



CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE  
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION OCEANOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

**TERMORREGULACIÓN DE JUVENILES Y ADULTOS DE LA  
LANGOSTA DE QUELAS ROJAS *Cherax quadricarinatus*.**

**TESIS**

Que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el  
grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:

**Oc. Gerardo Amador Cano**

Ensenada, B. C., Abril del 2001

**CONTENIDO**

	<b>Página</b>
I.	1
INTRODUCCION.....	9
II.	9
OBJETIVOS.....	9
.	1
II.1.	0
General.....	1
II.2.	0
Particulares.....	1
III.	1
MATERIALES	Y
METODOS.....	1
III.1. Obtención, mantenimiento y sexado de los organismos.....	1
III.2. Temperatura preferida.....	3
III.2.1. Temperatura preferida mediante el método gravitacional.....	4
III.2.2. Temperatura preferida mediante el método agudo.....	5
III.3. Temperaturas de evitación.....	6
III.4. Temperatura crítica máxima.....	6
III.5. Polígono de tolerancia térmica.....	7
	2

III.6.	Respuesta	específica	0
térmica.....			3
III.7.		Análisis	1
estadístico.....			4
IV.			1
RESULTADOS.....			4
V.			2
DISCUSIÓN.....			
VI.			
CONCLUSIONES.....			
LITERATURA			
CITADA.....			

## LISTA DE FIGURAS

			<b>Página</b>
<b>Figura</b>	<b>1.</b>	<b>Gradiente</b>	1
			2
Térmico.....			
 <b>Figura 2.</b> Temperatura preferida en juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.....			2 1
<b>Figura 3.</b> Temperatura preferida en machos adultos de <i>Cherax quadricarinatus</i> en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.....			2 2
<b>Figura 4.</b> Temperatura preferida en hembras adultas de <i>Cherax quadricarinatus</i> en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.....			2 3
<b>Figura 5.</b> Temperatura preferida por juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> mediante el método agudo. La línea punteada representa la línea de igualdad, mientras que el área sombreada indica el intervalo de confianza al 95%.....			2 5
 <b>Figura 6.</b> Aumento de actividad como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> .....			2 7

	5
	2
<b>Figura 7.</b> Desorientación inicial como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> .....	8
	2
<b>Figura 8.</b> Desorientación total como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> .....	9
	3
<b>Figura 9.</b> Polígono de respuestas a la temperatura de juveniles de <i>Cherax quadricarinatus</i> aclimatados a 20, 23, 26, 29 y 32 °C. Temperatura crítica máxima (⊕), Temperatura preferida (+), Temperaturas de evitación inferior (⊗) y superior (⊙), Preferendum final (□).....	0

Resumen de la Tesis que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS con especialidad en Acuicultura presenta: Oc. Gerardo Amador Cano. Ensenada, B. C., Abril del 2001

**TERMORREGULACIÓN DE JUVENILES Y ADULTOS DE LA LANGOSTA DE QUELAS ROJAS *Cherax quadricarinatus*.**

Resumen aprobado por:

---

Dr. Fernando Díaz Herrera

Se determinó la temperatura preferida de juveniles, adultos machos y hembras de *Cherax quadricarinatus* mediante los métodos gravitacional y agudo, además, a partir de los resultados con el método agudo, se determinaron en los juveniles las temperaturas de evitación inferior y superior. También, se determinaron las respuestas al estrés térmico ascendente y su respuesta específica térmica para juveniles de la langosta de quelas rojas, esta fue obtenida para la localidad de Mulegé, Baja California Sur. Con los resultados de las diferentes respuestas de comportamiento de los juveniles, se construyó el polígono de tolerancia térmica.

La temperatura preferida determinada mediante el método gravitacional para juveniles de *Cherax quadricarinatus* fue de 28.6 °C con un intervalo de 24 a 31 °C, mientras que para los adultos machos y hembras este se ubicó en 28.4 y

27.6 °C con un intervalo de 23.5 a 29.8 °C y 24.2 a 30.5 °C respectivamente. No se presentaron diferencias significativas entre el preferendum diurno y nocturno de los juveniles y adultos machos y hembras de la langosta de quelas rojas, por lo cual se determinó que *Cherax quadricarinatus* no presentó un ciclo diurno-nocturno de preferencia térmica. Tampoco hubieron diferencias entre el preferendum térmico de juveniles y adultos machos y hembras. La temperatura preferida cuantificada por el método agudo para los juveniles de *Cherax quadricarinatus* se obtuvo en 28.7 °C, la cual coincidió con la obtenida mediante el método gravitacional, por lo que esta temperatura se consideró como el preferendum final. Las temperaturas de evitación inferiores para juveniles de *Cherax quadricarinatus* fueron 11.7 °C, mientras que las de evitación superior de 35.1 °C. Las respuestas al estrés térmico ascendente cuantificadas en los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, mostraron que la temperatura de aclimatación influyó sobre la resistencia térmica de los organismos, ya que conforme se incrementó la temperatura de aclimatación aumentó el punto final de la temperatura crítica máxima, obteniéndose para 20 °C en los 36 °C, para 23 °C en 38 °C, para 26 °C en 40 °C, para 29 °C en 40.5 y para 32 °C en 42 °C. La tolerancia térmica de *Cherax quadricarinatus* tuvo un área de 225.8 °C<sup>2</sup>, mientras que para la Respuesta Específica Térmica de los juveniles para la localidad de Mulegé, Baja California Sur, México, se obtuvo un índice de cobertura de 59.3 %

En base a los resultados obtenidos durante el presente trabajo, se recomienda que para realizar el cultivo en condiciones óptimas de *Cherax*

*quadricarinatus* en el estado de Baja California, la temperatura del agua en el sitio elegido debe encontrarse cercana a 28.7 °C durante la mayor parte del año, y no debe exceder los límites inferior de 11.7 °C y superior de 35.1 °C.

**Palabras clave:** *Cherax quadricarinatus*, temperatura preferida, resistencia térmica.



TERMORREGULATION OF JUVENILES AND ADULTS OF THE  
REDCLAW CRAYFISH *Cherax quadricarinatus*.

The preferred temperature of juveniles, adult males and females of *Cherax quadricarinatus* was determined using the methods gravitational and acute, in

addition, from the results obtained with the acute method for juveniles, was determined the minimal and maximal avoided temperatures. Also for juveniles of the red claw crayfish, the increasing thermal stress responses was obtained, and specific thermal response were determined for the locality of Mulegé, Baja California Sur. With the results obtained in the different behavioral responses in juveniles, the thermal tolerance polygon was constructed.

The preferred temperature determined by the gravitational method for juveniles of *Cherax quadricarinatus* was 28.6 °C with an interval of 24 to 31 °C, for male adults and females was 28.4 and 27.6 °C with an interval of 23.5 to 29.8 °C and 24.2 to 30.5 °C respectively. There was no significant differences between the diurnal and nocturnal preferendum of the juveniles and adults males and females of the red claw crayfish, thus it determined that *Cherax quadricarinatus* does not present a diurnal-nocturnal cycle of thermal preference. Also, there were not significant differences between the thermal preferendum of juveniles and adults males and females. The preferred temperature determined by the acute method for juveniles of *Cherax quadricarinatus* was 28.7 °C, which agrees with obtained by the gravitational method. The lower avoidance temperatures of juveniles of *Cherax quadricarinatus* were 11.7 °C, while the higher avoidance temperatures was 35.1 °C. The responses of rising thermal stress determined in the juveniles of *Cherax quadricarinatus*, showed that the acclimation temperatures influenced the thermal resistance of the organisms, because while the temperature of acclimation was increased the end point of the critical thermal maxima was also increased,

obtaining for 20 °C in the 36 °C, for 23 °C in 38 °C, 26 °C in 40 °C, 29 °C in 40.5 and 32 °C in 42 °C. The thermal preference of *Cherax quadricarinatus*, presented an area of 225.8 °C<sup>2</sup> in the thermal tolerance polygon. The specific thermal efficiency response had a cover index of 59.3 % for the locality of Mulegé, Baja California Sur, México.

With the results obtained during the present work, it is recommended that to culture in optimum conditions of *Cherax quadricarinatus* in the state of Baja California, the temperature of the water in the selected site must be close to 28.7 °C during most of the year, and does not have to exceed the limits lower 11.7 and higher of 35.1 °C.

**Key words:** *Cherax quadricarinatus*, preferred temperature, thermal resistance.

**AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. Fernando Díaz Herrera, por su acertada dirección, su apoyo y su gran paciencia.

A mis sinodales: Dra. Beatriz Cordero Esquivel, Dra. Elizabeth Sierra Uribe, MC. Denisse Re Araujo y Dr. Apolinar Reynoso Hernández; por sus invaluable consejos y opiniones para el mejoramiento de este trabajo.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado a través del programa de becas.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecofisiología: Denisse, Elizabeth, Alberto y Gisela; por su ayuda en los momentos de necesidad y por hacerme más ameno el trabajo.

A Bessy, porque ella dio inicio a todo esto.

A Fausto, Dahren, César y Julio, por que pese a todo, aún seguimos juntos en las buenas y en las malas.

A la familia Chacón, por sus desvelos.

A mis tíos y abuela: Ida, Raúl, Lucha, Samuel, Chali, Victor, Lulú y Beni; por que siempre han estado ahí aunque no haya sido yo ni el mejor sobrino ni el mejor nieto.

A mis hermanos: Fallo, Mauricio y Paco; por que aunque la distancia sea grande, siempre los he sentido a mi lado.

A Varinka, por su amor a manos llenas, por compartir mis sueños, por su apoyo sin condiciones.

## **INTRODUCCIÓN**

Los crustáceos decápodos de las familias Astacidae, Cambaridae y Parastacidae, conocidos como acociles, son habitantes de los ecosistemas de agua dulce en todos los continentes excepto en África, presentan su mayor diversidad en el sur de EE.UU. y el norte de México con 308 especies y 30 subespecies (Huner y Lindqvist., 1995). Sin embargo, los acociles australianos pertenecientes a la familia Parastacidae, son los de mayor tamaño en el mundo por lo cual en años recientes han adquirido un gran interés

comercial tanto a nivel local como internacional (Morrissy *et al.*, 1990; Pinto y Rouse, 1996).

Desde la década de 1960 los acuiculturistas australianos iniciaron investigaciones para cultivar estos organismos, pero no fue sino hasta 1975, cuando el cultivo se legalizó por primera vez en Australia y se difundió su potencial acuicultural al resto del mundo (Masser y Rouse, 1990; Semple *et al.*, 1995).

De las 100 especies de acociles australianos, actualmente solo tres especies se cultivan comercialmente: *Cherax tenuimanus* o marrón, que se distribuye al sudoeste de Australia; *C. destructor* o yabbie, el cual se localiza en el sudeste y centro y *C. quadricarinatus*, que es nativa del norte de Australia y sur de Nueva Guinea (Semple *et al.*, 1995). Esta última especie, llamada langosta de quelas rojas debido a los largos parches membranosos de color rojo o anaranjado intenso que presenta el macho a lo largo de sus quelas, es considerada la de mayor importancia para la acuicultura ya que presenta un rápido crecimiento, alcanzando entre 50 y 80 g en seis meses (Jones, 1989; Medley, 1991; Semple *et al.*, 1995). Hutchings (1987), Jones (1990) y Rouse *et al.* (1991), mencionan que más del 30% de su peso es carne comparado con el 20% del acocil *Procambarus clarkii*. *C. quadricarinatus* alcanza su madurez sexual aproximadamente a los 6 meses de edad, casi al mismo tiempo en el que obtiene su talla comercial y así se reproduce en cautiverio (Sammy, 1988; Jones, 1990; Merrick y Lambert, 1991). La langosta de quelas rojas presenta su mayor crecimiento a temperaturas de 22 °C a 30 °C, no obstante puede tolerar un intervalo de 7 a 34 °C (Semple *et al.*, 1995).

En México, en años recientes se ha contemplado la introducción de *C.*

*quadricarinatus* como posible recurso acuicultural por su rápido crecimiento, la capacidad para tolerar diversas condiciones ambientales por debajo de sus óptimos y por el potencial que tiene de obtener altos precios en el mercado (Arredondo *et al.*, 1994).

El cultivo de *C. quadricarinatus* se puede llevar a cabo de una forma similar a la que se aplica en la producción de langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*), especie que se ha probado en nuestro país con un éxito relativo, la diferencia entre ambos cultivos radica en que para la langosta de quelas rojas no se requiere de agua salobre durante la fase larval y, además, es menos agresiva durante su etapa adulta (Arredondo *et al.*, 1994).

Pese al gran potencial acuicultural que presenta esta especie, existe una discrepancia entre el potencial y la producción que se ha obtenido en los países que se han dedicado a su cultivo. Ejemplo de esto se presentó en Australia durante 1993, ya que de 50 permisos emitidos para la acuicultura de la langosta de quelas rojas, la producción fue únicamente de 40 toneladas con un beneficio de no más de un millón de dólares (Jones y Ruscoe, 1996). Esto refleja que a nivel comercial, el desarrollo del cultivo de *C. quadricarinatus* se ha visto limitado por la falta de investigación, y particularmente, por la falta de estudios enfocados hacia la ecofisiología y nutrición de esta especie, además de que las tecnologías aplicadas son poco eficientes e inapropiadas (Morrissy *et al.*, 1990; Jones y Ruscoe, 1996).

Uno de los factores ambientales mas importantes en relación a la biología y ecología de los animales acuáticos, es la temperatura, ya que influye en el comportamiento de los organismos, principalmente sobre los móviles, quienes reaccionan a las variaciones térmicas ambientales, evitando las temperaturas letales hasta encontrar las óptimas (Díaz y



Bückle, 1993). Los organismos que viven en ambientes heterotérmicos deben ser fisiológicamente tolerantes a los cambios en la temperatura (Hutchison y Manes, 1979; Bückle *et al.*, 1996), por tanto, la temperatura debe ser considerada para evaluar la viabilidad de reproducir natural o artificialmente cualquier especie (Uno *et al.*, 1975; Bückle *et al.*, 1996).

El cultivo de *Cherax quadricarinatus* durante 6 a 18 meses en las zonas tropicales de Australia, puede alcanzar una producción de 3000 a 5000 Kg ha<sup>-1</sup> (Curtis, 1990). Sin embargo, para climas templados como el del sudeste de los EE.UU., el periodo de crecimiento se reduce de 4 a 7 meses (Rouse *et al.*, 1991). Es evidente que se requieren estudios ecofisiológicos que evalúen el potencial de desarrollo de esta especie en climas templados (Pinto y Rouse, 1996).

Los poiquiloterms ajustan sus funciones fisiológicas respecto a las variaciones de la temperatura ambiental para evitar condiciones ambientales adversas, así han desarrollado estrategias y comportamientos adaptativos que pueden ser aprovechados en condiciones de cultivo, como la temperatura preferida por un organismo, la cual puede reflejar óptimos térmicos de algunos procesos biológicos como la reproducción, el metabolismo, la velocidad de natación y el trabajo cardíaco máximo (Crawshaw, 1974; Reynolds y Casterlin, 1979a; Jobling, 1981; Bückle *et al.*, 1996).

La termorregulación es un mecanismo que utilizan los organismos para mantener sus funciones vitales relativamente estables independizándose de los cambios ambientales de la temperatura (Lagerspetz, 1974). Las respuestas de preferencia y evitación térmica son aspectos del comportamiento termorregulador de los organismos en condiciones naturales y

pueden ser alteradas por factores ambientales y antropogénicos, además de factores internos como la especie, la edad, el tamaño y la hora del día (Giattina y Garton, 1982; Nichelmann, 1983). Además, bajo condiciones de laboratorio, los cambios en la calidad del agua, intensidad luminosa, disponibilidad de alimento, infecciones o enfermedades pueden afectar el comportamiento termorregulador de cualquier especie (Coutant, 1980).

Se han utilizado varios métodos para determinar las respuestas térmicas de los organismos acuáticos (McCauley, 1977). No obstante, sin importar el método usado, los estudios de temperatura preferida en condiciones de laboratorio han demostrado la capacidad de los animales para ubicarse en intervalos estrechos de temperatura (Giattina y Garton, 1982).

El intervalo de temperaturas en el cual se congregan los organismos, o bien, en el que pasan mas tiempo, se define como la temperatura preferida o preferendum térmico (Reynolds y Casterlin, 1979a). Para su determinación, se han desarrollado dos métodos a partir de la definición bipartita propuesta por Fry (1947), que en su primera parte se refiere a que el preferendum final de temperatura es: “aquella temperatura en la cual la preferida es igual a la de aclimatación”. El método basado en esta definición consiste en colocar en un gradiente térmico, durante un periodo corto de tiempo (2 horas o menos), a grupos de organismos aclimatados a diferentes temperaturas. Posteriormente se interpola para determinar donde las líneas de preferencia e igualdad se cruzan, y el punto de intersección se denomina como el preferendum final, el cual es dependiente de la temperatura de aclimatación (Hall *et al.*, 1978; Giattina y Garton, 1982).

La segunda parte de la definición bipartita de Fry (1947), menciona que el

preferendum final es: “la temperatura alrededor de la cual los organismos de una especie se congregan sin importar su historial térmico previo”. En base a esta definición, cuando a los organismos se les deja en un gradiente térmico durante 24 horas o mas, estos tienden a “gravitar” dentro de una región de temperatura preferida, la cual es específica para la especie y no se encuentra influenciada por su historia térmica anterior a su colocación en el gradiente (Reynolds y Casterlin, 1979a). Las temperaturas de evitación se definen como aquellas en las que los organismos pasan significativamente menos tiempo o visitan con menos frecuencia (Giattina y Garton, 1982).

La preferencia y la evitación a la temperatura son respuestas opuestas y aspectos inseparables del comportamiento termorregulador de los organismos bajo condiciones naturales, y pueden ser relacionadas en un polígono que se caracteriza por tener una zona de tolerancia y una de resistencia. En la zona de tolerancia se encuentra la temperatura preferida y las temperaturas de evitación superior e inferior, mientras que en la zona de resistencia se encuentra la temperatura crítica mínima y máxima (Reynolds y Casterlin, 1979a; Giattina y Garton, 1982).

La preferencia térmica y las respuestas de evitación, permiten a los organismos mantenerse en un intervalo térmico en el cual la mayor parte de las funciones fisiológicas se realizan con la máxima eficiencia. Este intervalo se representa dentro del polígono descrito por Brett (1956) como una área que se expresa en  $^{\circ}\text{C}^2$ , la cual es una medida cuantitativa de los términos euritermo y estenotermo (Giattina y Garton, 1982).

A continuación de la zona de tolerancia se encuentra la de resistencia, que se caracteriza por la interacción entre la temperatura y el tiempo de exposición de los

animales a ella (Reynolds y Casterlin, 1979a). El efecto letal ocasionado por la temperatura en la zona de resistencia se ha determinado mediante el uso de dos métodos: el método estático, el cual mide el tiempo en el que los organismos mueren a temperaturas de prueba constantes, y el método dinámico; que involucra el incremento de las temperaturas de prueba hasta que el punto final es alcanzado (Lutterschmidt y Hutchison, 1997).

El método dinámico está representado por los conceptos de la temperatura crítica mínima y máxima, las cuales constituyen los límites de la zona de resistencia térmica de los organismos (Paladino *et al.*, 1980; Lutterschmidt y Hutchison, 1997). Estos conceptos fueron definidos por Cowles y Bogert (1944) como “el punto térmico en el cual la actividad locomotora de los organismos comienza a desorganizarse y pierden la habilidad de escapar de las condiciones que los llevarán rápidamente a la muerte, cuando son calentados o enfriados a una tasa constante desde una temperatura previa de aclimatación”. Esta definición fue modificada por Lowe y Vance (1955) para incluir una variación estadística y una estandarización de los métodos que incluye un calentamiento a una tasa constante, que permite a la temperatura del cuerpo acoplarse a las temperaturas de prueba sin que se produzca un retraso significativo (Hutchison, 1961, 1976).

En estudios de tolerancia térmica en crustáceos, se ha observado que conforme la temperatura del medio se incrementa los animales despliegan una secuencia de respuestas que incluyen un aumento de actividad (AA), que se caracteriza por la natación activa, la desorientación inicial (DI), cuando los organismos saltan de improviso y pierden el equilibrio por primera vez, y la desorientación total (DT) cuando pierden conjuntamente el equilibrio y la verticalidad (Claussen, 1980; Criales y Chung, 1980; Nelson y Hooper,

1982).

Los estudios realizados sobre el comportamiento termorregulador se han enfocado principalmente en peces (Coutant, 1977). Sin embargo, la importancia que presentan estos trabajos ha acrecentado el número de especies sobre las que se ha realizado esta clase de investigaciones, tal es el caso de *Orconectes obscurus*, donde Mathur *et al.* (1982) encontraron una estrecha relación entre la temperatura preferida por esta especie y la temperatura óptima para su crecimiento, el mismo resultado se observó en *Palaemonetes vulgaris* (Casterlin y Reynolds, 1979), *Homarus americanus* (Reynolds y Casterlin, 1979b) *Penaeus duorarum* (Reynolds y Casterlin, 1979d), *Panulirus argus* (Reynolds y Casterlin, 1979c), *Macrobrachium rosenbergii* (Díaz *et al.*, 1993), *Procambarus speculifer* (Taylor, 1990), *Procambarus clarki* (Espina *et al.*, 1993; Bückle *et al.*, 1996) y *Macrobrachium tenellum* (Hernández *et al.*, 1995).

Los estudios de termorregulación pueden ser aplicados a la acuicultura si los cultivos se encuentran dentro del área de preferencia térmica que incluye el preferendum final (Bückle *et al.*, 1996). De esta manera, el polígono de Fry (1947) y Brett (1956) nos ayuda a visualizar la tolerancia de los animales a los cambios de temperatura, porque señala los límites así como el intervalo óptimo de temperaturas permitiendo aplicar los resultados para optimizar las prácticas de cultivo para que se incremente el crecimiento de las especies.

## **I. OBJETIVOS**

### ***I.1 GENERAL***

- Evaluar el comportamiento termorregulador en juveniles y adultos machos y hembras de *Cherax quadricarinatus*.

## ***I.2 PARTICULARES***

- Conocer la temperatura preferida de adultos machos y hembras de *C. quadricarinatus* mediante el uso del método gravitacional.
- Determinar la temperatura preferida y las de evitación superior e inferior en juveniles de *C. quadricarinatus* utilizando los métodos agudo y gravitacional.
- Cuantificar la temperatura crítica máxima (TCM) de juveniles de langosta de quejas rojas.
- Estimar la respuesta específica térmica (RET) de juveniles de *Cherax quadricarinatus* para la localidad de Mulegé, Baja California Sur.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***II.1 Obtención, mantenimiento y sexado de los organismos.***

Los juveniles de *Cherax quadricarinatus* (n = 2000) se obtuvieron en la granja de

cultivo comercial de langostas de agua dulce “El Jicarero” ubicada en Cuernavaca, Morelos. Los organismos se trasladaron al Laboratorio de Ecofisiología del Departamento de Acuicultura del CICESE, se colocaron en estanques de 2000 l conectados a un filtro biológico, se mantuvieron a una temperatura de  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  con calentadores de 1000 watts, aireación constante, y se alimentaron diariamente con alimento comercial Rangen® en una ración equivalente al 8% de su peso húmedo corporal.

Los adultos de *C. quadricarinatus* fueron obtenidos a partir del crecimiento de los juveniles mantenidos en los estanques en el Laboratorio de Ecofisiología, que permanecieron en las condiciones antes mencionadas hasta alcanzar la edad de un año, lo cual aseguró su madurez sexual de acuerdo a Hutchings (1987) y Sammy (1988), que establecen una talla de maduración para hembras de esta especie de menos de 6 meses y para machos de menos de 1 año.

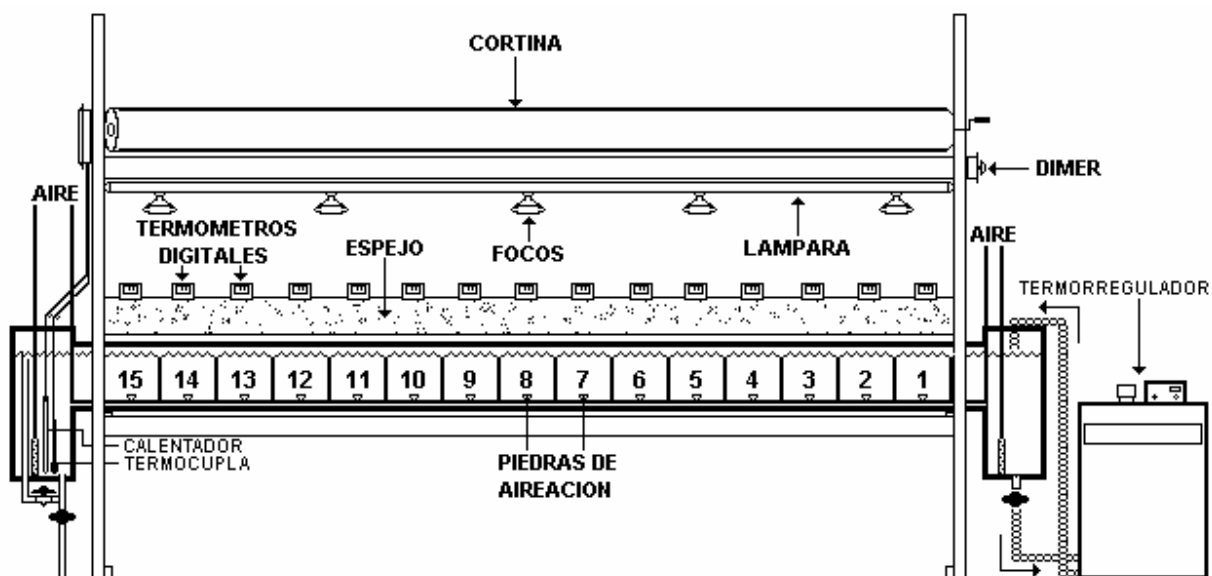
El sexado de los organismos adultos se realizó de acuerdo a los criterios de Sokol (1988), quien menciona que las características sexuales secundarias para la identificación son: en los machos, dos papilas genitales en la base del quinto par de pereiópodos, mientras que las hembras presentan aberturas genitales en la base del tercer par de pereiópodos.

## ***II.2 Temperatura preferida***



### **II.2.1 Temperatura preferida mediante el método gravitacional.**

La determinación de la temperatura preferida de los juveniles y de los adultos machos y hembras, se realizó mediante el método gravitacional (Reynolds y Casterlin, 1979a). Se utilizó un gradiente horizontal que constó de un tubo de PVC de 310 cm de longitud y 20 cm de diámetro con 15 cámaras virtuales de 20 cm de longitud cada una, en el interior del tubo se colocó una malla de hule para simular el substrato (Figura 2). La profundidad de la columna de agua fue de 9 cm y el gradiente se formó al colocar un calentador de 1000 watts ubicado en una de las cámaras extremas, mientras que en el extremo opuesto se bombeó agua fría proveniente de un termorregulador (Neslab HX-100). El gradiente tuvo un intervalo de 10 a 40 °C. En cada cámara se colocó una piedra de aireación para mantener una concentración de oxígeno disuelto de 5 a 9 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> y evitar la estratificación en la columna de agua, la temperatura se midió en cada cámara con termómetros digitales colocados equidistantemente. En la parte frontal del gradiente, se colocó una cortina y un espejo para observar a los organismos en el interior del mismo sin molestarlos y evitar que estos detectaran movimientos externos y se estresaran (Figura 1).



**Figura 1.** Gradiente Térmico

Se utilizaron organismos juveniles ( $n = 30$ ) y adultos machos ( $n = 30$ ) y hembras ( $n = 30$ ) aclimatados a  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , los cuales no se alimentaron durante 24 h antes de iniciar los experimentos. En el interior del gradiente ya formado, se colocaron 15 organismos marcados de acuerdo a lo descrito por Díaz *et al.* (1994). La posición de los animales en las cámaras del gradiente así como la temperatura, se registró cada hora durante un ciclo de 24 horas. Se simuló en el gradiente un ciclo día-noche (12 h luz/12 h oscuridad), con un periodo de transición gradual entre ambos de 30 minutos, durante la fotofase la intensidad luminosa fue de  $3.028 \times 10^{15}$  quanta  $\text{seg}^{-1} \text{cm}^{-2}$ , mientras que para la escotofase fue de  $1.618 \times 10^{14}$  quanta  $\text{seg}^{-1} \text{cm}^{-2}$ . Se realizaron dos repeticiones para los juveniles y dos en los adultos por cada sexo.

El preferendum final de temperatura se obtuvo a partir del valor de la mediana de las temperaturas preferidas por los organismos durante las 24 horas de estancia en el gradiente.

### **II.2.2 Temperatura preferida mediante el método agudo.**

Para la determinación de la temperatura preferida mediante el método agudo se utilizaron únicamente juveniles de *C. quadricarinatus* (n = 640), que se aclimataron durante 30 días en estanques circulares de 500 l a las temperaturas de 20, 23, 26, 29 y 32  $\pm 1$  °C, las cuales se mantuvieron mediante calentadores sumergibles de 1000 watts, la tasa de incremento y disminución de la temperatura fue de 2 °C por día hasta que se alcanzaron las de aclimatación. Los estanques de aclimatación estuvieron provistos con aireación constante y recambio diario de agua a una tasa del 50%. A los organismos se les proporcionó alimento de la marca Rangen® en una ración equivalente al 8% de su peso húmedo corporal durante dos horas, posteriormente se sifoneó el alimento remanente y se retiraron las heces antes de alimentarlos nuevamente. Al finalizar el periodo de aclimatación, se seleccionaron 16 acociles provenientes de cada temperatura de aclimatación, se marcaron de la misma manera que los empleados en el método gravitacional y se introdujeron al gradiente en las cámaras que tuvieron la temperatura de origen. La ubicación de los organismos y la temperatura de cada cámara se registró cada diez minutos durante dos horas. Se realizaron cuatro repeticiones en los acociles

provenientes de cada temperatura de aclimatación. En la determinación de la temperatura preferida, se utilizaron los registros correspondientes a la segunda hora de permanencia de los juveniles en el gradiente, ya que los primeros datos de preferencia estuvieron influenciados por el estrés ocasionado por la manipulación de los organismos.

El preferendum final se determinó por la intersección de las temperaturas preferidas por los organismos provenientes de cada temperatura de aclimatación, con la línea de igualdad.

### ***II.3 Temperaturas de evitación.***

Las temperaturas de evitación tanto inferior como superior en los juveniles se calcularon a partir de los datos obtenidos en los experimentos de temperatura preferida mediante el método agudo. Se obtuvieron las medianas de las temperaturas que los organismos visitaron con menos frecuencia en el gradiente, considerándose éstas como las temperaturas de evitación inferior y superior de acuerdo al criterio de Giattina y Garton (1982).

### ***II.4 Temperatura crítica máxima.***

Para la determinación de la temperatura crítica máxima (TCM) se emplearon solo organismos en estadio juvenil ( $n = 100$ ). Los acociles se aclimataron durante 30 días a las temperaturas de 20, 23, 26, 29 y  $32 \pm 1$  °C.

De cada temperatura de aclimatación, se extrajeron 10 organismos marcados que se colocaron en un acuario de  $30 \times 30 \times 60$  cm con una columna de agua de 11 cm, provisto de un calentador de 1000 watts y con una piedra de aireación para evitar la estratificación de la temperatura, así como para mantener una concentración de oxígeno disuelto de 4 a 9 mg  $O_2 l^{-1}$ .

Los organismos se colocaron en el acuario con el agua a la temperatura de origen donde permanecieron 20 minutos para eliminar el efecto de la manipulación. Posteriormente se elevó la temperatura del agua a una tasa de  $1$  °C  $min^{-1}$ , tasa adecuada que evita el retraso significativo de la temperatura interna del cuerpo respecto a la del medio (Criales y Chung, 1980).

Se anotaron las temperaturas así como el tiempo, en las que se observaron las respuestas de comportamiento consideradas como indicadoras del estrés térmico ascendente en los acociles, que de acuerdo a los criterios establecidos por Claussen (1980) y Nelson y Hooper (1982), se reflejan en el aumento de actividad (AA) caracterizado por la natación activa, la desorientación inicial (DI) cuando los organismos pierden el equilibrio por primera vez y la desorientación total (DT) al perder totalmente el equilibrio y la verticalidad durante 60 segundos. Para los acociles provenientes de cada temperatura de aclimatación se realizaron dos repeticiones. Los organismos fueron utilizados solamente

una vez por cada determinación de la tolerancia térmica.

### ***II.5 Polígono de tolerancia térmica.***

El polígono de respuestas a la temperatura para los juveniles de *C. quadricarinatus*, se construyó en base a lo propuesto por Fry (1947) y Brett (1956), modificado por Giattina y Garton (1982), en el cual las respuestas de comportamiento térmico se graficaron contra las de aclimatación. Se consideraron para la construcción del polígono las temperaturas de evitación inferior y superior, la temperatura preferida obtenida mediante el método agudo y la temperatura crítica máxima. A las curvas obtenidas para cada una de las respuestas térmicas, se les aplicó un análisis de regresión lineal ajustada por mínimos cuadrados (Bücker *et al.*, 1996). Se calculó el área del polígono y se expresó en °C<sup>2</sup>.

### ***II.6 Respuesta Específica Térmica (RET).***

La respuesta específica térmica (RET) se determinó en base al método descrito por Bücker *et al.* (1996). Para ello, se trazó una línea perpendicular al eje de las ordenadas en el polígono de respuestas a la temperatura, que intersectó a las temperaturas de evitación inferior y superior y cruzó el punto obtenido como el preferendum final. El intervalo resultante entre las temperaturas de evitación, referido en °C, se comparó con la oscilación

térmica extrema (OTE) de la localidad de Mulegé (Lat: 26° 53' 19'', Long: 112° 00' 00''; Miranda *et al.*, 1991), Baja California Sur, sitio que se consideró con potencial para el cultivo de la langosta de quejas rojas debido a que reúne los requisitos térmicos necesarios así como por los cuerpos de agua dulce existentes en la zona. La RET es el porcentaje de cobertura del intervalo de las temperaturas de evitación con respecto a la OTE.

Para el cálculo de la OTE, se utilizaron los promedios mensuales de las temperaturas ambientales registradas durante un periodo mínimo de diez años en la localidad arriba mencionada, referidos por Miranda *et al.* (1991). La diferencia entre las temperaturas mensuales extremas, es decir, la temperatura máxima extrema menos la temperatura mínima extrema, es la OTE.

### ***II.7 Análisis estadístico.***

A los datos de la temperatura preferida por los acociles con el método gravitacional y agudo y de la temperatura crítica máxima, se les aplicaron las pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (Zar, 1984). Debido a que los resultados fallaron la prueba de normalidad y de homogeneidad de varianzas, se utilizó estadística no paramétrica.

Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) de Kruskal-Wallis de una sola vía para determinar diferencias significativas entre el preferendum diurno y nocturno de los acociles, así como para comparar el preferendum final entre juveniles y adultos machos y

hembras obtenido mediante el método gravitacional. Esta misma prueba se usó para establecer comparaciones entre las temperaturas preferidas obtenidas para los juveniles mediante el método agudo.

El análisis de varianza de una vía de Kruskal-Wallis se utilizó para contrastar las respuestas de estrés térmico ascendente de los acociles así como el punto final de la TCM de los juveniles aclimatados a las diferentes temperaturas.

En aquellas respuestas térmicas en las que se presentaron diferencias significativas, se aplicó la prueba a posteriori de Dunn de comparaciones múltiples.

Los datos de la temperatura preferida de los acociles mediante el método gravitacional y agudo, así como las respuestas al estrés térmico ascendente, se representaron en diagramas de cajas en paralelo (Tukey, 1977). Para la construcción de las cajas en paralelo, se utilizó el programa SigmaPlot y la estadística básica proporcionada por los programas Sigma Stat y Excel.

Los intervalos de confianza de la mediana al 95% se calcularon mediante la fórmula:

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

donde 1.58 es una constante,  $\Delta H$  es la diferencia entre el cuartil superior e inferior de las cajas y  $\sqrt{n}$  es la raíz cuadrada del número de datos empleado.

El traslape de los intervalos de confianza de las cajas indicaron que estas no fueron significativamente diferentes, con una  $\alpha = 0.05$ .



### **III. RESULTADOS**

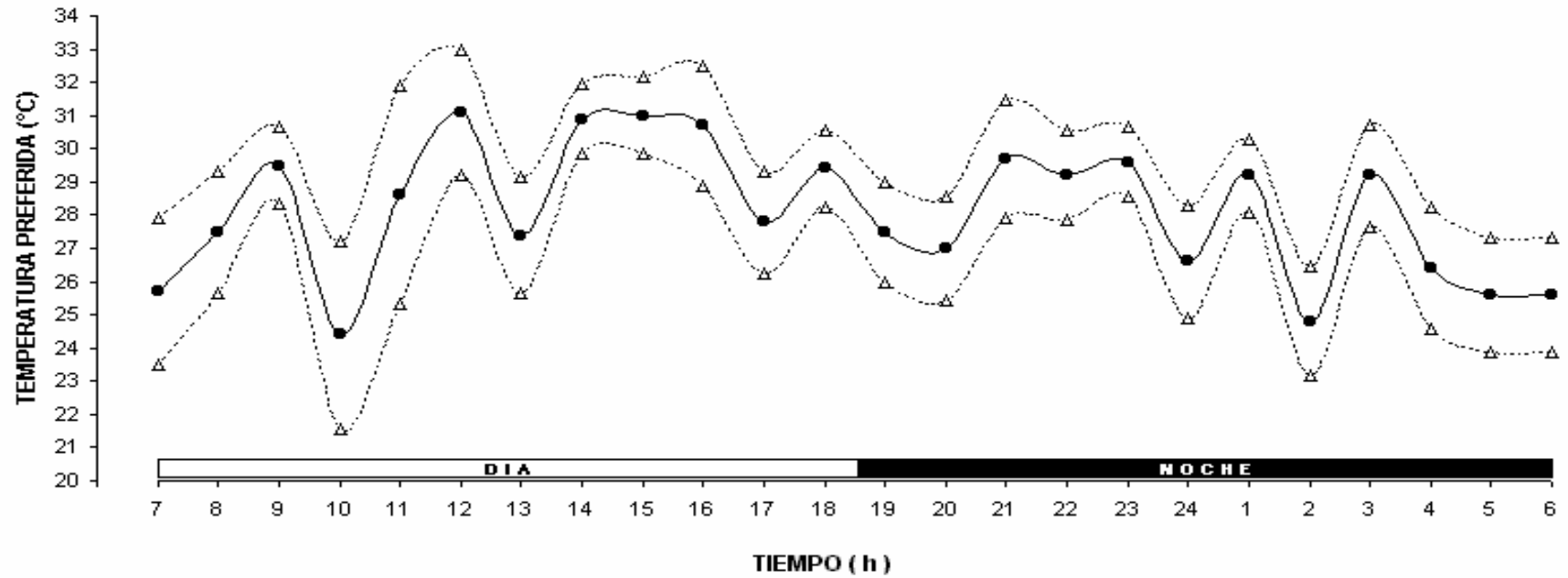
La temperatura preferida de los juveniles de *Cherax quadricarinatus* mediante el método gravitacional, tuvo un intervalo de 24.4 a 31.1 °C con una mediana de 28.6 °C. El preferendum diurno de juveniles tuvo una mediana de 29 °C, mientras que el nocturno fue de 27.2 °C (Figura 2).

En los machos adultos, el intervalo de temperatura preferida fue de 23.5 a 29.8 °C con una mediana de 28.4 °C. El preferendum diurno determinado para este estadio fue de 27.8 °C, mientras que el nocturno se presentó a los 26.6 °C (Figura 3).

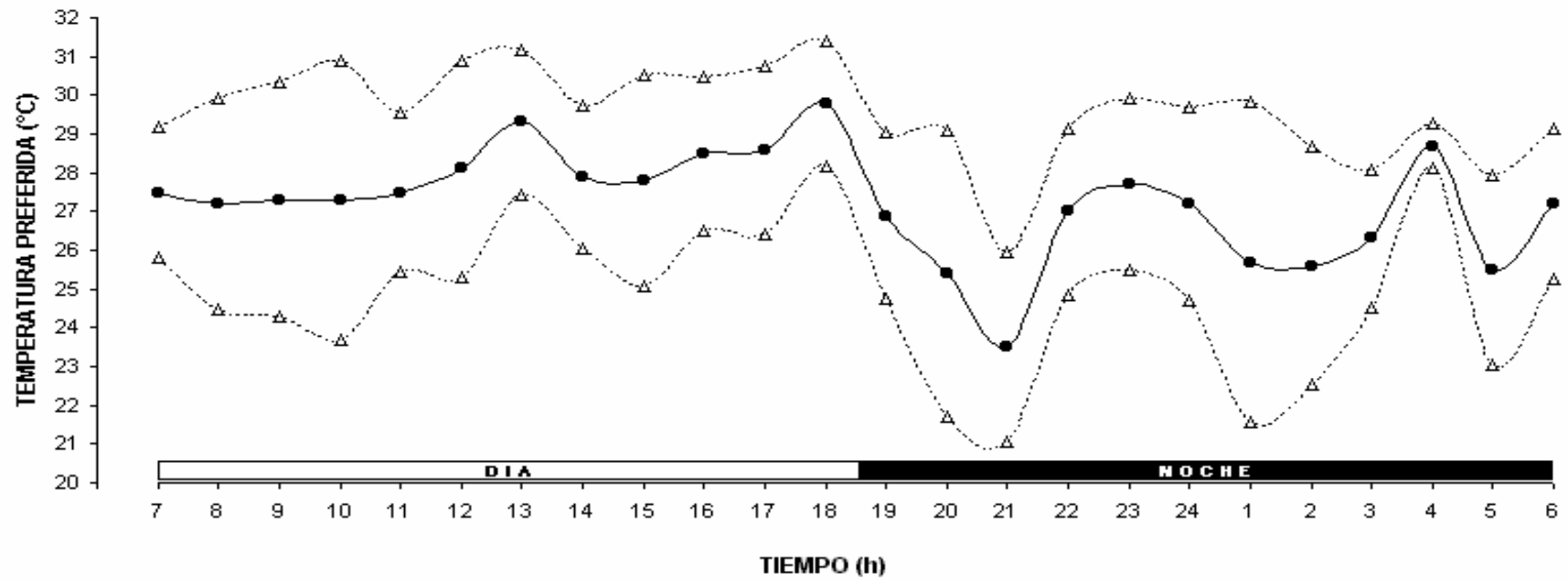
En el caso de las hembras adultas de *Cherax quadricarinatus*, se tuvo un intervalo de 24.2 a 30.5 °C con una mediana de 27.6 °C. Para este estadio, el preferendum diurno fue de 27 °C, mientras que el nocturno se determinó en 29.1 °C (Figura 4).

Al comparar el preferendum final obtenido mediante el método gravitacional para los juveniles y adultos machos y hembras de *C. quadricarinatus*, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Tampoco se encontraron diferencias entre el preferendum diurno y nocturno de los juveniles, machos y hembras (Fig. 2, 3 y 4).

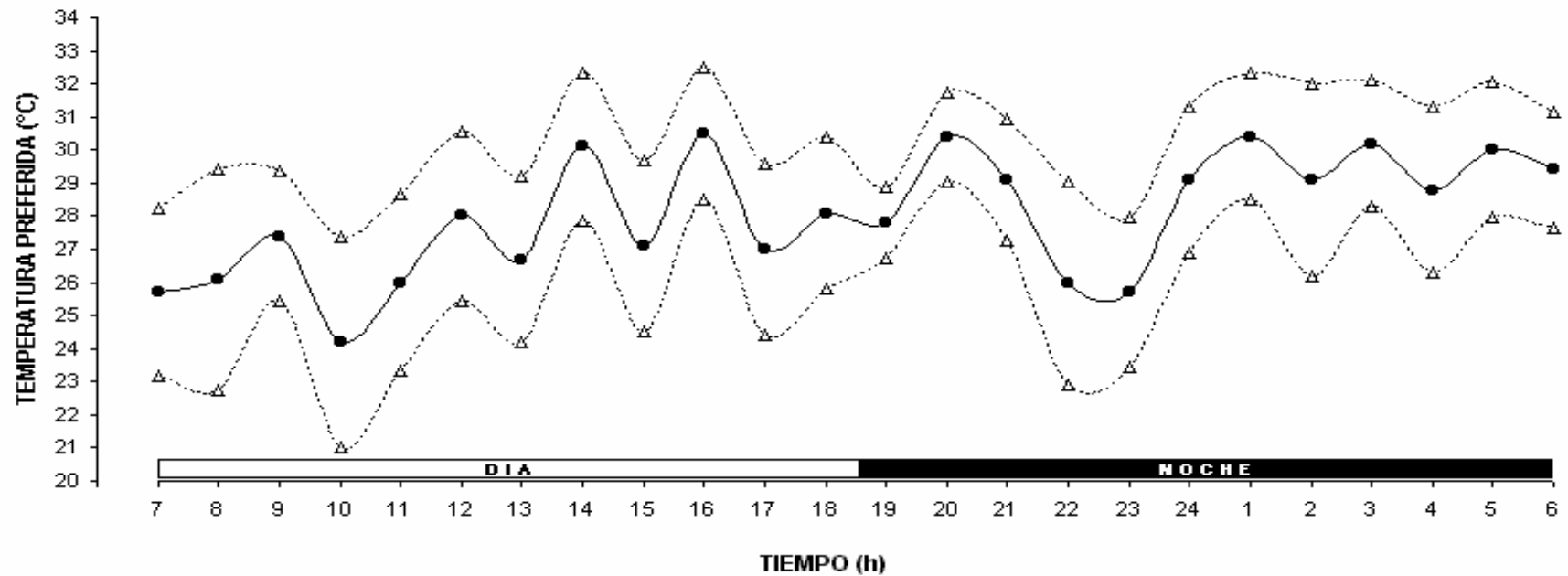
Los valores de la temperatura preferida entre las diferentes temperaturas de aclimatación determinada mediante el método agudo presentaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ). La temperatura preferida que eligieron los juveniles aclimatados a 20 °C fue de 25.7 °C, a 23 °C se situaron en 26.7 °C, a 26 °C en 27.3 °C, a 29 °C en 28.1 °C y a 32 °C



**Figura 2.** Temperatura preferida en juveniles de *Cherax quadricarinatus* en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.



**Figura 3.** Temperatura preferida en machos adultos de *Cherax quadricarinatus* en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.



**Figura 4.** Temperatura preferida en hembras adultas de *Cherax quadricarinatus* en un ciclo de 24 horas. La línea sólida indica la temperatura de ubicación de los organismos dada por el valor de la mediana, mientras que la línea punteada indica los intervalos de confianza superior e inferior al 95%.

en 30.8 °C, esto reflejó que en las temperaturas de aclimatación bajas hubo una tendencia a incrementar la temperatura preferida por los acociles, mientras que en temperaturas de aclimatación altas los organismos eligieron temperaturas más bajas. El preferendum final de temperatura obtenido mediante el método agudo en los juveniles de *C. quadricarinatus* fue de 28.7 °C (Figura 5).

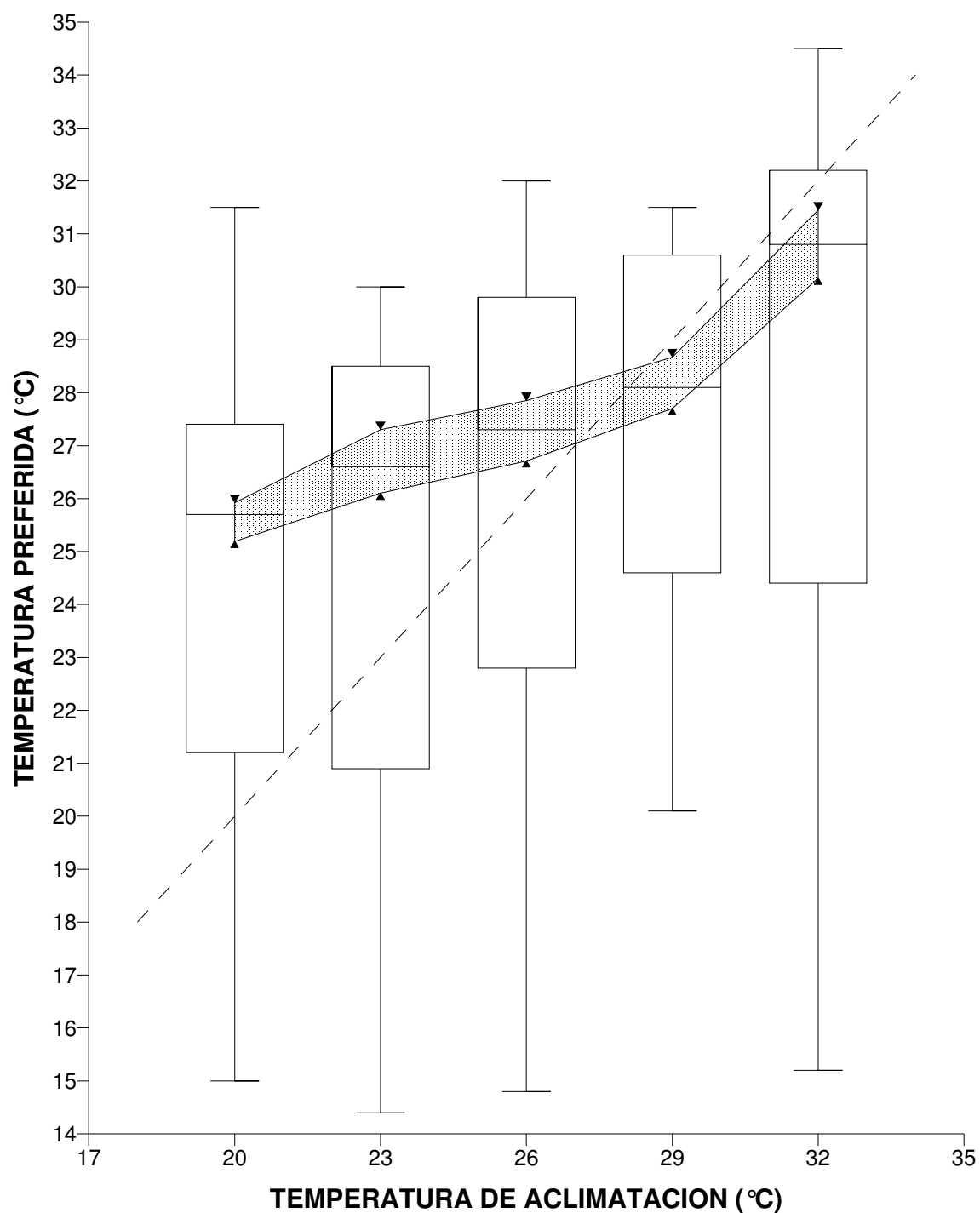
Al comparar el preferendum final obtenido para los juveniles mediante el método agudo y el obtenido mediante el método gravitacional, no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ), siendo de 28.7 °C y de 28.6 °C respectivamente (Figuras 2 y 5).

Las temperaturas de evitación inferior y superior que los organismos visitaron con menor frecuencia, fueron inferiores a 11.7 °C y superiores a 35.1 °C, por lo cual la zona de tolerancia térmica de los juveniles tuvo un intervalo de 23.4 °C.

En las respuestas al estrés térmico ascendente, el aumento de actividad (AA) en los organismos juveniles aclimatados a 20 °C se observó a los 31 °C, mientras que a la temperatura de aclimatación de 32 °C se presentó a los 38.5 °C. Esto reflejó una tendencia a aumentar esta respuesta en los acociles conforme la temperatura de aclimatación se incrementó (Fig. 6).

La desorientación inicial (DI) de los organismos en la temperatura de aclimatación de 20 °C, se presentó a los 35 °C, mientras que para la temperatura de 32 °C se obtuvo a los 41 °C. También aquí se encontró que la DI aumentó conforme la temperatura de aclimatación fue mayor (Fig. 7).

La respuesta de desorientación total (DT) se tomó como el punto final para

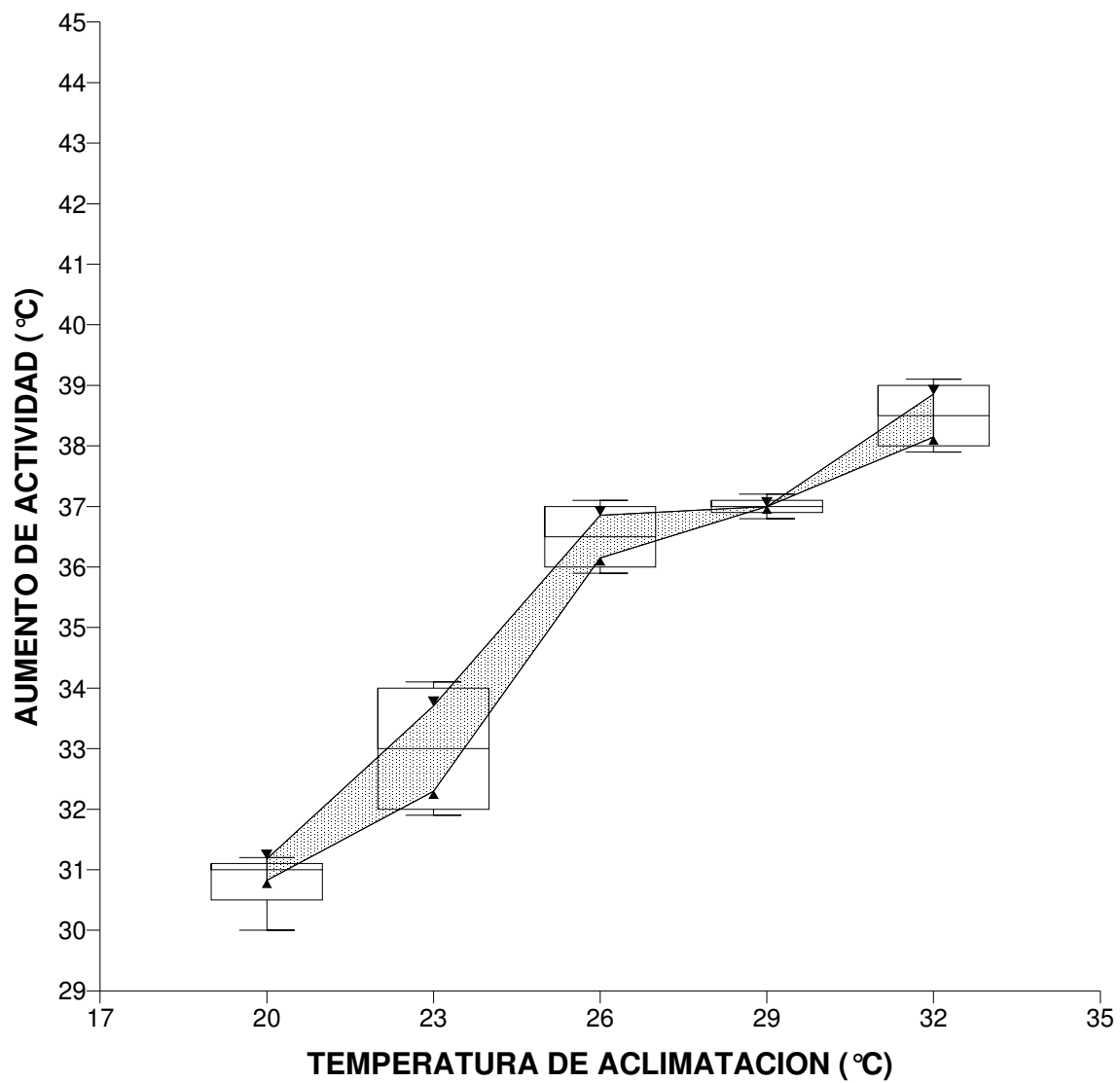


**Figura 5.** Temperatura preferida por juveniles de *Cherax quadricarinatus* mediante el método agudo. La línea punteada representa la línea de igualdad, mientras que el área sombreada indica el intervalo de confianza al 95%.

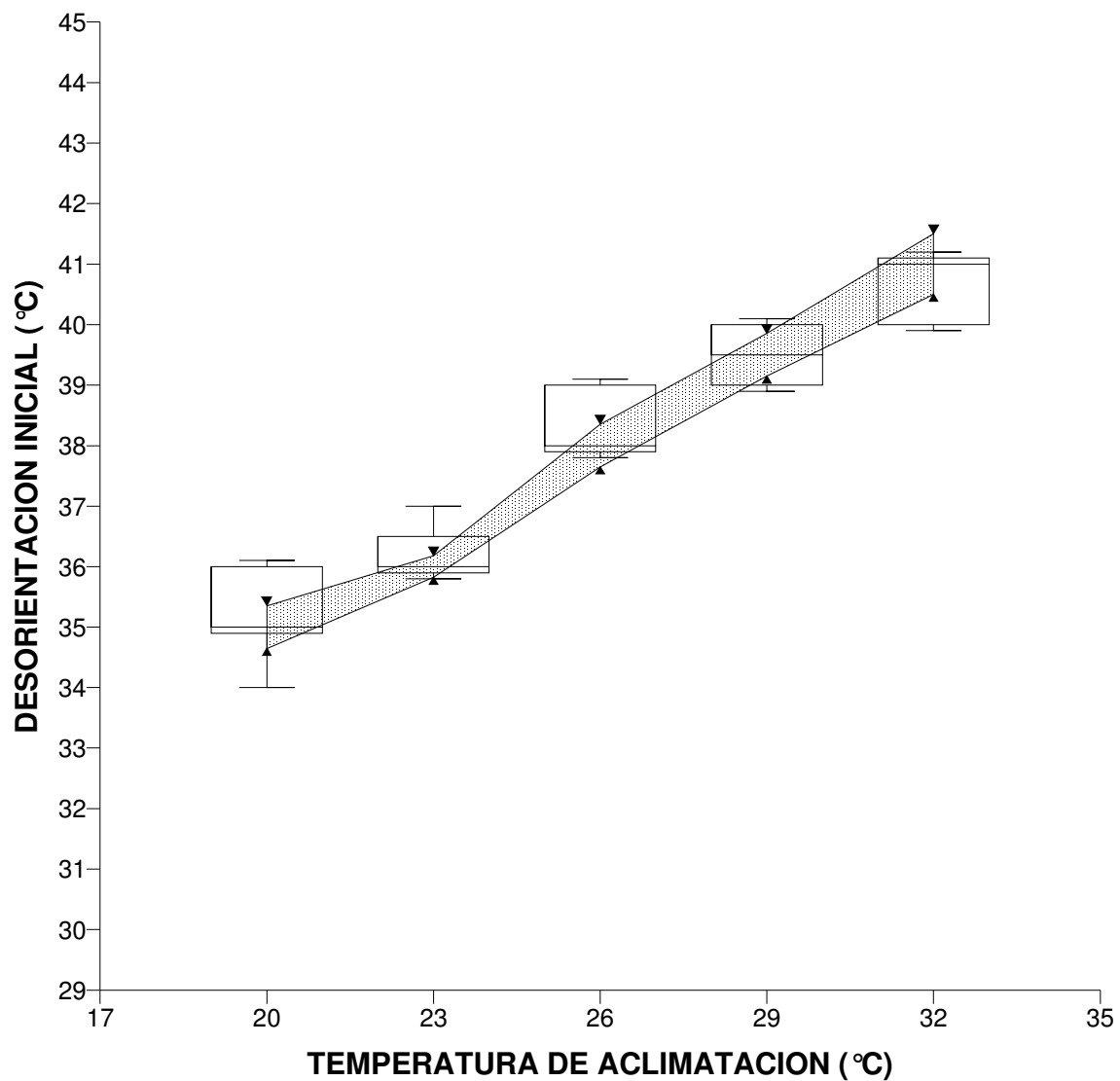
caracterizar a la temperatura crítica máxima de los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, y se presentó para la temperatura de aclimatación de 20 °C en los 36 °C, para 23 °C en 38 °C, para 26 °C en 40 °C, para 29 °C en 40.5 y para 32 °C en 42 °C (Figura 8).

El polígono de tolerancia térmica que muestra la zona de preferencia térmica de los juveniles de *C. quadricarinatus*, la cual quedó comprendida entre las temperaturas de evitación inferior y superior, tuvo un área de 225.8 °C<sup>2</sup> (Figura 9). Dentro del mismo polígono, el intervalo entre las temperaturas de evitación de los juveniles fue de 18.8 °C, mientras que la oscilación térmica extrema para la localidad de Mulegé fue de 22.2 °C, quedando comprendida entre los meses de abril a noviembre. Por tanto, la Respuesta Específica Térmica de los acociles para la localidad de Mulegé fue de 59.3%.

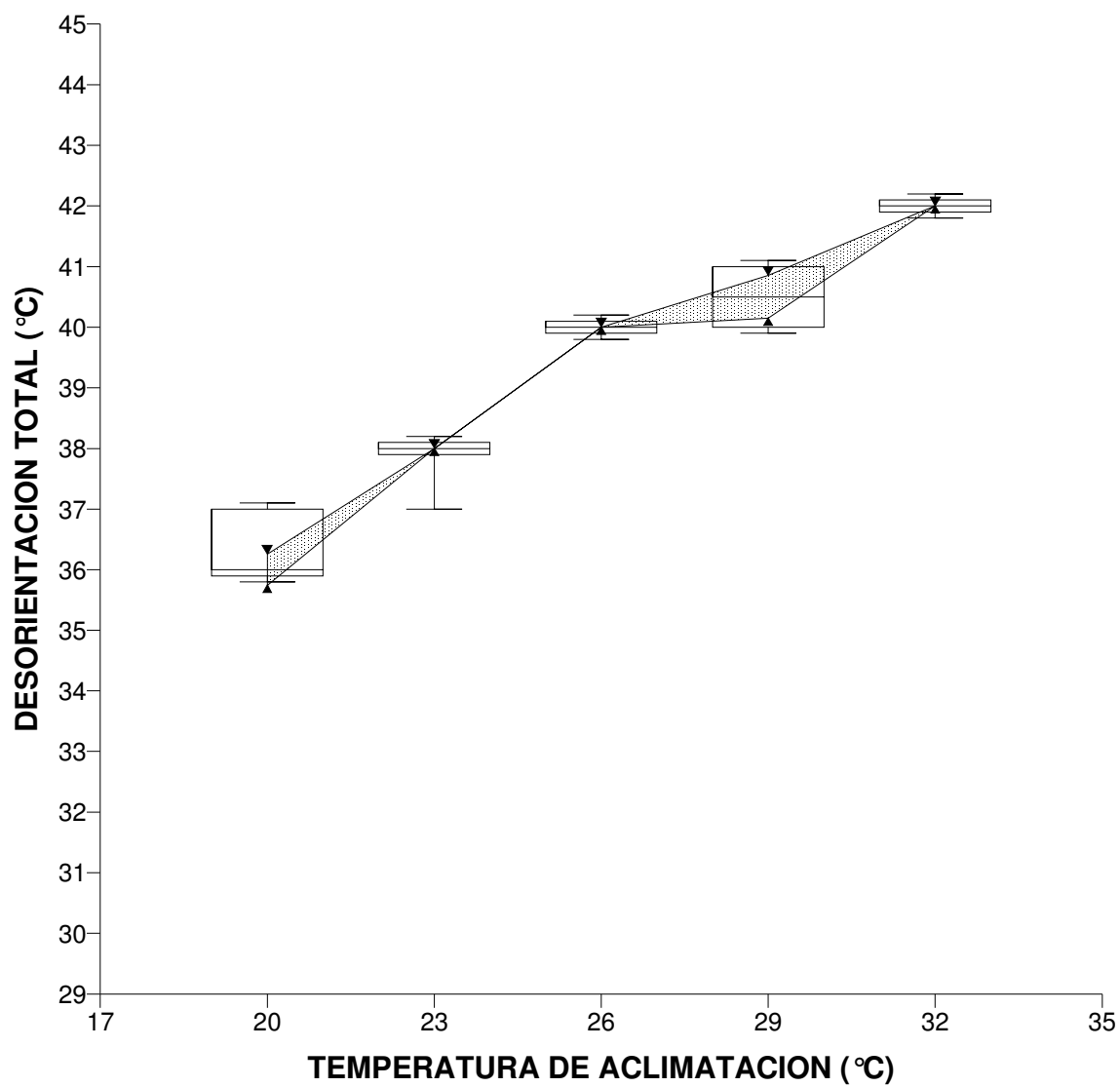




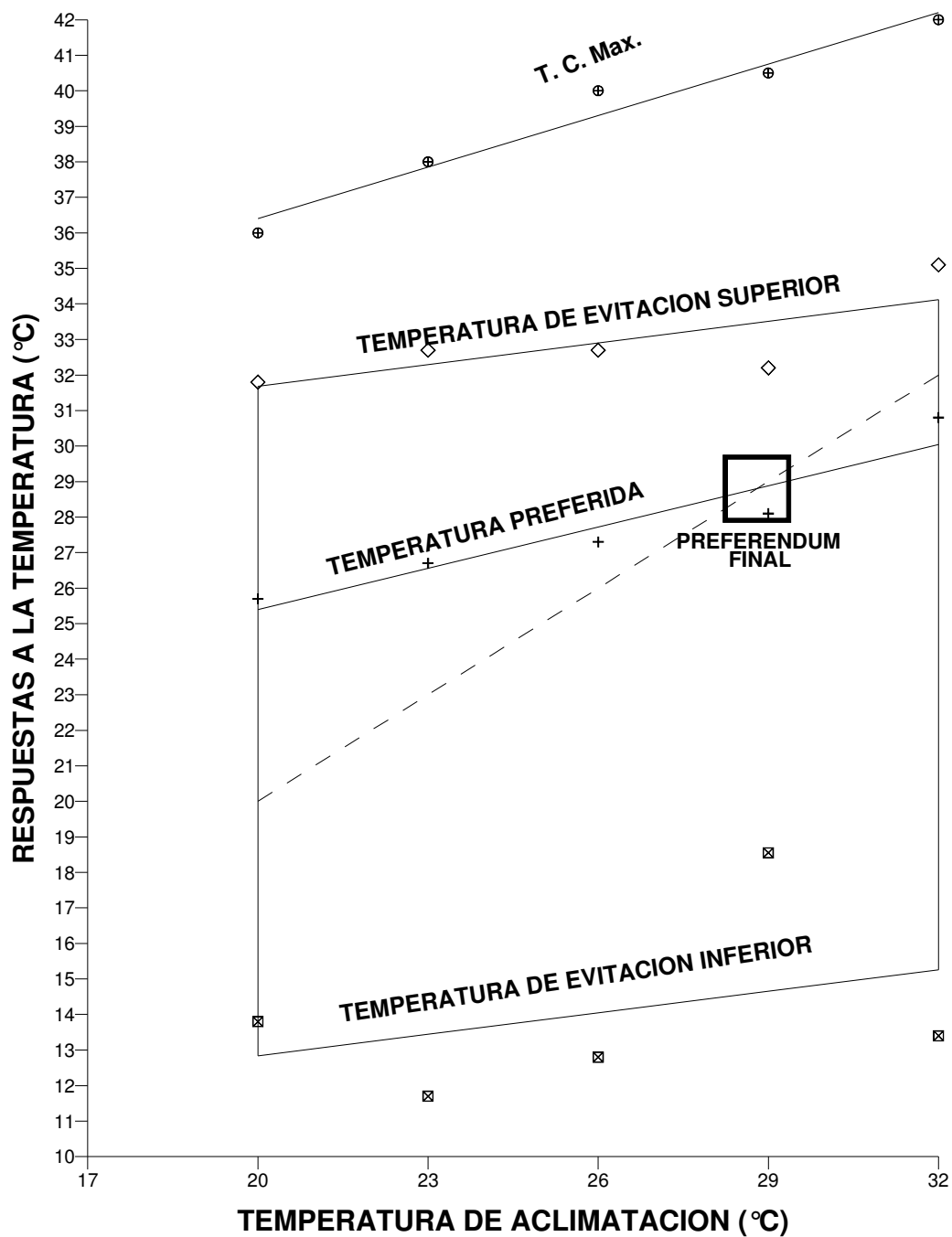
**Figura 6.** Aumento de actividad como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de *Cherax quadricarinatus*. El área sombreada indica el intervalo de confianza al 95%.



**Figura 7.** Desorientación inicial como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de *Cherax quadricarinatus*. El área sombreada indica el intervalo de confianza al 95%.



**Figura 8.** Desorientación total como respuesta al estrés térmico ascendente en juveniles de *Cherax quadricarinatus*. El área sombreada indica el intervalo de confianza al 95%.



**Figura 9.** Polígono de respostas a la temperatura de juvenis de *Cherax quadricarinatus* aclimatados a 20, 23, 26, 29 y 32 °C. Temperatura crítica máxima (⊕), Temperatura preferida (+), Temperaturas de evitación inferior (⊗) y superior (◇), Preferendum final (□).

#### IV. DISCUSIÓN

La diferencia entre el preferendum final de temperatura obtenido por el método gravitacional (28.6 °C) y el método agudo (28.7 °C) de los juveniles de *Cherax quadricarinatus* fue de 0.1 °C. Esta diferencia es mínima y coincide con lo referido por Richards *et al.* (1977), de que existe solo una pequeña diferencia práctica entre los métodos agudo y gravitacional, por lo cual se pueden reproducir los resultados con cualquiera de los métodos sin que la discrepancia entre ambos sea mayor que solo fracciones de grados Celsius. Resultados similares son reportados por Díaz y Bückle (1993) y Hernández *et al.* (1995), quienes no encontraron diferencias significativas en el preferendum final de temperatura para *Macrobrachium rosenbergii* y *Macrobrachium tenellum*, utilizando y comparando ambos métodos. Estos resultados son útiles en la optimización de las prácticas de cultivo de las especies, ya que en el caso de *Cherax quadricarinatus*, la infraestructura para el cultivo de juveniles y adultos machos y hembras puede ser la misma, con el consecuente ahorro de espacio y materiales, lo cual abate los costos de inversión y producción en el cultivo de esta especie.

El tamaño corporal, la edad o los diferentes estadios del ciclo de vida de los organismos sometidos a un gradiente térmico, pueden afectar la preferencia de temperatura (McCauley, 1977). En los experimentos realizados sobre juveniles y adultos de *Cherax quadricarinatus* mediante el método gravitacional, no se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas preferidas seleccionadas en ambos estadios.

Resultados similares se han reportado para otros crustáceos como *Macrobrachium rosenbergii* (Díaz y Bückle, 1993) y *Procambarus clarkii* (Espina *et al.*, 1993), los cuales tampoco mostraron diferencias en el preferendum final de organismos de diferentes tallas. Por otro lado, tampoco se encontraron diferencias significativas en el preferendum final determinado para adultos machos y hembras de *C. quadricarinatus*, ya que frecuentemente se cita en la literatura que tanto las hembras como los machos de una misma especie presentan patrones de comportamiento similares en algunas etapas de su desarrollo (Mathur *et al.*, 1982; Crawshaw, 1983).

Con el método agudo, la tendencia de los organismos juveniles aclimatados a 20 °C, fue situar su preferencia térmica en temperaturas de 25.7 °C, mientras que en la temperatura de 32 °C, la tendencia fue preferir temperaturas de 30.8 °C. Este comportamiento se ha observado comúnmente en peces (Reynolds y Casterlin, 1979a), y resultados similares se han informado para crustáceos como *Orconectes obscurus* (Hall *et al.*, 1978; Mathur *et al.*, 1982), *Orconectes immunis* (Crawshaw, 1983), *Macrobrachium rosenbergii* (Díaz *et al.*, 1993) y *Macrobrachium tenellum* (Hernández *et al.*, 1995). En el caso de *Cherax quadricarinatus*, esta tendencia pudo deberse a que las temperaturas de aclimatación altas utilizadas se encuentran cercanas a las temperaturas evitadas por los acociles (35.1 °C).

En los organismos se han descrito dos tipos de orientación espacial cuando se exponen a un intervalo térmico: cuando se distribuyen en un amplio margen de temperaturas evitando solo las extremas se denomina clinotermoquinesis, o cuando se congregan en una banda estrecha de temperaturas ortotermoquinesis (Fraenkel y Gunn,

1961). En el caso de *Cherax quadricarinatus*, los valores de las medianas de la temperatura preferida encontrados mediante el método gravitacional para juveniles y adultos machos y hembras no difirieron mas de 6.5 °C, por lo cual se puede considerar que el tipo de orientación que esta especie utilizó fue del tipo ortotermoquinético, resultados similares han sido descritos para *Homarus americanus*, *Penaeus duorarum*, *Panulirus argus*, *Palaemonetes vulgaris*, *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium tenellum* y *Haliotis rufescens* (Reynolds y Casterlin, 1979b, c, d; Casterlin y Reynolds, 1979; Nelson y Hooper, 1982; Díaz y Bückle, 1993; Hernández *et al.*, 1995; Díaz *et al.*, 2000).

La temperatura preferida por un organismo refleja óptimos térmicos de procesos biológicos como la reproducción, el metabolismo y el trabajo cardiaco máximo, además, la temperatura óptima para el crecimiento comúnmente coincide con el preferendum final (Jobling, 1981; Kellog, 1982; Kellog y Gift, 1983; Díaz *et al.*, 2000). Jones (1989) refiere que el crecimiento óptimo de *Cherax quadricarinatus* se obtiene a temperaturas de entre 25 a 33 °C mientras que Semple *et al.* (1995) lo sitúa en un intervalo de 22 a 30 °C, la temperatura preferida encontrada para la langosta de quelas rojas fue de 28 °C lo cual indica que coincide con el crecimiento óptimo de la especie. Esta relación entre el comportamiento termorregulador y el óptimo para el crecimiento, podrá usarse como un criterio preponderante para seleccionar lugares donde se pretendan realizar cultivos a escala comercial como lo propone Díaz *et al.* (1993) para *Macrobrachium rosenbergii*.

Durante la escotofase y la fotofase, no se presentaron diferencias significativas en la preferencia térmica de los juveniles y adultos machos y hembras. Esto indicó que *Cherax quadricarinatus* no presentó un ritmo día-noche en su preferendum térmico como lo hacen

algunos otros organismos, ejemplo de esto son los acociles *Procambarus clarkii* (Bücker *et al.*, 1994) y *P. speculifer* (Taylor, 1984), los cuales con este comportamiento favorecen su gasto metabólico preservando su balance de energía cuando el alimento es limitado en el medio natural tal como lo propone Brett (1971) en su hipótesis bioenergética, por su parte, la langosta de quelas rojas puede que no presente un ciclo diurno-nocturno debido a que en su medio natural el alimento no se encuentra limitado (Morrissy, 1983).

Las temperaturas de evitación inferior y superior de juveniles de *C. quadricarinatus* obtenidas en las temperaturas de aclimatación de 20 y 32 °C, tuvieron un intervalo en el primer caso de 18 °C y en el segundo de 21.7 °C. Esto coincide con lo reportado por Cherry *et al.* (1977) quienes refieren que en peces, las especies euritérmicas presentan un intervalo relativamente amplio (9-21 °C) entre las temperaturas de evitación inferior y superior, resultados similares se han encontrado para los acociles *Orconectes obscurus* (Mathur *et al.*, 1982) y *Procambarus clarkii* (Espina *et al.*, 1993). *Cherax quadricarinatus* se puede considerar, por tanto, un organismo euritérmico, y el comportamiento termorregulador de los organismos que presentan esta característica les confiere una mayor plasticidad para soportar cambios en la temperatura ambiental, permitiéndoles dividir su hábitat de manera inter e intra-específica, de tal forma que evitan depredadores, seleccionan sitios con mayor abundancia de alimento y reducen el canibalismo y la competencia sin que su distribución sea restringida por la temperatura (Cherry *et al.*, 1977).

La temperatura crítica máxima (TCM) es una respuesta de comportamiento de los organismos a un estímulo térmico. Existen discrepancias para designar el punto final de TCM, ya que diferentes respuestas en diferentes organismos han sido usadas por distintos



autores. Esto es debido a que, una vez que los animales son reingresados a su temperatura de aclimatación, pueden recobrase y continuar vivos por periodos que varían de acuerdo al impacto causado por la exposición a temperaturas elevadas (Becker y Genoway, 1979). Además, al someter a un animal a niveles de temperatura estresantes, se presentan en ellos una serie de síntomas y comportamientos que pueden variar de especie a especie y pueden confundir al observador a la hora de seleccionar un adecuado punto final de TCM (Hutchison, 1961; Paladino *et al.*, 1980; Lutterschmidt y Hutchison, 1997).

Algunos de los “puntos finales” utilizados para determinar la TCM incluyen la aparición de espasmos musculares en reptiles (Hutchison, 1961), la pérdida del equilibrio en peces (Becker y Genoway, 1979; Lee y Rinne, 1980), y el cese total del movimiento de los apéndices en crustáceos (McLeese, 1956; Wiesepape *et al.*, 1972). También en crustáceos se ha tomado como el punto final de TCM la temperatura en la cual se presenta la primera pérdida del equilibrio, como en algunos peneidos (Criales y Chung, 1980), mientras que en acociles se ha definido como el momento en que pierden por completo el equilibrio y la verticalidad (Claussen, 1980; Layne *et al.*, 1987). Estos últimos dos criterios han sido probados en *Procambarus clarkii* (Díaz *et al.*, 1994) y *Macrobrachium tenellum* (Hernández *et al.*, 1995). En *Cherax quadricarinatus*, se observaron todas las respuestas al estrés térmico ascendente descritas para *P. clarkii* (Díaz *et al.*, 1994), *M. tenellum* (Hernández *et al.*, 1995) y *M. rosenbergii* (Díaz *et al.*, 1998), esto es, una aumento de actividad (AA), desorientación inicial (DI) y la desorientación total (DT), esta última respuesta se consideró como el punto final de TCM para *C. quadricarinatus*.

La aclimatación afectó la respuesta de DT de la langosta de quelas rojas, alcanzando

una mayor TCM conforme la temperatura de aclimatación se incrementó, esto concuerda con lo reportado para postlarvas y juveniles de *Penaeus aztecus* (Zein-Eldin y Griffith, 1969; Wiesepape *et al.*, 1972) y *P. brasiliensis* (Criales y Chung, 1980) y en organismos de diferentes tamaños de *Procambarus clarkii* (Díaz *et al.*, 1994). También existió una tendencia a disminuir el intervalo entre la temperatura de aclimatación y la temperatura crítica máxima conforme la primera se incrementó, esto es, a mayor temperatura de aclimatación la diferencia con respecto a la TCM alcanzada fue menor, lo cual indica el grado de resistencia de los organismos (Hernández *et al.*, 1996). Esto puede indicar además, que las temperaturas de aclimatación utilizadas en este trabajo se encuentren cercanas a los límites de resistencia de la especie, lo cual ha sido reportado también para *Orconectes rusticus* (Layne *et al.*, 1987), *Macrobrachium rosenbergii* (Garrido, 1990) y *M. tenellum* (Hernández *et al.*, 1996).

El conocimiento de las temperaturas críticas de una especie es importante para el entendimiento de la biología, distribución y habilidad de los organismos para adaptarse a diferentes regímenes de temperatura (Díaz *et al.*, 1998), ya que de acuerdo a Brett (1956) y Hutchison (1976), la TCM provee un índice ecológico debido a que los animales en su medio natural pueden encontrar estas temperaturas de manera temporal y espacial como fluctuaciones agudas fuera de sus límites de tolerancia. De esta manera, puede ser utilizada para visualizar la resistencia de los organismos expuestos a desechos industriales, pesticidas, enfermedades, saturación de gases, valores extremos de pH y otros estresores subletales (Becker y Genoway, 1979). En un sentido práctico, también nos es útil para conocer las temperaturas por encima de los límites de tolerancia de una especie, los cuales

deben ser evitados en la prácticas de cultivo (Jobling, 1981).

El área de preferencia o tolerancia térmica que incluye el preferendum final en el polígono de respuestas a la temperatura propuesto por Brett (1956), corresponde a la superficie reducida del mismo que se encuentra limitada en sus extremos por las temperaturas de evitación inferior y superior, y representa una medida cuantitativa mas realista de los términos cualitativos euritermo y estenotermo como lo sugiere Cherry *et al.* (1975) y Giattina y Garton (1982). En el presente trabajo, para los juveniles de *Cherax quadricarinatus* se determinó un área de  $225\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ , lo cual es superior a lo reportado para otros acociles como *Procambarus clarkii*:  $107\text{ }^{\circ}\text{C}^2$  (Bücker *et al.*, 1996) y *Macrobrachium tenellum*:  $115.75\text{ }^{\circ}\text{C}^2$  (Hernández y Bücker, 1997), ambas especies propias del estado de Baja California, México. Esto reflejó una mayor euritermalidad por parte de los juveniles de *C. quadricarinatus*.

También dentro de la zona de tolerancia térmica, el intervalo comprendido entre la temperatura de evitación inferior y la temperatura preferida por *C. quadricarinatus* tuvo un área de  $163.02\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ , mientras que para el intervalo entre la temperatura preferida y la temperatura de evitación superior, el área comprendió  $62.78\text{ }^{\circ}\text{C}^2$ , lo cual es propio de las especies euritérmicas que habitan en cuerpos de agua someros, como aquellos que existen en abundancia en las zonas tropicales y subtropicales de México (Díaz *et al.*, 1998). Asimismo, el comportamiento termorregulador de los juveniles de *C. quadricarinatus* indicó que pocas veces incursionaron a temperaturas superiores a los  $35.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que se encuentra cercano a la temperatura crítica máxima ( $36\text{ a }42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Resultados similares se han descrito en *Lepomis macrochirus* (Reynolds y Casterlin, 1979a), *Macrobrachium*

*rosenbergii* (Díaz *et al.*, 1993), *Procambarus clarkii* (Espina *et al.*, 1993; Bückle *et al.*, 1996) y *Macrobrachium tenellum* (Hernández y Bückle, 1997). Estos resultados demuestran que el preferendum de temperatura de los acociles se encuentra más cercano al extremo superior de la zona de tolerancia térmica por lo que presentan un comportamiento evasivo de las temperaturas extremas superiores, lo cual es debido a lo mencionado por Kellogg y Gift (1983), que los organismos acuáticos regulan de manera más precisa hacia las temperaturas superiores.

Para la determinación de la respuesta específica térmica (RET) en los juveniles de *Cherax quadricarinatus* se utilizó la localidad de Mulegé Baja California Sur, México, sitio que se consideró con potencial para el establecimiento del cultivo de la especie por sus características climáticas y por presentar cuerpos de agua dulce. Para *C. quadricarinatus* se obtuvo una RET de 59.3 %, lo cual es mayor que lo encontrado por Hernández y Bückle (1997) para *Macrobrachium tenellum* 50.2 % en la misma localidad de Mulegé donde esta especie tiene su hábitat natural, y ligeramente menor que lo reportado por Bückle *et al.* (1996) para *Procambarus clarkii* 63.8 % en zonas donde se distribuye esta especie de manera natural. Esto representa que las condiciones de temperatura ambiental en Mulegé pueden ser adecuadas para el cultivo de *C. quadricarinatus*, ya que *M. tenellum* se encuentra de manera natural en los cuerpos de agua del lugar, y la cobertura del RET de la langosta de quelas rojas es 4.8 % mayor que la especie local, lo cual podría establecer un índice de las posibilidades de cultivo que tendría la especie al ser introducida en esa zona. Sin embargo, habría que considerar que la temperatura es solo uno de los factores a tomar en cuenta en la elección de un sitio de un cultivo, además de que el periodo propuesto

comprendería los meses de abril a noviembre, lo cual puede limitar el cultivo a ocho meses al año, y se requerirían buscar alternativas para mantener organismos reproductores durante los meses restantes que aseguren la continuidad de la provisión de juveniles para la siguiente temporada de cultivo. Pese a esto, el conocimiento de la respuesta específica térmica puede llegar a ser una herramienta útil para seleccionar sitios de cultivo de especies que pretendan ser introducidas a una determinada región, realizándose la elección de zonas geográficas en donde las temperaturas ambientales se encuentren cercanas al preferendum final y no excedan la RET, puesto que así se tendrán mayores posibilidades de obtener un crecimiento óptimo y bajas mortalidades de los organismos cultivados.

Aquellas especies que viven en un ambiente heterotérmico como *C. quadricarinatus*, deben ser fisiológicamente tolerantes a los cambios de temperatura, adaptando sus funciones metabólicas para convertir el alimento en energía útil para el crecimiento y la reproducción (Bücker *et al.*, 1996). De esta manera, el polígono de respuestas a la temperatura propuesto por Fry (1947) y Brett (1956) nos ayuda a aplicar el conocimiento de 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 sus efectos en el desarrollo de los individuos y propone una perspectiva ecológica que puede predecir las consecuencias ante cambios térmicos en sistemas acuáticos ocasionados por fenómenos naturales o producidos por factores antropogénicos (Giattina y Garton, 1982; Hernández y Bücker, 1997), además ayuda en la optimización de las prácticas de cultivo, porque señala los límites así como el intervalo óptimo de temperaturas para el crecimiento y reproducción de las especies.

## V. CONCLUSIONES

La temperatura preferida determinada por el método gravitacional para juveniles de *Cherax quadricarinatus* fue de 28.6 °C, mientras que para adultos machos fue de 28.4 °C y en las hembras de 27.6 °C.

No hubieron diferencias entre el preferendum térmico de juveniles y adultos machos y hembras de *Cherax quadricarinatus*, y no presentaron un ciclo diurno-nocturno de preferencia térmica.

La temperatura preferida determinada por el método agudo para juveniles de *Cherax quadricarinatus* fue de 28.7 °C, la cual fue similar a la obtenida mediante el método gravitacional de 28.6 °C, por lo que se consideró a esta temperatura como el preferendum final.

Las temperaturas de evitación inferior para juveniles de *Cherax quadricarinatus* fue 11.7 °C, mientras que la de evitación superior fue 35.1 °C.

La temperatura de aclimatación influyó sobre las respuestas al estrés térmico ascendente de los juveniles de *Cherax quadricarinatus*, aumentando el punto final de la TCM de los organismos conforme la temperatura de aclimatación aumentó.

El área de tolerancia térmica de *Cherax quadricarinatus* en el polígono de respuestas a la temperatura fue de 225.8 °C, mientras que para la Respuesta Específica Térmica se obtuvo un índice de cobertura del 59.3 % para la localidad de Mulegé Baja California Sur, México.

Se recomienda que para la optimización del cultivo de *Cherax quadricarinatus*, este se realice en temperaturas cercanas a 28.7 °C y que no exceda los límites inferior de 11.7 °C y superior de 35.1 °C. Asimismo, se recomienda tomar como índice para la elección del sitio de cultivo para la langosta de quelas rojas, zonas geográficas en las que obtenga una respuesta específica térmica de 59.3 %.

**LITERATURA CITADA**

- Arredondo, J. L., A. Inclan, J. T. Palafox y C. R. Campos. 1994. "Desarrollo Científico y Tecnológico del Cultivo de la Langosta de Agua Dulce *Cherax quadricarinatus*". Secretaria de Pesca, Convenio SEPESCA/UAM-1.
- Becker, C. y R. Genoway. 1979. "Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish". *Env. Biol. Fish. Soc.* 4: 245-256 p.
- Brett, J. R. 1956. "Some principles in the thermal requirements of fishes". *Quart. Rev. Biol.* 31: 75-87 p.
- 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: 536-541 p.
- Bücker, L. F., F. Díaz, F. Correa, B. Barón y M. Hernández. 1994. "Diel thermoregulation of the crawfish *Procambarus clarkii* (Crustacea:Cambaridae)". *J. Therm. Biol.* 19:419-422 p.
- Bücker, R. L. F., H. F. Díaz y S. Espina. 1996. "Thermoregulatory behavior applied to the culture of *Procambarus clarkii* (Decapoda:Cambaridae)". *Rev. Biol. Trop.* 44: 123-126 p.
- Casterlin, M. E. y W. W. Reynolds. 1979. "Behavioral thermoregulation in the grass shrimp *Palaemonetes vulgaris* (SAY)". *Rev. Can. Biol.* 38: 45-46 p.



- Claussen, D. L. 1980. "Thermal acclimation on the crayfish *Orconectes rusticus* and *O. virilis*". Com. Biochem. Physiol. 66A: 377-384 p.
- Coutant, C. C. 1977. "Compilation of temperature preference data". J. Fish. Res. Board. Can. 34: 739-741 p.
- Coutant, C. C. 1980. "Environmental quality for striped bass". En: G. H. Clepper (Ed) Marine recreational fisheries. Sport. Fishing Institute, Washington, D C. 179-187 p.
- 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 p.
- Crawshaw, L. I. 1974. "Temperature selection and activity in the crawfish *Orconectes immunis*". J. Comp. Physiol. 95: 315-322.
- Crawshaw, L. I. 1983. "Effects of thermal acclimation and starvation on temperature of selection and activity in the crawfish *Orconectes immunis*". Comp. Biochem. Physiol. 74A: 475-477 p.
- Criales, M. M. y K. S. Chung. 1980. "Tolerancia térmica en postlarvas y juveniles de camarón rosado *Penaeus brasiliensis*". Informes Museo del Mar. INVER. Santa Marta, Colombia. 27: 1-15 p.
- Curtis, M. 1990. P 20. En: Australian fisheries, aquaculture special: Redclaw (M. Macreadie, Ed), 49 (11). Australian Government Publishing Service, Canberra, New South Wales.
- Cherry, D. S., K. L. Dickson y J. Jr. Cairns. 1975. "Temperature selected and avoided by fish at various acclimation temperatures". J. Fish. Res. Board Can. 32: 485-491 p.

- Cherry, D. S., K. L. Dickson y J. Jr. Cairns. 1977. "Preferred, avoided and lethal temperatures of fish during rising temperature condition". J. Fish. Res. Board Can. 34: 239-426 p.
- Díaz, H. F. y R. L. F. Bückle. 1993. "Thermoregulatory behaviour of *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea:Palaemonidae)". Tropical Ecology. 34: 199-203 p.
- Díaz, H. F., S. Espina, y R. L. F. Bückle. 1994. "Thermal stress responses of *Procambarus clarkii*". Rivista Italiana Acquacoltura. 29: 149-154 p.
- Díaz, H. F., P. M. Gutiérrez y A. M. Garrido. 1993. "Temperatura preferida y óptima para el crecimiento de postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea:Palaemonidae)". Rev. Biol. Trop. 41: 153-155 p.
- Díaz, H. F., U. E. Sierra, R. L. F. Bückle y M. A. Garrido. 1998. "Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda:Palaemonidae)". J. therm. Biol. 23: 381-385 p.
- Díaz, F., M. A. del Río-Portilla, E. Sierra, M. Aguilar y A. D. Re-Araujo. 2000. "Preferred temperature and critical thermal maxima of red abalone *Haliotis rufescens*". J. therm. Biol. 25: 257-261 p.
- Espina, S., H. F. Díaz y R. L. F. Bückle. 1993. "Preferred and avoided temperatures in the crawfish *Procambarus clarkii*. Decapoda, Cambaridae". J. therm. Biol. 19: 1-5.
- Fraenkel, G. S. y D. L. Gunn. 1961. "The orientation of animals in response to taxes and compass reactions". Dover. New York. 259 p.
- Fry, F. E. J. 1947. "Effects of the environment on animal activity". Univ. Toronto Studies, Biol. Ser. 55, Ontario Fish. Res. Lab. Publ. 68: 1-62 p.

- Garrido, M. A. 1990. "Relación entre las temperaturas de aclimatación y la tolerancia térmica de postlarvas y juveniles del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea:Palaemonidae)". Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 pp.
- 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 p.
- Hall Jr. L. W., D. A. Cincotta, Jr. J. R. Stauffer y C. H. Hocutt. 1978. "Temperature preference of crayfish *Orconectes obscurus*". *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 7: 379-383 p.
- Hernández, R. M., R. L. F. Bückle y H. F. Díaz. 1995. "Preferred temperature of *Macrobrachium tenellum* (Crustacea:Palaemonidae)". *Rivista Italiana Acquacoltura.* 30: 93-96 p.
- Hernández, R. M., R. L. F. Bückle y H. F. Díaz. 1996. "Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*". *J. Therm. Biol.* 21: 139-143 p.
- Hernández, R. M. y R. L. F. Bückle. 1997. "Thermal preference area for *Macrobrachium tenellum* in the context of global climatic change". *J. Therm. Biol.* 22: 309-313p.
- Huner, J. V. y O. V. Lindqvist. 1995. "Physiological adaptations of freshwater crayfish that permit succesful aquacultural enterprises". *Amer. Zool.* 35: 12-19 p.
- Hutchings, R. 1987. "Exciting new crayfish". *Australia Aquaculture Magazine.* 1: 12-13
- Hutchison, V. H. 1961. "Critical Thermal maximum in salamanders". *Physiol. Zool.* 43: 92-125 p.

- Hutchison, V. H. y J. D. Maness. 1979. "The role of behaviour in temperature acclimation and tolerance in ectotherms". *Am. Zool.* 19: 367-384 p.
- Hutchison, V. H. 1976. "Factors influencing thermal tolerances of individual organisms". ERDA (Energy Res. Dev. Adm.) Symp. Ser. CONF750425. Pp. 10-26.
- Jobling, M. 1981. "Temperature tolerance and the final preferendum rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures". *J. Fish. Biol.* 19: 439-455 p.
- Jones, C. M. 1989. "The Biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*". Queensland Department of Primary Industries, Fisheries Branch, Research Station, Walkamin, Queensland, Australia 4872.
- Jones, C. M. 1990. "The Biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*". En: Queensland Department of Primary Industries, Brisbane: 109 p.
- Jones, C. M. y I. Ruscoe. 1996. "Production technology for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*)". Final Report FRDC Project 92/119. Fisheries Research and Development Corporation, Canberra.
- Kellog, R. L. 1982. "Temperature requirements for the survival and early development of the anadromus alewife". *Progr. Fish Cult.* 44: 63-73 p.
- 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 p.
- Lagerspetz, K. Y. H. 1974. "Temperature acclimation and the nervous system". *Biol. Rev.* 49: 477-514 p.

- Layne, J., L. D. Claussen, y M. L. Manis. 1987. "Effects of acclimation temperature, season, and time of day on the critical thermal maxima and minima of the crayfish *Orconectes rusticus*". J. therm. Biol. 12: 183-187 p.
- Lee, M. R. y N. J. Rinne. 1980. "Critical thermal maxima of five trout species in The Southwestern United States". Trans. Amer. Fish. Soc. 109: 632-635 p.
- Lowe, C. H. y V. J. Vance. 1955. "Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*". Science. 122: 73-74 p.
- Lutterschmidt, W. I. y V. H. Hutchison. 1997. "The critical thermal maximum: history and critique". Can. J. Zool. 75: 1561-1574 p.
- Mathur, D., R. M. Schutsky y E. Purdy. 1982. "Temperature preference and avoidance responses of the crayfis *Orconectes obscurus* and associated statical problems". Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 39: 548-553 p.
- Masser, M. y D. Rouse. 1990. "Australian crayfish". Agriculture & Natural Resources, Timely Information. March 1990, Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University, Alabama.
- McCauley, R. W. 1977. "Laboratory methods for determining temperatures preference". J. Fish. Res. Board. Can. 34: 749-752 p.
- McLeese, D. W. 1956. "Effects of temperature, salinity and oxygen on the survival of the American Lobster". J. Fish. Res. Board. Can. 13: 247-272 p.
- Medley, P. B. 1991. "Suitability of the australian red claw, *Cherax quadricarinatus* (von Martens), for aquaculture in the Southeastern United States". Masters thesis, Auburn University, Alabama.

- Merrick, J. R. y C. N. Lambert. 1991. "The yabby, marron and red claw: production and marketing". MacArthur Press Pty. Ltd., Artarmon, New South Wales, Australia.
- Miranda, F., S. C. Reyes, I. G. J. Espinoza y J. L. García. 1991. "Climatología de la región noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa)". Reporte Técnico. CICESE. Publicación: E34 No. 8. 179 p.
- Morrissy, N. M. 1983. "Marron aquaculture. Proceedings of the First Freshwater Aquaculture Workshop". Narranderra, New South Wales. Febrero 1983: 81-88 p.
- Morrissy, N. M., L. E. Evans y J. V. Huner. 1990. "Australian Freshwater Crayfish: Aquaculture Species". World Aquaculture 21:113-122 p.
- Nelson, D. H. y D. K. Hooper. 1982. "Thermal tolerance and preference of the freshwater shrimp *Palaemonetes kadiakensis*". J. therm. Biol. 7: 183-187 p.
- Nichelmann, M. 1983. "Some characteristics of the biological optimum temperature". J. therm. Biol. 39: 115-122 p.
- Paladino, F. V., J. R. Spotila, J. P. Schubauer y K. T. Kowalski. 1980. "The critical thermal maximum: A technique used to elucidate physiological stress and adaptation in fishes". Rev. Can. Biol. 39: 115-122 p.
- Pinto, G. F. y D. B. Rouse. 1996. "Growth and survival of the Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in earthen ponds". J. World Aquacult. Soc. 27: 187-193 p.
- Reynolds, W. W. y M. E. Casterlin. 1979a. "Behavioral thermoregulation and the "final preferendum" paradigm". Am. Zool., 19: 211-224 p.

- Reynolds, W. W. y M. E. Casterlin. 1979b. "Behavioral thermoregulation and activity in *Homarus americanus*". *Comp. Biochem. Physiol.* 64A: 25-28 p.
- Reynolds, W. W. y M. E. Casterlin. 1979c. "Behavioral thermoregulation in the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille)". *Hydrobiologia.* 66: 141-143 p.
- Reynolds, W. W. y M. E. Casterlin. 1979d. "Thermoregulatory behavior of the pink shrimp *Penaeus duorarum*". *Burkenroad. Hydrobiologia.* 66: 179-182 p.
- Richards, F. P., W. W. Reynolds, R. W. McCauley, L. I. Crawshaw, C. C. Coutant y J. J. Gift. 1977. "Temperature preference studies in environmental impact assessments: An overview with procedural recommendations". *J. Fish. Res. Board. Can.* 34: 728-761 p.
- Rouse, D. B., C. M. Austin y P. B. Medley. 1991. "Progress towards profits? Information on the Australian Crayfish". *Aquacult. Mag.* 17: 46-56 p.
- Sammy, N. 1988. "Breeding biology of *Cherax quadricarinatus* in the northern territory". En: *Proceedings of the First Australian Shellfish Conference, Perth 1988.* Curtin University Press. Pp: 79-88.
- Semple, G. P., D. B. Rouse y K. R. McLain. 1995. "*Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda:parastacidae)". *A Comparative Review of Aquaculture Potential. Freshwater Crayfish.* 8: 495-503 p.
- Sokol, A. 1988. "The Australian Yabby". En: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation.* D M, Holdich and R S, Lowery (eds), Croom Helm, London/Sydney. Timber Press, Portland, Oregon. pp: 401-425.

- Taylor, R. C. 1984. "Thermal preference and temporal distribution in three crayfish species". *Comp. Biochem. Physiol.* 77A: 513-517 p.
- Taylor, R. C. 1990. "Crayfish (*Procambarus speculifer*) growth rate and final thermal preferendum". *J. therm. Biol.* 15: 79-81 p.
- Tukey, J. W. 1977. "Exploratory data analysis". Addison-Wesley. Pub. Co. Massachusetts. 688 p.
- Uno, Y., A. B. Bejie y Y. Igarashi. 1975. "Effects of temperature on the activity of *Macrobrachium rosenbergii*". *La mer* 13: 150-154 p.
- Wiesepape, L. M., D. V. Aldrich y K. Strawn. 1972. "Effects of temperature and salinity on thermal death in postlarval brown shrimp, *Penaeus aztecus*". *Physiol. Zool.* 45: 22-33 p.
- Zar, J. H. 1984. "Biostatistical analysis". Prentice-Hall. Inc. New Jersey.
- Zein-Eldin, Z. y G. Griffith. 1969. "An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids". *FAO. Fish. Rep.* 3: 1015-1026p.