de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*, se determinaron: el *preferendum* final de temperatura; las respuestas al estrés térmico ascendente y descendente; las Temperaturas Letal Incipiente Superior (TLIS) e Inferior (TLII) y el polígono de tolerancia térmica. En el laboratorio los organismos se aclimataron durante cuatro semanas a las temperaturas experimentales de 20, 23, 25, 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C.

El *preferendum* final de temperatura determinado tanto para las postlarvas como para los juveniles, se ubicó en el intervalo térmico de 29 a 32 $^{\circ}$ C que representó el 85 % de las observaciones realizadas.

Las respuestas obtenidas en postlarvas y juveniles sometidos al estrés térmico ascendente, mostraron una tendencia a incrementar su temperatura de respuesta al aumentar la temperatura de aclimatación ($P < 0.05$). La T.C.Máx. se obtuvo con la misma tendencia tanto en postlarvas como juveniles. De esta manera, en los organismos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C la respuesta se manifestó en un intervalo de 37 a 38 $^{\circ}$ C y para 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C entre 40 y 42 $^{\circ}$ C. Las respuestas al estrés térmico descendente disminuyeron conforme más baja fué la temperatura de aclimatación en ambos estadios ($P < 0.05$). Por tanto la T.C.Min. de los langostinos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C tuvo un intervalo de 10 a 12.5 $^{\circ}$ C y a 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C se encontraron en un intervalo de 14 a 17 $^{\circ}$ C.

La Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) determinada en el langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* no mostró diferencias significativas entre postlarvas y juveniles ($P > 0.05$). En cambio tendió a incrementar su valor de respuesta respecto a las temperaturas de aclimatación ($P < 0.05$) encontrándose para $20, 23$ y 25 ± 1 °C en un intervalo térmico de 39 a 40 °C y a $27, 30$ y 33 ± 1 °C entre 40 y 41 °C. La Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII) disminuyó su valor de respuesta mientras más baja fue la temperatura de aclimatación en ambos estadios ($P < 0.05$) encontrándose en un intervalo de temperatura de 9 a 11.5 °C para aclimataciones de $20, 23$ y 25 ± 1 °C y entre 13.5 y 15.5 °C para organismos aclimatados a $27, 30$ y 33 ± 1 °C.

La tolerancia térmica de las postlarvas de langostino malayo aclimatado a diferentes temperaturas fue de $1,599$ °C² y en los juveniles de $1,618.5$ °C².

INTRODUCCION

En la actualidad el langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* es una de las especies dulceacuicolas de mayor importancia económica del mundo. Fujimura (1966) y Fujimura y Okamoto (1970) hicieron los primeros estudios sobre cultivo masivo de esta especie. Este organismo se ha convertido en una de las especies de crustaceos más cultivados del mundo debido a su gran potencial reproductivo, ya que posee como principales ventajas: una gran facilidad de manejo, un rápido crecimiento, menor agresividad que otras especies de langostinos, baja tasa de mortalidad, una mayor adaptabilidad al confinamiento, resistencia a enfermedades y a cambios ambientales bruscos, no tiene gran selectividad en su alimentación, presenta una gran demanda en el mercado y alcanza un alto valor de comercialización (Goodwin y Hanson, 1975; Hollschimt, 1988).

Hasta el momento se han descrito en todo el mundo alrededor de 125 especies del género *Macrobrachium* de acuerdo con Holthuis, (1980); 13 especies se han reportado en America Latina, (Boschi, 1974); v. de éstas, 11 se encuentran representadas en México, (Villalobos, 1982). Entre ellas, *M. acanthurus* (Wiegman, 1836), *M. americanum* (Bate, 1868), *M. carcinus* (Linnaeus, 1758) y *M. tenellum* (Smith, 1871) son de interés comercial, (Guzman et. al., 1977) Pero debido a su actividad estacional, asociada generalmente a la época de

lluvias, solo se realiza su captura de manera artesanal. Por otro lado, presentan un crecimiento lento, gran agresividad, una marcada territorialidad, alta tasa de mortalidad y una notable sensibilidad a los cambios bruscos del ambiente. Por ello, aunque existe un interés por cultivarlos comercialmente, los intentos realizados han fracasado hasta el momento (Holschimt, 1988). Por tal motivo, buscando opciones entre los crustáceos más adecuados para ser cultivados, fue introducido en diversos lugares de América Latina (incluyendo a México) el langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* nativo de la región del Indopacífico (Villalobos, 1982; Holschimt, *op. cit.*).

Debido a su posición geográfica y climática, México presenta características adecuadas para desarrollar cultivos comerciales a gran escala del langostino malayo *M. rosenbergii*, ya que cuenta con 2.8 millones de hectáreas de aguas dulces y salobres, además de extensos litorales con condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de la acuicultura con estos organismos (F. A. O., 1984).

La temperatura es el principal factor que afecta la vida de los organismos acuáticos por lo que no es sorprendente que los organismos móviles, incluyendo a los crustáceos, manifiesten respuestas locomotoras ante los estímulos térmicos, mostrando preferencia por ciertos intervalos de temperatura o exhibiendo respuestas de evitación. Se ha comprobado que la primera promueve la sobrevivencia de los especímenes, en tanto que las temperaturas que evitan, les son adversas (Ferguson, 1958; Hall, *et al.*, 1978; Reynolds, 1977).

Cuando se someten organismos ectotermos a variaciones de

la temperatura en el medio, ellos pueden termorregularse a través de mecanismos fisiológicos o de comportamiento, que consisten en una actividad coordinada que da como resultado la preferencia de un ambiente de temperatura óptima. Algunos organismos poiquiloterms tienen un *preferendum* de temperatura cuando son colocados en un gradiente térmico (Vernberg y Vernberg, 1972; Prosser y Nelson, 1981).

El *preferendum* final es una respuesta específica de una especie a un gradiente de temperatura, que puede ser modificado por factores no térmicos como la edad, disponibilidad de alimento, estacionalidad, condición patológica, calidad del agua, intensidad luminosa y competencia (Mc Cauley, 1977).

La temperatura que un organismo prefiere, denota óptimos térmicos de algunos procesos fisiológicos como la reproducción, el metabolismo, la velocidad de natación, el trabajo cardíaco máximo y muy particularmente el crecimiento, el cual coincide generalmente con el *preferendum* final térmico (Craushaw, 1977; Jobling, 1981; Kellog y Gift, 1983).

Los estudios sobre preferencia térmica, han sido enfocados principalmente hacia crustáceos como *Homarus americanus* (Reynolds y Casterlin, 1979a), *Panulirus argus* (Reynolds y Casterlin, 1979b), *Penaeus duorarum*, (Reynolds y Casterlin, 1979c) y *Orconectes immuns* (Craushaw, 1983), con el objetivo principal de conocer el efecto de la temperatura sobre los parámetros fisiológicos, bioquímicos, genéticos y el ciclo de vida de estos organismos y para determinar los intervalos térmicos en los cuales se optimizan estas funciones.

El comportamiento termorregulador de los organismos acuáticos constituye sólo una parte de las respuestas a la temperatura, por tal motivo, también es fundamental determinar la tolerancia térmica de animales sometidos al estrés térmico ascendente y descendente, mediante la cuantificación de las Temperaturas Críticas Máxima (T.C.Max.) y Mínima (T.C.Min.), debido a que éstas aportan información que permite evaluar la resistencia térmica de los organismos estresados (Becker y Genoway, 1979).

La Temperatura Crítica Máxima (T.C.Max.) fué definida originalmente por Cowles y Bogert (1944) como el punto térmico en el cual la actividad locomotora comienza a desorganizarse y el animal pierde su habilidad de escapar de condiciones que rápidamente lo llevarían a la muerte. Posteriormente Lowe y Vance (1955) introducen el valor de la media aritmética para la colectividad de puntos térmicos en los cuales las funciones del organismo comienzan a desorganizarse. Cox (1974) utiliza el término de primera pérdida de equilibrio (PPE) como un criterio de tolerancia térmica en la cual se observan los primeros síntomas de las respuestas a la elevación de la temperatura, y el cese de movimiento opercular en los peces como punto térmico final. En trabajos realizados en algunos crustáceos como *Panopeus brasiliensis*, Criales y Chung (1980) consideran a la T.C.M. como la temperatura en la cual ocurre la primera pérdida de equilibrio y en *Palaemonetes kadiakensis* la T.C.M. es considerada como la desorientación completa de los organismos, estimándose ésta, como la manera más apropiada de establecer la T.C.Max., y T.C.Min., en este trabajo. (Nelson y Hooper, 1982; Farmanfarmanian, 1978).

Jobling (1981) señala que los límites de tolerancia de

las especies, están influidos principalmente por la historia térmica previa del organismo, así como por las variaciones geográficas y las variaciones estacionales.

El límite superior de la zona de tolerancia térmica está representado por la Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) y el límite inferior de esta zona es representado por la Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII). Ambas representan las temperaturas a las cuales el 50 % de la población perecerá y el otro 50 % de la población será capaz de sobrevivir por tiempo indefinido (Reynolds y Casterlin, 1979; Jobling, 1981).

Mediante el conocimiento de las respuestas a las temperaturas de evitación y las Temperaturas Letales Incipiente Superior e Inferior se determina la zona de tolerancia térmica, la cual biológicamente sirve para conocer las posibilidades que la especie en estudio posee para colonizar con éxito determinados ambientes a través de la migración. En un sentido práctico también nos es útil para conocer las posibilidades de cultivar una especie que puede estar expuesta a temperaturas extremas, como sucede con las aguas provenientes de plantas termoeléctricas (Jobling, 1981). La manera de obtener esta información es mediante el calentamiento y enfriamiento de agua a una tasa constante durante un lapso máximo de dos horas, (Kilgour y McCawley, 1985; Kilgour y McCawley, 1986).

Para determinar los efectos subletales de la temperatura sobre el comportamiento locomotor, en relación con los efectos letales se propone el uso del polígono clásico propuesto por Brett (1956), quien calculó el área dentro del polígono de tolerancia térmica y obtuvo una estimación numérica expresada

como $^{\circ}\text{C}^2$ del intervalo de condiciones termales que un organismo puede resistir, así como para determinar la euritermalidad o estenotermalidad de los animales acuáticos.

De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivos determinar en postlarvas y en juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* los siguientes aspectos:

- Determinar el *proferendum* final de temperatura
- Conocer las respuestas de comportamiento al estrés térmico ascendente y descendente a través de determinar las Temperaturas Crítica Máxima y Mínima
- Determinar las Temperaturas Letales Incipiente Superior e Inferior
- Determinar la tolerancia termal de acuerdo al modelo del polígono propuesto por Brett. (1956)

MATERIAL Y METODOS

Las postlarvas y los juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* utilizados en este estudio fueron donados por la granja de producción "El Carrizal" ubicada a 10 Km. de Coyuca de Benitez, Guerrero.

Los organismos colectados fueron transportados en bolsas de polietileno con agua del medio y atmósfera saturada de oxígeno, al laboratorio donde se mantuvieron durante dos semanas en un acuario de fibra de vidrio de 3,000 L provisto de un filtro biológico, con aireación constante y a la temperatura registrada durante la colecta de 29 ± 1 °C.

Posteriormente a esta fase de adaptación las postlarvas y los juveniles de langostino *Macrobrachium rosenbergii* fueron sometidos a un periodo de aclimatación térmica, durante cuatro semanas en acuarios de 60 L, provistos de aireación constante y a una densidad de 5 organismos / metro². Las temperaturas de aclimatación utilizadas fueron 20, 23, 25, 27, 30 y 33 ± 1 °C, las cuales fueron mantenidas con calentadores de inmersión regulables de 75 y 100 Watts. El intervalo de peso de las postlarvas usadas fue de 0.08 a 0.17 g. y de los juveniles de 0.54 a 0.73 g. Los organismos se alimentaron diariamente durante dos horas (ad libitum) con Chow Langostino Purina, después de las cuales el alimento remanente se retiró mediante un sifón y se recambió el agua en los acuarios experimentales. El fotoperiodo se mantuvo en 12 horas luz -12 horas oscuridad durante toda la fase experimental.

Para determinar el *preferendum* final de temperatura, se

utilizó un gradiente de temperatura horizontal, el cual consistió en un tubo de asbesto de 2.40 m. de largo y 0.20 m. de diámetro con una abertura en forma de canal, recubierto en su parte interna con plástico SYLPIL 100. El tubo se dividió en doce segmentos de igual longitud. En cada extremo del tubo se separó un compartimiento con una malla para impedir el contacto de los organismos con una resistencia sumergible de 500 Watts por un lado y por el otro con un serpentín de cobre recubierto con pintura epóxica el cual se conectó a un termorregulador FORMA SCIENTIFIC ± 0.05 °C (Fig. 1).

El tubo fue llenado con agua desclorada a una profundidad de 8 a 9 centímetros y en cada segmento se colocó una piedra de aireación la cual se conectó al sistema de distribución de aire para evitar una estratificación de la temperatura en la columna de agua y para mantener una concentración de oxígeno disuelto de 4.5 a 5.2 mg / L. El intervalo térmico que abarcó el gradiente fue de 17 a 40 °C. Las temperaturas en cada uno de los segmentos se midieron con termómetros TAYLOR ± 0.5 °C de precisión, espaciados equidistantemente a lo largo del tubo (Fig. 1).

Para cada temperatura de aclimatación tanto en postlarvas como en juveniles se realizaron dos repeticiones utilizando diez organismos en cada una de ellas. Las postlarvas y juveniles de langostino generalmente diez del mismo peso, fueron introducidos al sistema experimental una vez que se formó el gradiente, en la región donde hubiera la misma temperatura de aclimatación de donde provenían. Previo al registro de datos, los organismos permanecieron durante media hora en el gradiente con el objeto de disminuir el estrés producido por la manipulación.

Para la determinación del *preferendum* final de temperatura tanto para postlarvas como juveniles fue utilizado el método agudo propuesto por Mathur *et al.*, (1982), el cual consistió en realizar 30 observaciones durante 150 minutos del número de organismos que ocupaban un compartimiento en particular del gradiente térmico a través de ventanillas localizadas encima del sistema experimental para no perturbarlos. Cada experimento se terminó cuando el 70 % de los especímenes prefirieron un intervalo de temperatura (1 - 2 °C) durante cinco observaciones seguidas.

Para determinar la Temperatura Crítica Máxima (T.C.Máx.) y Temperatura Crítica Mínima (T.C.Min.) de las postlarvas y los juveniles de langostino *Macrobrachium rosenbergii* se empleó el dispositivo que se esquematiza en la figura 2. Se utilizaron cuatro matraces de 1 L los cuales estuvieron provistos de aireación constante; éstos se sumergieron a un baño el cual contenía agua de la llave desclorada y se introdujeron dos calentadores de 500 Watts y un serpentín de cobre recubierto con pintura epóxica conectado a un termorregulador que permitieron incrementar y disminuir la temperatura a una tasa constante de 1 °C / min., para evitar la estratificación térmica y mantener el calentamiento y enfriamiento uniforme del baño, se emplearon piedras de aireación. La medición de la temperatura se realizó con termómetros TAYLOR \pm 0.5 °C de precisión.

Al inicio del experimento, la temperatura en los matraces y en el baño fueron igualadas y correspondieron a las temperaturas de aclimatación de los langostinos. En este momento se colocó un langostino en cada uno de los matraces.

Antes de iniciar el registro de los datos, los organismos se mantuvieron durante 20 min., en el dispositivo con el objeto de disminuir el estrés producido por la manipulación. Posteriormente la temperatura se elevó y disminuyó a la tasa señalada. Se observaron las respuestas de comportamiento de diez organismos provenientes de cada temperatura de aclimatación (20, 23, 25, 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C).

Se consideraron como indicadores de estrés térmico ascendente el aumento de actividad (AA), la pérdida de equilibrio inicial (PEI), la pérdida de equilibrio total (PET), la curvatura inicial del abdomen (CI), la curvatura total del abdomen (CT) y la pérdida total de movimiento (PM) mostrado por los animales. La Temperatura Crítica Máxima (T.C.Máx.) se asoció con la pérdida de equilibrio total y la temperatura letal con la pérdida total de movimiento, acorde al criterio de Nelson y Hooper (1962).

Para la determinación de la Temperatura Crítica Mínima (T.C.Min.) de las postlarvas y juveniles de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*, se utilizó un dispositivo similar al descrito en la figura 2. Se consideraron como respuestas del estrés térmico descendente la disminución de actividad (DA), la pérdida de equilibrio total (PET) y la pérdida total de movimiento (PM), exhibidas por los organismos. La Temperatura Crítica Mínima (T.C.Min.) se consideró como la pérdida de equilibrio total y la temperatura letal como la pérdida total de movimiento, de acuerdo con el criterio utilizado por Farmanfarmaian y Moore (1978). Para determinar la Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) y Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII) se utilizó el modelo propuesto por Kilgour (1985), éste se basó en la determinación del tiempo

mediado de muerte cuando los langostinos fueron transferidos a baños controlados de altas y bajas temperaturas, observándose el tiempo de sobrevivencia en éstas condiciones. La temperatura de estos baños se ajustó en función de los resultados obtenidos en los experimentos realizados para conocer la Temperatura Crítica Máxima (T.C.Máx.) y Temperatura Crítica Mínima (T.C.Mín.), se utilizaron diez organismos por cada temperatura de aclimatación para cada una de las temperaturas asignadas a los baños.

Los ejemplares de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* fueron colocados dentro de un matraz de 1 L de capacidad con agua del medio a la temperatura de aclimatación correspondiente y con aireación constante. En éstas condiciones se mantuvieron durante 20 minutos para reducir los efectos de la manipulación. Después de éste lapso, se procedió a aumentar la temperatura a razón de 1 °C / min., hasta alcanzar la temperatura fijada en el termorregulador (FORMA SCIENTIFIC 2325; ± 0.05 °C) el cual se utilizó como baño y donde en ese momento se vertieron los organismos dejándolos nadar libremente. Anotando a partir de ese momento el tiempo al cual cada uno de los langostinos murió. Las temperaturas utilizadas en el baño estuvieron por debajo de la Temperatura Crítica Máxima y Temperatura Crítica Mínima para cada una de las temperaturas de aclimatación.

Todas las pruebas experimentales se llevaron a cabo entre las 11 y las 15 horas, los langostinos no fueron alimentados 24 horas previas a cada experimento.

Los datos del *preferendum* final y de las Temperaturas Críticas Máxima y Mínima se procesaron mediante el Análisis

Exploratorio de Datos (Tuckey, 1977). Se utilizó a la mediana (M) como medida de tendencia central resistente y se empleó la técnica de suavización (4253H) con el programa de cómputo de Velleman y Hoaglin, (1981). Con los datos obtenidos de las medianas suavizadas se construyeron las cajas en paralelo (Tuckey *op. cit.*) y los elementos para su conformación se obtuvieron del diagrama de letras proporcionado por el mencionado programa de cómputo.

Estos elementos representaron el 100 % de los datos obtenidos en el *preferendum* y Temperaturas Críticas Máxima y Mínima, 50 % quedaron comprendidos en el interior de la caja entre el cuartil inferior (Hi) y el superior (Hs), el otro 50 % se repartió entre la cota superior (Cs) y la cota inferior (Ci). El intervalo de confianza (Ic) de la mediana al 95 % de confianza se calculó a partir de la fórmula:

$$Ic = M \pm 1.58 (\Delta H / \sqrt{n})$$

donde 1.58 es la constante; ΔH es la diferencia entre Hs y Hi y \sqrt{n} es la raíz cuadrada del número de datos.

Para determinar la Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) y la Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII) de postlarvas y juveniles de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* en las diferentes temperatura de aclimatación se procedió inicialmente a calcular la Tasa de Mortalidad mediante la fórmula:

$$m (t) = 1 / t$$

donde m (t) fue la Tasa de Mortalidad y t fue el tiempo al

cual ocurrió la muerte de los organismos en cada temperatura del baño para cada temperatura de aclimatación usada. Estos datos fueron transformados utilizando la raíz cuadrada, como una forma apropiada para obtener la Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) y la Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII), (Kilgour, 1985). Posteriormente se realizó una regresión lineal resistente (Tuckey, 1977) entre la Tasa de Mortalidad Transformada (Y) y la temperatura del baño fijada (X) para cada temperatura de aclimatación. Se consideró la TLIS y la TLII a las temperaturas resultantes de la extrapolación de la recta $Y = 0$.

La calidad del ajuste se evaluó mediante el análisis de los residuos, los cuales si el ajuste es el apropiado, se distribuyen aleatoriamente en torno al cero al graficarlos contra X_i (Curtis, 1985). Las ecuaciones $Y_i = a + b X_i + e_i$, así como las constantes a y b , se obtuvieron utilizando un programa comercial de cómputo, (Velleman y Hoaglin, 1981).

El símbolo Y significa valores esperados. Una vez obtenidas las rectas se calcularon los valores esperados de la Tasa de Mortalidad (Y_i) por diferencia entre el valor observado Y_i y los residuos. Con éstos datos se procedió a obtener el valor de X_i cuando $Y_i = 0$ el cual se consideró como Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) y Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII), éste procedimiento se llevó a cabo para todos los experimentos realizados a las diferentes temperaturas de aclimatación. Después los datos se procesaron mediante el Análisis Exploratorio de Datos (Tuckey, 1977) y la técnica de suavización 4253H del programa de cómputo de Velleman y Hoaglin para obtener los elementos y conformar los diagramas de cajas en paralelo (Tuckey, *op. cit.*).

Para representar gráficamente la tolerancia térmica de las postlarvas y los juveniles de langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* se utilizaron los valores obtenidos del *preferendum* final de temperatura, de la Temperatura Crítica Máxima (T.C.Máx.), Temperatura Crítica Mínima (T.C.Min.), Temperatura Letal Incipiente Superior (TL1S) y la Temperatura Letal Incipiente Inferior (TL1I). Con la integración de éstos valores se formó el polígono de tolerancia térmica propuesto por Brett, (1956).

Las diferencias de la tolerancia térmica de los organismos se consideraron estadísticamente significativas cuando los intervalos de confianza de las medianas ($\alpha = 0.05$) no presentaron traslape.

RESULTADOS

En la determinación del *preferendum* final se observó que tanto las postlarvas como los juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* eligieron temperaturas mayores que las de aclimatación en que se habían mantenido previamente (20, 23, 25, 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C) durante cuatro semanas. Se observó que la diferencia entre la temperatura de aclimatación y la preferencia térmica disminuyó conforme se aumentó la temperatura de aclimatación. Las postlarvas y juveniles del langostino malayo aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C prefirieron un intervalo de 26 a 31 $^{\circ}$ C; los organismos mantenidos a 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C tuvieron su preferencia en un intervalo térmico de 28 a 31 $^{\circ}$ C. Los resultados indicaron que no hubo una diferencia significativa entre el *preferendum* de postlarvas y juveniles ($P < 0.05$), asimismo se observó que el *preferendum* final de temperatura observado para ambos estadios del langostino malayo *M. rosenbergii* mediante este método tuvo un intervalo de 30 a 31 $^{\circ}$ C (Figs. 3 y 4).

Las respuestas de comportamiento que presentaron las postlarvas y juveniles del langostino malayo *M. rosenbergii* sometidos al estrés térmico ascendente se iniciaron con el aumento de actividad (AA) presentándose éstas para organismos aclimatados a 20 y 23 \pm 1 $^{\circ}$ C en un intervalo de 29 a 34 $^{\circ}$ C; para aclimataciones de 25 y 27 \pm 1 $^{\circ}$ C su respuesta se obtuvo entre 32 y 35 $^{\circ}$ C y para 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C correspondieron entre 38 y 39 $^{\circ}$ C, existió una diferencia significativa en las respuestas conforme se incrementó la temperatura de aclimatación ($P < 0.05$). La siguiente respuesta observada fué

la pérdida de equilibrio inicial (PEI) manifestándose ésta para organismos aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C en un intervalo térmico de 34.5 a 37 °C; para langostinos que fueron aclimatados a 27, 30 y 33 ± 1 °C su respuesta osciló entre 38 y 41 °C. las respuestas presentaron valores más altos para temperaturas de aclimatación más elevadas (P < 0.05). Enseguida se obtuvo la pérdida de equilibrio total (PET) con la cual se determinó a la Temperatura Critica Máxima (T.C.Max.) manifestándose para animales aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C en un intervalo de 36.5 a 38.5 °C y para los aclimatados a 27, 30 y 33 ± 1 °C la respuesta tuvo un intervalo de 39 a 42 °C, las cuales fueron diferentes significativamente (P < 0.05). La siguiente respuesta fue la curvatura inicial del abdomen (CI) presentándose en un intervalo de 38 a 41 °C para los individuos aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C y de 41.5 a 43.5 para los aclimatados a 27, 30 y 33 ± 1 °C, siendo éstos últimos diferentes estadísticamente (P < 0.05). La respuesta de la curvatura total del abdomen (CT) fue manifestada entre 37 y 42 °C en langostinos que estuvieron aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C; en cambio los que estuvieron a 27, 30 y 33 ± 1 °C mostraron su respuesta entre 42 y 45 °C, siendo diferentes significativamente con respecto a las menores temperaturas de aclimatación (P < 0.05) Finalmente la respuesta de pérdida total de movimiento (PM) utilizada para definir a la temperatura letal (TL) fue determinada en un intervalo de 40 a 42 °C para organismos aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C y de 43 a 45 °C para langostinos sometidos a una aclimatación de 27, 30 y 33 ± 1 °C, encontrándose en éstas una diferencia significativa (P < 0.05).

En las postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* sometidos al estrés térmico

descendente, las respuestas de comportamiento se iniciaron con la disminución de actividad (DA) encontrándose para los organismos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C en un intervalo de temperatura entre 11.5 y 15.5, y para langostinos aclimatados a 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C entre 16.5 y 20 $^{\circ}$ C, encontrándose una diferencia significativa (P < 0.05). Posteriormente los organismos presentaron la pérdida de equilibrio total (PET) o Temperatura Critica Mínima (T.C.Min.) manifestando ésta en un intervalo térmico entre 10 y 12.5 $^{\circ}$ C para individuos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C y a temperaturas de aclimatación de 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C su respuesta se presentó en un intervalo de 14 a 17.5 $^{\circ}$ C, observándose en sus respuestas una diferencia significativa (P < 0.05), Figs. 5 y 6 . La siguiente respuesta fué la pérdida total de movimiento (PM) utilizada para definir la temperatura letal (TL) de los organismos, los cuales respondieron en un intervalo de temperatura de 8 a 11 $^{\circ}$ C para aquellos que estuvieron aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C; para aquellos cuya temperatura de aclimatación fué de 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C su respuesta se presentó en el intervalo de 12 a 15 $^{\circ}$ C, éstas respuestas presentaron una diferencia significativa (P < 0.05) (Tablas 2 y 4).

La Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) de postlarvas y juveniles de langostino malayo *M. rosenbergii* se obtuvo en un intervalo de temperatura de 39 a 41.5 $^{\circ}$ C para organismos aclimatados a 20, 23, 25, 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C. Se notó una diferencia significativa de las respuestas de comportamiento tendiendo a incrementar su valor, mientras más alta fué la temperatura de aclimatación (P < 0.05). No se presentaron diferencias significativas en las respuestas entre postlarvas y juveniles (P > 0.05).

Los valores que se obtuvieron en la determinación de la Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII) para postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C se encontraron en un intervalo térmico entre 9 y 11.5 $^{\circ}$ C; para aquellos langostinos que fueron aclimatados a 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C su Temperatura Letal Incipiente Inferior se ubicó en un intervalo de 13.5 a 15.5 $^{\circ}$ C, presentando una diferencia significativa (P < 0.05) en sus respuestas. Se manifestó una tendencia a disminuir su respuesta mientras más baja fué su temperatura de aclimatación (P < 0.05). No hubo diferencias significativas (P > 0.05) en las respuestas de postlarvas y juveniles a las diferentes temperaturas de aclimatación (Figs. 8 y 10).

Se determinó la tolerancia térmica, del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* sometidos a diferentes temperaturas de aclimatación (20, 23, 25, 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C) obteniéndose un valor de 1,599 $^{\circ}$ C² para postlarvas (Tabla 5 y Fig. 11) y de 1,618.5 para juveniles mostrando ésto que ambos estadios son euritérmicos (Tabla 5 y Fig. 12). Se observó una diferencia significativa (P < 0.05) en la tolerancia a la temperatura de postlarvas y juveniles aclimatados a diferentes temperaturas siendo mayor para los juveniles (Tabla 5; Figs. 11 y 12).

DISCUSION

Teniendo en cuenta que el ambiente natural acuático no presenta una estabilidad térmica, los organismos acuáticos que en él habitan, han desarrollado una serie de mecanismos fisiológicos y de comportamiento que les permiten adecuarse a este medio, tendiendo a congregarse en un intervalo estrecho de temperatura, para evitar las temperaturas que les son adversas (Ferguson, 1958; Reynolds, 1977; Hall *et al.*, 1978).

Entre los factores que influyen en el comportamiento de los organismos acuáticos, la temperatura es de vital importancia. Por ello es necesario conocer en que intervalo de temperatura los animales realizan sus funciones biológicas adecuadamente. Se considera que la temperatura es un factor rector ya que muchas de las funciones biológicas dependen en gran parte de ella para realizarse adecuadamente y se ha observado que la temperatura, actúa en forma conjunta con otros factores del medio, afectando las diversas etapas de desarrollo de los organismos (Newell, 1976; Vernberg, 1981).

Una manera de determinar la temperatura en la cual un organismo realiza sus funciones óptimamente es a través de la determinación del *preferendum* final de temperatura. Para ello se exponen los organismos a un gradiente horizontal de temperatura en donde ellos seleccionan las más idóneas para sus funciones vitales y se congregan en un intervalo determinado, permitiendo conocer su comportamiento termorregulador o preferencia térmica (Vernberg y Vernberg, 1972).

El comportamiento termorregulador de los organismos ectotermos ha sido estudiado experimentalmente en el laboratorio, en donde se les permite moverse en un gradiente térmico. La temperatura preferida resultante puede ser atribuida en parte a las respuestas de los organismos para evitar las temperaturas extremas (Nelson y Hooper, 1982).

En este trabajo se determinó el *preferendum* final tanto de postlarvas como de juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii*. Este presentó un intervalo termoneutral de 30 a 31 °C, ya que alrededor del 85 % de los organismos se mantuvieron activos en este intervalo. El comportamiento que mostraron las postlarvas y juveniles del langostino malayo orientándose en el gradiente en una banda estrecha de 30 - 31 °C de temperatura y evitando las temperaturas extremas se denomina ortotermoquinesis (Fraenkel y Gunn, 1961). Se considera este como el *preferendum* final de temperatura y tomando en cuenta que no es un punto fijo en una escala térmica, es más realista considerar el *preferendum* final como una zona de preferencia térmica propia de la variabilidad de los organismos (Jobling, 1981).

Resultados similares al comportamiento termorregulador de postlarvas y juveniles obtenidos para el langostino malayo *M. rosenbergii* se han reportado en otros crustáceos sometidos a gradientes de temperatura. De esta manera se encontró que *Homarus americanus* prefirió una temperatura de 17 °C, disminuyendo su actividad a temperaturas más altas, mientras que *Penaeus duorarum*, *Panulirus argus* y *Palaeomonetes vulgaris* tuvieron una preferencia térmica de 27 a 30 °C (Reynolds y Casterlin, 1979b; Casterlin y Reynolds, 1979c); el acocil *Orconectes immunis* seleccionó una temperatura entre 18 y 22 °C,

evitando temperaturas extremas (Crawshaw, 1974); *Palaemonetes kadiakensis* tuvo un intervalo de 29 a 31 °C (Nelson y Hooper, 1982); reportes sobre el cangrejo ermitaño *Clibanarius eritropus* indican que prefirió temperaturas de 24 a 28 °C (Warburg y Shuchman, 1984). Estudios recientes sobre el comportamiento termorregulador del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* reportaron resultados similares, de esta manera se determinó el *preferendum* final de temperatura en un intervalo de 30 a 31 °C para postlarvas y de 29 a 31 °C para juveniles, ambos en presencia de substrato (Gutiérrez, 1989) y se reporta que postlarvas y juveniles de la misma especie prefirieron temperaturas entre 29 a 32 °C utilizando tanto el método agudo como el gravitacional (Diaz, 1989).

El *preferendum* final de temperatura que se determinó en este trabajo coincide con lo reportado por otros autores para obtener un crecimiento óptimo de la especie, debido a que este es un indicador de que el organismo se encuentra en un medio donde la temperatura es la ideal para realizar las funciones fisiológicas (reproducción, metabolismo, velocidad de natación, trabajo cardíaco, etc.); (Reynolds, 1977; Crawshaw, 1977; Jobling, 1981; Kellog y Gift, 1983; Brett, 1971).

La determinación del *preferendum* final de temperatura es de vital importancia ya que puede ser utilizado para seleccionar sitios adecuados para cultivar esta especie, los cuales deberán presentar un intervalo de temperatura anual entre 30 y 31 °C.

Kellog y Gift, (1983) realizaron estudios en los cuales encontraron que los organismos acuáticos tienen un *preferendum* más cercano a las temperaturas superiores debido a que éste

extremo está regulado de manera más precisa por los animales.

El comportamiento de los organismos acuáticos sometidos al estrés térmico ascendente y descendente, constituye una manera de evaluar sus respuestas fisiológicas y de comportamiento. Estas respuestas a la resistencia térmica en poiquiloterms pueden ser utilizadas como un índice de estrés (Becker y Genoway, 1979).

Las respuestas de comportamiento de postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* sometidos al estrés térmico ascendente, se iniciaron con un aumento de actividad (AA), seguido de la pérdida de equilibrio inicial (PEI) y la pérdida de equilibrio total (PET) la cual se utilizó como la T.C.Max., encontrándose para organismos aclimatados a 20, 23, y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C entre 36.5 y 38.5 $^{\circ}$ C y de 39 a 42 $^{\circ}$ C para aclimataciones de 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C. Inmediatamente se presentó la pérdida total de movimiento (PM) asociada con la temperatura letal (TL) de acuerdo con Nelson y Hooper (1982) encontrándose esta para organismos aclimatados a 20, 23, y 25, \pm 1 $^{\circ}$ C en un intervalo térmico de 40.8 a 42.2 $^{\circ}$ C y entre 43 y 45 $^{\circ}$ C para aclimataciones de 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C, notándose una tendencia a incrementar el valor de su respuesta con respecto a su temperatura de aclimatación.

En trabajos realizados con organismos acuáticos Hutchinson, (1961); Jobling, (1981) se ha demostrado que las temperaturas de aclimatación ejercen una influencia marcada sobre cada una de las respuestas de comportamiento de organismos sometidos al estrés térmico ascendente, de esta manera se observó que la tolerancia térmica de postlarvas y juveniles de *Penaeus aztecus* se ve afectada por la temperatura

de aclimatación a que fué sometido previamente (Zein-Edlin y Griffith 1969 y Wiesepape *et al.* 1972), en postlarvas y juveniles de *P. brasiliensis*. (Criales y Chung, 1980), así como en trabajos realizados en otros crustáceos (Claussen, 1980; Nelson y Hooper, 1982).

Farmanfarman y Moore (1978) reportaron para *Macrobrachium rosenbergii* una Temperatura Crítica Máxima de 34 a 38 °C para organismos aclimatados a 20 y 25 ± 1 °C y de 39.2 a 40.6 para individuos aclimatados a 30 y 36 ± 1 °C. La Temperatura Crítica Máxima mostrada por *Orconectes rusticus* fué de 38.5 a 41.5 °C para aclimataciones de 25 a 35 ± 1 °C (Claussen, 1979).

El comportamiento mostrado por el langostino malayo *M. rosenbergii* fue similar al reportado en *Palaeomonetes kadlakensis*. Su conducta se considera como respuestas a la pérdida inicial del equilibrio así como a la pérdida total del equilibrio ó T.C.Máx. iniciándose con las primeras percepciones del estrés térmico ascendente hasta llegar a lo que probablemente corresponde a los límites de tolerancia térmica de la especie; las manifestaciones finales como la curvatura inicial del abdomen (CI), la curvatura total (CT) y la pérdida total de movimiento (PM) ó temperatura letal (TL) son tomadas como las respuestas en las cuales no intervienen los procesos de selección natural como las mostradas por *M. rosenbergii* de acuerdo con el criterio de Nelson y Hooper, (1982).

Las respuestas de comportamiento de postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* sometidos al estrés térmico descendente, se caracterizaron por presentar

menor número que las manifestadas en el estrés térmico ascendente y se iniciaron con una disminución de actividad (DA), seguido de la pérdida de equilibrio total la cual se utilizó como la T.C.Min., encontrándose para organismos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C en un intervalo de 10 a 15.6 $^{\circ}$ C y de 16 a 20 $^{\circ}$ C para aclimataciones de 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C, enseguida se presentó la pérdida total de movimiento (PM) ó temperatura letal (TL) la cual de acuerdo con Nelson y Hooper, (1982) determina la zona letal térmica, siendo esta de 8 a 11 $^{\circ}$ C para langostinos aclimatados a 20, 23 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C y de 12.4 a 14.7 para 27, 30 y 33 \pm 1 $^{\circ}$ C de temperatura. Notandose una tendencia a disminuir su temperatura de respuesta mientras más baja fue su temperatura de aclimatación.

Los resultados de la T.C.Min., son similares a los reportados por Farmanfarmaian y Moore. (1978) quienes realizaron un trabajo sobre los efectos de la temperatura y oxígeno disuelto sobre el crecimiento y sobrevivencia de *Macrobrachium rosenbergii* y obtuvieron una T.C.Min., con un intervalo térmico de 12.4 a 13.7 $^{\circ}$ C para organismos aclimatados a 20 y 25 \pm 1 $^{\circ}$ C y de 15.4 a 17.9 $^{\circ}$ C para aquéllos que estuvieron sometidos a una aclimatación de 25 y 30 \pm 1 $^{\circ}$ C. En todos los casos en presencia de una saturación de oxígeno. De igual manera se observa una tendencia a disminuir el valor de la temperatura de respuesta mientras más baja fue la temperatura de aclimatación.

Las respuestas letales para postlarvas y juveniles de *M. rosenbergii* sometidos a las diferentes temperaturas de aclimatación son similares a las que obtuvieron Grover y Phelps. (1985) trabajando con esta misma especie, quienes reportan para organismos sometidos al estrés ascendente

temperaturas letales superiores a los 35 °C y para los langostinos sometidos al estres descendente temperaturas inferiores a los 14 °C.

Algunos organismos acuáticos, como los peces y crustáceos generalmente evitan extremos termales, antes de que se vuelvan letales, siempre que haya una temperatura favorable llamada refugio termal (Cherry *et. al.* 1975; Gift, 1977; Hall *et. al.* 1978). Para visualizar los efectos subletales de temperatura, antes de que se vuelvan letales se utilizó el clasico poligono de tolerancia térmica descrito por Fry, (1947), Brett (1956) y por Reynolds y Casterlin, (1979) quienes se basan en la determinación de la Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) e Inferior (TLII) definidas como las temperaturas extremas (TL50) a las cuales el 50 % de la población muere cuando es sometido a estas condiciones, en donde las temperaturas evitadas se encuentran dentro del rango de temperaturas no letal referida como zona de preferencia térmica y en el *preferendum* agudo y el final están distribuidos asimétricamente y cercanos a la zona superior de letalidad.

La Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) e Inferior (TLII) representan los limites superior e inferior de la zona de tolerancia de los individuos expuestos a altas y bajas temperaturas, siendo influenciados por las temperaturas de aclimatación (Jobling, 1981). Este comportamiento se observó en las respuestas obtenidas en postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* quien presentó una TLIS de 39 a 40 °C para organismos aclimatados a 20, 23 y 25 ± 1 °C de temperatura y de 40 a 41.5 °C para aclimataciones de 27, 30 y 33 ± 1 °C mostrando una tendencia a incrementar el valor de la TLIS con respecto a la aclimatación. La TLII

presentó valores de 9 a 11.5 °C para aclimataciones de 20, 23 y 25 ± 1 °C y de 13.5 a 15.5 para aquellos langostinos aclimatados a 27, 30 y 33 ± 1 °C observándose una tendencia a disminuir el valor de la TLII mientras mas baja fué la temperatura de aclimatación. Reynolds y Casterlin, (1979) reportan un comportamiento similar y observaron que al aumentar la temperatura de aclimatación se produce un aumento en los límites de la zona de tolerancia termal (TLIS y TLII) y de las T.C.Max. y T.C.Min., en *Lepomis macrochirus*.

Las respuestas a las temperaturas de las postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* expresadas a través del modelo propuesto por Brett, (1956) representan una medida más realista y cuantitativa de los terminos cualitativos euritermal y estenoterma. dado que se calcula el área de tolerancia térmica en unidades de tolerancia térmica (U.T.T.) y el área de preferencia térmica en unidades de preferencia térmica (U.P.T.) (Cherry et. al., 1974).

El área estimada de tolerancia termal para postlarvas fué de 1,599 °C² y para juveniles de 1,618.5 °C² lo que muestra una condición euritérmica para ambos estadios siendo esta significativamente mayor (P < 0.05) en juveniles. Trabajos similares con crustáceos fueron realizados por Tagatz, (1969) con *Callinectes sapidus* quien reporta para juveniles una tolerancia termal de 1,350 °C² y para adultos 1,304 °C² en agua de mar. La langosta *Homarus americanus* presenta una zona de tolerancia termal de 830 °C² (Mcleese, 1956). En peces también se han realizado algunos trabajos, entre ellos se ha trabajado con el salmón rosado *Oncorhynchus gorbuscha* quien muestra una tolerancia térmica de 450 °C² y para *Carassius auratus* de 1,220 °C² (Hoff y Westman, 1966).

La importancia de la utilización del polígono de Brett, (1956) es reforzada por los trabajos de Giattina y Garton, (1982) quienes uniformizan los conceptos del comportamiento termorregulador para organismos acuáticos y establecen al respecto cuatro hipótesis generales:

- El *preferendum final* de temperatura es una respuesta específica de la especie a un gradiente de temperatura; que puede modificarse por factores no térmicos de aclimatización, edad y estacionalidad.
- La partición del hábitat por el comportamiento termorregulador es una medida de segregación tanto intra como interespecífica, para reducir la competencia y canibalismo.
- La temperatura preferida puede reflejar óptimos térmicos para ciertos procesos biológicos.
- Los organismos generalmente evitan extremos térmicos antes de que se vuelvan letales, siempre que haya una temperatura favorable (refugio térmico).

Este modelo proporciona un esquema para conocer los efectos subletales de la temperatura sobre el movimiento de especies acuáticas, mide e interpreta adecuadamente la euritermalidad de los organismos, provee de conocimientos sobre las consideraciones y sus efectos en el desarrollo de los individuos y propone una perspectiva ecológica, predictoría de las consecuencias ante cambios térmicos en sistemas acuáticos como pueden ser los ocasionados por fenómenos naturales ó los producidos por descargas de industrias, centrales termoelectricas y plantas nucleares (Giattina y Garton, 1982).

CONCLUSIONES

- I El *preferendum* final de temperatura determinado para postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* presentó un intervalo de 30 a 31 °C.

- II La temperatura Crítica Máxima (T.C.Máx.) para postlarvas y juveniles aclimatados a 20, 23 y 25 °C, se ubicó en un intervalo de 36.5 a 38.5 °C; a temperaturas de aclimatación de 27, 30 y 33 °C, se determinó entre 39 y 42 °C. Las respuestas a la Temperatura Crítica Mínima (T.C.Min.) se ubicaron en un intervalo de 11.5 a 15.5 °C, para postlarvas y juveniles aclimatados a 20, 23 y 25 °C, y entre 16.5 y 20 °C para los langostinos aclimatados a 27, 30 y 33 °C. Se notó un efecto significativo de las temperaturas de aclimatación sobre estas respuestas.

- III La Temperatura Letal Incipiente Superior (TLIS) de postlarvas y juveniles de *M. rosenbergii* para organismos aclimatados a 20, 23 y 25 °C se determinó en un intervalo de 39 a 40 °C y a 27, 30 y 33 °C entre 40 y 41.5 °C. La Temperatura Letal Incipiente Inferior (TLII), se ubicó entre 9 y 11.5 °C para aquellos langostinos que se aclimataron a 20, 23 y 25 °C y entre 13.5 y 15.5 °C para aclimatados a 27, 30 y 33 °C. Se observó un efecto de la temperatura de aclimatación en las respuestas de los organismos.

IV La tolerancia a la temperatura que mostraron las postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* fué de 1,599 °C² para postlarvas y de 1,618 °C² para juveniles mostrando ambos estadios una alta capacidad euritérica.

BIBLIOGRAFIA

- Becker, C. y R. Genoway. 1979. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish
Env. Biol. Fish. Vol. 4 N^o 3 pp 245-256
- Bonin, J.D. 1981 Comments: Measuring thermal limits of fish.
trans. Am. Fish. Soc. 110: 662-664
- Boschi, E.E. 1974. Biología de los crustáceos cultivables en América Latina. Simposio FAO / Carpas sobre Acuicultura en América. México, páginas 315 - 316, in: Hanson and Goodwin. Simposio FAO/Carpas sobre Acuicultura en América Latina. Montevideo, Uruguay, 26 de noviembre al 2 de diciembre de 1974. *Carpas / 6 / 74 / SR 7: 1 - 24*
- Brett, J.R. 1956. Some principles in the thermal requeriments of fishes. *Q. Rev. Biol.*, 31: 75 - 87
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *Amer. Zool.* 11: 99 - 113
- Cherry, D.S., K.L. Dickson y J. Cairns. 1975. Temperature selected and avoided by the fish at various acclimation temperatures.
J. Fish. Res. Board. Can. 32: 485 - 491

- Cowles, R.B. y C.M. Bogert, 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles.
Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 83: 265 - 296
- Cox, D. K. 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of the Bluegill citado por Criales y Chung (*vide infra*)
- Crawshaw, L.I. 1983. Effects of thermal acclimation and starvation on temperature selection and activity in the crayfish *Orconectes immunis*.
Comp. Biochem. Physiol. 74A (2): 475 - 477
- Crawshaw, L.I. 1974. Temperature selection and activity in the crayfish *Orconectes immunis*.
J. Comp. Physiol. 95: 315 - 322
- Criales, M. y K. Chung (1980). Tolerancia térmica de juveniles de camarón rosado, *Penaeus brasiliensis*.
Inf. Museo Mar. INVERMAR, Santa Marta, Colombia, 27: 1 - 15
- Curts, J. 1985. Análisis Exploratorio de Datos. Curso de Posgrado de la Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Diaz, H.F. 1989. Estudio ecofisiológico del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*.
Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM. 110 pp
- F.A.O., 1984. Informes Nacionales sobre el desarrollo de la Acuicultura en America Latina. F.A.O. Informe de Pesca

- Farmanfarmaian, A. y A. Moore. 1978 Diseasonal thermal aquaculture 1. Effects of temperature and dissolved oxygen on survival and growth of *Macrobrachium rosenbergii*.
Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc. 9: 55 - 56
- Ferguson, R.G. 1958. the preferred temperature of fish and their midsummer distribution in temperature lakes and streams.
J. Fish. Res. Board. Can 15 (4) 607 - 624
- Fraenkel , G.S. y D.L. Gunn. 1961. The orientation of animals kieneeses taxes and compass reactions. Dover. New York. 259 pp
- Fry, F.E.J. 1947. Effects of environmental on animal activity. *Univ. Toronto. Stud. Biol. Ser.* 55 Publ. Ont. Fish. Res. Lab. 68: 1 - 62 pp
- Fujimura, T. 1966. Notes of the development of a practical mass culturing techniques of the Giant Prawn *Macrobrachium rosenbergii*.
F.A.O. Indo-Pac. Fish Council. IPFC/C 66/WP 47:3p
- Fujimura, T. y C. Okamoto. 1970. Notes on progress in developing a mass technique for *Macrobrachium rosenbergii* in Hawaii.
F.A.O. Reg. of. for Asia and Far East. 14h Session. P 1-18.
- Giattina, J. D. y R.R. Garton. 1982. Graphical Model of

thermoregulatory behavior by fishes with a new measure of eurythermality.

Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 39: 524 - 528

Goodwin, H.L. y J.A. Hanson. 1975. The aquaculture of freshwater prawns *Macrobrachium* species.

The oceanic. Institute. Waimanaloa. Hawaii. 95 pp

Gutiérrez, M. P. 1989. Efecto del substrato y la inanición sobre la determinación del *preferendum* final de temperatura de postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* (De Man).

Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Guzmán, M., J. Cabrera y C. Kesler. 1977. Notes on *Macrobrachium* species in México. In: Hanson and Goodwin 1977. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere

state - of - the art reviews and status assessments. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., EUA. 439 pp

Hall, L.W., D.A. Cincotta., J.R. Stauffer y C.H. Hocut. 1978. Temperature preference of the crayfish *Orconectes obscurus*.

Arch. Environm. Cont. Toxicol. 7: 379 - 383

Hoff, J. G., y J. R. Westman. 1966. The temperature tolerances of three species of marine fishes.

J. Mar. Res. 24: 131 - 140

Hollschim, M.K. 1988. Manual técnico para el cultivo y engorda del langostino malayo. *Fondopesca*. 129 pp

- Holthuis, L.B. 1980. FAO. Species catalogue. Vol. I Shrimps and prawns of the world an annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO. Fish Synop. (125). Vol. I, 261 pp
- Jobling, M. 1981. Temperature tolerance and final preferendum rapid methods for the assesment of optimum growth temperatures.
J. Fish. Res. Board. Can. 24 (7): 1515 - 1519
- Kellog, R.L. y J.J. Gift. 1983. Relationship beetwen optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four species.
Trans. Am. Fish. Soc. 112: 424 - 430
- Kilgour, D.M., R.W. McCawley y W. Kwain, 1985. Modeling the letal effects of high temperatures on fish.
Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 42: 947 - 951
- Lowe, C.H. y V.J. Vance. 1955. Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*.
Science. 122: 73 - 74
- Mathur, D., R. M. Schutsky y E. Purdy. 1982. Temperature preference and avoidance responses of the crayfish *Orconectes obscurus* and associated statical problems.
Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 39: 548 - 553
- Mc Cauley, R.W. 1977. Laboratory methods for determining temperatures preference.
J. Fish. Res. Board. Can. 34: 749 - 752
- McLeese, D. W. 1956. Effects of temperature, salinity and

- oxygen on the survival of the American lobster.
J. Fish. Res. Bd. Canada 13: 247 - 272
- Nelson, D.H. y D.K. Hooper. 1982. Thermal tolerance and preferred of the freshwater shrimp *Palaemonetes kadiakensis*.
J. Therm. Biol. 7: 183 - 187
- Newell, R.C. 1976. *Adaptation to environment: Essays on the physiology of marine animals*. Butterworks, London. 539 p
- Prosser, C.L. y D.O. Nelson. 1981. The role of nervous systems in temperature adaptation in poikilotherms.
Ann. Rev. Physiol. 43: 281 - 300
- Reynolds, W.W. 1977. Temperature as a proximate factor in orientation behavior.
J. Fish. Res. Board. Can. 34: 734 - 739
- Reynolds, W.W. y M.E. Casterlin. 1979a. Behavioral thermoregulation and activity in *Homarus americanus*.
Comp. Biochem. Physiol. 64a: 25 - 28
- Reynolds, W.W. y M.E. Casterlin. 1979b. Termoregulatory behavior of the pink shrimp *Pennaeus duorarum*.
Hydrobiologia. 67 (2): 179 - 182
- Reynolds, W.W. y M.E. Casterlin. 1979c. Behavioral Termoregulation in the spiny lobster *Panulirus argus*.
Hydrobiologia. 66 (2): 141 - 143
- Tagatz, Marlin E. 1969. Some relations of temperature

acclimation and salinity to thermal tolerance of the blue crab, *Callinectes sapidus*.

Trans. Amer. Fish. Soc. 4: 713 - 716

Tuckey, J.W. 1977. Exploratory data analysis. Addison - Wesley. Pub. Co. Massachusetts. 668 pp

Velleman, P.F. y D.C. Hoaglin. 1981. Aplicacion basics and computing of exploratory data analysis. Duxbury. Press. Boston.

Vernberg, W.B. y F.J. Vernberg. 1972. Environmental Physiology of Marine Animals. Springer-verlag. New York. 346 pp

Vernberg, F.J. 1981. Benthic Macrofauna. In: F.J. Vernberg and W. B. Vernberg (Edits.). *Functional adaptations of marine organisms*. Acad. Press, Inc. N. Y. 346 p

Villalobos, F.A. 1982. Decapoda In: Aquatic Biota of Mexico Central America and the West Indies. ED. por S. Hurlbert y A. Villalobos F. Aquatic Biota - SDSU Foundation. Dept. of Biology, San Diego, St. Univ.

Warburg, M.R. y E. Schuchman. 1984. Thermal response of the hermit crab *Clibanarius erythropus*. *Crustaceana* 46 (1): 69 - 75

Wiesepape, L.M., D.V. Aldrich y K. Strawn, 1972. Effects of temperature and salinity on the thermal death in postlarval brown shrimp *Penaeus aztecus*. *Physiol. Zool.* 45 (1): 22 - 23

Zein-Eldin, Z. y G. Griffith, 1969. An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids.

F.A.O. Fish. rep. 3 (57): 1015 - 1026

TABLA 1.- COMPARACION DE LAS RESPUESTAS AL ESTRES TERMICO ASCENDENTE DE POSTLARVAS DEL LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii*, ACLIMATADOS INICIALMENTE A 20, 23, 25, 27, 30 y 33± 1 °C, MEDIANA ± I.C.

RESPUESTAS	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION					
	20± 1 °C	23± 1 °C	25± 1 °C	27± 1 °C	30± 1 °C	33± 1 °C
AUMENTO DE ACTIVIDAD	33.5±0.39	29.6±0.62	34.5± 0.39	33.8±0.39	38.4±0.33	39.2±0.15
PERDIDA DE EQUILIBRIO INICIAL	35.0±0.33	35.2±0.63	36.0±0.06	38.9± 0	39.8±0.22	41.1±0.32
PERDIDA DE EQUILIBRIO TOTAL *(T.C.Max.)	37.0±0.12	38.0±0.09	38.0±0.22	41.0± 0	41.0±0.08	41.5±0.50
CURVATURA INICIAL DEL ABDOMEN	39.9±0.45	41.1±0.31	40.5±0.39	42.3±0.15	42.5±0.33	43.5±0.20
CURVATURA TOTAL DEL ABDOMEN	40.9±0.45	42.2±0.02	41.8±0.09	43.3±0.34	43.5±0.33	44.5±0.34
PERDIDA TOTAL DE MOVIMIENTO	41.0±0.05	42.6±0.47	42.0±0.22	43.3±0.34	44.0±0.07	44.7±0.26
NUMERO DE ORGANISMOS	10	10	10	10	10	10

* TEMPERATURA CRITICA MAXIMA

TABLA 2.- COMPARACION DE LAS RESPUESTAS AL ESTRES TERMICO
DESCENDENTE DE POSTLARVAS DEL LANGOSTINO MALAYO
Macrobrachium rosenbergii, ACLIMATADOS INICIALMENTE
 A 20, 23, 25, 27, 30 y 33± 1 °C, MEDIANA± I.C.

RESPUESTAS	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION					
	20± 1 °C	23± 1 °C	25± 1 °C	27± 1 °C	30± 1 °C	33± 1 °C
DISMINUCION DE ACTIVIDAD	11.8±0.21	13.2±0.47	15.6±0.36	16.6±0.51	18.0±0.15	20.0±0.21
PERDIDA DE EQUILIBRIO TOTAL *(T.C.Min.)	10.0±0.02	10.9±0.81	12.4±0.38	14.8±0.12	17.0± 0	17.3±0.29
PERDIDA TOTAL DE MOVIMIENTO	8.0±0.09	9.2±0.34	11.0±0.34	12.8±0.34	14.0± 0	14.5±0.23
NUMERO DE ORGANISMOS	10	10	10	10	10	10

* TEMPERATURA CRITICA MINIMA

TABLA 3.- COMPARACION DE LAS RESPUESTAS AL ESTRES TERMICO ASCENDENTE DE JUVENILES DEL LANGOSTINO MALAYO *Macrobraconium rosenbergii*, ACLIMATADOS INICIALMENTE A 20, 23, 25, 27, 30 y 33[±] 1 °C, MEDIANA[±] I.C.

RESPUESTAS	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION					
	20 [±] 1°C	23 [±] 1°C	25 [±] 1°C	27 [±] 1°C	30 [±] 1°C	33 [±] 1°C
AUMENTO DE ACTIVIDAD	32.3 [±] 0.29	34.0 [±] 0	32.8 [±] 0.76	35.0 [±] 0	38.0 [±] 0	38.5 [±] 0.5
PERDIDA DE EQUILIBRIO INICIAL	34.8 [±] 0.11	37.1 [±] 0.18	37.0 [±] 0.93	38.8 [±] 0.13	39.9 [±] 0.84	40.6 [±] 0.43
42 PERDIDA DE EQUILIBRIO TOTAL *(T.C.Max.)	36.5 [±] 0.5	38.0 [±] 0	38.5 [±] 0.5	39.8 [±] 0.15	41.5 [±] 0.51	42.0 [±] 0.42
CURVATURA INICIAL DEL ABDOMEN	38.5 [±] 0	40.6 [±] 0.27	39.8 [±] 0.13	41.5 [±] 0.85	42.3 [±] 0.86	43.0 [±] 0.28
CURVATURA TOTAL DEL ABDOMEN	39.7 [±] 0.11	41.8 [±] 0.02	41.0 [±] 0	42.2 [±] 1.17	43.4 [±] 0.75	44.1 [±] 0.12
PERDIDA TOTAL DE MOVIMIENTO	40.8 [±] 0.14	42.8 [±] 0.02	42.2 [±] 0	43.2 [±] 0.09	44.1 [±] 0.44	45.0 [±] 0.15
NUMERO DE ORGANISMOS	10	10	10	10	10	10

* TEMPERATURA CRITICA MAXIMA

TABLA 4.- COMPARACION DE LAS RESPUESTAS AL ESTRES TERMICO DESCENDENTE DE JUVENILES DEL LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii*, ACLIMATADOS INICIALMENTE A 20, 23, 25, 27, 30 y 33[±] 1 °C, MEDIANA[±] I.C.

RESPUESTAS	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION					
	20 [±] 1 °C	23 [±] 1 °C	25 [±] 1 °C	27 [±] 1 °C	30 [±] 1 °C	33 [±] 1 °C
DISMINUCION DE ACTIVIDAD	11.5 [±] 0.22	12.9 [±] 0.20	14.5 [±] 0.22	16.0 [±] 0.13	18.0 [±] 0.02	18.8 [±] 0.16
PERDIDA DE EQUILIBRIO TOTAL *(T.C.Min.)	10.5 [±] 0.22	11.0 [±] 0.02	12.7 [±] 0.11	14.0 [±] 0.30	16.0 [±] 0.02	17.2 [±] 0.44
PERDIDA TOTAL DE MOVIMIENTO	8.5 [±] 0.22	8.9 [±] 0.21	10.0 [±] 0.34	12.4 [±] 0.34	14.0 [±] 0	14.7 [±] 0.22
NUMERO DE ORGANISMOS	10	10	10	10	10	10

* TEMPERATURA CRITICA MINIMA

TABLA 5.- TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE SUPERIOR (T.L.I.S.),
 TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE INFERIOR (T.L.I.I.)
 Y TOLERANCIA TERMICA DE POSTLARVAS Y JUVENILES
 DEL LANGOSTINO MALAYO *Macrobrachium rosenbergii*
 ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS.

ESTADIO	RESPUESTA	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION (°C)						TOLERANCIA TERMICA (°C ²)
		20	23	25	27	30	33	
POSTLARVAS	T.L.I.S.	39.0	39.5	39.5	40.0	40.5	41.0	1,599
	T.L.I.I.	9.0	9.5	11.5	13.5	14.5	15.5	
JUVENILES	T.L.I.S.	39.0	39.5	40.0	40.5	41.0	41.5	1,618.5
	T.L.I.I.	9.1	9.5	11.5	13.5	14.5	15.5	



FIGURA 1.- ESQUEMA DEL GRADIENTE HORIZONTAL DE TEMPERATURA UTILIZADO.
 A SEGMENTOS DEL GRADIENTE, B CAMARA CALIENTE, C CAMARA FRIA,
 D RESISTENCIA, E SERPENTIN, F TERMOMETROS, G SISTEMA DE
 AIREACION Y H MALLA.

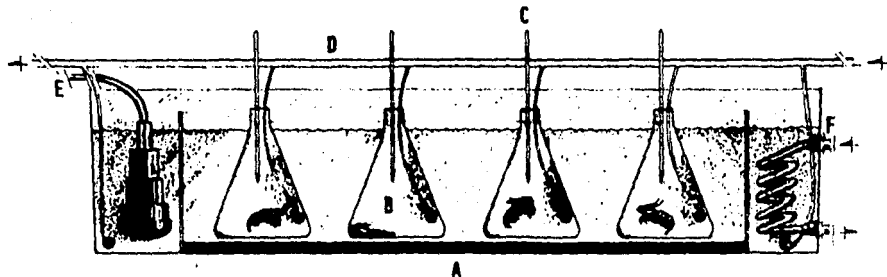


FIGURA 2.- DISPOSITIVO EMPLEADO PARA DETERMINAR LAS RESPUESTAS AL ESTRES TERMICO ASCENDENTE Y DESCENDENTE, ASI COMO LOS LIMITES LETALES INCIPIENTE SUPERIOR E INFERIOR. A ACUARIO DE 75 L, B MATRACES ERLLENMEYER DE 500 ML, C TERMOMETROS, D SISTEMA DE AIREACION, E RESISTENCIA, Y F SERPENTIN.

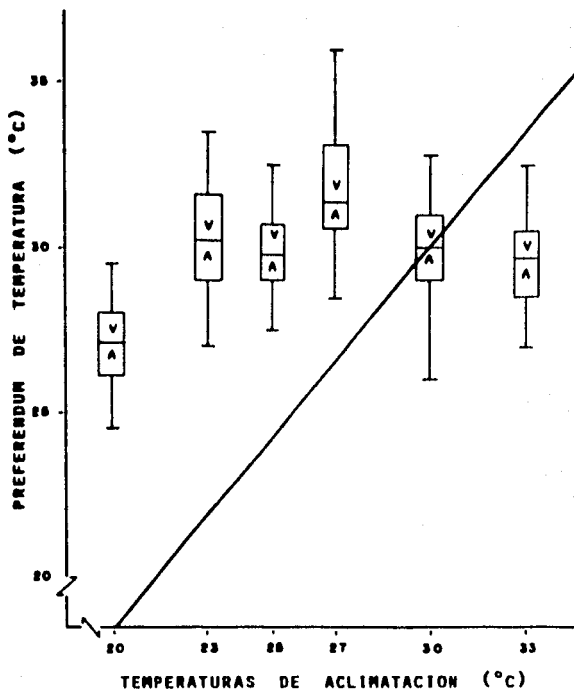


FIGURA 3.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION DE POSTLARVAS DE *Macrobrachium rosenbergii*

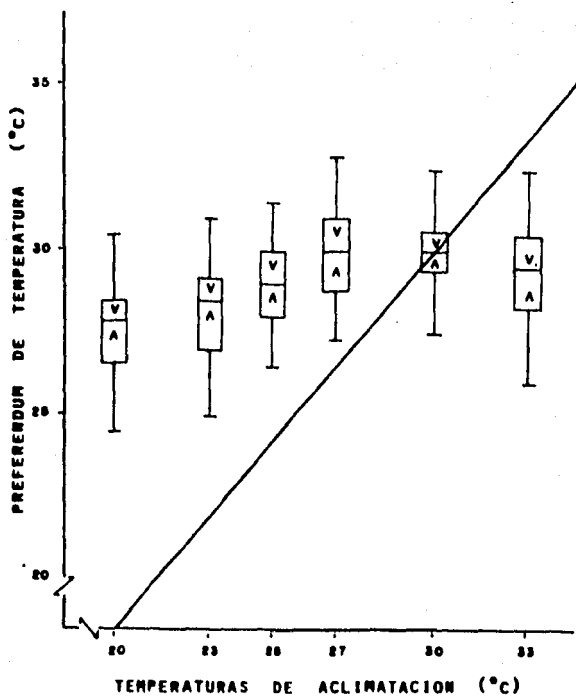


FIGURA 4.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION DE JUVENILES DE *Macrobachium rosenbergii*

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

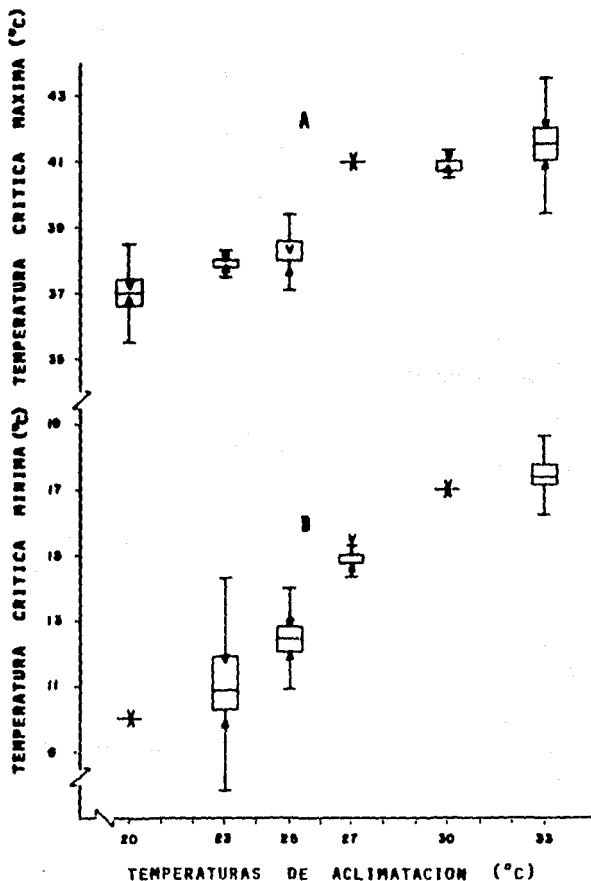


FIGURA 5.- TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (T.C.Máx.) (A) Y TEMPERATURA CRITICA MINIMA (T.C.Mín.) (B) DE POSTLARVAS DE *Acaobaachium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

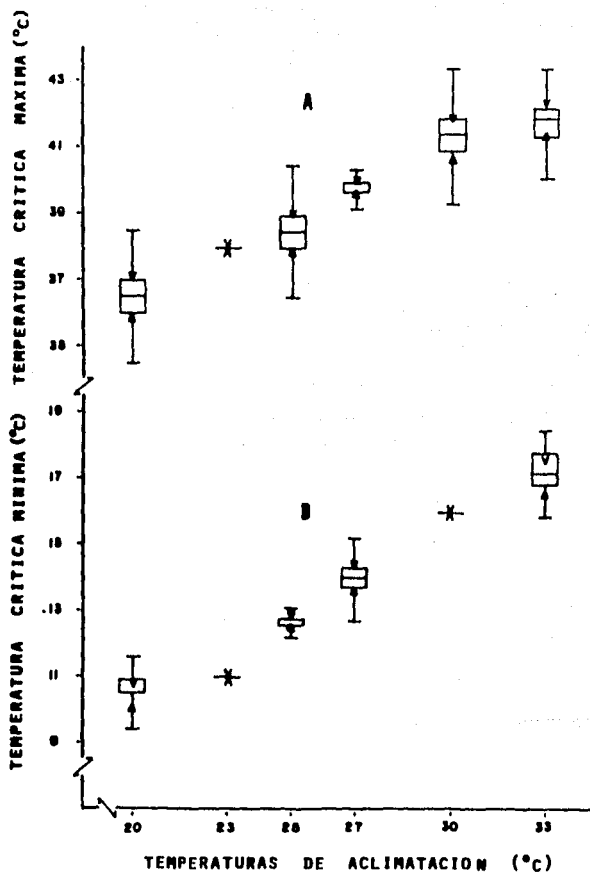


FIGURA 6.- TEMPERATURA CRITICA MAXIMA (T.C. Máx.) (A) Y TEMPERATURA CRITICA MINIMA (T.C. Mín.) (B) DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

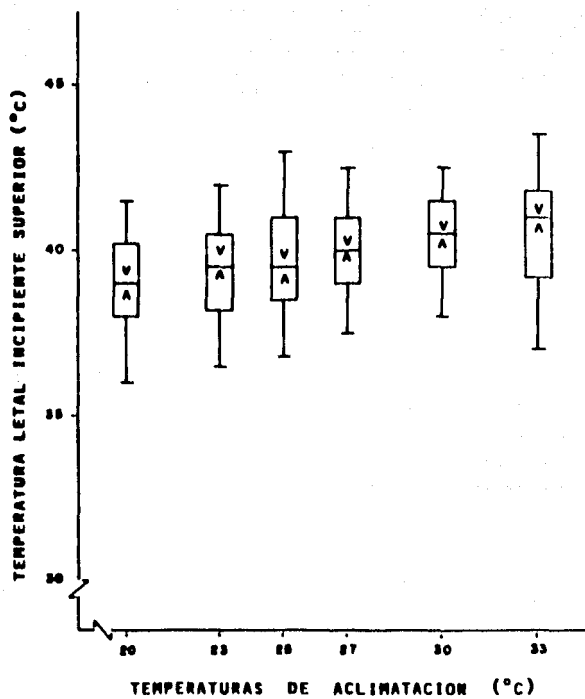


FIGURA 7.- TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE SUPERIOR DE POSTLARVAS DE *Macrobrychium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

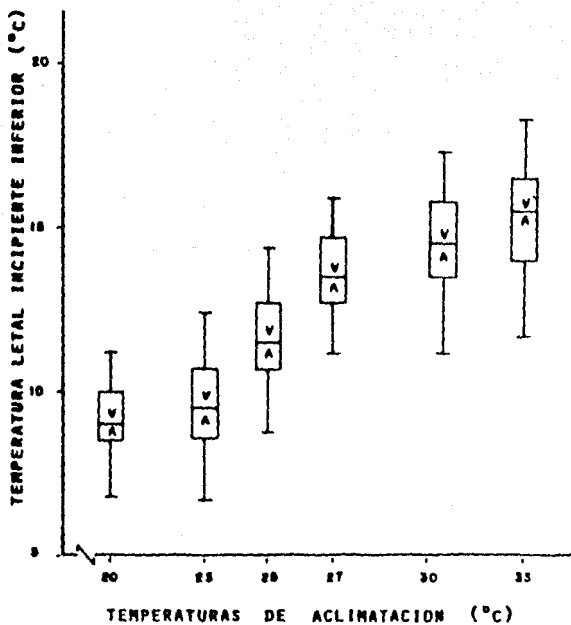


FIGURA 8.- TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE INFERIOR DE POSTLARVAS DE *Macrobathrum rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

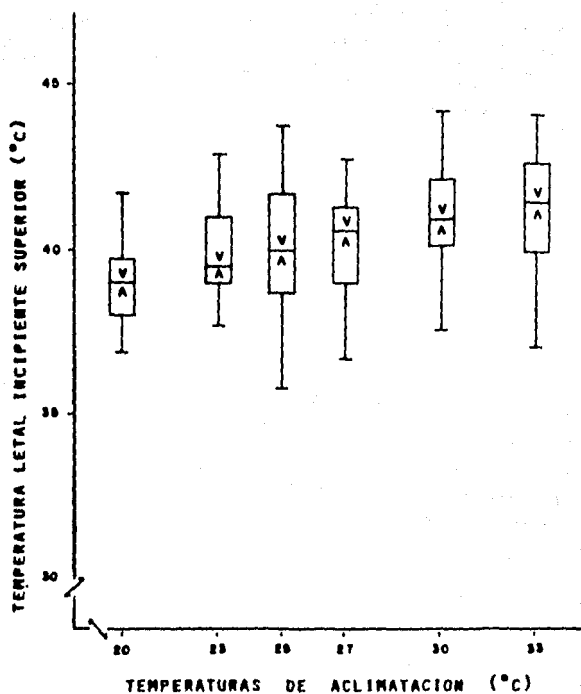


FIGURA 9.- TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE SUPERIOR DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

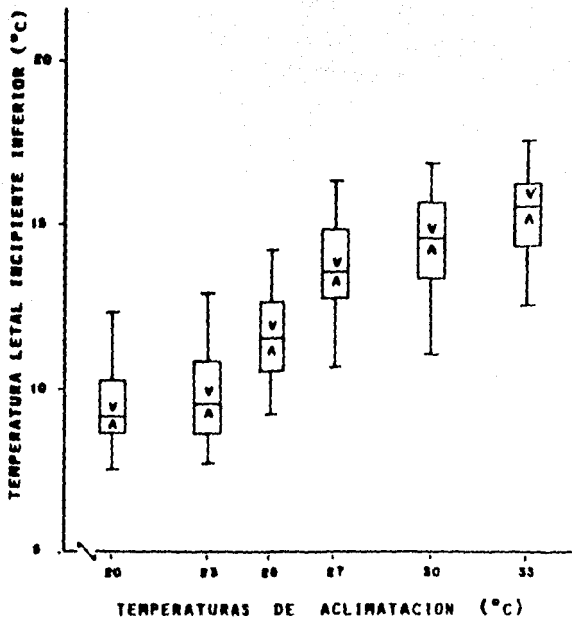


FIGURA 10.- TEMPERATURA LETAL INCIPIENTE INFERIOR DE JUVENILES DE *Macrobathrum rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

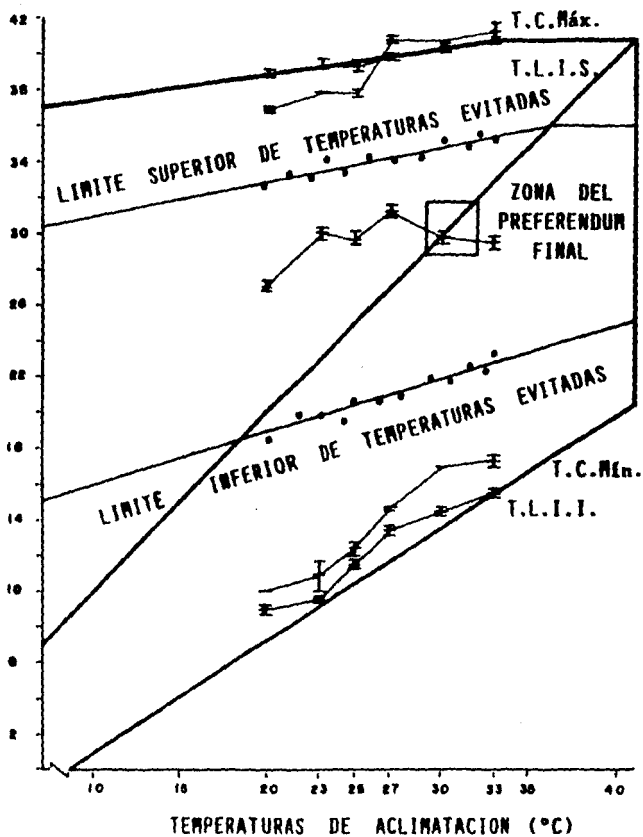


FIGURA 11.- TOLERANCIA TERMICA DE POSTLARVAS DE *Macrobrychium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS

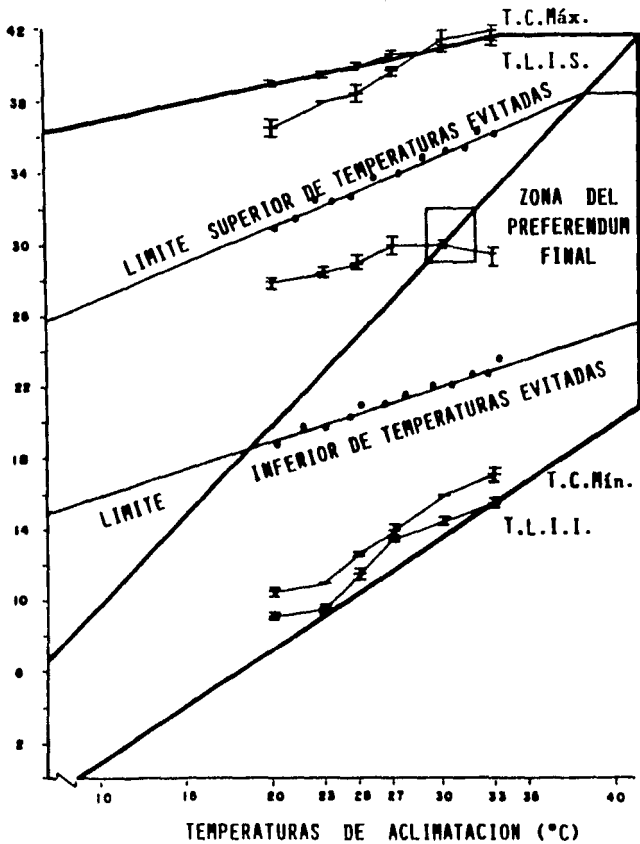


FIGURA 12.- TOLERANCIA TERMICA DE JUVENILES DE *Macrobrychium rosenbergii* ACLIMATADOS A DIFERENTES TEMPERATURAS