

206
lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Preferendum final de temperatura y tolerancia
térmica del camarón café *Penaeus aztecus*, Ives.

T E S I S
Que para obtener el título de
B I O L O G O
p r e s e n t a

RUTH CECILIA VANEGAS PEREZ

México, D. F.

1988



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

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
AREA DE ESTUDIO	11
MATERIAL Y METODO	
I. Captura y mantenimiento de los organismos ...	13
II. Determinación del <i>preferendum</i> final de temperatura	15
III. Temperatura crítica máxima (TCM) y caracterización de las respuestas al estrés térmico por altas temperaturas ...	17
RESULTADOS	
I. <i>Preferendum</i> final de temperatura	20
II. Caracterización de las respuestas al estrés térmico y temperatura crítica máxima (TCM)	21
Efecto de la temperatura de aclimatación ...	23
DISCUSION	
I. <i>Preferendum</i> final de temperatura	26
II. Respuestas al estrés térmico y temperatura crítica máxima (TCM)	29
CONCLUSIONES	34
FIGURAS Y TABLAS	35
LITERATURA CITADA	45

RESUMEN

En juveniles del camarón café *Penaeus aztecus*, Ives, se determinó el *preferendum* final de temperatura por el método de "gravitación"; se caracterizaron las respuestas al estrés inducidas por las altas temperaturas y se midió la temperatura crítica máxima (TCM). Los especímenes se colectaron en la Laguna de Tamiahua, Veracruz; en el laboratorio se aclimataron a 20, 25 y 30°C durante 8 y 13 días, con el fin de conocer si la aclimatación y el tiempo de duración de ésta, tenían alguna influencia sobre la preferencia térmica. El intervalo de temperatura modal preferida por la mayoría de los camarones fue de 15.5 a 23.5°C. Los resultados obtenidos indicaron que el *preferendum* final de temperatura de los juveniles de *P. aztecus*, es independiente de la historia térmica previa de los especímenes, así como del tiempo de aclimatación ($P > 0.5$). No se encontraron diferencias significativas en la preferencia térmica entre el día y la noche ($P > 0.05$).

La tasa de calentamiento empleada en los experimentos sobre el estrés térmico fue de 1°C/min. Los datos indicaron la influencia positiva de la temperatura de aclimatación sobre las temperaturas de respuesta al estrés ($P < 0.05$); el efecto sobre la TCM fue similar: 37.0, 41.0 y 41.8°C en camarones aclimatados a 20, 25 y 30°C respectivamente. Estos resultados son importantes para la implementación de prácticas de cultivo de la especie.

INTRODUCCION

En México, las lagunas costeras constituyen parte invaluable del patrimonio nacional debido a que son ecosistemas altamente productivos; el país posee 12,500 km de área lagunar en aproximadamente 10,000 km de litoral (Yañez-Arancibia, 1986).

En el Golfo de México, una de las lagunas importantes es la de Tamiahua. En esta laguna, los camarones constituyen un recurso biológico y pesquero de trascendencia debido a que desempeñan un papel significativo en las comunidades bento-pelágicas como transformadores de energía, a la vez que son esenciales para el desarrollo socioeconómico de la región, ya que conforman una de las pesquerías más importantes del sistema. Estas pesquerías, se sustentan básicamente en las formas juveniles y preadultas de dos especies de camarón: el camarón café (*Penaeus aztecus*) y el camarón blanco (*Penaeus setiferus*). Las formas adultas maduran y se reproducen en aguas marinas y en estado de postlarvas penetran a los sistemas lagunares-estuarinos.

En dichos sistemas, se presentan gradientes de los factores ambientales, tanto verticales como horizontales, debido principalmente al aporte de agua dulce y a la influencia marina. Asimismo, se caracterizan por presentar amplias fluctuaciones, tanto diurnas como estacionales de temperatura, de salinidad y de oxígeno disuelto, entre otros factores, los cuales limitan la distribución y sobrevivencia de los

organismos que los habitan (Newell, 1976; Vernberg y Vernberg, 1978).-

Sin embargo, varios autores (Zein Eidin y Griffith, 1968; Venkataramish, et al., 1975; Lakshmi, et al., 1976) han reportado que los juveniles de *Penaeus aztecus* y *P. setiferus*, de la parte alta del Golfo de México, pueden tolerar grandes cambios de temperatura y de salinidad. Resultados similares han sido obtenidos en las latitudes medias, aunque los intervalos de tolerancia son diferentes. Tales diferencias, han inducido a postular la existencia de razas fisiológicas en dichas poblaciones (Sánchez, 1979; Díaz y Latournerié, 1980; Latournerié et al., 1980; Barrera, 1980).

Debido al carácter controlador y directriz de la temperatura sobre los procesos fisiológicos y conductuales de los organismos (Newell, 1975; Vernberg, 1981), es de interés caracterizar las respuestas de *Penaeus aztecus* ante este factor, ya que tal conocimiento podría servir en la implementación de las prácticas de cultivo.

Ahora bien, Vernberg y Vernberg (1981) destacan la importancia que tienen los estudios de un factor específico, así como los que contemplan la interacción de varios factores del medio, para la comprensión de la ecología fisiológica de los organismos bentónicos. El énfasis que se ha puesto en este último enfoque, obedece a que los resultados de estos trabajos pueden ser

extrapolables al medio natural. Sin embargo, cuando el factor aislado es la temperatura, los resultados obtenidos tienen importantes implicaciones en la acuicultura. Tal es el caso de los estudios realizados en peces, donde se ha observado una correlación directa entre las temperaturas seleccionadas por las especies en un gradiente térmico en el laboratorio y la temperatura óptima de varias funciones fisiológicas, entre ellas el crecimiento (Brett, 1956; Jobling, 1980; Kellog y Giff, 1983).

En un gradiente de cualquier factor ambiental, como la temperatura, los organismos en general pueden responder de diversas maneras dependiendo de la intensidad del factor y del tiempo de exposición a éste. Vernberg y Vernberg (1978) caracterizan este gradiente en zonas, dependiendo de la sobrevivencia de los organismos. Así, definen una porción media del gradiente compatible con las funciones normales del organismo donde toleran exposiciones prolongadas, denominada zona biocinética o zona de capacidad de adaptación; en los extremos del gradiente, separan las zonas letales o zonas de resistencia adaptativa, en las cuales los organismos sólo toleran exposiciones por lapsos breves.

Al respecto se conoce que en general, los organismos en cuyos habitats existen amplias fluctuaciones estacionales o diurnas, pueden tolerar mayores intervalos de temperatura que aquellos que habitan en ambientes estables. En este sentido, Vernberg (1981) señala que los primeros son "mucho más lábiles, ya que

sus límites letales pueden cambiar notoriamente con la temperatura de aclimatación, hasta los límites impuestos genéticamente". Esta evidencia es importante cuando se desea determinar el efecto de la aclimatación sobre las respuestas inducidas por la temperatura.

Los camarones, tienen la capacidad de tolerar amplios intervalos de temperatura, de resistir por un lapso determinado cuando ésta lo es adversa y de evitar las temperaturas que son letales para la especie. Además, pueden seleccionar la temperatura más adecuada.

En este sentido, cuando los camarones se exponen en un gradiente térmico, tienden a congregarse o permanecer más tiempo en un intervalo de temperatura relativamente estrecho, lo cual refleja la capacidad de los organismos para regular su temperatura corporal a través del comportamiento (Fry, 1958; Guilles, 1975; Williams y Bracon, 1967).

Hace 41 años, Fry (1941) proporcionó la definición de temperatura preferida como la "región en un intervalo infinito de temperatura, en la cual una población determinada se congregará con una cierta precisión" y la del *preferendum* final como "la temperatura alrededor de la cual, todos los individuos se congregarán finalmente independiente de su experiencia térmica previa, cuando se exponen en un gradiente térmico.

Por lo tanto, la preferencia es función de la frecuencia con la cual cada temperatura es ocupada en el gradiente.

En el laboratorio, se determina empleando una medida de tendencia central, generalmente la media o la moda (McCauley , 1977). En el medio natural, la temperatura seleccionada, de una especie, se podría interpretar como aquella en la cual los animales se congregan eventualmente; en el laboratorio, como al *preferendum* modal cuando se les permite "gravitar" en un gradiente térmico por un lapso de 24 a 96 horas.

McCauley (*op. cit.*), señala que el *preferendum* final de temperatura, determinado por "gravitación", no es afectado mayormente por la temperatura de aclimatación; Reynolds y Casterlin (1979), indican que éste, es una característica específica, relativamente independiente de la temperatura del medio. Giattina y Barton (1982), enfatizan lo anterior y agregan que el *preferendum* final puede ser modificado por otros factores no relacionados con la historia térmica como la estación del año, la edad, la disponibilidad de alimento o la condición fisiológica del organismo.

Debido a que el comportamiento termorregulador de las especies móviles, es sólo un aspecto de la respuesta a la temperatura, es necesario conocer también los límites de tolerancia al factor, así como las respuestas características del estrés térmico.

Para determinar los límites de tolerancia a la temperatura en organismos ectotérmicos, éstos se trasladan abruptamente desde la temperatura de aclimatación, a diferentes temperaturas más altas o más

bajas y se determina el tiempo de sobrevivencia; la temperatura en la que se muere el 50% de los animales de la muestra, en un lapso previamente establecido (24 a 96 hs), es denominada la temperatura letal media ó TL 50 (Bowler, 1963a; Kilgour, 1985). Otro procedimiento consiste en exponer a los animales a un aumento o disminución de temperatura, a tasas constantes, desde la temperatura de aclimatación y se registra tanto la temperatura crítica máxima o mínima, como la temperatura letal (Lowe y Vance, 1955; Lowe y Heath, 1969; Holland, 1974; Lee y Rinne, 1980).

Ambos métodos tienen ciertas desventajas. En el primero, la muerte se puede deber al "shock térmico" (Bowler, 1963a) y en el último, se enmascara el efecto del tiempo (Nelson y Hooper, 1982). Sin embargo, la determinación de la temperatura crítica máxima (TCM), permite identificar las diferentes respuestas al estrés térmico en organismos individuales, a la vez que los resultados se pueden obtener en corto tiempo.

Cowles y Bogert (1944) definen la TCM, como el "punto térmico en donde la actividad locomotora se desorganiza y el organismo pierde la habilidad de escapar de condiciones que lo llevarían rápidamente a la muerte". Lowe y Vance (1955) y Hutchison (1961), modifican esta definición para incluir un método estándar y una definición del punto final (punto de espasmos musculares).

Hutchison (*op. cit.*) afirma que "la tasa de

calentamiento, desde una temperatura previa de aclimatación, debe ser lo suficientemente rápida para permitir que la temperatura corporal más profunda, paralelice la del medio sin un retraso significativo". Si esta tasa es muy rápida, la temperatura corporal se desfasará con respecto a la del medio y si es lenta, el organismo puede aclimatarse parcialmente a la nueva temperatura. Diversos autores han considerado adecuada, una tasa de calentamiento de $1\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{min}$ (Hutchison, *op. cit.*; Holland *et al.*, 1974; Nelson y Hooper, 1982).

Por otra parte, 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, las variaciones estacionales y por la edad.

En los crustáceos, la tolerancia térmica se ha determinado principalmente midiendo la TL 50 (Bowler, 1963a; Kinne, 1970; Cox y Beauchamp, 1982). Algunos autores han empleado la TCM utilizando diversos criterios para su caracterización. Así, Criales y Chung (1980) consideran la TCM en *Penaeus brasiliensis* como la temperatura en la cual ocurre la primera pérdida de equilibrio (PFE); Claussen (1980), estima la TCM en *Orconectes rusticus* y *O. virilis* de manera similar y Nelson y Hooper (1982) caracterizan la TCM en *Palaeomonetes kadiakensis* por la desorientación completa de los animales.

En otros estudios en crustáceos, la temperatura letal incipiente superior (TLIS) o la temperatura letal media (TL 50) son consideradas como la TMC (Bowler, 1963a; Wieseppape et al., 1972; Cox y Beauchamp, 1982)

Ahora bien, se ha comprobado que cuando los animales alcanzan la temperatura considerada como la TCM y son trasladados inmediatamente a la temperatura de aclimatación, logran recuperarse en un 90 a 100% (Hutchison, 1961; Lee y Rinne, 1980). De aquí, se desprende la importancia de considerar otras respuestas al estrés térmico, diferentes a la temperatura en la cual ocurre la muerte.

La determinación de la TCH reviste gran importancia en estudios de impacto ambiental ya que puede ser considerada como un indicador ecológico debido a que muchos organismos pueden encontrarse en un intervalo de temperaturas cercanas a sus límites de tolerancia, bien sea por efectos de descargas térmicas o por calentamiento natural del medio que habitan (Holland, 1974; Cox y Beauchamp, 1982). De igual manera, es un conocimiento relevante para la implementación de prácticas cuaculturales.

Considerando lo anteriormente mencionado y que se han realizado pocos trabajos con este enfoque, se planteó este trabajo con los siguientes objetivos:

1. Determinar el *preferendum* final de temperatura de juveniles de *Aenaeus aztecus* de la Laguna de Tamianua Veracruz, en un gradiente térmico horizontal.
2. Medir la temperatura crítica máxima (TCM) y caracterizar las respuestas al estrés térmico en los juveniles de esta especie.

AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Tamiahua está localizada en la Huasteca Veracruzana en el litoral del Golfo de México, al Norte del Estado de Veracruz, entre los ríos Tuxpan y Pánuco, con los que se comunica a través de los canales de Tampamachico y La Ribera, respectivamente. Se ubica entre los 21° 04' y los 22° 05' de Latitud Norte y entre los 97° 23' y los 97° 46' de Longitud Oeste (Fig. 1)

Es un cuerpo de agua alargado, con una longitud máxima de 93 km, una anchura máxima de 21.5 km y una profundidad media de 2 a 3 m. Lankford (1977) la clasifica geológicamente como de origen de repisa de barrera interna Tipo III (B), caracterizada por una barrera cuscosa. Esta barrera arenosa, llamada Cabo Rojo, tiene una longitud aproximada de 130 km, una anchura máxima de 6 km y se proyecta 15 km dentro del Golfo de México (Ayala Castañares et al., 1969).

Al interior de la laguna se presentan una serie de islas entre las que sobresalen por su tamaño Juana Ramirez, El Toro y El Idolo, cuya disposición parece indicar la presencia de una barrera antigua (Ayala Castañares *op. cit.*).

La laguna de Tamiahua se comunica con el mar, al Sur por la Boca de Corazones y al Norte por la Boca de Tampachichi, esta última de origen artificial (Barba y Sánchez, 1981). El sistema recibe aporte fluvial, de Norte a Sur, de diversos esteros de flujo estacional siendo los más importantes los de La Laja, Cucharas, San

Jerónimo, Tancochín, Tampache y Milpas. Tanto el aporte fluvial como el marino, determinan el carácter hidrológico polihálico de la laguna (Barrera, 1982).

En la explotación de crustáceos, el camarón constituye la segunda pesquería más importante del sistema y se sustenta en dos especies, el camarón café (*Penaeus aztecus*), el más abundante y objeto de este estudio y el camarón blanco (*Penaeus setiferus*). De igual manera, son económicamente importantes dos especies de jaibas, la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) y la jaiba prieta (*Callinectes Rathbunae*). Cabe señalar que en 1985, el Estado de Veracruz aportó el 8% de la producción de camarón del Golfo de México (Anuario Estadístico de Pesca, 1985).

MATERIALES Y METODOS

I. Captura y mantenimiento de los organismos.

Los juveniles del camarón café *Penaeus aztecus*, se colectaron en la zona Sur de la Isla del Idolo, en la Laguna de Tamiahua, Veracruz (fig. 2), durante los meses correspondientes a la época de verano, Mayo a Julio de 1987.

Debido a los hábitos nocturnos de los organismos, las capturas se realizaron durante la noche en "las empalizadas" o "charangas" (arte de pesca fijo) localizadas a lo largo de la zona señalada. Para este fin, se empleó una red de cuchara de 1.5 m de diámetro y 1.25 cm de abertura de malla.

Durante las colectas mensuales, se registraron los factores fisicoquímicos ambientales, los cuales fluctuaron entre 6.0 a 7.2 ppm de oxígeno disuelto, 29 a 32°C de temperatura, 28 a 32 ‰ de salinidad y 7.2 a 8.2 de pH. El oxígeno disuelto y la temperatura se midieron con un Oxímetro con sensor polarográfico YSI 54 ARC (± 0.1 ppm O₂; ± 0.1 °C); la salinidad con un refractómetro American Optical (± 1 ‰) y el pH con un potenciómetro Conductronic 10 (± 0.1 pH).

Los camarones colectados se trasladaron al laboratorio en bolsas de polietileno, con agua del medio y atmósfera saturada de oxígeno, donde se mantuvieron en tres acuarios de 75 litros con piso de arena de 2 cm de espesor, con agua del medio cuya salinidad fué de

30 ± 1 ‰ y temperatura de $10 \text{ C} \pm 1^\circ\text{C}$. La aireación se mantuvo constante. Para asegurar una adecuada calidad del agua, los acuarios se equiparon con filtros químicos externos.

Después de tres días, en dos de los acuarios se elevó paulatinamente la temperatura hasta alcanzar $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y $30 \pm 1^\circ\text{C}$ y en el tercero se mantuvo a $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Así, los camarones se aclimataron a tres temperaturas constantes durante 8 y 13 días. Las temperaturas experimentales se mantuvieron con calentadores de inmersión Aquasensor de 75 y 100 watts.

Los organismos se alimentaron diariamente, al 10% de su peso corporal, con una mezcla de pulpa cruda de *Mugil* sp. (75%) y alimento balanceado (25%); esta dieta fue bien aceptada por los camarones. El fotoperíodo se fijó en 12 horas luz y 12 horas oscuridad, de acuerdo a la estación.

El intervalo de peso de los especímenes utilizados fue de 2.1 a 7.52 g y la longitud patrón de 43 a 74 mm. Cabe señalar que todos los ejemplares empleados se encontraban en fase de intermuda y aquellos que mudaron durante el curso de los experimentos se deshecharon. Asimismo, no se separaron machos y hembras en los ensayos. Los camarones permanecieron sin alimentarse durante 24 horas previas al período experimental, así como en el curso de éstos.

11. Determinación del *preferendum* final de temperatura.

El comportamiento termorregulador de los camarones se determinó como el *preferendum* final de temperatura, para lo cual se empleó el método de "gravitación" descrito por McCauley (1977). Para establecer el gradiente térmico, se utilizó un acuario rectangular de vidrio, de 6 mm de espesor, cuyas dimensiones fueron 190 cm de largo, 25 cm de alto y 25 cm de ancho (fig. 3). Las aristas se reforzaron con perfiles de aluminio.

En cada extremo del acuario se separó un compartimento de 13 cm de largo mediante una rejilla de acrílico de 1 cm de espesor, con el fin de evitar la entrada de los organismos. En uno de los extremos del dispositivo, se colocó un recipiente de aluminio con agua de la llave, en el que se sumergió un calentador de 500 watts. En el otro extremo, se colocó un serpentín de cobre de 1/4" recubierto con pintura epóxica y conectado a un termorregulador Forma Scientific 2325 (± 0.02 °C) ajustado a 4 ± 0.5 °C. En la parte central del dispositivo se marcaron secuencialmente 12 compartimentos iguales y en cada uno de estos, se colocaron piedras de aireación para evitar la estratificación térmica y mantener una adecuada concentración de oxígeno en el medio. El dispositivo se llenó con agua de mar a 30 ‰, hasta un nivel de 9 cm.

El gradiente térmico establecido fué de 15 ± 1.0 °C a 35 ± 1.0 °C. Sin embargo, se registraron eventualmente temperaturas de 13 y 38°C en los extremos del mismo.

Con el objeto de determinar la distribución espacial de los camarones, se colocaron los animales en grupos de 10 en el centro del dispositivo, primero en ausencia de gradiente, a temperatura similar a la de aclimatación. Este experimento se consideró como control. En seguida, un número similar de animales provenientes de las diferentes temperaturas experimentales, se expuso al gradiente térmico. Los camarones se introdujeron en la zona del dispositivo donde se tenía la misma temperatura que la de aclimatación. Después de una hora, se inició el registro del número de camarones presentes en las diferentes regiones del gradiente, así como las temperaturas de éstas. Las observaciones se hicieron cada hora durante 24 horas; las observaciones nocturnas se efectuaron con luz roja, con el fin de evitar alteraciones en el comportamiento de los organismos. Durante el período experimental y durante las 24 horas previas a éste, los animales permanecieron en ayunas.

Los resultados de las temperaturas preferidas por los camarones, aclimatados a las diferentes temperaturas experimentales (20, 25 y 30°C) durante 8 y 13 días, se graficaron en diagramas de barras para poder visualizar la distribución espacial, tanto en el día como en la noche. En cada uno de los ensayos se obtuvo la media ($\bar{x} \pm ES$) y la moda (m). La moda se consideró como el estadígrafo de tendencia central más adecuado, dado que refleja la temperatura ocupada más frecuentemente.

Con el objeto de conocer si las distribuciones de los camarones en el gradiente térmico durante el día y la

noche difieren estadísticamente y si la temperatura de aclimatación ejercía algún efecto en el *preferendum* final, se aplicó la prueba de χ^2 (Zar, 1974). Además, se empleó el índice de agregación, varianza/media (S^2 / \bar{X}), para conocer el tipo de distribución de los camarones sometidos a los ensayos. Asimismo, se calculó el Coeficiente de Pearson, para determinar el sesgo de dichas distribuciones (Brower y Zar, 1977).

11. Temperatura crítica máxima (TCM) y caracterización de las respuestas al estrés térmico por altas temperaturas.

Con el fin de caracterizar las respuestas de estrés térmico de los juveniles de *Penaeus aztecus*, se empleó el dispositivo que se esquematiza en la Fig. 4. Se utilizó un matraz de 2 litros, con agua de mar (30 ‰) y aireación constante; este matraz se sumergió en un acuario de 35 litros con agua de la llave y calentadores de 500 watts, que permitieron incrementar la temperatura a una tasa constante de 1 °C/min. Para evitar la estratificación térmica y mantener el calentamiento uniforme del agua del baño, se emplearon piedras de aireación.

Al inicio del experimento, la temperatura en el matraz y en el baño externo fueron iguales y correspondieron a las temperaturas de aclimatación de los camarones. En este momento se colocaron dos camarones en el matraz y

después de transcurridos 20 min, la temperatura se elevó a la tasa señalada. El comportamiento de los animales se observó constantemente y cuando ocurría algún cambio, se registraba la temperatura y el tiempo de exposición.

Se consideraron como indicadores del estrés térmico, los comportamientos de desequilibrio inicial (DI), desequilibrio completo (DC), curvatura inicial de la cola (CI), curvatura completa de la cola (CC) y pérdida total de movimiento (PM), exhibidos por los animales. La temperatura crítica máxima (TCM) se asoció con el DC y la temperatura letal con la PM, acorde al criterio de Nelson y Hooper (1982).

Todos las pruebas experimentales se llevaron a cabo entre las 11:00 y las 15:00 horas. Los camarones se mantuvieron en ayunas desde el día anterior al experimento.

Los datos de 16 animales, de cada condición de aclimatación (20, 25 y 30 °C), correspondientes a las respuestas a la temperatura, se ordenaron en forma ascendente para calcular la medida de tendencia central resistente, mediana (M), así como los elementos de las cajas en paralelo. Esta técnica de visualización corresponde al Análisis Exploratorio de Datos (Tuckey, 1977; Mosteller y Tuckey, 1981). Dichos elementos se obtuvieron empleando el programa de cómputo de Velleman y Hoaglin (1981). El intervalo de confianza (IC) de la mediana ($\alpha=0.05$) se calculó a partir de la fórmula:

$$IC = M \pm 1.58 (\Delta H / \sqrt{N}),$$

donde M es la mediana, h es la amplitud de la caja y N es el número de datos (Curts, 1987).

También se utilizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis y de Student Newman Keuls, para identificar la significatividad de las diferencias observadas ($\alpha = 0.05$) entre las respuestas de estrés térmico de animales aclimatados a una cierta temperatura y el efecto de la aclimatación sobre dichas respuestas (Zar, 1974).

RESULTADOS

I. *Preferendum* final de temperatura.

Se determinó el *preferendum final de temperatura* de los juveniles de *Penaeus aztecus* de la Laguna de Tamiahua, mediante el método de "gravitación", exponiendo a los camarones en un gradiente térmico horizontal durante 24 horas. Además, se intentó verificar si existían diferencias en la selección de temperatura entre el día y la noche, debido a que estos camarones presentan una mayor actividad y tasas mayores de consumo de oxígeno en la noche que en el día (Díaz, et al., 1987).

Es necesario señalar, que en este trabajo, los animales se aclimataron a diferentes temperaturas experimentales (20, 25 y 30°C) durante 8 y 13 días, con objeto de comprobar si la aclimatación y el tiempo de permanencia de los especímenes a temperaturas constantes, influían de alguna manera el *preferendum* final.

Los resultados (Tabla I, Figs. 5 y 6) indicaron que los animales de todas las condiciones experimentales, seleccionaron temperaturas similares, independientemente de las temperaturas de aclimatación, así como del tiempo que duró ésta ($P > 0.05$), tanto cuando se consideró el valor modal como cuando se analizaron los promedios.

Cabe señalar que al no encontrarse diferencias en la temperatura preferida por los animales aclimatados durante 8 y 13 días en cada condición experimental, los datos correspondientes fueron considerados como

repeticiones. Así, el *preferendum* final modal de temperatura seleccionado por la mayoría de los camarones fué de 15.5 a 23.5 °C. Además, no se detectaron diferencias significativas entre ambas fases del ciclo diurno en ninguno de los grupos experimentales ($P > 0.05$). Sin embargo, en los camarones aclimatados a 30 °C, es notoria la dispersión en cuanto a la preferencia térmica modal durante el día, de 15.5 y de 31.5°C (Tabla I).

Ahora bien, en relación a la distribución espacial de los organismos en el gradiente térmico, esta fué de tipo contagiosa, lo cual se demuestra por los valores de S^2/\bar{X} mayores que la unidad en todas las condiciones experimentales (Tabla I). También se pudo comprobar que las distribuciones, en su mayoría están sesgadas (Tabla I, Figs. 5 y 6). Se observó distribución normal durante la noche, en el grupo de camarones aclimatados a 25°C durante 13 días; en el día, la distribución mostró un ligero sesgo negativo.

II. Caracterización de las respuestas al estrés térmico y temperatura crítica máxima (TCM).-

Los diferentes eventos que ocurren al elevarse la temperatura del medio, a la tasa de 1°C/ min, conforman las respuestas al estrés térmico de los animales, y reflejan la pérdida del estado estable fisiológico.

En los juveniles de *Peneus aztecus*, la secuencia de eventos se inició con la pérdida de equilibrio. Los camarones nadaban rápidamente hacia arriba, cesaba el batido de los pleópodos y caían de lado al fondo del matraz, donde permanecían quietos por un lapso de segundos. Algunos camarones se colocaban en posición vertical con el rostro pegado al fondo. Tal comportamiento se consideró como desequilibrio inicial, DI.

En seguida, se observaron movimientos espasmódicos de los pleópodos y de los pereiópodos, saltos bruscos y violentos, natación en posición invertida en la superficie y regreso al fondo, donde permanecían de lado unos segundos y regresaban a la superficie. Esta fase, se consideró como desequilibrio completo. DC.

Al incrementarse la temperatura en 3 a 5°C respecto a la que tenía el medio al presentarse la DI, rápidamente se sucedieron los eventos siguientes: los camarones, en posición de costado en el fondo del matraz, presentaron movimientos espasmódicos, convulsiones y empezaron a contraer lentamente la cola. Tales manifestaciones se identificaron como la curvatura inicial de la cola, CI. Casi inmediatamente, el animal doblaba completamente la cola sobre sí mismo, pero respondía al estímulo de una varilla de vidrio con movimientos espasmódicos de los pleópodos y pereiópodos. En seguida sobrevino la muerte, la cual se identificó por el cese total de movimientos y la carencia de toda respuesta a estímulos externos. El comportamiento registrado en estos

instantes se considero como curvatura completa de la cola, DC, y pérdida de movimiento total, PM. Tal secuencia de eventos se observó en la totalidad de los animales sujetos a ensayo.

Acorde a la literatura, la desorientación completa de los camarones (DC), se asoció con la temperatura crítica máxima (TCM) y la pérdida de movimiento total (PM), con la temperatura letal (TL) de los juveniles de la especie en estudio.

Efecto de la temperatura de aclimatación.

Los datos correspondientes a todas las respuestas de los camarones, identificadas con DI, DC, CI, CC y PM, se sometieron al Analisis Exploratorio de Datos para poder seleccionar las pruebas más adecuadas a los resultados obtenidos.

En la Tabla II, se presentan los elementos que conforman las cajas en paralelo y el diagrama correspondiente se muestra en la figura 7. Cada caja comprende el 50% de los datos obtenidos de 16 camarones, aclimatados a 20, 25 y 30°C. El 50% restante se distribuye en las cotas inferior y superior (Cs y Ci, respectivamente).

En el diagrama de cajas en paralelo, es evidente que los datos correspondientes a las temperaturas de respuesta al estrés térmico, no tienen distribución normal. La

asimetría es más frecuente en los valores de los grupos de camarones aclimatados a 25 y 30°C.

Este análisis indica que no es adecuado utilizar estadística paramétrica, a la vez que el intervalo de confianza calculado para la mediana de los valores pierde confiabilidad, debido a la asimetría existente. Por estas razones, se emplearon las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis (KW) para analizar el efecto de la temperatura de aclimatación sobre las respuestas al estrés térmico de los organismo. Asimismo, se utilizó la prueba de Student Newman Keuls (SNK) para establecer la significatividad de las diferencias observadas entre los distintos grupos de datos.

Las temperaturas a las cuales ocurrieron los diversos eventos de la respuesta al estrés térmico, fueron diferentemente significativas ($P < 0.001$) en cada uno de los grupos experimentales, aclimatados a 20, 25 y 30°C, respectivamente.

Ahora bien, al comparar cada respuesta ocurrida en los diferentes regímenes de aclimatación, se observó una tendencia a aumentar la temperatura de respuesta cuando se incrementaba la temperatura de aclimatación. Así, se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las respuestas al estrés térmico entre los grupos aclimatados a 20, 25 y 30°C ($P < 0.001$; SNK); fueron similares las correspondientes al desequilibrio inicial (DI) y a la pérdida de movimiento total (PM) entre los grupos aclimatados a 25 y 30°C ($P > 0.05$; SNK).

El parámetro de respuesta de los camarones, denominado temperatura crítica máxima (TCM), así como la temperatura letal (TL) determinados para los grupos aclimatados a las diferentes temperaturas, se muestran en la Tabla III. Ambos eventos aumentan al incrementarse la temperatura de aclimatación de 20 a 30 °C. Las diferencias significativas ($P < 0.001$) exhibidas por la prueba de SNK para la TCM, son atribuibles a las diferencias obtenidas entre 20, 25 y 30 °C, en tanto que para la TL solo fueron estadísticamente diferentes los obtenidos entre 20 y 25 °C y entre 20 y 30 °C ($P > 0.05$; SNK).

Por otra parte, se observó que la respuesta inicial al estrés térmico, en animales aclimatados a 20 °C, se presentó entre 12.5 y 17 min después de iniciado el ensayo. En los aclimatados a 25 °C, ocurrió después de 13 a 15 min y a 30 °C, entre 9 y 10 min. Una vez desencadenada la respuesta al estrés, la muerte sobrevino en intervalos de 6.03 a 7.12 min, 4.02 a 4.58 min y 3.88 a 4.07 min, en los camarones aclimatados a 20, 25 y 30 °C respectivamente. Así, a medida que aumentó la temperatura de aclimatación, la muerte de los animales ocurrió 11 seg antes a 30 °C que a 25 °C y 147 seg primero en 25 °C que en 20 °C. En esta última temperatura, la muerte sobrevino 405 seg después de iniciado el proceso de estrés térmico en los animales.

DISCUSION

I. *Preferendum* final de temperatura.

La temperatura, es uno de los factores abióticos más importantes, debido al efecto controlador y directriz sobre la fisiología y el comportamiento de los organismos (Newell, 1975; Vernberg, 1981).

El comportamiento termorregulador de los animales ectotérmicos, se puede estudiar permitiendo que éstos graviten en un gradiente térmico horizontal. La preferencia térmica resultante puede ser atribuida en parte, a la tendencia natural de evitar temperaturas extremas. Así, el rechazo y la preferencia térmica, son aspectos inseparables del comportamiento termorregulador (Barry, 1982; Giattina y Garton, 1982).

El comportamiento móvil, es uno de los mecanismos termorreguladores que poseen los organismos ectotérmicos. Aunque se desconoce con exactitud el papel que desempeña el sistema nervioso en este comportamiento, es probable que estén involucrados varios receptores. En este sentido, Bowler (1963 a) menciona que en *Astacus pallipes* existe una región termosensible en el cefalotorax.

En este estudio, se permitió que los juveniles de *Penaeus aztecus*, gravitaran en un gradiente de temperatura de 15 a 35°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). La mayoría de los grupos experimentales exhibieron un *preferendum* final modal de temperatura en un intervalo apreciablemente

amplio, de 15.5 a 23.5 °C y evitaron temperaturas menores de 14°C y mayores de 37°C. La excepción a este comportamiento general, lo constituyen los camarones aclimatados a 20 °C, durante 13 días, los cuales mostraron una preferencia térmica en el día de 31.5 °C; sin embargo, esta temperatura no difirió significativamente de la seleccionada en la noche, ni de las temperaturas preferidas de los camarones aclimatados a 20 y 25 °C, en ambas fases del ciclo ($P > 0.05$). De manera general, los resultados obtenidos en los juveniles de *Penaeus aztecus* referentes a la independencia del *preferendum* final de temperatura de la de aclimatación, concuerdan con lo reportado por McCauley (1977) y Reynolds y Casterlin (1979).

Asimismo, la preferencia térmica en todos los grupos experimentales, fué independiente del tiempo que duró la aclimatación, de 8 a 13 días ($P > 0.05$). Por esta razón, los datos correspondientes se agruparon. Es probable que para los juveniles de *P. aztecus* de la Laguna de Tamiahua, 8 días sea un período de aclimatación adecuado cuando se trata de temperaturas altas.

Con respecto al ciclo diurno, Reynolds y Casterlin (1979 c) obtuvieron diferencias significativas entre las temperaturas preferidas por los camarones *Penaeus duorarum* en el día y en la noche, y observaron una mayor precisión termorreguladora nocturna la que atribuyeron a una mayor actividad de los animales en este período. En los juveniles de *Penaeus aztecus*, no se observaron tales diferencias ($P > 0.05$), aunque durante la etapa de

aclimatación, los camarones de todos los grupos experimentales, exhibieron igualmente una mayor actividad nocturna y permanecieron enterrados durante el día. Al respecto, Reynolds y Casterlin (1979 b) mencionan que muchas especies exhiben un ritmo diario de actividad pero no de temperatura preferida. Así, es probable que en los juveniles de *P. aztecus* la preferencia térmica sea independiente del ritmo de actividad.

Ahora bien, es importante recalcar el comportamiento termorregulador de los camarones aclimatados a 30°C, en los cuales es notoria la dispersión de la temperatura preferida en el día, entre 15.5°C y 31.5°C, mientras que en la noche esta es mucho más precisa, de 19.5°C, si bien no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) (Tabla I). La selección de 15.5°C de los animales aclimatados a 30°C se puede atribuir tentativamente al efecto combinado de la alta temperatura (30°C) y de la salinidad de aclimatación (30‰), ya que se ha demostrado que la combinación de altas temperaturas y altas salinidades es adversa a los juveniles de *Penaeus aztecus* (Venkataramiah et al., 1974). Barrera (1982) reporta para los juveniles de esta especie, de la Laguna de Tamishua, una salinidad óptima de 23‰ en organismos mantenidos en 30°C. Así, es posible suponer que los camarones aclimatados a 30°C y 30‰ se encuentran en condiciones de estrés. Este efecto aparentemente se ve enmascarado durante la noche, lo cual se puede atribuir a que es en esta fase donde los camarones despliegan su mayor actividad, reflejo de lo

cual es la precisión en la respuesta termorreguladora.

Por otra parte, varios autores coinciden en aceptar que la temperatura preferida por los organismos, se encuentra en el mismo intervalo en que varias respuestas fisiológicas presentan tasas óptimas. En peces, por ejemplo, se ha reportado tal concordancia con respecto al crecimiento (Brett, 1971; Joolin, 1981; Kellog y Gift, 1983). Es posible por lo tanto, suponer que los juveniles de *Penaeus aztecus* desempeñan óptimamente sus funciones en un intervalo de 15.5 C y 23.5 C, cuando la salinidad es elevada (30 ‰ = 85.7 agua de mar). Estos resultados confirman lo reportado por Díaz y Latournerié (1980), quienes en la misma especie encontraron un 100% de sobrevivencia a 20 C y salinidades ligeramente inferiores (71% a 81‰ AM), en camarones provenientes de la Laguna de Mandinga, Veracruz.

Es probable que la selección de bajas temperaturas en *P. aztecus*, sea reflejo de un mecanismo de valor adaptativo de preparación para la migración a aguas más profundas y más frías que las de la zona estuarina.

II. Respuestas al estrés térmico y temperatura crítica máxima (TCM).

En este estudio, la tolerancia térmica a altas temperaturas, en juveniles de *Penaeus aztecus*, se midió considerando la temperatura crítica máxima (TCM) de los

especímenes; además, su determinación proporcionó información sobre las diferentes respuestas al estrés térmico en organismos individuales. La respuesta de desequilibrio completo (DC), se asoció con la TMC acorde a la literatura (Nelson y Hooper, 1982).

Ahora bien, las primeras dos respuestas al estrés térmico, de desequilibrio inicial (DI) y desequilibrio completo (DC), se atribuyeron a alteraciones del estado estable fisiológico de los camarones. Las temperaturas a las cuales ocurrieron estas respuestas, probablemente correspondan a los límites de tolerancia térmica de la especie. Las temperaturas en las cuales se presentaron las tres respuestas finales, curvatura inicial de la cola (CI), curvatura total de la cola (CT) y pérdida de movimiento total, correspondan a la zona letal térmica de la especie (Hooper y Nelson, *op. cit.*). Estos autores, consideran que las primeras dos respuestas, DI y DC, son mecanismos importantes sobre los cuales pueden actuar los procesos evolutivos, mientras que en las respuestas restantes, CI, CT y PM, estos mecanismos probablemente no están sujetas a presiones de selección y pueden caracterizarse como los límites finales fisiológicos al estrés térmico.

Ahora bien, diversos autores (Hutchison, 1961; Jobling, 1981) mencionan el fuerte efecto que la historia térmica previa ejerce sobre los límites de tolerancia de los organismos. En este estudio se comprobó que la temperatura de aclimatación afecta notoriamente la tolerancia térmica de los juveniles de *P. aztecus*. Así,

TESIS CON FALLAS DE ORIGEN

al incrementarse la temperatura de aclimatación, la temperatura a la cual se sucedieron los diversos eventos en todos los grupos experimentales, aumentó en forma significativa. Resultados similares han sido reportados en postlarvas de *Penaeus aztecus* (Wiesepape et al., 1972), en postlarvas y juveniles de *P. brasiliensis* (Ortíz y Chung, 1980), así como en otros crustáceos (Clausen, 1930; Nelson y Hooper, 1982).

Dado que la tolerancia térmica a altas temperaturas de *P. aztecus* considerando la temperatura crítica máxima (TCM) se determinó por incremento gradual de la temperatura, a partir de las de aclimatación, es probable que el efecto del tiempo pueda verse enmascarado en las respuestas al estrés térmico (Nelson y Hooper, *op. cit.*). En crustáceos se ha determinado el tiempo de resistencia exponiendo a los ejemplares a diferentes temperaturas letales, considerando la TL 50 (Eowler, 1963 a; Wiesepape et al., 1972; Cox y Beauchamp, 1962). Wiesepape et al. (*op. cit.*) encontraron que en postlarvas de *Penaeus aztecus*, el tiempo de resistencia está fuertemente afectado tanto por las temperaturas de aclimatación como por las temperaturas letales a las que fueron expuestas los animales.

Aunque en este estudio no se determinó el tiempo de resistencia, el procedimiento utilizado permitió caracterizar las diferentes respuestas al estrés térmico en organismos individuales y determinar la tolerancia a altas temperaturas. Los

resultados obtenidos en todos los grupos experimentales, indicaron que estos camarones pueden tolerar incrementos térmicos marcados, habilidad característica de los organismos estuarinos.

Por otra parte, existen numerosos factores no relacionados con la historia térmica de los animales, que modifican la tolerancia a la temperatura, como son la salinidad, la edad, la variación estacional y geográfica, entre otros (Hutchison, 1941; Jobling, 1981). Así, Zein-Eldin y Griffith (1968) y Wiesepepe et al. (1972), reportan que las postlarvas de *Penaeus aztecus* presentan una mayor tolerancia térmica en salinidades más altas que en medios más diluidos. Resultados similares fueron obtenidos en postlarvas y juveniles de *P. brasiliensis* por Criales y Chung (1980). Asimismo, los autores reportan que las postlarvas de *P. aztecus*, *P. setiferus* y *P. brasiliensis*, toleran temperaturas mayores que los juveniles de las especies.

Ahora bien, Kinne (1970) menciona que la determinación de las temperaturas letales, proporciona una herramienta útil para conocer la condición fisiológica y el estado de aclimatación de los especímenes a una cierta temperatura, así como para determinar diferencias inter e intra-específicas. El conocimiento de la tolerancia térmica a altas temperaturas en los juveniles de *Penaeus aztecus* también podría tener alguna importancia para apoyar los estudios realizados con el fin de comprobar la existencia de razas fisiológicas de la especie, en el Golfo de México (Díaz y Latournerié,

1980; Latournerié et al., 1980).

En relación a las causas de la muerte en crustáceos en altas temperaturas, es probable que ésta sea debida a la pérdida de la coordinación nerviosa, el desbalance en la concentración del sodio y del potasio en la hemolinfa y al efecto directo del calor sobre el sistema muscular, como ha sido reportado para *Astacus pallipes* (Bowler, 1963 b).

El conocimiento de la tolerancia térmica a la temperatura de los organismos del habitat lagunar-estuarino, son necesarios para poder determinar tanto el impacto de las descargas térmicas, como los efectos del calentamiento natural del habitat sobre los especímenes. De igual manera, las investigaciones concernientes al comportamiento termorregulador del camarón, son esenciales para la implementación de prácticas de cultivo de *Penaeus aztecus*.

CONCLUSIONES

1. El *preferendum* final modal de temperatura de los juveniles de *Penaeus aztecus*, de la Laguna de Tamiahua, Ver., determinado por "gravitación", se encuentra en un intervalo de 15.5 a 23.5°C.

La preferencia térmica de los camarones, es independiente de la temperatura de aclimatación y del tiempo de permanencia en ésta; asimismo, no hay diferencias en la temperatura preferida entre el día y la noche.

2. La temperatura crítica máxima (TCM) de los camarones aclimatados a 20, 25 y 30 °C, fué de 37, 41 y 41.6 °C respectivamente; la temperatura letal respectiva fué de 41.8, 43.5 y 43.5°C.

Las temperaturas de respuesta al estrés térmico por altas temperaturas, al igual que la TCM, están influenciadas positivamente por la historia térmica previa de los juveniles de *Penaeus aztecus*.

3. Los resultados obtenidos respecto al comportamiento termorregulador y a la tolerancia térmica de los juveniles de *Penaeus aztecus*, proporcionan información necesaria para la implementación de prácticas de cultivo de la especie.

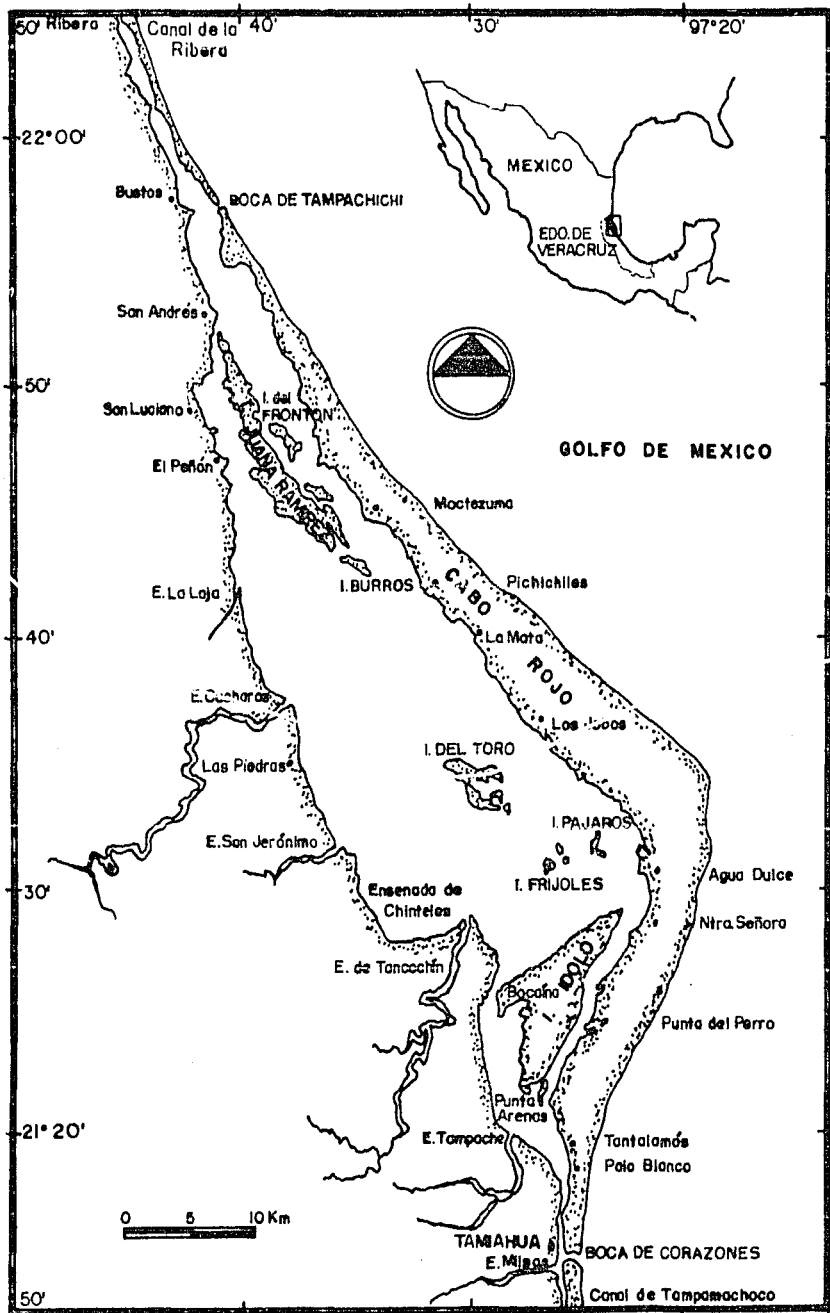


Fig. I. Area de estudio

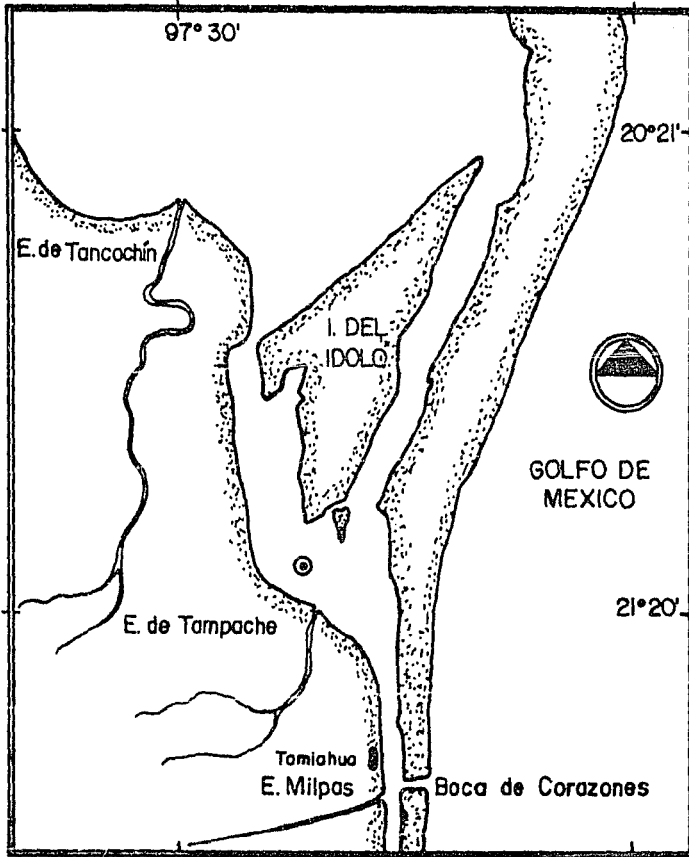


Fig. 2. Zona de colecta. El punto señala el sitio de colecta de los organismos (⊙).

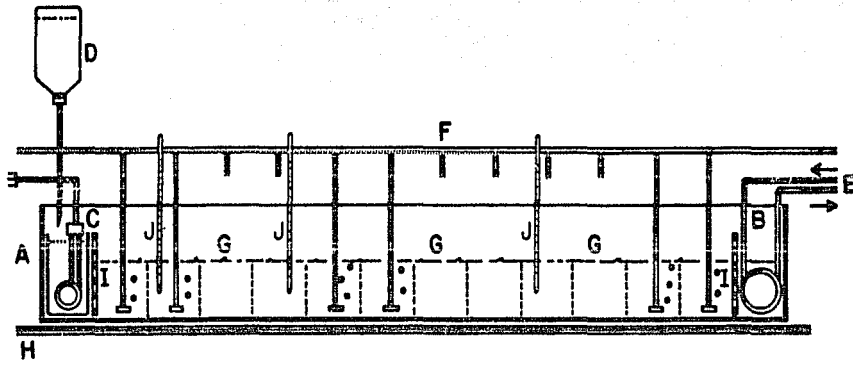


Fig. 3. Gradiente de temperatura. A, Acuario de vidrio (6 mm) de 25x 25x 190 cms, B. Cámara fría con serpentín de cobre conectado al termostato, C. Cámara caliente con resistencia de 500 watts, D. Dispositivo para regular la evaporación del agua en la cámara caliente, E. Termostato, F Sistema de aireación, G. Compartimentos, H. Aislante de unicel, I. Rejillas de unicel, J. Termómetros.

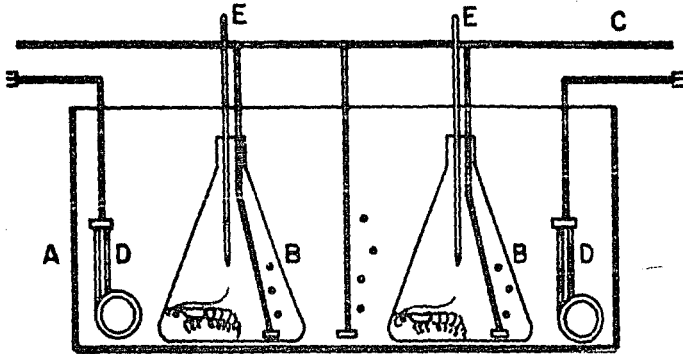


Fig. 4. Dispositivo utilizado para determinar el estrés térmico. A. Acuario de 35 l, B. Matraz ErlenMeyer de 1 litro. C. Sistema de aireación, D. Resistencias de 500 watts, E. Termómetros.

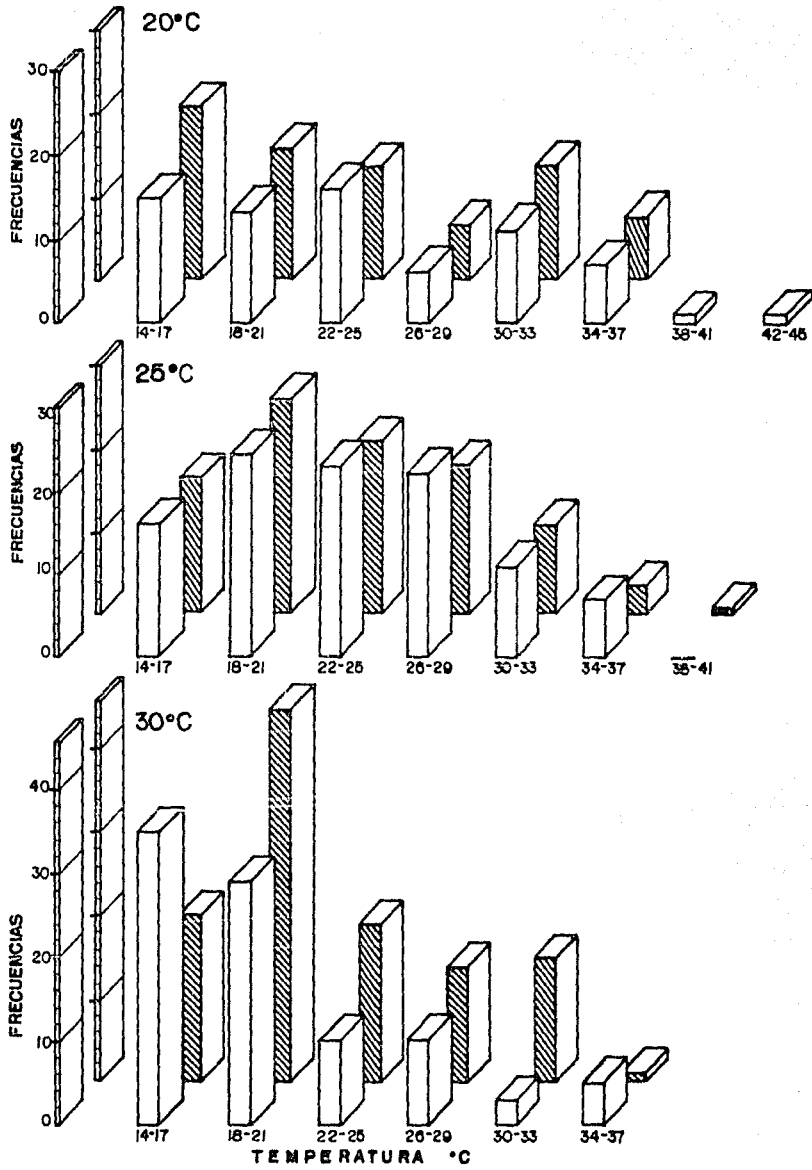


Fig. 5. Distribución espacial de *Penaeus aztecus* en un gradiente térmico horizontal, en un ciclo de 24 horas. Organismos aclimatados durante 8 días a tres temperaturas (20, 25 y 30 °C). distribución en el día. distribución en la noche.

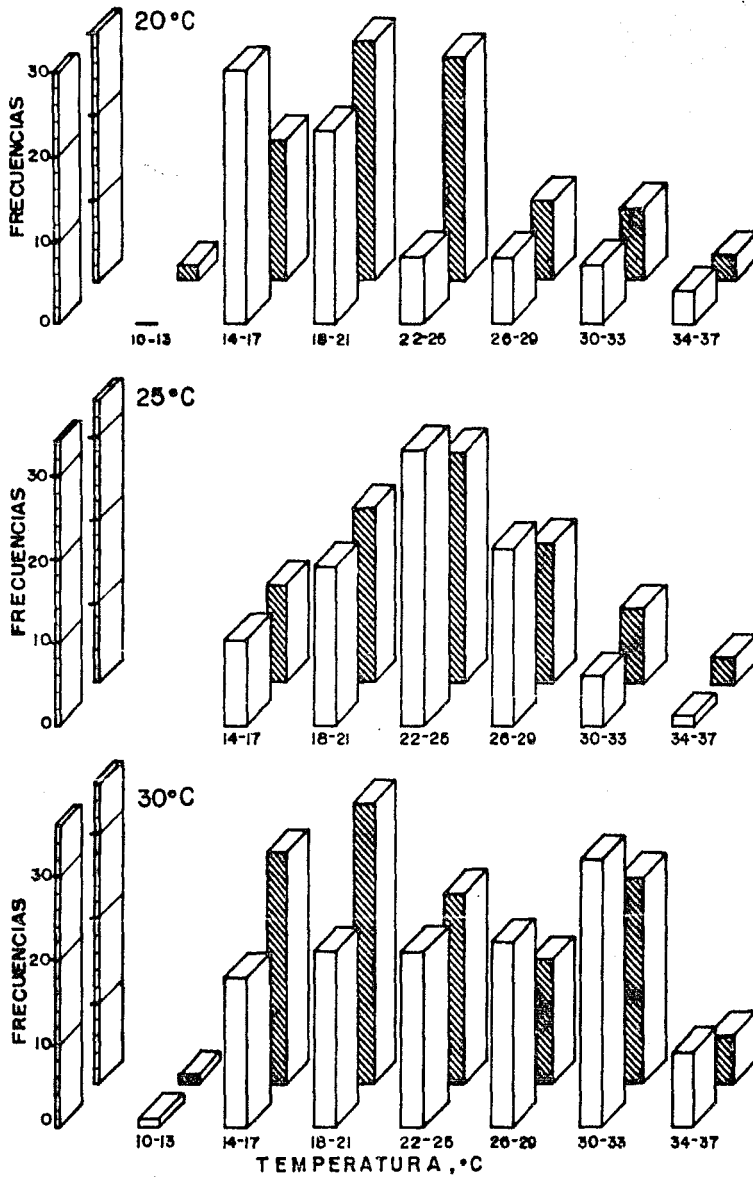


Fig. 6. Distribución espacial de *Peneus aztecus* en un gradiente térmico horizontal, en un ciclo de 24 horas. Organismos aclimatados durante 13 días a tres temperaturas (20, 25 y 30 °C). □ distribución en el día. ▨ distribución en la noche.

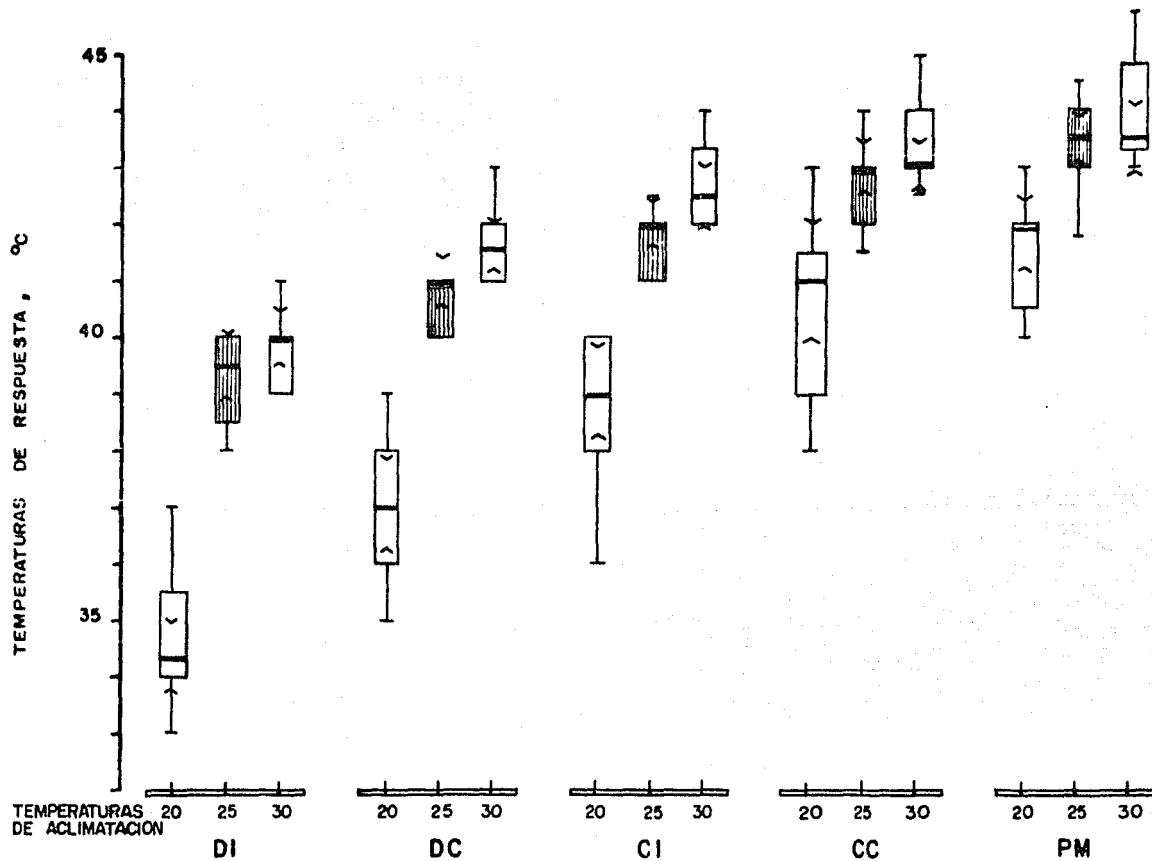


Fig. 7. Diagramas de cajas en paralelo de las respuestas al estrés térmico (DI, DC, CI, CC y PM), de los juveniles de *Panagaeus aztecus* aclimatados a 20, 25 y 30 °C. En las cajas, la barra horizontal denota la mediana y los signos >...< son los intervalos de confianza de la mediana ($\alpha=0.05$).

Tabla I- Selección activa de temperatura de Penaeus aztecus en un gradiente térmico, en un ciclo de 24 horas. Camarones aclimatados a 8 días (A) y 13 días (B) a diferentes temperaturas. Medidas de tendencia central (Moda; $\bar{X} \pm ES$); Coeficiente de agregación de Pearson (sesgo); Índice de agregación Varianza / Media.

CICLO DIURNO		D	I	A	N	O	C	H	E
TEMP. DE ACLIMAT. °C		20	25	30	20	25	30		
MODA	A	23.5	19.5	15.5	15.5	19.5	19.5		
	B	15.5	23.5	31.5	19.5	23.5	19.5		
MEDIA ($\pm E.S.$)	A	24.3 (0.8)	23.8 (0.6)	21.4 (0.6)	23.6 (0.8)	23.3 (0.7)	22.2 (0.5)		
	B	21.4 (0.7)	23.4 (1.0)	25.2 (0.6)	22.2 (0.6)	23.5 (0.9)	23.2 (0.6)		
COEFICIENTE DE PEARSON (SESGO)	A	0.11	0.75	1.03	1.17	0.66	0.52		
	B	0.98	-0.14	-0.99	0.50	0.00	0.59		
VARIANZA/MEDIA (AGREGACION)	A	2.02	1.41	1.56	2.00	1.45	1.25		
	B	1.68	3.67	1.60	1.32	2.83	1.71		

Tabla II- Elementos del diagrama de cajas en paralelo. Respuestas al estrés térmico de P. aztecus aclimatados a diferentes temperaturas.

TEMPERATURA °C	20					25					30				
RESPUESTAS	DI	DC	CI	CC	PM	DI	DC	CI	CC	PM	DI	DC	CI	CC	PM
MEDIANA	34.3	37.0	39.0	41.0	41.8	39.5	41.0	42.0	43.0	43.5	40.0	41.6	42.5	43.0	43.5
LIMITE SUP.	35.5	38.0	40.0	41.5	42.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	40.0	42.0	43.3	44.0	44.8
LIMITE INF.	34.0	36.0	38.0	39.0	40.5	38.5	40.0	41.0	42.0	43.0	39.0	41.0	42.0	43.0	43.3
AMPLITUD	1.5	2.0	2.0	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	1.5
COTA SUP.	35.8	41.0	43.0	45.3	44.3	40.8	41.5	42.5	43.5	44.5	41.5	42.0	45.1	45.5	47.0
COTA INF.	31.8	33.0	35.0	35.3	38.3	36.3	38.5	39.5	40.5	41.5	37.5	39.5	40.1	41.5	41.0
LIMITES DE CONFIANZA	±0.6	±0.8	±0.8	±1.0	±0.6	±0.6	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.5	±0.4	±0.6

Tabla III- Temperatura crítica máxima (TCM), temperatura letal (TL) y diferencia entre éstas, de Penaeus aztecus aclimatados a diferentes temperaturas. (Valores medianos).

	Temperatura de aclimatación, °C		
	20	25	30
Temperatura Crítica Máxima	37.0	41.0	41.6
Temperatura Letal	41.8	43.5	43.5
(TL - TCM)	4.8	2.5	1.9

LITERATURA CITADA

Anuario Estadístico de Pesca, 1965. Secretaría de Pesca. México.

Ayala Castañares, A., Cruz, R., García Cubas Jr., A. y L. D. Segura, 1969. Síntesis sobre los conocimientos sobre la geología marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. En: Ayala Castañares, A. y F.B. Philagar (Eds.). 1967. Lagunas Costeras un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM UNESCO. Nov. 29 30. p. 39-48.

Barba, T.J. y J. Sánchez, 1981. Abundancia, distribución y estructura de la comunidad ictioplanctónica, en la Laguna de Tamiahua, Veracruz a través de un ciclo anual. Tesis de Licenciatura en Biología, Fac. de Ciencias. UNAM. 57 p.

Barry, A., 1982. Chemoreception and thermoreception. In: Bliss, D. (Ed.). The Biology of Crustacea. Vol. 5. Neurobiology: structure and function. Acad. Press. Inc. N.Y. p. 369-398.

Barrera, R., 1982. Bases metodológicas experimentales para determinar el efecto de la fracción soluble en agua del petróleo crudo sobre las respuestas fisiológicas: supervivencia y osmoregulación del camarón café *Penaeus aztecus* Ives. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias, UNAM. 20 p.

Bowler, K., 1983a. A study of the factors involved in acclimatization to temperature and death at high temperatures in *Astacus pallipes*. I. Experiments on intact animals. J. Cell. Comp. Physiol. 62: 119-132.

Bowler, K., 1983b. A study of the factors involved in acclimatization to temperatures and death at high temperatures. in *Astacus pallipes*. II. Experiments on the tissue level. J. Cell. Comp. Physiol. 62: 133-146.

Bratt, J. R., 1954. Some principles in the thermal requirements of fishes. Q. Rev. Biol. 31: 75-87.

Brower, J. E. and J. H. Zar, 1980. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown. Comp. Pub. Iowa. 194 p.

Claussen, D., 1980. Thermal acclimation in the crayfish *Orconectes rusticus* and *O. virilis*. Comp. Biochem. Physiol. 66 A: 377-384.

Cowles, R.B. and C.M. Bogert, 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 83: 265-296.

Cox, D. and J.J. Beauchamp, 1982. Thermal resistance of juvenile crayfish, *Cambarus bartoni* (Fabricius): Experiment and model. The Amer. Mid. Nat. 108 (1): 187-193.

Crisales, M. y K. S. Chung, 1980. Tolerancia térmica en postlarvas y juveniles del camarón rosado *Penaeus brasiliensis*. Inf. Museo Mar. INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 27: 1-15.

Cuntes, J., 1987. Analisis Exploratorio de Datos. Postgrado de la Facultad de Ciencias, UNAM. 1987.

Díaz, F. y J. R. Latournerié, 1980. Factores fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo energético de dos especies de penaeidos (*Penaeus aztecus* y *Penaeus setiferus*) de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 38p.

Díaz, F., S. Espina, J. Latournerié, C. Rosas, A. Sánchez, C. Vanegas y E., Díaz Iglesias, 1987. Ritmo respiratorio y amplitud metabólica del camarón café

- Penneus aztecus* (Ives) en organismos normales y con ablación del pedúnculo ocular, de la Laguna de Tamichua, Veracruz. VI Cong. Nal. Zool. Res. : 91.
- Ferguson, R. G., 1958. The preferred temperature of fish and their midsummer distribution in temperate lakes and streams. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15 (4): 607-624.
- Fry, F. E., 1947. Effects of the environment on animal activity. Citado por Ferguson, 1958. (*Vide supra*).
- Fry, F.E., 1953. Temperature compensation. Ann. Rev. Physiol. 20 : 207-224.
- Giattina, J.D. and S. R. Barton, 1982. Graphical model of thermoregulatory behavior by fishes with a new measure of eurythermality. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 514-529.
- Gilles, R., 1975. Thermoregulation: Animals Invertebrates. In: Kinne, G. (Ed.). Marine Biology. Vol. II. Physiological mechanisms. Pt. 1. John Wiley & Sons, N.Y. p. 251-256.
- Holland, W. E., M. H. Smith, J. Gibbons and D. H. Brown, 1974. Thermal tolerance of fishes from a reservoir receiving heated effluent from nuclear reactor. Physiol. Zool. 47: 110-119.
- Hutchison, V. H., 1961. Critical thermal maxima in salamanders. Physiol. Zool. 34: 92-125.
- Jobling, M., 1981. Temperature tolerance and the final preferendum rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. J. Fish. Biol. 19: 439-445.

- Kellog, R. and J. J. Giff, 1983. Relationship between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fishes. Trans. Amer. Fish. Soc. 112: 424-430.
- Kilgour, D. M., R. W. McCauley and W. Kwain, 1985, Modeling the letal effects of high temperatures on fish. Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 42: 947-951.
- Kinne, O., 1970. Temperature: Animals Invertebrates. In: Kinne, O. (Ed.). Marine Ecology. Vol. I. Environmental factors. Pt. 1. Wiley Intersciences. London. p. 407-514.
- Lakshmi, G. H., A. Venkatanamiah and G. Gunter, 1976. Effects of salinity and photoperiod an yhe burying behavior of brown shrimp *Penaeus aztecus* Ives. Aquaculture. 8: 327-336.
- Lankford, R., 1976. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. In: Estuarine Processes II. Martin Wiley (Ed.). Acad. Press. Inc. N. Y. 183-212.
- Latournerié, J. R., A. Sánchez, F. Díaz y S. Espina, 1980. Evidencias fisiológicas de la existencia de razas en dos poblaciones de *Penaeus aztecus* del Golfo de México. IV Congr. Nal. Zool. Res. : 79.
- Lee, M. R. and J. N. Rinne, 1981. Comments. Measuring thermal limits of fish. Trans. Amer. Fish. Soc. 110: 662-664.
- Lowe, C. H. and W. G. Heath, 1969. Behavioral and physiological responses to temperature in the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*. Physiol. Zool. 42: 53-59.

- Lowe, C. H. and V. J. Vance, 1955. Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*. Science. 122: 73-74.
- McCauley, R. W., 1977. Laboratory methods for determining temperatures preference. J. Res. Board. Can. 34: 749-752.
- Mosteller, F. and J. W. Tukey, 1977. Data Analysis and Regression. Addison-Wesley Pu. Co., Reading, Massachusetts. 500 p.
- Nelson, D. and D. Hooper, 1982. Thermal tolerance and preference of the freshwater shrimp *Paemones kadiakensis*. J. Ther. Biol. 7: 163-167.
- Newell, R. C., 1976. Adaptation to environment: Essays on the physiology of marine animals. Butterworths. London. 539 p.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin, 1979. Behavioral thermoregulation and the "final preferendum" Paradigm. Amer. Zool. 19: 211-224.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin, 1979a. Behavioral thermoregulation in the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille). Hydrobiologia. 66 (2): 141-143.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin, 1979b. Behavioral thermoregulation and activity in *Homarus americanus*. Comp. Biochem. Physiol. 64 A: 25-28.
- Reynolds, W. W. and M. E. Casterlin, 1979c. Thermoregulation behavior of the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. Hydrobiologia. 62 (2): 179-182

- Sánchez, A. Z., 1979. Efecto de la salinidad y temperatura sobre el balance hidrosalino de los penaeidos de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM México. 31 p.
- Tuckey, J.W., 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Pub. Co., Massachusetts. 688 p.
- Velleman, F. F. and D. C. Hoaglin, 1981. Application basics and computing of exploratory data analysis. Duxbury Press. Boston.
- Venkatarameiah, A., G. J. Lakshmi and G. Gunter, 1975. A review of the effects of some environmental and nutritional factors on brown shrimp *Penaeus aztecus* in laboratory cultures. 10 th. European Symposium on Marine Biology. Ostend, Belgium. Sept. 17 - 23. 1: 523-547.
- Vernberg, F. J. and W. B. Vernberg, 1978. Adaptation to extreme environments. In: Vernberg, F.J. (Ed.). Physiological Ecology of Estuarine Organisms. The Belle W. Barusch Library in Marine Science No. 3. Univ. South Carolina Press. p. 163-180.
- 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.
- Wiesepape, L. M., D. V. Aldrich and K. Strawn, 1972. Effects of temperature and salinity on the thermal death in postlarval brown shrimp *Penaeus aztecus*. Physiol. Zool. 45 (1): 22-23.
- Williams, E. E. and R. W. Braver, 1987. Thermoregulatory behavior and temperature gradient perception in a juvenile fish (*Poecilia reticulata*). Can. J. Physiol. Pharmacol. 65: 1389-1394.

Yáñez-Anarcibia, A., 1986. Ecología de la Zona Costera. Análisis de siete tópicos. A.G.T. Ed., S.A. Mexico, D.F. 189 p.

Zar, J. H., 1974. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Inc. Toronto. p. 170-171.

Zoin Eldin, Z. and 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.