



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD, TEMPERATURA,  
SUSTRATO Y EPOCA DEL AÑO SOBRE LA REGULACION  
DEL MEDIO INTERNO Y LA SOBREVIVENCIA DE  
PENAEUS AZTECUS IVES DE TAMIHUA, VERACRUZ

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A  
SERGIO CISNEROS TERRONES

FALLA DE ORIGEN





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.

## CONTENIDO

	No. de Página.
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
AREA DE ESTUDIO	11
MATERIAL Y METODO	14
RESULTADOS	
Aclimatación del Medio Interno	19
Sobrevivencia	27
DISCUSION	
Aclimatacion del Medio Interno	35
Sobrevivencia	51
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

## RESUMEN

Se evaluó en camarones juveniles de *Penaeus aztecus* Ives ( $\bar{X} \pm Sx$ :  $3.6 \pm 0.4$  g de peso húmedo y  $5.8 \pm 0.2$  cm de longitud total) de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, el tiempo mínimo requerido para aclimatar su medio interno a cambios abruptos de salinidad y temperatura, así como la sobrevivencia, ante los factores salinidad, temperatura y sustrato considerando en ambos casos la influencia de la época del año. En Invierno estos camarones requirieron entre 72 y 96 horas para reajustar su presión osmótica total y su concentración interna de  $Na^+$  y  $K^+$  después de cambios de  $35\text{‰}$  a  $17\text{‰}$  a  $18^\circ\text{C}$  y de  $35\text{‰}$  a  $17\text{‰}$  y  $18^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$ ; la elevación de temperatura de  $18$  a  $25^\circ\text{C}$  a  $35\text{‰}$  aceleró el reajuste requiriendo de 48 a 72 horas. En Verano para modificaciones en los factores de  $27\text{‰}$  a  $17\text{‰}$  a  $30^\circ\text{C}$  y  $27\text{‰}$  a  $17\text{‰}$  y  $30^\circ\text{C}$  a  $28^\circ\text{C}$ , el medio interno de los camarones se reestableció entre las 48 y 72 horas posteriores al cambio efectuado.

En la época fría se encontró que a  $24^\circ\text{C}$  la sobrevivencia de la especie en este estado de desarrollo es óptima (100%) en el intervalo de  $14\text{‰}$  a  $34\text{‰}$  y a la alta temperatura ( $30^\circ\text{C}$ ), en el intervalo de  $24\text{‰}$  a  $34\text{‰}$  (> del 80%). En la época cálida se registró una sobrevivencia mayor del 90% a  $20$  y  $30^\circ\text{C}$  en el intervalo de  $14\text{‰}$  a  $34\text{‰}$  y a  $30^\circ\text{C}$  y  $4\text{‰}$  en presencia del factor sustrato fue del 70%; en esta última condición fue la única en la que se observó un efecto favorecedor del sustrato sobre la sobrevivencia en comparación con condiciones equivalentes de salinidad y temperatura pero sin sustrato.

El punto isoosmótico para Verano a  $20^\circ\text{C}$  se encuentra próximo a  $24\text{‰}$ . En Abril y Mayo considerados como meses dentro de la época de transición Invierno-Verano, se aprecia similitud de las respuestas de aclimatación del medio interno y sobrevivencia de los camarones con las registradas en Invierno, reflejando la influencia de la historia de aclimatización previa de la época fría.

## INTRODUCCION

En contraste con la relativa estabilidad del mar, las aguas de estuarios y en particular los cuerpos de aguas salobres, se caracterizan por registrar amplias y periódicas fluctuaciones de salinidad y temperatura, entre otros factores abióticos. La magnitud y tasa de cambio en los factores mencionados está determinada en gran medida por las condiciones geográficas, meteorológicas e hidrológicas del lugar (Lockwood, 1976).

En este sentido, resalta la importancia que tienen la salinidad y la temperatura como dos de los principales factores abióticos que afectan directamente el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos acuáticos que viven en los sistemas de aguas salobres (Williams, 1960; Zein Eldin y Gritfith, 1966; Hughes, 1969).

Es por tanto, un prerrequisito básico para los organismos que habitan estos ambientes tan fluctuantes, la capacidad de responder adecuadamente y ajustarse a tales cambios mediante procesos fisiológicos, bioquímicos y de comportamiento, manteniendo sus fluidos corporales (volumen de agua y contenido de iones) a un nivel adecuado para el funcionamiento óptimo de los procesos metabólicos que mantienen la vida (Gilles, 1975).

Dentro de los crustáceos, los camarones peneidos exhiben un ciclo de vida complejo, que incluye migraciones entre aguas oceánicas y estuarinas. Este ciclo se inicia cuando los

organismos adultos llevan a cabo la reproducción en aguas oceánicas donde posteriormente toma lugar el desarrollo larvario; las postlarvas se mueven introduciéndose en aguas estuarinas en las que permanecerán hasta el estado de subadulto (Pearson, 1939, Williams, 1955). Durante el desarrollo de la fase postlarval a la fase subadulto se ven expuestos a amplias fluctuaciones, principalmente de los factores salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, que repercuten en su distribución y supervivencia (Zein Eldin y Griffith 1966).

En los litorales del Golfo de México se encuentran tres especies de camarones peneidos, *Penaeus* (Melicertus) *aztecus*, *P.* (Litopenaeus) *setiferus* y *P.* (Melicertus) *duorarum* (Pérez-Farfante, 1970).

La distribución de las tres especies se extiende desde la Península de Yucatán a la costa media del Atlántico de los Estados Unidos. Sin embargo, *P. duorarum* es la única especie que se ha encontrado por abajo de los 30° de latitud Norte sobre la costa oeste de Florida. Aunque las tres especies se encuentran distribuidas en esta área, su abundancia relativa dentro de la misma difiere; *P. aztecus* aparece principalmente a lo largo de las costas de Texas, E.U. y de las costas mexicanas, *P. setiferus* está concentrado a lo largo de Louisiana, las costas de Texas y de México hasta Campeche y *P. duorarum* es más abundante a lo largo de las costas de Florida y Yucatán (Lester, 1979).

Considerando la gran importancia socioeconómica que tiene

el recurso camaronero en México y en vista de que su explotación en su ambiente natural está llegando a su potencial máximo de captura, se ha despertado el interés en realizar diversas investigaciones que aporten conocimientos cada vez más precisos sobre la biología y ecología de estas especies y que a la vez permita desarrollar la información útil y necesaria para generar o modificar las técnicas de semicultivo y cultivo de estos camarones.

Uno de los temas que ha sido abordado con mayor interés por éstas investigaciones son los estudios de osmorregulación en peneidos, ya que resulta razonable suponer que conociendo las condiciones de isosmoticidad requeridas por las diferentes fases del desarrollo de la especie, el trabajo osmótico sería mínimo y se canalizaría mayor energía hacia el crecimiento, disminuyendo al mismo tiempo la mortalidad natural (Panikar, 1968).

De esta manera muchos estudios se han realizado a la fecha (Williams, 1960; McFarland y Lee, 1963; Zein-Eldin y Griffith, 1968; Venkataramiah, A. et. al., 1975; Sánchez, 1979; Bishop, et. al., 1980; Diaz y Latournerie, 1980) y en particular sobre la especie *Penaeus aztecus* Ives, de interés en el presente trabajo; tales investigaciones han dilucidado las capacidades y mecanismos osmorregulatorios, así como la sobrevivencia de la especie en diferentes condiciones de salinidad y temperatura, en distintas fases de su desarrollo. Asimismo, se ha llegado a conocer que las principales estructuras relacionadas con el control de agua e iones en estos crustáceos son las glándulas

antenas, las branquias y el intestino (Krogh, 1965; Kamemoto, et al. 1966), siendo aquí donde actúan los mecanismos osmorregulatorios.

Sin embargo, entre los aspectos que resultan de especial interés y no se tienen registros, se encuentra el tiempo mínimo que necesita un determinado estado de desarrollo de la especie para ajustar su medio interno a cambios de salinidad y temperatura; así como el comportamiento y los niveles que toman las concentraciones de los iones inorgánicos en este proceso de ajuste. Es preciso considerar que estos iones tienen propiedades osmóticas por lo que son influenciados por los cambios en las concentraciones externas. Cuando en particular ocurre una dilución del medio, la reducción en la salinidad ocasiona que los organismos pierdan iones a través de la superficie corporal y de la orina, el contenido celular de iones es desequilibrado y penetra agua a la célula por ósmosis, proveniente del fluido extracelular. Si este efecto llega a ser prolongado o si sobrepasa los límites de tolerancia de la especie, los organismos perecerán.

Dentro de la gran diversidad de crustáceos representada en los sistemas lagunares costeros, se pueden distinguir en forma general dos tipos de regulación del medio interno en relación al ambiente:

- A) Osmorreguladores. Son aquellos organismos capaces de tolerar un rango más o menos amplio de salinidad manteniendo sus fluidos internos hipertónicos al



medio externo cuando este se ha diluido e hipotónicos o isotónicos cuando la concentración externa se incrementa.

B) Osmoconformadores. Son aquellos que mantienen sus concentraciones isotónicas con las del medio exterior ante cualquier cambio que éste último manifieste.

La especie *P. aztecus* se ubica entre los osmorreguladores con un patrón general de hiper-hiporregulación; no obstante se debe tomar en cuenta que el intervalo de salinidad tolerada y los grados de hiper e hipotonicidad son mantenidos de manera distinta de acuerdo al estado de desarrollo del que se trate; sin embargo, también debe considerarse que no hay un patrón ontogénico establecido en este sentido por lo que las capacidades osmorregulatorias de cada especie y estado de desarrollo parecen ser un rasgo adaptativo que puede cambiar marcadamente durante el desarrollo de acuerdo a las demandas ambientales (Dall, 1981).

La distribución de la especie *P. aztecus* en el ambiente natural en relación a la salinidad ha sido encontrada desde 0.22‰ hasta 69‰ como lo cita Gunter y Hall (1963). Wengert (1972) capturó un gran número de postlarvas (11-15mm) de las costas de Louisiana dentro del rango de 0.8-5.99‰. En la desembocadura del Mississippi Perry *et. al.* (1974) colectó postlarvas de 9 a 22 mm en un rango de 2 a 25‰, sin embargo la mayoría de los ejemplares fueron capturados en el intervalo de 2-5‰. Venkataramiah, *et. al.* (1974); Biesiot, (1975)

encontraron que la amplitud del rango de tolerancia a la salinidad en *P. aztecus* es dependiente de la talla, habiendo registrado una relación inversa en este tenor a partir del estado de postlarva (aprox. 16-25mm) hasta la fase adulta.

Los procesos responsables de llevar a cabo la osmorregulación del medio interno en estos animales son: la reducción en la permeabilidad de la superficie corporal, la tolerancia a nivel celular de las variaciones en la concentración de la hemolinfa, la reabsorción de agua e iones por las glándulas antenales y la capacidad para transportar iones inorgánicos en contra de gradientes de concentración a través de la superficie corporal de las branquias que desempeñan las funciones osmorregulatorias. Asociado con este último mecanismo se ha desarrollado un sistema de captación activa con gran afinidad por estos iones inorgánicos (Lockwood, 1960).

Este proceso de toma activa de iones tiene un gran significado fisiológico puesto que entre los solutos encontrados en los seres vivos, los iones inorgánicos son muy importantes ya que participan como cofactores en muchas reacciones enzimáticas y en la formación de gradientes químicos que funcionan como reservas de energía potencial e influyen a la vez la permeabilidad de las membranas biológicas para otros solutos de gran importancia (Gilles, 1975).

Siendo la osmorregulación un proceso en el que repercuten las condiciones físico-químicas del medio, el mantenimiento de la homeostasis en la concentración de la hemolinfa y las relaciones iónicas en estos organismos, requiere no sólo el

funcionamiento de los mecanismos básicos de transporte de iones, sino también algún método para regular las tasas de transporte. Diversos autores (Shaw, 1959 (a), 1959 (b); Lockwood, 1960) han señalado que los principales factores que influyen la tasa de captación activa de iones son: la concentración de la hemolinfa, la concentración del medio circundante y la temperatura. Este último factor se consideró, en el presente estudio, como una variable que influye directamente sobre la aclimatación del medio interno de los camarones en respuesta a cambios bruscos de salinidad, además de que en el ambiente natural de referencia, este factor se manifiesta de manera diferente, acorde a la estación del año.

Con respecto al primero de los dos factores citados anteriormente, se ha reportado que en el acocil *Astacus pallipes* al ocurrir un decremento en su nivel "normal" de sodio en un 5 a 6%, la tasa de toma activa de este ión es incrementada (Shaw, 1959 (b)). Una activación similar del mismo mecanismo ha sido encontrado en otros crustáceos como el cangrejo *Potamon niloticus* después de una disminución en la concentración de sus fluidos corporales (Lockwood, 1960).

En referencia a la concentración del medio externo se ha observado que cuando éste se diluye, la tasa de transporte activo de iones hacia el medio interno de los animales es incrementada, esto se evidencia por el hecho de que los crustáceos que habitan medios diluidos han desarrollado sistemas de transporte activo con una mayor afinidad que

aquellas especies que viven en medios más salinos (Shaw, 1961).

Es interesante señalar en relación a la regulación de la tasa de transporte activo que los dos factores citados anteriormente están íntimamente vinculados; sin embargo, la influencia de la temperatura por su parte puede considerarse como el principal factor modulador de la tasa de captación activa de iones, puesto que afecta directamente la velocidad de las reacciones enzimáticas y como se conoce este mecanismo de autorregulación es desempeñado por las enzimas ATP-ases (Quin y Lane, 1966). Por lo tanto un incremento o decremento en la temperatura ocasiona un desequilibrio entre la pérdida y toma de iones, favoreciendo o menoscabando una rápida estabilización del equilibrio dinámico mantenido entre el medio interno de los animales y su entorno.

En este sentido es fundamental conocer y comprender dentro del contexto del ambiente natural, las respuestas fisiológicas de estos camarones en diferentes niveles del factor temperatura.

Dado que en el hábitat natural, los organismos son afectados por una serie de interacciones de los factores abióticos del medio, se han estudiado también los efectos de las combinaciones de salinidad y temperatura con respecto a la sobrevivencia de la especie, puesto que se ha demostrado que la temperatura influye sobre el rango de salinidad en el que se distribuyen los organismos (Kinne, 1970; Venkataramiah, 1974).

Por ende, considerando los resultados obtenidos en las

diferentes investigaciones realizadas sobre estos aspectos, una de las principales motivaciones del presente trabajo, se origina a partir de que los mencionados estudios se han llevado a cabo en camarones de la especie *P. aztecus* pero en organismos provenientes de poblaciones de distinta latitud como lo representan una zona templada (Costas de Carolina del Norte y de Texas, E.U.) y una tropical (Laguna de Mandinga, Ver.). Con este criterio, se eligió llevar a cabo la presente investigación en la Laguna de Tamiahua, Ver. que puede considerarse como una zona de transición entre ambas áreas. Se partió además de la hipótesis que los procesos de aclimatación en las diferentes zonas geográficas, pueden dar origen a razas fisiológicas entre poblaciones de una misma especie (Vernberg, 1962; Muus, 1967; Segal, 1967). En consideración de lo anterior, surge la validez de aplicación de los resultados para el sitio en donde son generados, si es que se pretende implementar actividades de cultivo.

En virtud de los conceptos referidos, se planteó evaluar el efecto que tienen los cambios abruptos de salinidad y temperatura sobre la aclimatación del medio interno y la sobrevivencia de camarones juveniles de la especie *P. aztecus* Ives de la Laguna de Tamiahua, Ver. Asimismo, considerando que se trata de una zona donde las condiciones climáticas son distintas en las épocas contrastantes del año (invierno y verano), se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Comparar las diferencias que pudieran existir en cuanto a la regulación del medio interno y la sobrevivencia, en camarones juveniles de la especie *P. aztecus* provenientes de la Laguna de Tamiahua, Ver., ante los factores: salinidad, temperatura, sustrato y época del año.
- Acotar las condiciones de salinidad y temperatura óptimas para la sobrevivencia de estos camarones.
- Delimitar el punto isoosmótico de la especie en estado juvenil.
- Sugerir condiciones que sean consideradas en actividades acuaculturales para la especie en esta importante zona camaronera del Golfo de México.

## AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Tamiahua se localiza en los litorales del Golfo de México, al norte del Estado de Veracruz entre los 21°06' y 22°06' de latitud Norte, y los 97°23' a 97°46' de longitud Oeste, ubicándose entre los ríos Pánuco en su parte norte y Tuxpan en su parte sur con los cuales mantiene comunicación a través de los canales La Rivera y Tampamachoco.

Esta laguna tiene una longitud aproximada de 93 km, anchura máxima de 21.5 km y una profundidad media de 2 a 3 m, con una superficie aproximada de 5488 km<sup>2</sup>.

Es una laguna cuerpada separada del Golfo de México por una barrera arenosa de forma triangular llamada Cabo Rojo de 130 km de longitud y 6 km de anchura (Ayala-Castañares, *et. al.*, 1969; Lankford, 1977).

Actualmente existen dos bocas con las que se comunica al mar, al sur por la Boca de Corazones, ésta de origen natural y al norte por la Boca de Tampachichi, de origen artificial (fig.1).

En la laguna desembocan varios ríos de flujo estacional encontrándose entre los más importantes, La Laja, Tancochín, Cucharas y Tampache. El aporte fluvial determina el carácter general polihalino de la laguna. En el interior de la Laguna se encuentran varias islas; la más grande de ellas, situada en la parte Norte es la de Juana Ramirez, la del Idolo situada en el Sur y la del Toro en el centro (Ayala-Castañares, *et. al.*, 1969).

Por su situación geográfica y condiciones topográficas el clima de la región es de tipo Aw (tropical de sabana) según Köepen, modificado por García (1973). En la zona el clima es subhúmedo, lluvioso en el verano y seco en el invierno con fuertes vientos denominados "Nortes", que ocasionan alteraciones climáticas.

En Verano los vientos predominantes son del SE provenientes del Caribe y en Invierno, como su nombre lo indica, son del N y NE.

La precipitación media anual se ha calculado en 1330 a 1500 mm. En la época de lluvias el drenaje continental se presenta principalmente en la porción centro-occidental de la Laguna donde los escurrimientos de agua dulce depositan grandes cúmulos de sedimento que contribuyen a la formación de bajos. Cruz (1968) ha clasificado los sedimentos de ésta Laguna en cinco grupos:

- El primer grupo está compuesto por arena mediana que se presenta en las playas del lado occidental de Cabo Rojo, Barra de Corazones, porción Occidental de la Isla Juana Ramírez y proximidades de la Isla Toro.
- Las arenas muy finas de transición distribuyen en las porciones Norte y Sur de la Laguna.
- El limo, distribuido en la parte Sur occidental y Sur de la Laguna, que corresponde a áreas muy someras y cercanas a los esteros (Tancochín, Tampache y Milpas).
- Las arcillas o arcillas limosas se encuentran en la región



suboriental de la Laguna.

- Y el quinto grupo, representado por arcillas se presenta en la parte central del sistema lagunar donde las condiciones son más estables y la profundidad es mayor.

Las poblaciones vegetales establecidas en los contornos de la laguna están constituidas principalmente por mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Barba y Sánchez, 1981). La vegetación sumergida está constituida principalmente por pastos (representados por *Hulodule sp*) y algas feofitas, rodofitas y clorofitas (Sánchez-Martínez, 1965; Humm y Hilderbrand, 1962).

La producción a nivel comercial en la laguna está basada en la captura de camarón que comprende principalmente las especies *P. aztecus* y *P. setiferus*, aunque en particular la primera es la más abundante; entre las especies de escama se encuentran la lisa (*Mugil cephalus*), lebrancha (*Mugil curema*), gurrubata (*Micropogon undecimalis*), tontón (*Pogonias chromis*) y bargo (*Archosargus probatocephalus*), los cuales se comercializan en fresco. Es importante mencionar que el camarón es capturado en las llamadas "corridas" que están relacionadas con las fases lunares y por lo tanto con los movimientos cíclicos de mareas.

## MATERIAL Y METODOS

### CAPTURA

Los camarones juveniles empleados en el presente estudio fueron capturados en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, en la parte sur del sistema que corresponde a la Boca de Corazones; las colectas se realizaron en el periodo de Invierno de 1987-1988 al Invierno de 1988-1989.

La captura *in situ* se llevó a cabo por medio de una red de cuchara de forma circular con apertura de malla de aproximadamente 1 cm y 100 cm de diámetro, en sistemas fijos de pesca artesanal llamados "charangas", cabe señalar que debido a la actividad nocturna de la especie, las capturas se efectuaron entre las 18 y 24 h.

Las tallas de los animales empleados en los diferentes experimentos estuvieron comprendidas en los intervalos de 1.75 a 11.6 g de peso y de 1.75 a 8.5 cm de longitud total.

### ACLIMATACION

Los especímenes capturados se mantuvieron en acuarios de 40, 60 y 80 litros con agua del propio sistema, y cuyo nivel adecuado de oxigenación se mantuvo con un mecanismo constante de aireación. La calidad del agua en cuanto a eliminación de desechos metabólicos, se mantuvo empleando filtros exteriores con carbón activado.

En los casos en que se requirió trasladar a los camarones

al laboratorio de la Facultad de Ciencias, se transportaron en bolsas de polietileno con agua del medio y con una atmósfera saturada de oxígeno.

Los animales fueron alimentados durante el período de aclimatación con trozos de músculo de camarón y/o con peleta elaborados con músculo de pescado (lisa) y alimento balanceado (Albamex) en una proporción de peso 3:1. Cuando fue necesario se realizaron recambios parciales de agua de los acuarios de mantenimiento para cuidar su calidad y minimizar el estrés en los camarones.

Es importante mencionar que el período de aclimatación varió de acuerdo a la disponibilidad de tiempo para llevar a cabo los experimentos. Todos los organismos empleados se encontraban en fase de intermuda y no fueron alimentados durante el período de experimentación. El fotoperíodo al que estuvieron expuestos los animales varió acorde con la época del año en que se efectuaron los ensayos.

#### DISEÑO DE TRATAMIENTOS

##### A).- Aclimatación del medio interno.

Se realizaron tres tipos de experimentos para evaluar el efecto de la salinidad y la temperatura sobre el tiempo mínimo de ajuste que requiere la especie *P. aztecus* en estado juvenil para estabilizar su medio interno, considerando la estacionalidad del año:

##### 1. Cambio de salinidad a temperatura constante.

II.- Cambio de temperatura a salinidad constante.

III.- Efecto combinado de ambos factores.

La modificación en los niveles de los factores se efectuó de acuerdo a los registrados en el ambiente natural bajo las consideraciones teóricas del investigador (Tabla 1)

Para este tipo de experimentos se tomaron al azar muestras de ejemplares ( $n=30$ ) para cada uno de los tratamientos. En este caso se midieron como índices fisiológicos de respuesta, la presión osmótica total y la concentración de iones sodio ( $Na^+$ ) y potasio ( $K^+$ ) del suero de los camarones a los siguientes tiempos:  $T_0$ ,  $T_3$ ,  $T_6$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{24}$ ,  $T_{48}$ ,  $T_{72}$  y  $T_{96}$  horas.

La hemolinfa se extrajo por punción de la membrana tóraco-abdominal con una pipeta Pasteur bañada previamente con anticoagulante. En ocasiones en que se extrajo muy poco volumen de hemolinfa de un solo ejemplar, fue necesario agrupar a dos o tres animales en un solo vial de almacenamiento por cada tiempo de medición. Generalmente las muestras fueron etiquetadas y congeladas para su análisis posterior.

En el laboratorio las muestras fueron descongeladas y defibrinadas con una aguja de disección, posterior a este proceso se centrifugaron a 10000 rpm durante 15 minutos para extraer el sobrenadante (suero); una muestra del suero se diluyó (1:200) y se procedió a leer directamente

en un fotómetro de flama (modelo Corning 400).

Las concentraciones de los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  se determinaron indirectamente por medio de una curva patrón realizada por triplicado.

La medición de la presión osmótica total se llevó a cabo siguiendo el método del punto de fusión de Grose (1953) modificado por Welsh y Smith (1965).

No se hizo una separación de machos y hembras ya que se ha reportado que no existen diferencias intersexuales en el comportamiento osmorregulatorio de la especie (Espina, *et. al.*, 1976).

#### B).- Sobrevivencia

En la preparación de los medios experimentales se empleó agua de mar (34 ‰) la cual fue diluida con agua de la llave desclorada en los casos requeridos para llevarla a la salinidad deseada. De igual manera la temperatura, cuando fue necesario, se mantuvo conetante con termostatos fijos y regulables.

La sobrevivencia se estimó registrando el número de organismos que permanecieron vivos a los tiempos:  $T_0$ ,  $T_3$ ,  $T_6$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{24}$ ,  $T_{48}$ ,  $T_{72}$  y  $T_{96}$  horas; asimismo se registraron características como natación desorientada, grado de actividad y necrosis del tejido. Cabe mencionar que al igual que los experimentos de aclimatación del medio interno, los animales fueron cambiados bruscamente

de las condiciones en las que se mantienen a las experimentales.

El sustrato fue introducido como una variable categórica para evaluar el efecto que tiene sobre la sobrevivencia de la especie, ya que de acuerdo al comportamiento de enterramiento de la misma, podría ser considerado como un mecanismo que amortigue el efecto de la modificación de la salinidad y la temperatura (Venkataramiah, *et al*, 1974).

Considerando lo antes mencionado se planteó el diseño de tratamientos que se muestra en la Tabla 2.

El tamaño de muestra ( $n=10$  a  $n=15$ ) se determinó con base en la disponibilidad de organismos, infraestructura del laboratorio y por el diseño mismo de la investigación.

Al inicio y final de estos experimentos se tomaron muestras de hemolinfa para analizar los niveles alcanzados por los índices fisiológicos evaluados en relación a las variables de estudio.

## RESULTADOS

### ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO

Enero.

-PRESION OSMOTICA TOTAL.

Como se muestra en la Tabla 3 y Figura 2, en el experimento de cambio de salinidad 35‰ → 17‰ a 18°C se observan fluctuaciones continuas del medio interno de los camarones dentro del rango de 23.16 a 31.66 g/l, asimismo se observa que las mayores fluctuaciones mencionadas ocurren entre las primeras 24 horas de iniciado el experimento; posteriormente y a partir de este tiempo, se registra un incremento gradual de la presión osmótica, cuyo comportamiento tiende a estabilizarse a las 96 horas de transcurrido el experimento. Con respecto al nivel de valor en el que se alcanza dicha tenencia, este es menor del que se consideró como basal.

En el experimento de cambio de temperatura 18°C → 25°C a 35‰, se manifiesta un comportamiento similar en comparación con el experimento anterior, respecto a las fluctuaciones que presentan los valores de la presión osmótica durante las primeras 24 horas, son las de mayor intensidad; sin embargo para este caso, estas ocurren en un intervalo de menor amplitud de 29.34 a 31.66 g/l. Por otra parte, la estabilización de los valores para esta condición experimental se alcanza a las 48 horas, estabilizándose en un nivel menor que el inicial pero mayor que el reestablecido a las 96 horas en el experimento

anterior.

Para el experimento de efecto combinado  $35^{\circ}/\text{‰} \rightarrow 17^{\circ}/\text{‰}$  y  $18^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$ , se aprecia nuevamente un comportamiento similar al presentado por los dos experimentos anteriores, variando solamente en amplitud el rango en el que se manifiestan las fluctuaciones de la presión osmótica (de 25.48 a 30.89 g/l). De igual manera se nota que un ajuste gradual se empieza a realizar a partir de las 24 horas, siendo 72 horas, el tiempo mínimo en que la presión osmótica llega a una nueva estabilización en sus valores, registrándose a la vez un nivel menor que el inicial pero mayor ligeramente que los dos experimentos anteriores.

-ION SODIO.

El comportamiento que el ión sodio presenta ante las respectivas modificaciones de las condiciones experimentales ensayadas, se muestra en la Figura 3. Como se observa, para el experimento de cambio de salinidad  $35^{\circ}/\text{‰}$  a  $17^{\circ}/\text{‰}$  a  $18^{\circ}\text{C}$  se registra la mayor fluctuación en los valores que toma la concentración de sodio en comparación con los otros experimentos, el intervalo en el que toman lugar sus fluctuaciones va de 11.89 a 15.56 g/l. En particular para esta condición, hay un decremento constante en los valores que toman sus concentraciones hasta las 24 horas de transcurrido el experimento donde se registra el mínimo valor; posteriormente hay un comportamiento inverso que se caracteriza por un



incremento gradual hasta un nivel en el que se considera se muestra una tendencia de estabilización, esto se presenta aproximadamente a las 96 horas. En referencia al nivel en que se establece nuevamente el ión sodio, éste queda, por abajo del tomado como basal.

En lo que respecta al experimento de cambio de temperatura de 18°C a 25°C a 35°/••, el primer cambio en la concentración de sodio, se registra como un incremento a las 3 horas donde alcanza su máximo valor; a diferencia del experimento mencionado anteriormente, el comportamiento del ión sodio para este caso presenta incrementos y decrementos de marcada magnitud hasta las 24 horas. La tendencia a estabilizarse se observa aproximadamente a las 48 horas. El valor al que tiende este nuevo ajuste se alcanza en un nivel por encima del considerado inicial.

Analizando por su parte, el comportamiento del ión sodio ante el efecto combinado de salinidad y temperatura 35°/•• a 17°/•• y 18°C a 25°C, se nota que éste registra ligeras fluctuaciones alrededor del valor inicial, decreciendo a partir de las 24 horas. Su nuevo valor reestablecido es menor que el inicial.

#### -ION POTASIO.

Como se ve en la Figura 4, para el experimento de cambio de salinidad 35°/•• a 17°/•• a 18°C al igual que para los otros dos índices evaluados, el comportamiento del ión potasio además

de presentar sus mayores fluctuaciones durante las primeras 24 horas, la magnitud de éstas es también mayor en comparación con los otros dos experimentos realizados; dichas fluctuaciones llegan a tomar valores extremos en el intervalo de 0.8 a 1.55 g/l.

Por último se observa que la tendencia a mantener estable la concentración de este ión se alcanza a las 96 horas y el nuevo nivel ajustado es menor en un 7% al valor inicial.

En el experimento de cambio de temperatura 18°C a 25°C a 35‰, el comportamiento es parecido en el sentido de que la magnitud de las fluctuaciones es más aguda durante las primeras 24 horas, sin embargo éstas toman valores en el intervalo de 1.22 a 1.55 g/l, por otra parte, este ión muestra una tendencia a estabilizarse a las 96 horas en esta condición y en un valor mayor en un 11% que el nivel inicial.

Para el experimento en que se modifica tanto la salinidad como la temperatura 35‰ a 17‰ y 18°C a 25°C, los mayores cambios en la concentración del ión potasio se manifiestan como un decremento hasta 1.07 y 1.06 g/l a las 6 y 12 horas respectivamente; es a las 24 horas en que se registra un incremento a 1.12 g/l, valor en el que tiende a mantenerse estable aunque se observan ligeras fluctuaciones en torno a éste, sin embargo una caída drástica se observa a las 96 horas hasta 1.04 g/l.

#### ABRIL.

Analizando la Tabla 3 y la Figura 5 correspondientes a los

experimentos llevados a cabo en este mes, en el experimento en que se modificó la salinidad a temperatura constante  $34^{\circ}/\text{‰} \rightarrow 17^{\circ}/\text{‰}$  y  $24^{\circ}\text{C}$ , el comportamiento del ión  $\text{Na}^{+}$  experimenta en primera instancia un decremento en su concentración a las 3 horas de iniciado el cambio; posteriormente se incrementa en el tiempo, registrándose a las 24 horas su máximo valor. Después de estas fluctuaciones, se observa un decremento gradual que se prolonga hasta las 96 horas, llegando a un nivel que puede considerarse es en el que tiende a estabilizarse, tomando un valor menor que el nivel basal en un 20%.

El comportamiento del ión  $\text{K}^{+}$  por su parte (Figura 6) es el de incrementarse gradualmente hasta las 48 horas, tiempo en el que alcanza su mayor concentración; a las 72 horas se observa un decremento brusco y a las 96 horas desciende ligeramente, sin embargo la tendencia es a mantenerse próximo a este nivel que se establece por arriba del nivel basal en un 45%.

Para el caso del experimento de cambio de temperatura a salinidad constante, aunque el ión  $\text{Na}^{+}$  presenta fluctuaciones en sus concentraciones, éstas se registran dentro de un intervalo relativamente estrecho y es entre las 72 y 96 horas que este ión tiende a alcanzar un nuevo equilibrio, ligeramente por abajo del nivel inicial. El ión  $\text{K}^{+}$  presenta un comportamiento similar en el sentido de que también tiene fluctuaciones marcadas y es entre las 72 y 96 horas donde se estabiliza en sus concentraciones, alcanzando un valor mayor que el inicial en un 60%.

El experimento de cambio de salinidad  $35\text{‰} \rightarrow 17\text{‰}$  y de Temperatura  $24^{\circ}\text{C} \rightarrow 30^{\circ}\text{C}$ , no se concluyó debido a que los animales murieron por causas ajenas al experimento (carencia de electricidad) y sólo se aprecia que a las 3 y 6 horas el comportamiento de ambos iones es parecido al del experimento anterior en esas mismas horas.

#### MAYO.

Para el experimento de cambio de salinidad a temperatura constante  $35\text{‰} \rightarrow 17\text{‰}$  a  $28^{\circ}\text{C}$  (Tabla 4 y Figura 7), en la concentración del ión  $\text{Na}^+$  se aprecia un decremento hasta la 12 horas, tiempo a partir del cual se registraron incrementos graduales hasta las 48 horas; posteriormente su concentración disminuye suponiendo que la tendencia es mantener un nuevo equilibrio se establece aproximadamente a las 96 horas. Por su parte el ión  $\text{K}^+$  (Figura 8) es el que manifiesta mayores fluctuaciones en su concentración hasta las 24 horas, a partir de este tiempo a pesar de que se registran nuevamente fluctuaciones, éstas son de menor magnitud y tienden a estabilizarse a las 96 horas.

En el experimento de cambio de  $28^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$  a  $34\text{‰}$ , la concentración del ión  $\text{Na}^+$  manifiesta una tendencia a incrementarse en el tiempo al menos hasta las 48 horas donde se tuvo el último registro, desafortunadamente el experimento no pudo completarse para el tiempo planeado por morir los animales, a causa de un desperfecto en el sistema de aireación.

En el caso del ión  $K^+$  su comportamiento es el de mantener sus niveles casi constantes desde el inicio del experimento hasta las 48 horas en que se tuvo registros.

En lo correspondiente al experimento en que se modificó tanto la salinidad como la temperatura  $34^{\circ}/\text{‰} \rightarrow 17^{\circ}/\text{‰}$  y  $28^{\circ}\text{C} \rightarrow 25^{\circ}\text{C}$ , el ión  $Na^+$  registra una disminución constante hasta las 24 horas en donde el nivel de su concentración disminuye en un 40% de su valor inicial; posteriormente tiende a mantenerse estable, sin embargo a las 96 horas decrece a casi el 50% de su valor inicial.

El ión  $K^+$  en su caso, registra sus mayores cambios entre las primeras 24 horas y a partir de las 48 horas se observa que las concentraciones de este ión se estabilizan en un nivel menor que el inicial en un 20%.

Comparando los niveles de concentración que alcanzan los iones  $Na^+$  y  $K^+$  a las 96 horas en los experimentos de cambio de salinidad a temperatura constante y en el de efecto combinado de salinidad y temperatura, estos son muy parecidos.

## JUNIO.

### -PRESION OSMOTICA TOTAL.

En referencia al experimento de cambio de salinidad  $27^{\circ}/\text{‰}$  a  $17^{\circ}/\text{‰}$  a  $30^{\circ}\text{C}$  y como se muestra en la Tabla 4 y Figura 9 se observa que a pesar de que se registran cambios continuos en los valores que toma este índice fisiológico, estos fluctúan ligeramente alrededor del nivel basal, tendiendo a

En el caso del ión  $K^+$  su comportamiento es el de mantener sus niveles casi constantes desde el inicio del experimento hasta las 48 horas en que se tuvo registros.

En lo correspondiente al experimento en que se modificó tanto la salinidad como la temperatura  $34^{\circ}/\infty \rightarrow 17^{\circ}/\infty$  y  $28^{\circ}C \rightarrow 25^{\circ}C$ , el ión  $Na^+$  registra una disminución constante hasta las 24 horas en donde el nivel de su concentración disminuye en un 40% de su valor inicial; posteriormente tiende a mantenerse estable, sin embargo a las 96 horas decrece a casi el 50% de su valor inicial.

El ión  $K^+$  en su caso, registra sus mayores cambios entre las primeras 24 horas y a partir de las 48 horas se observa que las concentraciones de este ión se estabilizan en un nivel menor que el inicial en un 20%.

Comparando los niveles de concentración que alcanzan los iones  $Na^+$  y  $K^+$  a las 96 horas en los experimento de cambio de salinidad a temperatura constante y en el de efecto combinado de salinidad y temperatura, estos son muy parecidos.

## JUNIO.

### -PRESION OSMOTICA TOTAL.

En referencia al experimento de cambio de salinidad  $27^{\circ}/\infty$  a  $17^{\circ}/\infty$  a  $30^{\circ}C$  y como se muestra en la Tabla 4 y Figura 9 se observa que a pesar de que se registran cambios continuos en los valores que toma este índice fisiológico, estos fluctúan ligeramente alrededor del nivel basal, tendiendo a

estabilizaree aproximadamente a las 72 horas. El nuevo valor en que se ajusta la presión osmótica total es menor que el considerado como inicial.

Por otra parte, en el experimento de cambio de salinidad y temperatura 27°/∞ a 17°/∞ y 30°C a 28°C, se registran fluctuaciones alrededor del nivel basal, dentro del intervalo de 22.6 a 27.8 g/l, en las primeras 24 horas. Posteriormente, dichas fluctuaciones tienden a decrecer gradualmente en el tiempo, hasta las 72 horas, donde se manifiesta un comportamiento de estabilización. El valor en que se establece este nuevo ajuste es muy similar al que se alcanza a las 96 horas en el experimento anterior.

#### -ION SODIO.

Como se muestra en la Figura 10, el comportamiento de las concentraciones de este ión ante el cambio de salinidad 27°/∞ a 17°/∞ a 30°C, presenta decrementos graduales; en primer lugar a las 3 horas se registra el primer cambio, descendiendo su concentración de 7.87 a 7.019 g/l manteniendose constante en este último varia hasta las 24 horas; posteriormente se registra un decremento a 6.775 g/l a la 48 horas siendo éste citado valor en que estabiliza su concentración.

En el caso del experimento de efecto combinado, cambio de salinidad 27°/∞ a 17°/∞ y temperatura 30°C a 28°C el primer cambio se manifiesta a las 3 horas como un decremento a 6.775 g/l, posterior a este se observa que a las 12 y 24 horas se

presenta una mayor fluctuación en su concentración al incrementarse y decrecer respectivamente; a las 48 horas se llega nuevamente al valor que se registró a las 3 y 6 horas y es en este nivel en que llega a estabilizarse, manteniendose por abajo del nivel considerado como basal.

#### -ION POTASIO.

Observando la Figura 11, se aprecia para el experimento de cambio de salinidad 27‰ a 17‰ a 30°C, que el comportamiento del ión potasio semeja una curva de pendiente suave que alcanza su máximo a las 24 horas en 0.69 g/l, sin embargo el comportamiento para este caso podría considerarse en cuestiones prácticas como independiente del efecto de las modificaciones realizadas, puesto que en sus niveles en el tiempo son muy parecidos al del nivel inicial.

Para el experimento de cambio de salinidad y temperatura de 27‰ a 17‰ y 30°C a 28°C, se observan ligeras fluctuaciones hasta las 12 horas donde alcanza un valor de .643 g/l el cual se mantiene constante aproximadamente hasta las 72 horas, nuevamente se aprecia que el comportamiento en las concentraciones de este ión en la hemolinfa, es poco modificada por los cambios realizados.

#### SOBREVIVENCIA.

#### EPOCA FRIA.

Analizando los resultados obtenidos de los experimentos realizados en la época fría para el correspondiente a la



temperatura de 24°C, la sobrevivencia registrada después de 96 horas fue del 100% para las condiciones de salinidad de 14‰, 24‰ y 34‰ tanto en presencia del factor sustrato como en ausencia de este. Por otra parte, en el tratamiento de 4‰ con y sin sustrato se registró una sobrevivencia de 0% las 12 horas; una observación interesante, no obstante la cero sobrevivencia, es en el sentido de que al comparar las curvas de sobrevivencia para 4‰ sin sustrato, resultaron ser diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ), mediante la prueba log-rank (Figura 12).

Para el experimento correspondiente también a esta época, en el cual la temperatura se modificó incrementándola a 30°C, las sobrevivencias obtenidas en cada tratamiento fueron variables como puede observarse en la Tabla 5. Para aquellos tratamientos donde se registró sobrevivencia hasta las 96 horas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en sus curvas de sobrevivencia entre 14‰ con sustrato y 14‰ sin sustrato, presentando mayor sobrevivencia la segunda condición (60%); de igual manera se encontraron diferencias significativas al comparar 14‰ sin sustrato vs. 24 y 34‰ sin sustrato (Figura 13). Considerando también, como en el caso anterior que el evaluar las curvas de sobrevivencia, no obstante sus nulos registros para las condiciones 4‰ con sustrato y 4‰ sin sustrato nos, permite analizar el efecto de los niveles de los factores involucrados en el experimento; al hacer la comparación de

ambas curvas, se encontró que a esta temperatura (30°C) no se manifiestan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en cuanto a una mayor o menor tolerancia para la presencia o ausencia de sustrato, lo que ocurre de manera diferente en comparación con el experimento a 20°C, esto se aprecia con más detalle al observar las respectivas curvas de sobrevivencia (Figura 13). En primera instancia para 30°C tienen un comportamiento similar y en segunda al contrastar ambas con las del experimento a 20°C para las mismas condiciones de salinidad y sustrato, se observa una caída más abrupta para el primer caso en referencia al tiempo, lo que refleja un efecto adverso el incremento de temperatura de 24 a 30°C (para animales de esta época del año).

De manera general y considerando los experimentos llevados a cabo durante la estación fría, se obtuvo que a 24°C estos camarones son capaces de sobrevivir eficientemente en un intervalo de salinidad de 14‰ a 34‰ y a 30°C esta capacidad disminuye en el límite inferior del intervalo señalado anteriormente, posiblemente como consecuencia del incremento realizado en la temperatura, es preciso señalar que esta temperatura (30°C) es poco común que llegue a registrarse en el ambiente de la laguna durante esta época.

#### MAYO.

En lo que corresponde a los experimentos llevados a cabo en este mes, que se consideran dentro de un período de

transición entre las dos épocas contrastantes, la sobrevivencia de las condiciones de salinidad de 4‰ en presencia y ausencia de sustrato son similares a las reportadas a 30°C en Invierno respectivamente, y lo mismo sucede para 14‰ c/s, sólo difiriendo marcadamente para la condición 14‰ sin sustrato donde la sobrevivencia es menor en un 40% aproximadamente a la reportada para Invierno, sin embargo de manera global para las condiciones realizadas hay una tendencia similar de respuesta en ambos casos. Al comparar las curvas de sobrevivencia se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) para el factor sustrato en las salinidades de 4‰, registrándose más horas de sobrevivencia en el tratamiento con presencia de sustrato y para el factor salinidad es clara la diferencia entre 4‰ y 14‰ tanto en presencia como en ausencia de sustrato.

#### EPOCA CALIDA.

En los experimentos correspondientes a la época cálida del año, se denota una capacidad de respuesta diferente, de la especie en esta fase de desarrollo, a la presentada en Invierno, principalmente en las bajas salinidades.

Como puede observarse en la Tabla 6, incluso para los experimentos realizados a 20°C, temperatura que en condiciones del ambiente natural sólo es ocasional que llegue a registrarse para esta época; se tuvieron registros de sobrevivencia hasta las 96 horas de duración del experimento en la salinidad de

4‰ tanto en presencia como en ausencia de sustrato y en el comportamiento de sus respectivas curvas de sobrevivencia no obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) (Figura 14).

Para el intervalo de salinidad de 14‰ a 34‰, la sobrevivencia registrada fue del 100% en ambas categorías del factor sustrato, cabe señalar que algunos tratamientos 4‰ c/s y s/s y 14 s/a se realizaron empleando animales capturados en el mes de septiembre de 1988 y los tratamientos restantes para completar el diseño se llevaron a cabo utilizando camarones capturados en el mes de Agosto de 1989, sin embargo los factores salinidad, temperatura de captura, talla (long. total, longitud cefalotorax y peso) fueron muy parecidos, por lo que se supone que el diferente año de captura no se considera como factor de confusión de relevancia.

A la temperatura de 30°C propia del ambiente y de la época en esta laguna, se realizaron los mismos tratamientos experimentales, registrando la sobrevivencia hasta las 72 horas debido a que no pudieron completarse las 96 horas planeadas por causas ajenas al experimento. Para la salinidad de 4‰ se registró una mayor sobrevivencia (70%) en la condición con sustrato que en la condición sin sustrato (20%), resultando sus curvas de sobrevivencia diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) en cuanto a su comportamiento en el tiempo (Figura 15). No obstante que los experimentos no completaron las 96 horas como en el caso de 24°C, se considera que la sobrevivencia observada a las 72 horas puede tomarse como definitiva al menos para

salinidades no menores a 17‰ puesto que en los experimentos de aclimatación del Medio Interno la estabilización de la P.O.T. e iones se alcanza aproximadamente a las 48 horas (Ver Figuras 9, 10 y 11) determinando en gran parte la sobrevivencia de los organismos. Para la salinidad de 4‰ el ajuste posiblemente requiera un mayor tiempo pero un dato a favor de nuestro supuesto es que los animales que habían sobrevivido hasta las 72 horas no presentaban síntomas anómalos como pérdida del equilibrio, natación desorientada o necrosis muscular, que influyera en su sobrevivencia posterior.

En referencia a esta época cálida del año, es importante hacer la observación que para el factor salinidad se amplía su zona de tolerancia hacia las bajas salinidades en que los camarones juveniles son capaces de sobrevivir, en comparación con la época fría, incluso en una temperatura (20°C) la cual es poco común que llegue a registrarse en el ambiente.

En general existen diferentes capacidades de respuestas a las bajas salinidades en la población de camarones juveniles para la época fría y para la época cálida, siendo en esta última en que el carácter eurihalino de este estado de desarrollo de la especie se hace más notable.

Con respecto a los índices fisiológicos del medio interno evaluados después de 96 horas de sobrevivencia no fue posible tener suficientes datos de acuerdo al diseño planeado, en cuanto a un adecuado número de repeticiones para cada condición que permitieran realizar una evaluación más confiable de los

índices referidos; y por otra parte, en salinidades de 4‰ la sobrevivencia fue casi nula. Sin embargo es posible distinguir la tendencia que se manifiesta en los datos al modificarse los niveles de los factores probados.

De manera general para ambas épocas y distintos niveles del factor temperatura, se aprecia que el comportamiento de la presión osmótica total,  $[Na^+]$  y  $[K^+]$  tienden a incrementarse conforme la salinidad del medio exterior se incrementa, no obstante los grados de independencia que son mantenidos en relación con el medio externo son distintos.

Para la época fría se observa que la concentración de  $Na^+$  a 24°C se mantiene a un nivel más independiente que a 30°C para los tratamientos de 14‰ con y sin sustrato y 24‰ sin sustrato que son las únicas condiciones donde pueden hacerse comparaciones, sin embargo por tratarse de valores puntuales a 24°C no puede hablarse de diferencias definitivas. En el caso del ión potasio se observan valores más altos para las mismas condiciones a 30°C. (Tabla 7).

En la época cálida a 20°C, que fue la temperatura en donde más datos se obtuvieron, se distingue de manera general que a 4 y 14‰ para los iones sodio y potasio la condición con sustrato presenta valores mayores en comparación con la condición sin sustrato, para la presión osmótica total no se aprecian diferencias significativas. Por otra parte, es importante denotar que a 24‰ la presión osmótica total se encuentra en o muy próxima a una condición isosmótica con el

medio externo (Figura 16).

Estos resultados permiten ver que a bajas salinidades (4 a 24‰) los camarones juveniles de la especie *P. aztecus* son hiperosmorreguladores en mayor grado e hiposmorreguladores en menor grado a 34‰.

Como se observa en la Figura 17, las concentraciones internas del ión sodio en relación a las concentraciones del medio externo para las salinidades probadas, muestra un comportamiento de hiperregulación con respecto a la curva isoiónica presentando a 24‰ una mayor independencia del medio en relación a las otras salinidades; este comportamiento es totalmente contrario al reportado para este estado de desarrollo de la especie por McFarland y Lee (1963) y Castille et al (1981) que reportan un patrón general de hiper-hiporregulación.

Para el ión potasio (Figura 18) se registran concentraciones hiperiónicas en todas las salinidades probadas en referencia a la concentración de este mismo ión en el ambiente externo y se encuentra también un comportamiento distinto del encontrado por los mencionados autores para la especie en latitudes de zonas templadas. Estos resultados podrian denotar cierta independencia del factor temperatura en el intervalo de 14 a 34‰ teniendo la especie en estado juvenil una regulación hiperiónica que indicaría un alto grado de especialización en cuanto al mantenimiento de sus fluidos corporales, reflejando la exitosa conquista de estos habitats fluctuantes.

## DISCUSION

### ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO.

El análisis de los resultados obtenidos en cuanto a la aclimatación del medio interno, permiten observar comportamientos distintos en los índices fisiológicos evaluados. En primer lugar, se presentan diferencias entre las dos épocas de trabajo (Invierno y Verano), en el tiempo mínimo requerido para reestablecer su estado de equilibrio entre los cambios efectuados; y en segundo lugar, se registran diferencias en el mismo sentido pero entre las condiciones ensayadas para la época fría.

Es importante mencionar que posiblemente no se nota alguna diferencia significativa en las respuestas evaluadas, entre los experimentos realizados en Junio, debido a que la magnitud de cambio en la modificación de la temperatura fue menor a la efectuada en Enero y como se evidencia en los resultados obtenidos, este factor tiene un efecto considerablemente favorecedor sobre la capacidad de respuesta de estos animales en referencia al tiempo mínimo de ajuste.

Con respecto al trabajo realizado en Enero, en el experimento de cambio de salinidad de 35 a 17‰ a 18°C, se considera que los índices fisiológicos evaluados se estabilizan nuevamente a las 96 horas posteriores al cambio abrupto efectuado (Figuras 2, 3 y 4). Por otra parte, el nivel en que alcanzan un nuevo equilibrio los índices mencionados, es menor



del considerado como basal, esto puede explicarse por el hecho de haberse diluido el medio, lo que implica reducir las concentraciones iónicas en su medio interno para mantener un equilibrio dinámico entre los gradientes de concentración externo e interno.

Cuando la temperatura se incrementa de 18 a 25°C y la salinidad fue de 35‰ la estabilización del medio interno ocurrió a las 48 horas, en un nivel más alto para los tres índices en comparación a los otros dos experimentos de esta época.

Para el experimento de efecto combinado (cambio de salinidad de 35 a 17‰ y de Temperatura de 18 a 25°C) la estabilización del medio interno ocurre a las 72 horas de realizado el cambio en las condiciones experimentales, siendo menor el tiempo mínimo requerido para el reajuste de los mencionados índices en comparación al experimento en primer término.

Al analizar el comportamiento de los cambios registrados en los niveles que toman la presión osmótica total y las concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  durante el transcurso de ambos experimentos, se registra inicialmente una disminución continua en sus valores lo que sin duda puede atribuirse al movimiento osmótico de agua del medio externo diluido hacia los fluidos extracelulares de los camarones, diluyendo la hemolinfa, y también a la pérdida de iones hacia el medio externo por la diferencia en los gradientes de concentración y eléctrico,

entre el medio interno de los animales y el ambiente diluido. Este supuesto se fundamenta en el hecho de que las especies eurihalinas como estos camarones peneidos son hiperiónicos en medios salobres (Williamas, 1960; McFarland y Lee, 1963; Sanchez, 1980; Castille, *et. al.* 1981).

Una observación relevante, surge de apreciar que antes de hacerse evidente algún mecanismo de osmorregulación, los camarones juveniles empleados presentaron una cierta tolerancia a la modificación de las condiciones experimentales. En el caso del experimento de cambio de salinidad a temperatura constante (35 a 17‰ a 18°C) la "tolerancia" a la dilución del medio interno se prolongó hasta las 24 horas posteriores al cambio efectuado y para el experimento de efecto combinado de los factores (35 a 17‰ y 18 a 25°C) se prolongó hasta las 12 horas; a partir de estos tiempos en ambas condiciones los valores tienden a recuperarse gradualmente a sus valores iniciales en los diferentes indices fisiológicos.

Tal observación permite suponer que este comportamiento puede significar un mecanismo que favorece la permanencia de estos animales en un medio que cambia abruptamente en sus factores abióticos, puesto que en términos energéticos puede reducir las demandas continuas de energía que implicaría el funcionamiento constante de mecanismos osmorregulatorios, y como se tiene conocimiento, en tales ambientes existen fluctuaciones incluso diarias en los factores mencionados en distintas tasas y magnitudes.

Es interesante relacionar en este sentido, que sobre todo en esta época del año se presentan cambios climáticos bruscos llamados "nortes" que influyen notablemente en los factores abióticos, por lo que el comportamiento antes mencionado podría hacer frente a tales situaciones.

En referencia al análisis de los efectos que ocasionó la modificación de los factores experimentales, en los niveles ensayados sobre los índices fisiológicos evaluados para la época cálida, no se aprecian diferencias significativas entre los tiempos de estabilización del medio interno ni de sus niveles alcanzados en el reajuste.

Para los experimentos llevados a cabo en Junio, la temperatura de 30°C favorecen la capacidad de ajuste del medio interno de los camarones, en el aspecto de que el tiempo requerido para estabilizarlo (48 horas) es más corto que aquel requerido en los experimentos de Enero tanto a 18°C como a 25°C; además de que las fluctuaciones de los índices evaluados en el tiempo, ocurren en menor magnitud y difieren poco de su valor inicial, es preciso recalcar que las modificaciones en las condiciones experimentales difieren en cada época. Del mismo modo se puede apreciar el efecto combinado de los factores donde el incremento de 18 a 25°C le permite a los camarones reestablecer su medio interno en un tiempo de 72 horas, lapso menor al que necesitaron los camarones del experimento donde la temperatura fue de 18°C (96 horas), considerando que en ambos experimentos la dilución del medio

fue la misma (35 a 17°/°°).

Estos resultados evidencian el efecto acelerador que tiene una alta temperatura sobre diversos procesos metabólicos que repercuten particularmente en el balance de pérdida y captación activa de iones (principalmente  $\text{Na}^+$ ), y que en crustáceos es uno de los principales procesos responsables del equilibrio osmótico mantenido entre la hemolinfa y el medio externo, conjuntamente con otros mecanismos como la modificación en la permeabilidad del exoesqueleto, la regulación del volumen de agua corporal, mediante la producción de orina isotónica a la hemolinfa, la reabsorción de agua e iones por el glándulae antenales, y la regulación de los solutos osmóticamente activos a nivel celular (Dehnel, 1967). Un ejemplo de este efecto se presenta en el cangrejo de agua dulce *Potamon niloticus*, al ocurrir un descenso en la temperatura, hay un decremento en la concentración de la hemolinfa, sobre todo por pérdida de sodio.

Por otra parte, la homeostásis del balance hídrico en medios de salinidad fluctuantes como los estuarios, demandan la necesidad de tener mecanismos de osmorregulación lo suficientemente desarrollados, con el fin de responder a cambios, a menudo, extremos del medio. En tales casos, la osmorregulación puede llevarse a cabo a dos niveles. El primero consiste en mantener la osmoconcentración de los fluidos extracelulares independientes del medio circundante, lo cual es realizado por los mecanismos ya mencionados, y el segundo, mismo que para el presente estudio puede proporcionarnos un

mayor entendimiento de el mantenimiento de la homeostáasis, en cuanto a la función que desempeña en el reajuste del medio interno ante las modificaciones efectuadas, este se refiere al mantenimiento del fluido intracelular isosmótico con el fluido extracelular.

En principio se llegó a pensar que la osmorregulación de los fluidos intracelulares en organismos eurihalinos, se basaba en un cambio en el equilibrio de los iones inorgánicos, particularmente  $K^+$ ,  $Na^+$  y  $Cl^-$ . Sin embargo las concentraciones de estos iones (con excepción del  $K^+$  que es retenido en tejidos musculares por su relación con la actividad de éstos (Krogh, 1965)), no varían significativamente después de un estrés hiposmótico (Kavers, *et.al.* 1979) y no parecen tener un papel importante en la fase de reajuste.

Sin embargo se ha registrado que los niveles de diversos compuestos orgánicos si varían significativamente. Los principales solutos orgánicos que intervienen en la regulación osmótica, son aminoácidos en mayor grado junto con otras sustancias orgánicas como taurina, betainas y óxido de trimetilamina en menor grado.

Todos estos compuestos orgánicos son importantes en el reajuste del volumen celular en aquellas especies de crustáceos que se han estudiado, aunque la naturaleza y contribución cuantitativa de tales factores varía de tejido a tejido y aún en el mismo tejido en diferentes especies (Gilles y Pequeux, 1983).

De los presentes en el conjunto de aminoácidos libres son en general los llamados aminoácidos no esenciales los que tienen una mayor participación en cualquier ajuste osmótico en respuesta a cambios de salinidad. La glicina ácido glutámico y aspartico, alanina y prolina están entre los aminoácidos dominantes presentes en este proceso. Un ejemplo particular es llevado a cabo por *Carcinus* donde cuantitativamente, la mayor concentración del ajuste osmótico es realizado por alanina, prolina y glicina, estos mismos aminoácidos dominan también la fase de reajuste del medio interno, en respuesta a cambios de salinidad en el camarón *Crangon crangon* (Weber y Van Marrewijk, 1972), sin embargo en otras especies la contribución de aminoácidos es variable.

Asimismo, se ha reportado en invertebrados eurihalinos que al estar bajo estrés hiposmótico, ocurre un decremento en el contenido de aminoácidos del tejido y un incremento en el contenido de aminoácidos y del ión  $\text{NH}_4^+$  en la hemolinfa, este último resultado apoya la idea de que la regulación del volumen intracelular involucra principalmente la deaminación de aminoácidos en lugar de otros procesos tales como la polimerización a péptidos o proteínas que también puede ocurrir (Gilles y Pequeux, 1981; Spaargaren, 1975).

Por otro lado, parece ser que la deaminación ocurre fuera de la célula al ser liberados los aminoácidos del tejido; el hepatopáncreas y las glándulas antenales son los posibles órganos degradadores de los aminoácidos. El supuesto de la

deaminación extracelular está apoyado por el hecho de que al ser liberados los aminoácidos al fluido extracelular pueden intervenir en procesos de polimerización para incrementar la proteína de la hemolinfa; Rodríguez (1981) sugiere que en el caso de *Penaeus stylirostris*, la hemocianina podría ser utilizada para la osmorregulación ante estrés de salinidad, ya que constituye más del 90% de la proteína en la hemolinfa, registrando que las proteínas del suero se incrementan en condiciones hiposmóticas y disminuyen en hiperosmóticas.

Estudios sobre el fluido extracelular de *Callinectes sapidus* (Gerard y Gilles, 1972 a) revelan una pequeña pero significativa variación en los niveles de varios aminoácidos. En primera instancia hay un incremento en la concentración de prolina al primer día de aclimatación a salinidad reducida, tal respuesta ha sido observada también en *Eriocheir sinensis* (Vincent-Marique y Gilles, 1970 a, b). Los incrementos en la concentración de los aminoácidos de la sangre también se ha observado en varios poliquetos durante choques hiposmóticos (Clark, 1968).

En un estudio interesante sobre el papel que juega la prolina en la hemolinfa de *Eriocheir sinensis* durante estrés hiposmótico, Vincent-Marique y Gilles (en: Schoffeniels y Gilles, 1970 a) reportan una importante actividad de la prolina oxidasa en los tejidos branquiales de este crustáceo; es preciso señalar que las branquias de estos organismos intervienen fuertemente en la captación activa de iones  $\text{Na}^+$  en

ambientes de salinidades reducidas. Se piensa por tanto que la degradación de la prolina podría estar directamente relacionada con la captación activa de  $\text{Na}^+$  puesto que la oxidación de la prolina puede ser una fuente de energía fácilmente disponible (Bursell, 1976). Por otra parte, se tiene conocimiento de que en animales acuáticos de ambientes salobres e incluso dulceacuícolas, se han identificado  $\text{ATP-Na}^+-\text{K}^+$ asas a nivel de la membrana plasmática de células del epitelio branquial que se encuentran en contacto con la hemolinfa y que son las encargadas del bombeo activo de  $\text{Na}^+$  hacia el medio interno de los animales, demandado a la vez un suministro constante de energía, necesario para su funcionamiento; a este nivel en el proceso de reajuste tendría su participación la degradación de la prolina. En *Penaeus aztecus* se ha reportado que la prolina es además fácilmente sintetizada de fragmentos del metabolismo de la glucosa (Shewbart, et. al. 1972).

Otra característica interesante en las mencionadas células branquiales, es una gran concentración de mitocondrias que también pueden suministrar energía a las ATPasas por medio de la oxidación de las fuentes energéticas, para asegurar el eficaz funcionamiento de estas enzimas (Copeland y Fitzjarrell, 1968).

La presencia de estas ATPasas, se ha reportado en diversos grupos de animales acuáticos. Horiuchi (1977) reporta la participación de  $\text{ATP-Na}^+-\text{K}^+$ asas y  $\text{ATP-Mg}^{+2}$ asas en el crustáceo de ambiente dulceacuícola *Procambarus clarki*, el cual mantiene



altas osmoconcentraciones en la hemolinfa.

Quinn y Lane (1968) reportan que la presencia de ATP-Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>asas en las branquias del cangrejo semiterrestre *Cardisoma guanhumi* también desempeñan funciones de regulación iónica.

De igual manera participan estas enzimas en las branquias de peces teleosteos cuando se ven expuestos a condiciones osmóticas hipertónicas (Jampol y Epstein, 1970).

Otra de las repercusiones importantes de la osmoregulación intracelular sobre el proceso de reajuste extracelular, es el hecho de que la desaminación de los aminoácidos desalojados por la célula produce iones NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que se acoplan al proceso de bombeo activo de Na<sup>+</sup> (Gilles y Pequeux, 1981).

Towle, et. al. (1976) encuentra que en *Callinectes sapidus* el ión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> puede ser un sustituto efectivo del K<sup>+</sup> en la reacción de la ATPasa, observando que en animales aclimatados a 5‰ de salinidad, la actividad de la ATP-Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>asas es mayor que en aclimatados a 34‰. Mangun, et. al. (1976) al hacer el seguimiento de la transferencia de estos cangrejos a 5‰ de salinidad, reporta que los niveles del ión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en la hemolinfa decrecen aproximadamente al mismo tiempo que la actividad de la ATPasa se incrementa.

Estas evidencias apoyan la hipótesis de que la absorción de Na<sup>+</sup> está acoplada con la excreción de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> siendo de gran importancia fisiológica la utilización del ión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> como catión por la ATPasa ya que permite regular su concentración y a la

vez el pH del medio interno.

Spaargaren, *et. al.* (1982) reporta que en especímenes de *Penaeus japonicus* (de 5 a 7 g) la tasa de excreción del ión  $\text{NH}_4^+$  es fuertemente dependiente de la temperatura en una relación proporcional positiva e inversamente relacionada a la salinidad.

Estos últimos resultados sobre todo, concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, en el sentido de que la alta temperatura ensayada favorece una más rápida aclimatación del medio interno en primer lugar porque se acelera el metabolismo aerobio, repercutiendo en poner disponible un suministro más constante de energía, el cual es aprovechado por la  $\text{ATP-Na}^+-\text{K}^+$ asa que también incrementa su actividad, tal efecto le permite reabsorber con mayor celeridad el ión  $\text{Na}^+$  para reajustarlo a un nivel en que su concentración tenga un óptimo fisiológico y que a la vez se encuentre en equilibrio dinámico con el ambiente externo. En segundo término, hay que sumar a esto que los aminoácidos que son liberados al fluido extracelular como un mecanismo de ajuste del medio intracelular, son desaminados más rápidamente produciéndose de la misma manera iones  $\text{NH}_4^+$  que se acoplan eficientemente al proceso de bombeo activo de  $\text{Na}^+$ .

Por otra parte, la prolina tanto liberada por la célula como la sintetizada del metabolismo de la glucosa pueden ser también una fuente disponible de energía para el funcionamiento de las  $\text{ATP-Na}^+-\text{K}^+$ asas y quizá también de otras ATPasas que

tengan afinidad por otros iones inorgánicos como el  $Mg^{+2}$ .

Es necesario considerar que la "alta temperatura" en este caso podría no tener el mismo efecto favorecedor en el reajuste para otra u otras especies e incluso para otro estadio de desarrollo de la misma especie.

El efecto de los mencionados procesos por tanto, pueden reflejarse como un reajuste más rápido en el tiempo de los índices fisiológicos evaluados en este estudio. A esto puede deberse en gran parte que en verano la aclimatación del medio interno ocurre aproximadamente a las 48 horas de efectuado el cambio en los factores experimentales y en Invierno quedarían más evidenciados estos supuesto, ya que cuando la temperatura se incrementó de 18 a 25°C la estabilización del medio interno ocurrió a las 72 horas y cuando se mantuvo a 18°C ocurrió a las 96 hora siendo que la magnitud de la dilución en la salinidad fue la misma (35 a 17‰).

Con respecto al efecto sobre la respuesta que se manifiesta en la época de transición fría-cálida, se observa lo siguiente.

En Abril, en el experimento de cambio de salinidad de 34‰ a 17‰ y temperatura a 24°C (temperatura ambiente), se aprecia que entre las 48 y 72 horas el medio interno tiende a mantenerse en un nivel estable. En el experimento de cambio de temperatura de 24 a 30°C y 34‰ se observa que entre las 72 y 96 horas el medio interno de los animales tiende a mantenerse estable, a pesar de que requiere un poco más de tiempo que en

el experimento anterior para llegar a un nuevo equilibrio interno, la  $[Na^+]$  tiende a decrecer lo que implicaría en este caso tener una osmorregulación más efectiva que le permita ser más independiente de la concentración externa y como se reporta esta especie es hipotónica a  $34^\circ/00$ .

Por su parte el hecho de que el ión  $K^+$  incremente su concentración podría explicarse debido a que si no se está registrando un transporte activo por encontrarse los animales a un medio de mayor concentración en relación a su medio interno, este ión no será expulsado y tenderá a acumularse y ser regulado por difusión pasiva.

En referencia a los resultados obtenidos en Mayo, de inicio se nota que los valores iniciales para el experimento de cambio de salinidad de  $34 \rightarrow 17^\circ/00$  y a  $28^\circ C$  y para el de efecto combinado de los factores ( $34$  a  $17^\circ/00$  y  $28^\circ C$  a  $25^\circ C$ ) son diferentes; esto posiblemente se debe a que los camarones de los dos experimentos citados primeramente, mudaron 2 días antes de emplearlos en los ensayos por lo que la permeabilidad del exoesqueleto pudo influir para permitir la difusión principalmente del ión  $Na^+$  a su medio extracelular incrementando su concentración, en el caso del ión  $K^+$  no se observa un efecto significativo a incrementar sus niveles. Al analizar el comportamiento de estos iones en ambos experimentos tienden en forma general a decrecer constantemente hasta las 96 horas donde muestran una estabilización casi completa.

Por su parte en el experimento de cambio de temperatura de

28 a 25°C y 34‰, se registran fluctuaciones alrededor del nivel inicial que van tendiendo a incrementarse hasta las 48 horas, tiempo a partir del cual ya no se obtuvieron registros debido a que los camarones murieron por causas ajenas a las condiciones experimentales. Sin embargo se manifiesta una tendencia del ión  $\text{Na}^+$  a osmoconformar ya que sus niveles se van haciendo más hiperiónicos que el nivel inicial, este comportamiento podrá estar influenciado por el decremento realizado en la temperatura.

Una diferencia importante encontrada en este estudio es la que se presenta tanto en los niveles basales de la presión osmótica total como en los iones evaluados. Los registros muestran que en Invierno los valores de concentración para los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  se duplican en relación a los encontrados en Verano y la presión osmótica total es también mayor en un 19%. Este comportamiento indica que existen diferencias estacionales en las condiciones del medio interno de los camarones de esta zona de transición donde las épocas son climáticamente distintas. Sin duda los procesos de aclimatización a diferentes condiciones ambientales influyen dichas discrepancias. Un comportamiento similar se presenta en *Asellus aquaticus*, donde ejemplares capturados en invierno presentan concentraciones más altas en su medio interno que los capturados en Verano (Lockwood, 1967).

En este sentido y teniendo en cuenta los procesos distintos de aclimatización, se puede mencionar los estudios

realizados a otras latitudes en este aspecto. Para *Penaeus aztecus* se ha reportado que necesita de 48 horas para ajustarse a cambios de salinidad y temperatura en intervalos de 10 a 75% A.M a 20, 25 y 30°C (Sanchez, 1980) en animales juveniles (4 a 9 cm) de la laguna de Mandinga, Veracruz, México y para *Penaeus setiferus* (4.43 a 11.3 cm) a 20 y 30 °C se requieren 72 hrs.

Mc. Farland y Lee (1963) reportaron que para ejemplares adultos de *P. aztecus* es necesario 24 horas para su aclimatación a temperatura de 27 a 28.9°C y con intervalo de salinidad de 10.8 a 36‰, esto se hizo en la costas de Texas, E.U. Williams (1960) en otro estudio para las costas de Carolina del Norte, E.U. en camarones juveniles *P. aztecus* reporta que necesitan 96 horas para alcanzar el equilibrio de su medio interno ante un cambio de salinidad en la temperatura de 28.3-28.8°C.

Bursley y Lane (1971) reportan que para organismos de 10.0 a 14.0 cm de *P. duorarum* requieren sólo 24 horas para establecer un nuevo estado de equilibrio de sodio y cloro después de una transferencia aguda a 40 y 160‰ agua de mar pero subsecuentemente requieren 48 horas para una aclimatación completa.

Por su parte Castille *et. al.* (1981) encontró que para *P. setiferus* en estado juvenil (5.6 a 10.8 cm) de las costas de Texas, E.U. al someterlos a cambios abruptos de 10 a 5‰ y de 40 a 45‰ requieren 3 y 4 días respectivamente para la estabilización del medio interno a 23°C.

Es claro que no se puede hacer una comparación objetiva de estos resultados con los encontrados en este estudio puesto que el control en los niveles de las variables son distintos, sin embargo es posible observar que existen diferencias inter e intraespecificas en las capacidades osmorregulatorias de animales de distintas latitudes, estos estudios desde un punto de vista práctico tienen su importancia en cuanto a que ayudarían a optimizar y/o modificar las técnicas de semicultivo y cultivo de esta especie ya que se están acotando las condiciones de salinidad y temperatura óptimas para la sobrevivencia de la especie en base a la expresión de una respuesta ante cambios abruptos de los factores que mostrarían más feacientemente la zona de tolerancia y resistencia de la especie, a diferencia de lo que sucedería ante cambios graduales en los niveles de los factores probados, donde el tiempo sería un factor que influiría en la capacidad de respuesta de los camarones pues estaría llevando a cabo un proceso de aclimatación que enmascararía el potencial real de respuesta de estos organismos; y desde un punto de vista ecológico evidencian que las poblaciones dentro del intervalo de distribución de la especie mantienen diferentes capacidades fisiológicas de respuesta que ecológicamente son importantes ya que permiten el establecimiento de ésta en distintos habitats que favorecen su permanencia exitosa.

## SOBREVIVENCIA

Una de las primeras observaciones que surgen de los resultados encontrados para la época fría, es en relación a las combinaciones de salinidad y temperatura que son adversas para la sobrevivencia de estos camarones juveniles. Para el presente estudio resultó que tanto a 24 como a 30 °C una salinidad de 4‰ es letal para su sobrevivencia ya que esta fue del 0% en ambos casos, asimismo puede considerarse que un incremento a 30°C para camarones de esta época influye restringiendo su zona de tolerancia en el extremo inferior del factor a salinidades mayores de 14‰, puesto que a este nivel se presentó una mortalidad muy próxima al 50% lo que significaría estar dentro de la zona de resistencia de estos animales para la mencionada combinación de factores.

Un aspecto relevante de apreciación es que al ubicarse en el medio natural de la especie, en invierno una temperatura de 30°C no es común que llegue a registrarse, por lo que la combinación de salinidad y temperatura referida no se presenta y por tanto no existe una capacidad de respuesta totalmente eficiente a este nivel. Zein-Eldin y Griffith (1966) reportan que para postlarvas de *P. aztecus* (10-15 mm) la sobrevivencia es fuertemente afectada a temperaturas superiores de 27.5°C y en combinaciones de baja temperatura (11°C) y salinidades menores de 15‰.

En este estudio para los niveles ensayados se encontró que a 24°C la sobrevivencia es óptima (100%) en el intervalo de



14‰ a 34‰ y a 30 °C en el intervalo de 24‰ a 34‰ (>del 80%).

Por otra parte, en cuanto al comportamiento de las curvas de sobrevivencia de los tratamientos de 4‰ y 14‰, con y sin sustrato, a temperaturas de 24 y 30°C, se aprecia que la respuesta es diferente entre los dos niveles del factor sustrato; sin embargo, en términos prácticos, no se aprecian diferencias significativas en la sobrevivencia.

Para el verano se aprecia que la sobrevivencia presentada en estado juvenil de la especie, se amplía en su intervalo a las bajas salinidades y tanto a temperatura de 20 y 30 °C hay una sobrevivencia casi del 100% en el intervalo de 14 a 34‰. Para esta época se manifiesta también un efecto adverso de la combinación baja temperatura y baja salinidad, ya que a 4‰ y 20°C la sobrevivencia registrada a las 96 h fue aproximadamente del 10%, tanto en la condición con sustrato como sin sustrato; no obstante y en comparación con la misma combinación de factores para la época fría, para el verano la fase de desarrollo en estudio expresa una mayor tolerancia a la dilución del medio, esto puede explicarse ya que al situarnos en el hábitat natural y considerando las condiciones ambientales que imperan en esa época en la laguna, nos percatamos que la salinidad puede decrecer bruscamente hasta 2‰ por el aporte fluvial al sistema, esta exigencia ha tenido sin duda respuesta en la capacidad osmorregulatoria y de comportamiento de la especie puesto que se han capturado

ejemplares en esos sitios, tal argumento queda evidenciado con los resultados obtenidos en la condición de 4‰ y 30°C ya que en el ambiente natural si llega a registrarse tal combinación y como se aprecia la sobrevivencia fue del 70% para la condición con sustrato y del 20% en la condición sin sustrato. Una observación que apoya el efecto favorecedor del sustrato, en este caso, es que en el tratamiento con sustrato los camarones permanecieron enterrados en casi todo el transcurso del experimento.

Por otra parte, es interesante hacer la observación también para 4‰ y 20°C en el aspecto de que a las 12 horas de transcurrido el experimento ambas categorías del factor sustrato presentaron una mortalidad del 50%, a diferencia de la condición de 4‰ y 31°C donde a este tiempo se registró una sobrevivencia del 100%, esto reafirma que una "alta" temperatura favorece la capacidad osmorregulatoria de estos camarones.

Un factor que debe tomarse en cuenta para la época cálida y que posiblemente influye en la mayor eficiencia osmorregulatoria de la especie, es que las tallas en general de los animales capturados fueron más pequeñas en cuanto al peso y longitud total, en comparación con los animales de la época fría. En este sentido se argumenta que las tallas pequeñas relacionadas con estadíos más tempranos del desarrollo de la especie poseen un mayor grado de eurihalinidad que los más tardíos, particularmente por tolerar salinidades más bajas

(Venkataramiah, *et. al*, 1974). Como consecuencia los estadios más tempranos son los que se encuentran en estos sistemas de condiciones medioambientales fluctuantes con una estrategia ecológica para permanecer fuera del alcance de sus depredadores y a la vez explotar exitosamente estos habitats ricos en productividad orgánica.

En el caso de los resultados encontrados en el mes de mayo, que se contempla como un periodo de transición entre las dos épocas de estudio, los camarones expresaron su respuesta en una tendencia similar a la de los camarones de invierno, lo que manifiesta que la historia previa de aclimatación de invierno, aún se refleja en la fisiología de estos camarones juveniles.

Los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a la sobrevivencia de *P. aztecus*, considerando la época del año, presentan a la vez similitudes y diferencias en comparación con los encontrados por Venkataramiah *et. al.* (1974) para la especie y estado de desarrollo en Galveston, Texas y con los encontrados por Díaz y Latournerie (1980) para Mandinga, Veracruz.

El primer autor reporta una sobrevivencia del 80% o mayor en un intervalo de salinidad de 8.5 a 47.6‰, a temperaturas de 21 y 26°C; por otra parte, a temperatura de 31°C el intervalo de sobrevivencia óptima decrece de 17 a 34‰, estos resultados concuerdan con los encontrados en este trabajo para la época fría ya que a 24°C el intervalo de salinidad donde la

sobrevivencia fue mayor del 80% (de 14 a 34%/..) es más amplio que el registrado a temperatura de 30°C (24 a 34%/..) donde la sobrevivencia fue del 80% o mayor. Estas similitudes se deben quizá a que las condiciones climáticas de la época fría en Tamiahua, Veracruz son características de zonas templadas como lo constituyen las costas de Texas.

Por otra parte, para la laguna de Mandinga, Veracruz se reporta que en camarones juveniles de la especie a 25°C se obtuvo una sobrevivencia mayor del 80% en el intervalo de 25 a 100% A.M. (9 a 36%/..) y a 20 y 30°C la sobrevivencia fue óptima de 10 a 100% A.M. (3.6 a 36%/..). Estos resultados concuerdan con los encontrados en este estudio para el verano en el sentido de que 31°C es la temperatura que más favorece la sobrevivencia de la especie en estado juvenil, sin embargo para este caso el intervalo de salinidad se reduce de 14 a 34%/.., no obstante se podría considerar que el intervalo hacia las bajas salinidades podría ampliarse tomando en cuenta que a 4%/.. c/a la sobrevivencia fue del 70%.

Como se aprecia las similitudes con los trabajos realizados en otras zonas del Golfo de México se observan en las épocas del año en que presentan condiciones climáticas similares, esto confirma que Tamiahua se encuentra dentro de la zona de transición latitudinal en lo que a factores climáticos se refiere, confirmando también que los camarones juveniles de la especie en estudio presentan diferentes respuestas fisiológicas a estos cambios latitudinales. Analizando los

resultados encontrados los índices fisiológicos evaluados después de 96 horas de sobrevivencia, se puede notar que las condiciones de salinidad y temperatura ejercen su influencia en cuanto al grado de independencia con la que se mantienen las concentraciones de los fluidos corporales, del medio externo que los rodea.

Para el caso de la época fría tanto a 24 como a 30°C, los valores de la presión osmótica total y las concentraciones de sodio y potasio muestran ser mayores que los registrados en verano a 20 y 28°C en condiciones similares de salinidad, esto en relación con las condiciones ambientales imperantes en cada época, se manifiesta como una respuesta a las demandas de las citadas condiciones, ya que en invierno el tener osmoconcentraciones más altas permite un mejor desempeño de los fluidos corporales en relación a temperaturas más bajas y mayores concentraciones del medio externo y en comparación el verano; para esta última época donde los niveles de la temperatura en el ambiente son mayores, la estrategia es mantener menores concentraciones en su medio interno, además de que en esta época al estar sujetos a los efectos de la dilución del medio, dicha estrategia impide una gran diferencia en el gradiente osmótico que existe entre el medio interno de los animales y el medio ambiente externo, favoreciendo un menor desgaste energético en el mantenimiento de este equilibrio dinámico.

Considerando el carácter eurihalino de la especie, se

distingue una mayor capacidad de osmorregulación de este estado de desarrollo hacia las bajas salinidades donde mantiene osmoconcentraciones más altas en relación a las del medio externo, y en salinidades altas (34‰) aunque presentan una regulación hiposmótica, la diferencia en los gradientes de concentración interno y externo es menor que en bajas salinidades observándose un comportamiento hacia la osmoconformidad.

Con respecto al establecimiento del punto isosmótico se ha demostrado tanto en *P. aztecus* como *P. setiferus* que es fuertemente afectado por el nivel de la temperatura tendiendo a hacerse isotónico en todas las salinidades conforme decrece la temperatura (Williams, 1960). Para el caso de 20°C en verano que fue donde pudo construirse una curva para las salinidades probadas, se aprecia que el punto isosmótico se encuentra alrededor de 24‰, este presenta similitud con el encontrado con Williams (1960) en animales de 100 mm de longitud total que lo establece en 25‰ después de 95 horas de sobrevivencia a 28°C, estos valores se encuentran muy próximos al obtenido por Castille y Laurence (1981) para la especie utilizando animales de  $83 \pm 10$  mm de longitud total a 23°C reportando un punto isosmótico en 25.6‰. McFarland y Lee (1963) encuentran para *P. aztecus* un valor de 28.5‰ como punto isosmótico, sin embargo aunque él no cita la talla de los animales empleados menciona que el animal más pequeño tuvo alrededor de 100 mm de longitud total por lo que más bien se trata quizá de organismos en estado subadulto.

## CONCLUSIONES

- Con respecto a la aclimatación del medio interno se encontró que en Invierno los camarones necesitaron de 72 a 96 horas para reajustar su medio interno, mientras que en Verano requirieron de 48 a 72 horas.

- Durante el Invierno los niveles en la concentración de Na y K se duplicaron en relación a los encontrados en Verano, asimismo la presión osmótica total fue mayor en un 19% para la época fría.

- Una temperatura de 25°C y de 30°C para Invierno y Verano respectivamente favoreció la aclimatación del medio interno, al reducir el tiempo mínimo necesario para su reestabilización.

- Las condiciones óptimas de salinidad y temperatura para la sobrevivencia de la especie en estado juvenil se encuentra para Invierno en el intervalo de 14‰ a 34‰ a 24°C y de 24‰ a 34‰ a 30°C, y para el caso del Verano se sitúa en el intervalo de 14‰ a 34‰, tanto a 20 como a 30°C.

- En Verano a temperatura de 20°C el punto isosmótico de estos camarones se encuentra alrededor de 24‰.

- Se manifestó un efecto adverso de la combinación baja temperatura y baja salinidad (20 y 24°C a 4‰) para ambas épocas del año donde se obtuvieron sobrevivencias de 10% para Verano y de 0% para Invierno.

- El sustrato solo tuvo un efecto favorecedor sobre la sobrevivencia de los camarones en salinidad de 4‰ a 30°C.

- Se presenta una gradación en las respuestas evaluadas en comparación con las obtenidas en otros trabajos en relación con la distribución latitudinal de la especie.

- Estos resultados indican que hay efectos distintos de los procesos de Aclimatización sobre la fisiología de *P. aztecus* en estado juvenil, a diferentes latitudes, que tendrían que ser consideradas para el manejo de la pesquería y/o la implementación de técnicas de cultivo de la especie en esta zona del Golfo de México.



## BIBLIOGRAFIA

- Ayala-Castañares, A., R. Cruz, A. García-Cubas Jr. y L. R. Segura, 1969. Síntesis de los conocimientos sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. In: Lagunas Costeras, un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México D. F.:39-48.
- Barba, J.F. 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. Ciencias, UNAM.
- Biesiot, P., 1975. Salinity tolerance of postlarval brown shrimp *Penaeus aztecus* in relation to age and acclimation salinity. M.S. Thesis, Bowling Green State Univ., Bowling Green, Ohio, USA 63 p.
- Bishop, J.M., J.G. Gosselin y J.H. Stone, 1980. Oxygen consumption and hemolymph osmolality of brown shrimp, *Penaeus aztecus*. Fish. Bull., 78(3):741-757.
- Bursell, E., 1966. Aspects of the flight metabolism of tsetse flies (*Glossina*). Comp. Biochem. Physiol., 19, 809-818.
- Bursell, C.R. and C.E., Lane, 1971. Osmoregulation in the pink shrimp *Penaeus duorarum*. Burkenroad, Comp. Biochem. Physiol. 39A, 485-493.
- Castille, F.L. Jr. and A.L. Lawrence, 1981 (a). A comparison of the osmotic, sodium, and chloride concentrations between

the urine and hemolymph of Penaeus setiferus (L.) and Penaeus stylirostris Stimpson. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 70A pp 525 to 528.

- Castille F.L. Jr. and A.L. Lawrence, 1981(b). The effect of salinity on the osmotic, sodium, and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus Penaeus. Comp. Biochem. Physiol. 68A, 75-80.
- Clark, M.E., 1968. A survey of the effects of osmotic dilution on free aminoacids of various polychaetes. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole, 134, 252-260.
- Copeland, D.E. and A.T., Fitzjarrell, 1968. The salt absorbing cells in the gills of the blue crab, Callinectes sapidus (Rathbun) with notes modified mitochondria. Z. Zellforsch. Mikrosk., Anat., 92, 1-22.
- Cruz, R., 1968. Geología marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. UNAM, Inst. de Geol. Bulletin No. 88.
- Dall, W., 1981. Osmoregulatory ability and juvenile habitat preference in some penaeid prawn. J. Exp. Mar. Biol., Ecol. Vol. 54, pp 55-64.
- Dehnell, P.A., 1967. Osmotic and ionic regulation in estuarine crabs. In: Lauff, G.H. (Ed.) Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington, Publ. 83:541-547.
- Diaz, F. y J.R. Latounerié, 1980. Factores fisiológicos que afectan la supervivencia y el metabolismo de dos especies de penaeidos (Penaeus aztecus y P. setiferus) de la Laguna

de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias UNAM. México. 38 pp.

- Espina, S., A. Muñoz, R. Villalobos, F. Díaz, J. Latournerie y A. Sánchez, 1976. Metabolemo respiratorio y osmoconcentración de dos especies de peneidos de la Laguna de Mandinga, Ver. Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Guaymas, Son. México. Vol. II:27-50.
- García, E., 1963. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. México, D.F., 71 p.
- Gerard, J.F. and R., Gilles, 1972. The free amino-acid pool in *Callinectes sapidus* tissues and its role in the osmotic intracellular regulation. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 10, 125-136.
- Gilles, R., 1975. Mechanisms of ion and osmoregulation. In: Kinne, O. (Ed.) Marine Ecology. Vol. II: Physiological Mechanisms. Part 1. John Wiley and Sons, New York:259-348.
- Gilles, R. and A., Pequeux, 1981. Cell volumen regulation in crustaceans relationship between mechanisms for controlling the osmolality of extracellular and intracellular fluids. J. Exp. Zool. 215:351-362.
- Gilles, R. and A. Pequeux, 1983. Interactions of chemical and osmotic regulation with the environment. In: Vernberg, F.J. and W.B. Vernberg (Eds.). The Biology of crustacea, Vol. 8: Environmental adaptations. Academic Press., New York:109-177.

- Gunter, G. and G.E. Hall, 1963. Biological investigations of the St. Lucie estuary (Florida) in connection with Lake Okeechobee discharges through the St. Lucie Canal-Gulf. Res. Rep., 1(s):189-307.
- Horiuchi, S., 1977. Characterization of gill Na, K-ATPase in the freshwater crayfish, Procambarus clarkii (Girard). Comp. Biochem. Physiol., Vol. 568:135-138.
- Hughes, D.A., 1969. Responses to salinity change as a tidal transport mechanism of pink shrimp, Penaeus duorarum. Biol. Bull., 136:45-53.
- Humm, J.J. and H.H., Hilderbrand, 1962. Marine algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico. Publ. Inst. Marine Sci., 8:227-228.
- Jampol, L.M. and F.H., Epstein, 1970. Sodium-potassium activated adenosine triphosphatase and osmotic regulation by fishes. Am. J. Physiol., 218, 607-611.
- Kamemoto, et al, 1976. Neurosecretion and salt water balance in the annelida and crustacea. Amer. Zool. 6:213-219.
- Kevers, C., A. Pequeux and R. Gilles, 1979. Effects of hypo and hyperosmotic shocks on the volume and ionic content of Caranus maenas, isolated axons. Comp. Biochem. Physiol., 64:427-431.
- Kinne, O., 1970. Temperature: Animals-Invertebrates. In: Kinne, O. (Ed.) Marine Ecology Vol. 1. Environmental factors pt.1. Wiley Intersciences. London. p. 407-514.
- Krogh, A., 1965. Osmotic regulation in aquatic animals.

Dover Publ. Inc., New York. 242 p.

- Lankford R.R., 1977. Coastal lagoons of México. Su origen y clasificación. In: Estuarine processes circulation, sediments and transfer of material in the estuary, L.E. Cronin, Ed., Academic Press. Inc. New York. 2:182-215.
- Lester, L.J., 1979. Populations genetics of penaeid shrimp from the Gulf of Mexico. The Journal of heredity. 70:175-180.
- Lockwood, A.P.M. 1960. Some effects of temperature and concentration of the medium on the ionic regulation of the iopod, Asellus aquaticus (L). J. Exp. Biol. 37:614-630.
- Lockwood, A.P.M. 1967. Aspects of physiology of crustacea. University Reviews in Biology. W.H. Freeman and Company, Sn Francisco.
- Lockwood, A.P.M., 1976. Adaptation to environment: Physiological adaptation to life in estuaries. In: Newel, R.C. (Ed.) Butterworths London. p. 315-393.
- Mangun, C.P., S.V. Silverthorn, J.L. Harris, D.W. Towle and A.R. Krall. 1976. The relationship between blood pH, ammonia excretion and adaptation to low salinity in the blue crab Callinectes sapidus. J. Exp. Zool., 195:129-136.
- McFarland, W.N. and B.O. Lee, 1963. Osmotic and ionic concentrations of penaeidean shrimps of the Texas coast. Bull. Mar. Sci. Gulf. Caribb., 13(3):391-417.
- Muus, B.J., 1967. Some problems facing the ecologist concerning races and subspecies of brackish-water

- animals. In: Estuaries. Edited by G.H. Lauff Am. Assoc. Advan. Sci. Washington, D.C. Publ. No. 83 pp. 558-563.
- Panikkar, N.K., 1968. Osmotic behaviour of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. FAO. Fish. Rep. 3(57):527-538.
  - Pearson, J.C., 1939. The early life histories of some american penaeidae, chiefly the commercial shrimp, *Panaeus setiferus* (Linn). Bull. Bur. Fish., Wash., 49(30):73 p.
  - Pérez-Farfante, I., 1970. A review of the effects of some environmental and nutritional factors on brown shrimp, *Penaeus aztecus* (Lys) in laboratory cultures. 10th. European Symposium on Marine Biology, Ostend Belgium. sept. 17-23, Vol. 1:523-547.
  - Perry, H.W., J.R. Herring, T.H. Van Devender, and J.R. Warren, 1974. Fisheries assessment and monitoring. Annual Report C.F.R.D. p. 2-215-R, Segm. 1. Gulf Coast Res. Lab., Ocean Springs, Mississippi (Unpubl. manuscript).
  - Guin, D.J. and C.E. Lane, 1966. Ionic regulation and  $Na^+ - K^+$  stimulated ATPase activity in the land crab *Gordisoma guanhami*. Comp. Biochem. Physiol. 19:533-544.
  - Rodriguez, G., 1981. Osmoregulation and total serum protein of two species of penaeid shrimps from the Pacific coast of México. J. Crust. Biol., 1(3):392-400.
  - Sánchez-Martínez, F., 1965. Estudio preliminar de la vegetación litoral de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. II Cong. Nac. Oceanogr. Ensenada, B.C., México, Marzo 15-18.

- Sanchez, A., 1980. Efecto de la salinidad y temperatura sobre el balance hídrico de los peneidos de la Laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 38 p.p.
- Schoffeniels, E. and R. Gilles, 1970. Osmoregulation in aquatic arthropods. In: M. Florkin and B.T. Scheer (Eds.), Chemical Zoology, Vol. V part A. Academic Press, New York. pp. 255-286.
- Segal, E., 1967. Physiological response of estuarine animals from different latitudes. In: Estuaries. Edited by G.H. Lauff. Am. Assoc. Advan. Sci. Publ. No. 83. Washington, D.C. pp. 548-553.
- Shaw, J., 1959 (a). Salt and water balance in the East African fresh water crab *Potamon niloticus* (M. Edw.). J. Exp. Biol. 36:157-176.
- Shaw, J., 1959(b). The absorption of sodium ions by the crayfish *Astacus pallipes* (Lereboullet). In: The effect of external and internal sodium concentrations. J. Exp. Biol. 36:126-144.
- Shaw, J., 1961. Sodium balance in *Eriocheir sinensis* (M. Edw.). The adaptation of crustacea to fresh water. J. Exp. Biol. 38:153-162.
- Shewbart, K.L., W. Mies and P. Ludwig, 1972. Identification and quantitative analysis of the aminoacids present in protein of the brown shrimp *Penaeus aztecus*. Marine Biology 16:64-67.

- Spaargaren, D.H., 1975. On the salinity-induced changes in the organic solute composition of the shore crab. Netherland Journal of Reseach. 9(1):121-127.
- Spaargaren, D.H., P. Richard and H.J. Ceccaldi, 1982. Excretion of nitrogenous products by *Penaeus japonicus* Bate in relation to environmental osmotic conditions. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 72A, No. 4:673-678.
- Towle, D.W., G. Palmer and J. Harris III, 1976. Role of gill  $\text{Na}^+ \text{K}^+$ -dependent ATPase in acclimation of blue crabs (*Callinectes sapidus*) to low salinity. J. Exp. Zool. Vol. 196, No. 3:315-321.
- Venkataramiah, A., G.J. Lakshmi, and G. Gunter., 1974. Studies on the effects of salinity and temperature on the commercial shrimp *Penaeus aztecus* (Ives), with special regard to survival limits, growth, oxygen consumption and ionic regulation. U.S. Army Corps Engne., Waterways Exp. Sta. Vicksburg, Mississippi, Contract Rep. H. 74-2, 134 p.
- Venkataramiah, A., G.J. Lakshmi and G. Gunter, 1975. A review of the effects of some environmental and nutritional on brown shrimp *Penaeus aztecus* (Ives) in laboratory cultures. 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend Belgium. Sept. 17-23. Vol.1:523-547.
- Vernberg, F.J., 1962. Comparative physiology: latitudinal effects on physiological properties of animal populations. In: Am. Rev. Physiol. edited by V.E. Hall; Vol. 24, pp. 517-546. Anual Reviews, Inc., Palo Alto, California.



- Vincent-Marique, C. and R. Gilles, 1970(a). Changes in the aminoacid concentration in blood and muscle of *Eriocheir sinensis* during hypoosmotic stress. Life Sci., 9(1):509-512.
- Vincent-Marique, C. and R. Gilles, 1970(b). Modification of the aminoacid pool in blood and muscle of *Eriocheir sinensis* during osmotic stress. Comp. Biochem. Physiol., 35:479-485.
- Welsh, J.H. y R.I. Smith, 1965. Invertebrate physiology. Burgess, Minnesota.
- Wengert, M.W. Jr., 1972. Dynamics of the brown shrimp *Penaeus aztecus* (Ives, 1891), in the estuarine area of Marsh Island, Louisiana in 1971. M.S. Thesis, Louisiana State Univ., Baton Rouge, Louisiana. U.S.A. 94 p.
- Weber, R.E. and W.J.A. Van Marrewijk, 1972. Free aminoacids and isoosmotic intracellular regulation in the shrimp *Crangon urangan*. Life Sciences, 11:589-595.
- Williams, A.B., 1955. A contribution to the life histories of commercial shrimps (*Penaeidae*) in North Carolina. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb., 5(2):117-46.
- Williams, A.B., 1960. The influence of temperature on osmotic regulation in two species of estuarine shrimps (*Penaeus*). Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Wood Hole, 119(3):560-71.
- Zein-Eldin, Z.P. and G.W. Griffith, 1966. The effect of temperature upon the growth of laboratory-hel postlarval *Penaeus aztecus*. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Wood. Hole,

131(1):186-96.

- Zein-Eldin, Z.P. y G.W. Griffith, 1968. In appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of postlarval penaeids. FAO Fish Rep., 3(57):1017-1025.

ANEXOS

TABLA I

DISEÑO DE TRATAMIENTOS: Aclimatación del Medio Interno.

MES	CONDICIONES HABITAT	INDICES MORFOMETRICOS ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )	T I P O D E EXPERIMENTO	INDICES FISIOLÓGICOS EVALUADOS
ENERO (89)	35°/∞ 22°C	Peso(g): 5.7 ± 0.2 L.Tot.(cm): 6.8 ± 0.1 (M:H): 1:1 n = 64	I. 35°/∞ → 17°/∞ a 18°C. II. 18°C → 25°C a 35°/∞ III. 35°/∞ → 17°/∞ 18°C → 25°C	-Iones Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup> -Presión osmótica total.
ABRIL (88)	34°/∞ 24°C	Peso(g): 4.6 ± 2.3 L.Tot.(cm): 6.2 ± 1.2 (M:H): 1:1.3 n = 113	I. 34°/∞ → 17°/∞ a 24°C. II. 24°C → 30°C a 34°C III. 34°/∞ → 17°/∞ 28°C → 22°C	-Iones Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup>
MAYO (88)	34°/∞ 28°C	Peso(g): 3.0 ± 0.9 L.Tot.(cm): 5.6 ± 0.4 (M:H): 1:1 n = 94	I. 34°/∞ → 17°/∞ a 28°C. II. 28°C → 25°C a 34°/∞ III. 34°/∞ → 17°/∞ 31°C → 28°C	-Iones Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup>
JUNIO (88) (LLUVIAS)	27°/∞ 31°C	Peso(g): 3.3 ± 0.8 L.Tot.(cm): 5.6 ± 0.5 (M:H): 1:1 n = 64	I. 27°/∞ → 17°/∞ a 18°C. III. 17°/∞ → 17°/∞ 31°C → 28°C	-Iones Na <sup>+</sup> y K <sup>+</sup> -Presión osmótica.

- I. Cambio de Salinidad a temperatura constante.
- II. Cambio de Temperatura a Salinidad constante.
- III. Efecto combinado de ambos factores.

TABLA 2

DISEÑO DE TRATAMIENTOS PARA EVALUAR LA SOBREVIVENCIA  
 DE *Penaeus aztecus* ANTE LA INTERACCION DE LOS FACTORES: SALINIDAD,  
 TEMPERATURA, SUSTRATO Y EPOCA DEL AÑO.

EPOCA	TEMPERATURA (°C)	SUS- TRATO	S A L I N I D A D E S (‰)			
			4	14	24	34
F R I A	24	CON				
		SIN				
	30	CON				
		SIN				
C A L I D A	20	CON				
		SIN				
	30	CON				
		SIN				

TABLA 3  
 ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO  
 MODIFICACIONES DE LOS INDICES FISIOLÓGICOS EVALUADOS EN  
 RELACION AL TIEMPO. EPOCA FRIA

MES	TIPO DE EXPERIMENTO	I.F. (g/l)	T I E M P O (hrs.)							
			To	Ta	To	T12	T24	T48	T72	T96
E N E R O	I. 35°/∞ → 17°/∞ a 18°C	P.O. [Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	31.66	30.89	28.61	31.66	23.16	25.48	27.02	29.34
			15.23	15.56	14.34	13.12	11.89	13.85	13.85	14.10
			1.38	1.20	0.93	1.55	0.80	1.39	1.34	1.28
E N E R O	II. 18°C → 25°C a 35°/∞	P.O. [Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	31.66	30.89	29.34	31.66	29.34	30.12	30.12	30.12
			15.23	16.78	15.31	15.80	16.05	16.29	15.80	16.29
			1.38	1.27	1.22	1.39	1.55	1.47	1.42	1.52
E N E R O	III. 35°/∞ → 17°/∞ 18 → 25°C	P.O. [Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	31.66	29.34	27.02	30.89	25.48	27.90	30.16	30.16
			15.23	15.31	14.58	15.56	13.85	13.60	13.85	13.85
			1.38	1.30	1.07	1.06	1.12	1.16	1.19	1.04
A B R I L	I. 34°/∞ → 17°/∞ a 24°C	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	8.72	7.02	7.26	7.51	8.13	7.60	7.75	7.62
			0.49	0.59	0.64	0.68	0.69	0.79	0.68	0.70
			8.72	8.48	7.26	8.24	8.76	7.60	8.24	7.75
A B R I L	II. 24°C → 30°C a 34°/∞	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	8.72	8.48	7.26	8.24	8.76	7.60	8.24	7.75
			0.49	0.64	0.54	0.68	0.64	0.56	0.76	0.78
			8.72	8.48	7.50	.....	.....	.....	.....	.....
A B R I L	III. 34°/∞ → 17°/∞ 24 → 30°C	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	8.72	8.48	7.50	.....	.....	.....	.....	.....
			0.49	0.63	0.68	.....	.....	.....	.....	.....

I. F. = Indices Fisiológicos Evaluados (N).

P. O. = Presión Osmótica Total.

[Na<sup>+</sup>] = Concentración de Sodio.

[K<sup>+</sup>] = Concentración de Potasio.

TABLA 4  
ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO

MODIFICACIONES DE LOS INDICES FISIOLÓGICOS EVALUADOS EN  
RELACION AL TIEMPO. EPOCA CALIDA

MES	TIPO DE EXPERIMENTO	I. F. (g/l)	T I E M P O (hrs.)							
			To	Ta	T <sub>6</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>24</sub>	T <sub>48</sub>	T <sub>72</sub>	T <sub>96</sub>
M A Y O	1.34% <sup>+</sup> / <sub>17</sub> → a 28°C	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	16.04 0.70	12.13 0.63	10.92 1.03	10.43 0.46	11.73 0.69	11.69 0.60	8.57 0.66	7.40 0.52
	11.28% <sup>+</sup> / <sub>25</sub> → a 34% <sub>17</sub>	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	8.95 0.73	8.97 0.73	8.48 0.84	9.62 0.73	10.04 0.68	9.95 0.66	..... .....	..... .....
	11.34% <sup>+</sup> / <sub>17</sub> → 28 → 25°C	[Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	16.04 0.70	13.80 1.10	12.22 0.75	12.49 0.46	9.45 0.81	10.59 0.51	9.46 0.53	7.32 0.57
J U N i O	1.27% <sup>+</sup> / <sub>17</sub> → a 30°C	P.O. [Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	26.00 7.87 0.56	26.60 7.02 0.58	25.40 7.02 0.59	26.20 7.02 0.61	24.20 7.02 0.69	25.80 6.78 0.64	25.40 6.78 0.61	24.50 6.78 0.61
	11.27% <sup>+</sup> / <sub>17</sub> → 30 → 28°C	P.O. [Na <sup>+</sup> ] [K <sup>+</sup> ]	26.00 7.87 0.56	22.60 6.78 0.54	23.80 6.78 0.66	27.80 7.26 0.64	26.20 6.53 0.64	26.20 6.78 0.64	24.20 6.78 0.61	24.20 6.78 0.69

I. F. = Indices Fisiológicos Evaluados (X).

P. O. = Preston Osmótica Total.

[Na<sup>+</sup>] = Concentración de Sodio.

[K<sup>+</sup>] = Concentración de Potasio.





TABLA 6  
 SOBREVIVENCIA DEL CAMARON CAFE *Penaeus aztecus* (IVES) ANTE CAMBIOS DE  
 SALINIDAD, TEMPERATURA Y EFECTO DEL SUSTRATO DURANTE LA EPOCA CALIDA DEL AÑO.

T °C	S U S T.	TIEMPO (HRS.)	S O B R E V I V E N C I A %				CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS.	
			S A L I N I D A D E S ‰					
			4	14	24	34		
20±1	C O N	3	100	100	100	100	T:20°C Peso(g): 2.44 ± 0.19 L. tot.: 4.99 ± 0.12 (cm)	
		6	93	100	100	100		
		12	50	100	100	100		
		24	50	100	100	100		
		48	21	100	100	100		
		72	21	100	100	100		
		96	7	100	100	100		
	S I N	3	100	100	100	100		
		6	86	100	100	100		
		12	50	100	100	100		
		24	43	100	100	100		
		48	28	100	100	100		
		72	14	100	100	100		
		96	14	100	100	100		
31±1	C O N	3	100	60	100	100	T:28 ± 1°C Peso(g): 3.24 ± 0.11 L. tot.: 5.59 ± 0.06 (cm)	
		6	100	10	100	100		
		12	100	0	100	80		100
		24	90		100	60		100
		48	80		90	40		100
		72	70		90	40		100
		96				40		
	S I N	3	100	50	100	90		100
		6	100	0	100	90		100
		12	100		100	60		100
		24	60		100	20		100
		48	50		100	20		100
		72	20		100	20		100
		96				20		

Los datos que se encuentran dentro de recuadro (4 y 14 ‰) corresponden a los experimentos de sobrevivencia de Mayo a 28 ± 1 °C.

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 7

EVALUACION DEL MEDIO INTERNO DE CAMARONES JUVENILES *P. aztecus* (IVES)  
 DESPUES DE 96 HORAS DE SOBREVIVENCIA A DISTINTAS COMBINACIONES DE SALINIDAD,  
 TEMPERATURA Y SUSTRATO.

E P O C A	T E M P °C	S U A S T R A T O	S A L I N I D A D E S (‰)											
			4			14			24			34		
			P.O.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P.O.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P.O.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P.O.	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
F R	24±1	CON	.....	.....	.....	.....	10.4	2.65	.....	.....	.....	.....	15.31	1.02
		SIN	.....	.....	.....	.....	10.9	0.79	.....	12.9	0.83	.....	16.77	0.96
I A	30±1	CON	.....	.....	.....	24.4 ±0.2	8.75 ±0.2	0.76 ±0.03	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		SIN	.....	.....	.....	24.4 ±0.2	9.31 ±0.1	0.86 ±0.03	26.8 ±0.5	12.2 ±1.0	1.16 ±0.15	.....	.....	.....
C A L	20±1	CON	19.0	2.38	0.31	22.5 ±1.4	8.54 ±0.2	0.90 ±0.4	25.3 ±0.8	9.94 ±0.3	0.88 ±0.04	.....	.....	.....
		SIN	19.0	1.4	0.31	20.3 ±0.6	5.33 ±0.3	0.51 ±0.02	23.4 ±0.8	10.1 ±0.1	1.07 ±0.03	31.17 ±0.9	11.2 ±0.17	0.99 ±0.04
I D A	28±1	CON	.....	.....	.....	23.1 ±0.8	6.76 ±0.4	0.65 ±0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		SIN	.....	.....	.....	19.4 ±0.0	6.77 ±0.2	0.53 ±0.04	.....	.....	.....	.....	.....	.....

P.O. = PRESION OSMOTICA TOTAL (g/l).

Na<sup>+</sup> = CONCENTRACION DE SODIO (g/l).

K<sup>+</sup> = CONCENTRACION DE POTASIO (g/l).

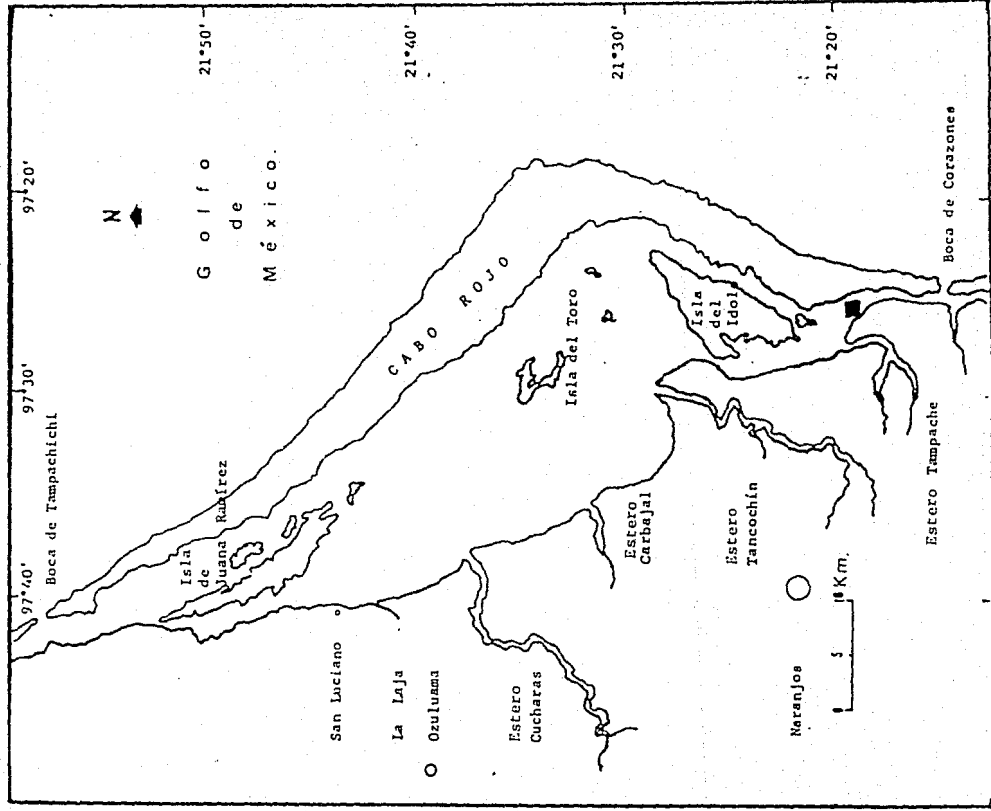
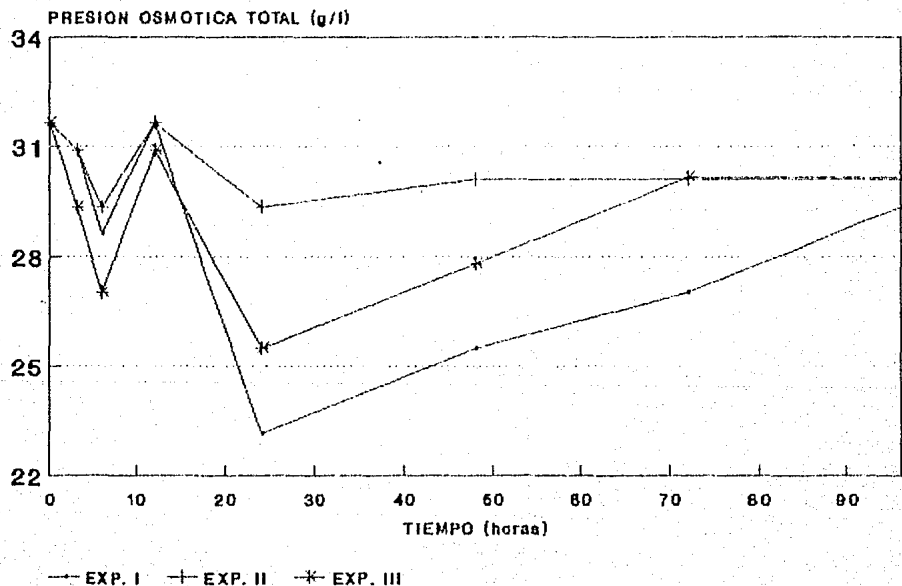


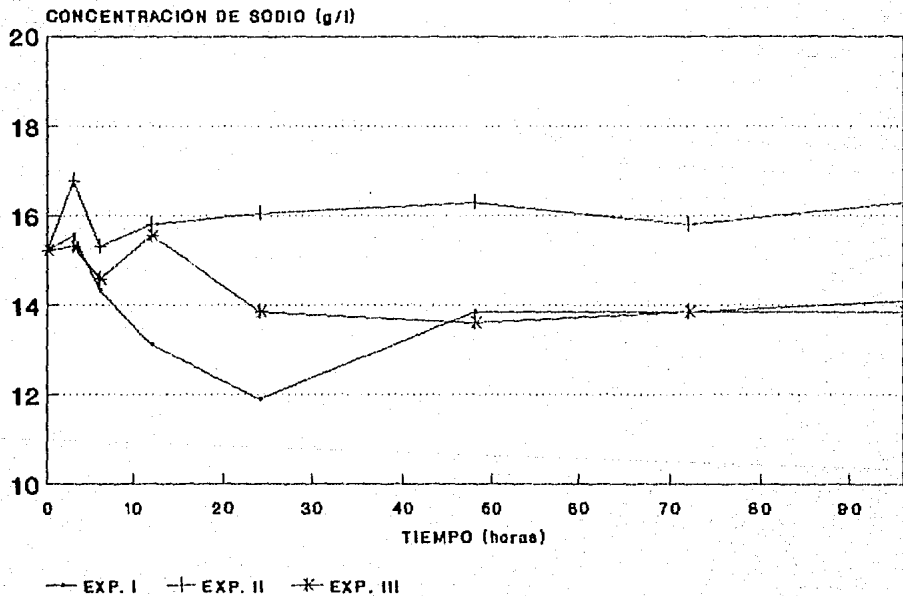
FIG. 1. LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ.

■ Zona de colecta.

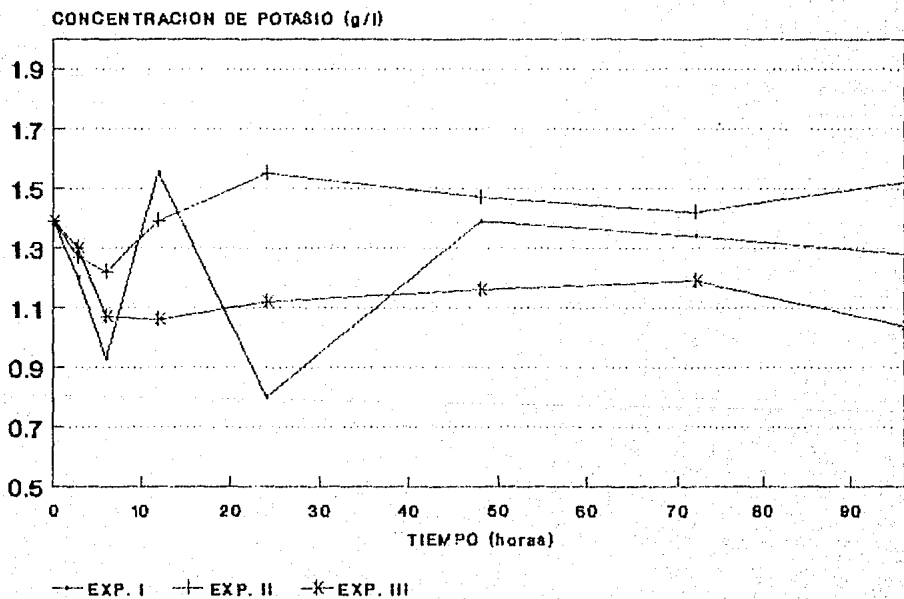
**FIGURA 2.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. ENERO**  
**VARIACION EN LA PRESION OSMOTICA TOTAL**



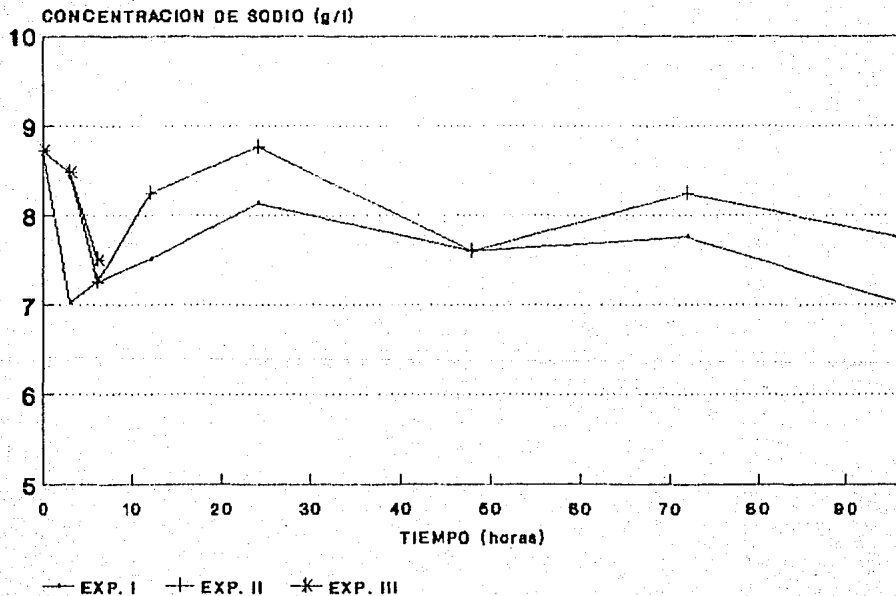
**FIGURA 3.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. ENERO**  
**MODIFICACIONES EN LOS NIVELES DE Na.**



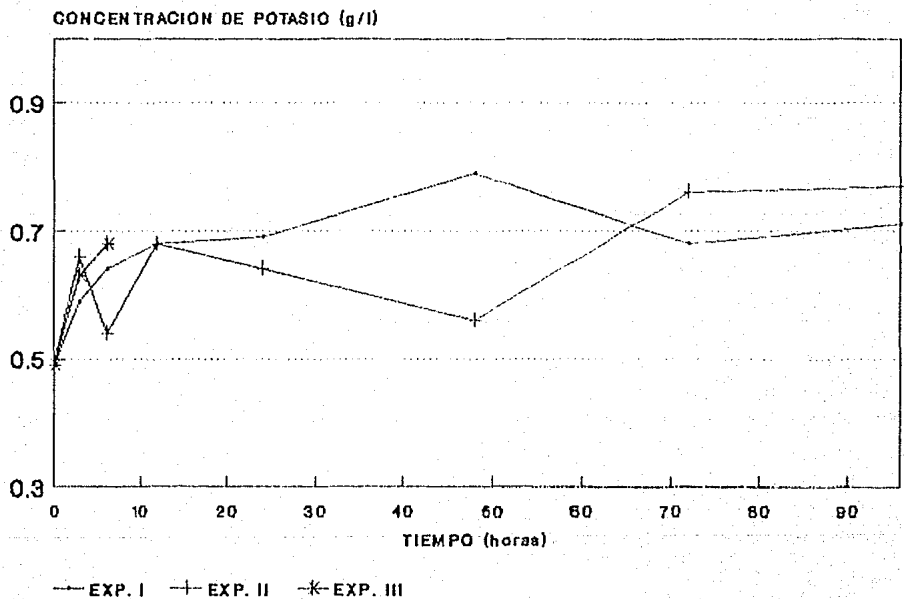
**FIGURA 4.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. ENERO**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE K.**



**FIGURA 5.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. ABRIL**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE Na.**

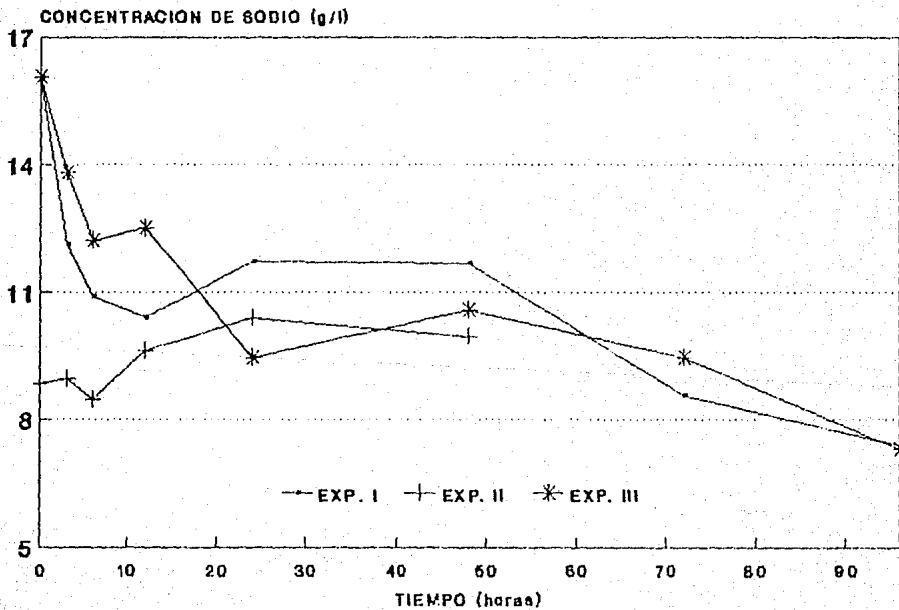


**FIGURA 6.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. ABRIL**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE K.**

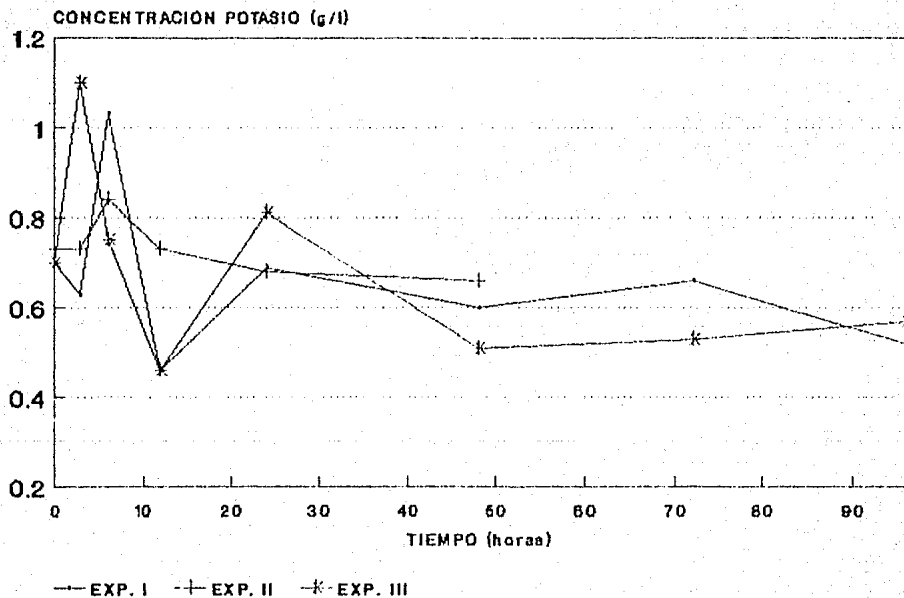




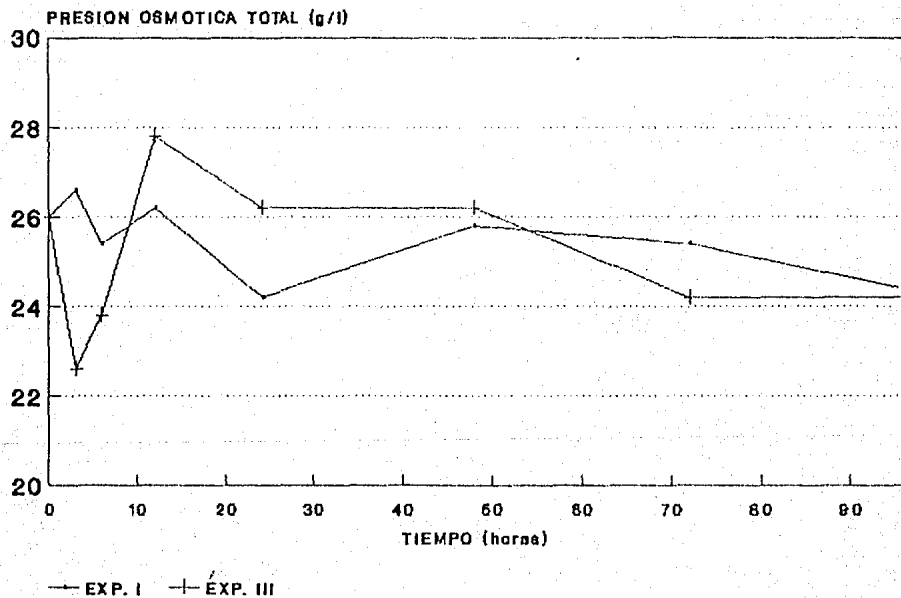
**FIGURA 7.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. MAYO**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE Na.**



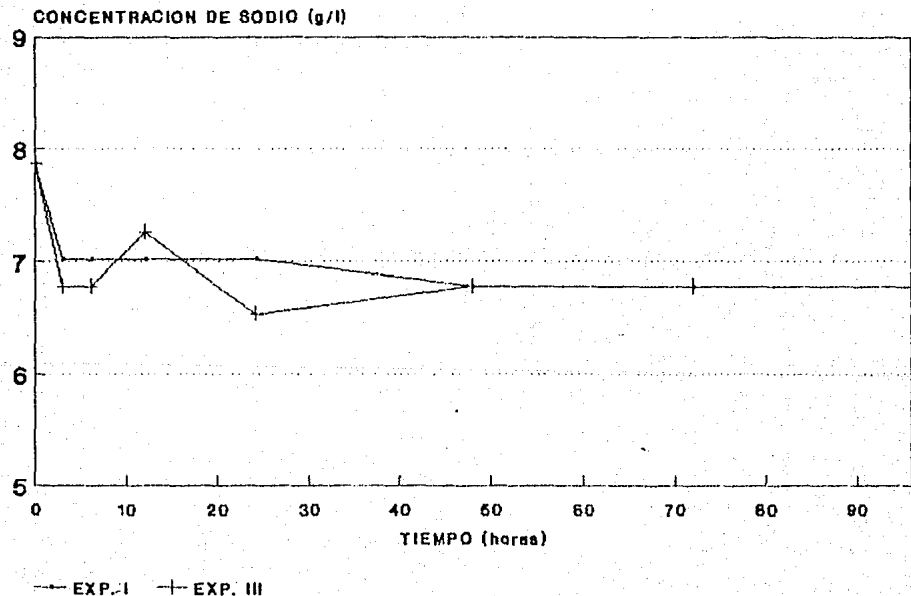
**FIGURA 8.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. MAYO**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE K.**



**FIGURA 9.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. JUNIO**  
**VARIACION EN LA PRESION OSMOTICA TOTAL.**



**FIGURA 10.**  
**ACLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. JUNIO**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE Na.**



**FIGURA 11.**  
**AGLIMATACION DEL MEDIO INTERNO. JUNIO**  
**MODIFICACION EN LOS NIVELES DE K.**

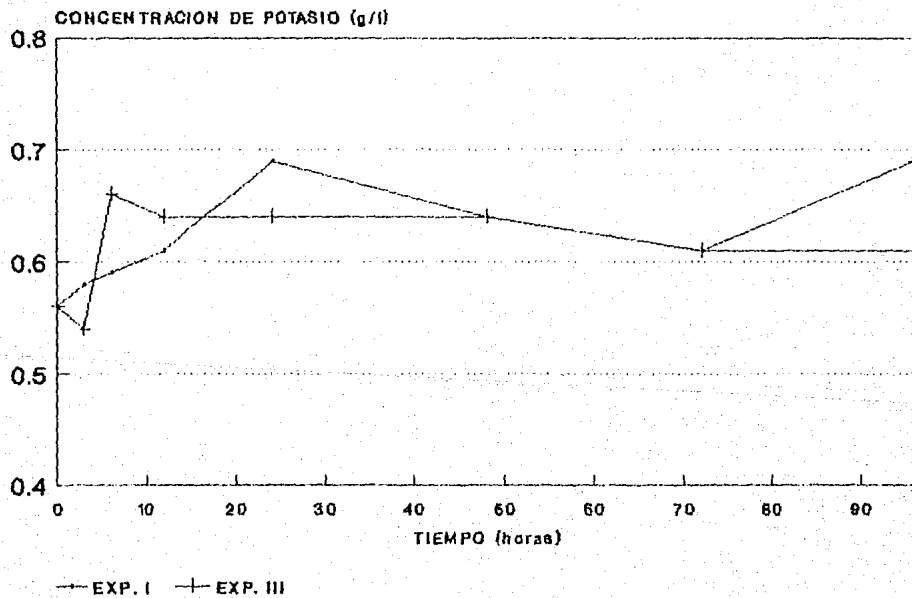


FIGURA 12  
TOLERANCIA DE *P. aztecus* A 4 Y 14 ppm  
A 24 C. EPOCA FRIA.

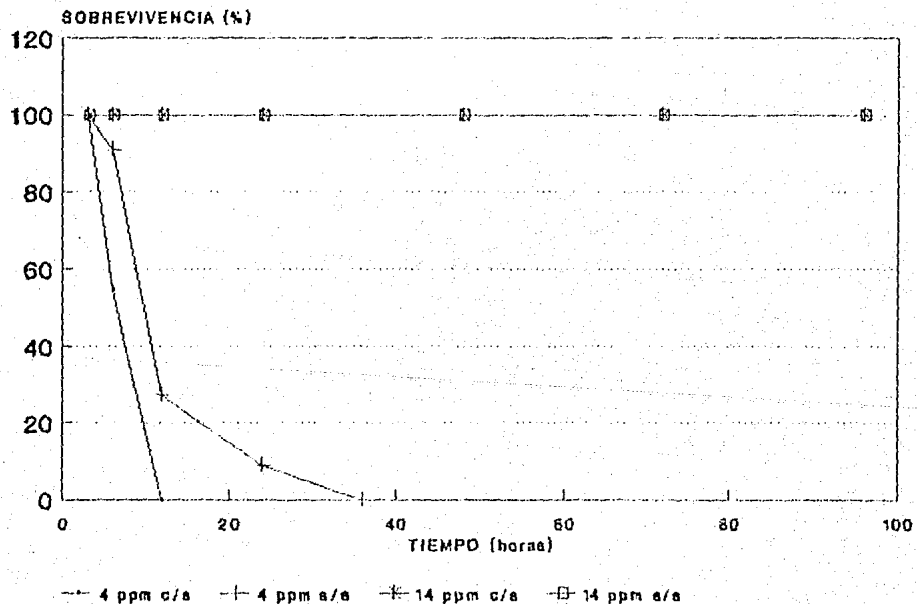


FIGURA 13  
TOLERANCIA DE *P. aztecus* A 4 Y 14 ppm  
A 30 C. EPOCA FRIA.

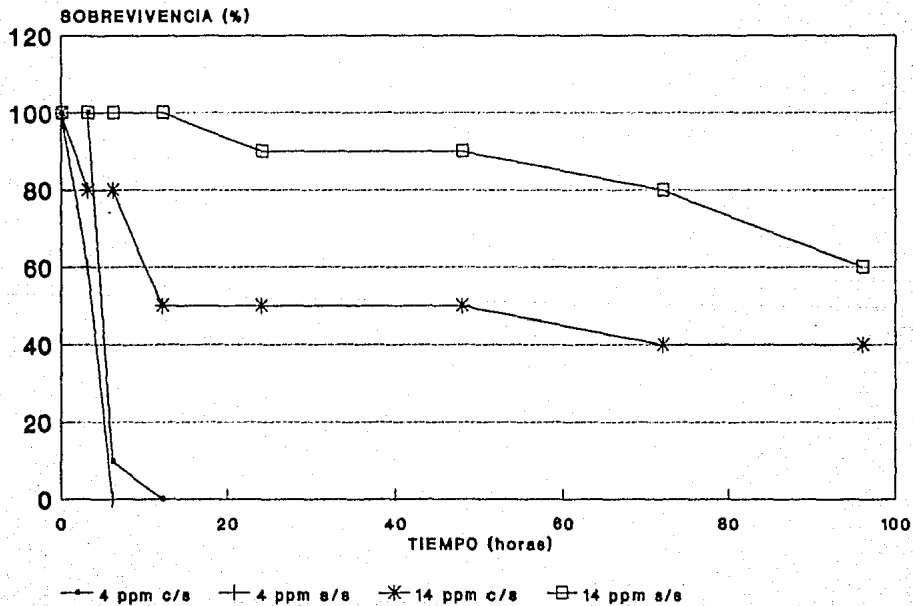


FIGURA 14  
TOLERANCIA DE *P. aztecus* A 4 Y 14 ppm  
A 20 C. EPOCA CALIDA.

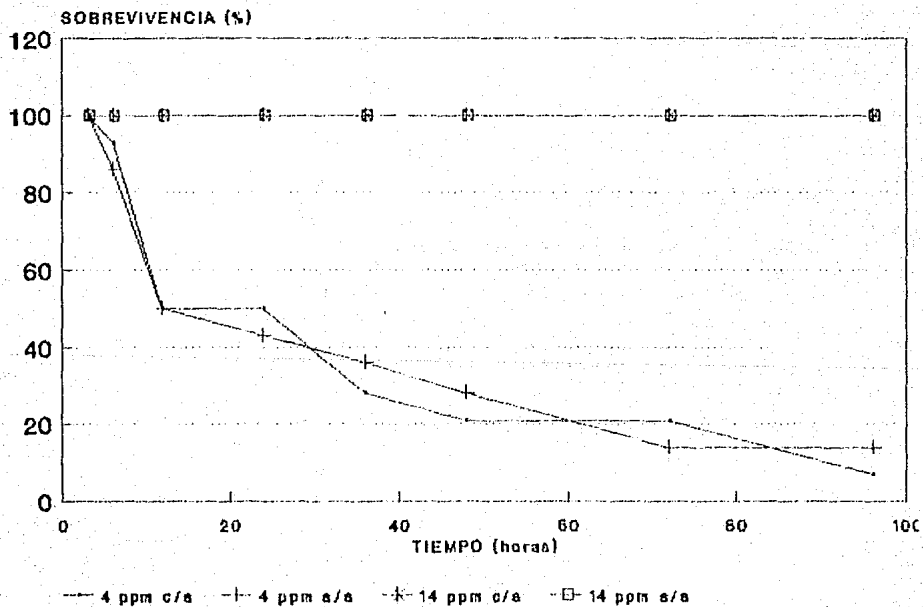




FIGURA 15  
TOLERANCIA DE *P. aztecus* A 4 Y 14 ppm  
A 30 C. EPOCA CALIDA.

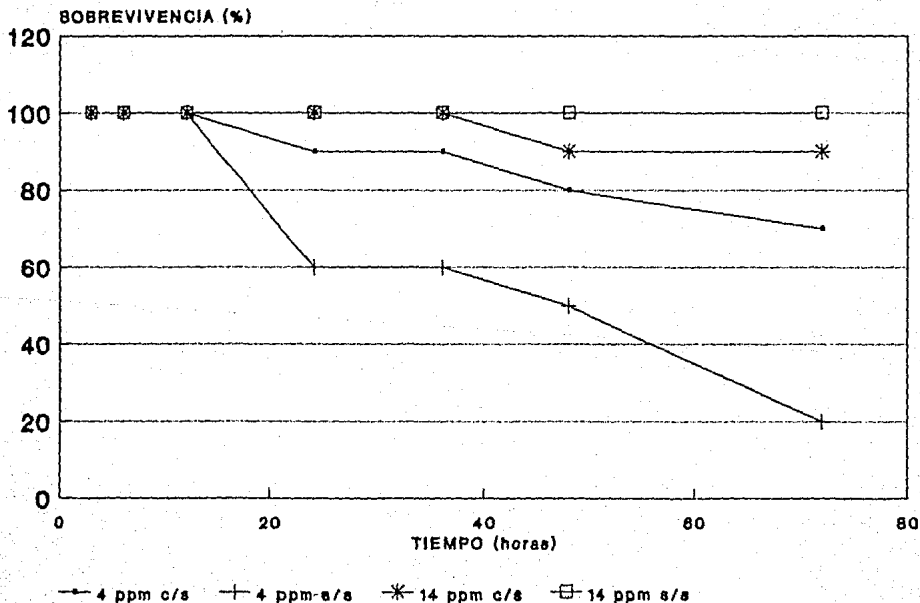


FIGURA 16  
CURVA DE REGULACION DE LA PRESION  
OSMOTICA TOTAL A 20 C. EPOCA FRIA.

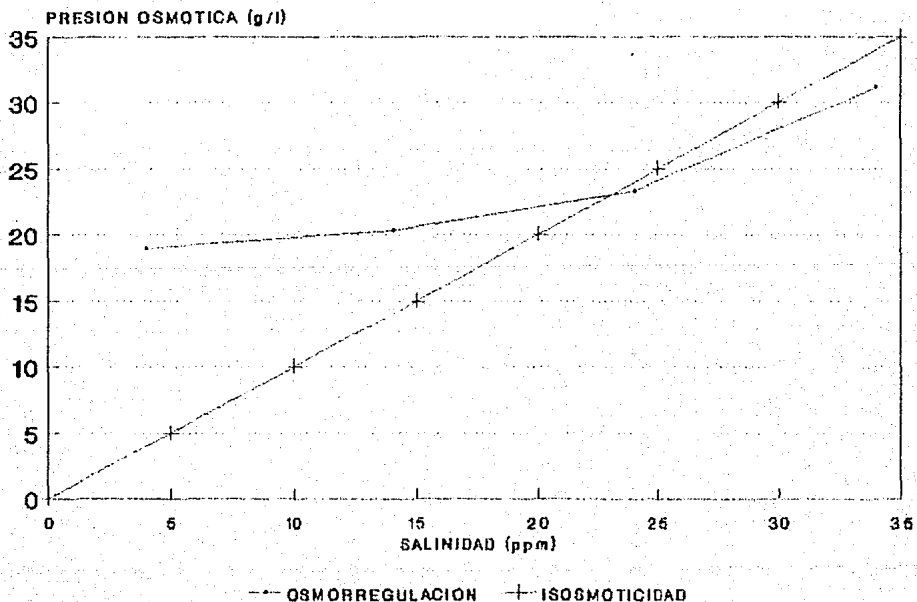


FIGURA 17  
CONCENTRACION DE Na DE *P. aztecus* EN  
DISTINTAS SALINIDADES A 20 C. EPOCA FRIA

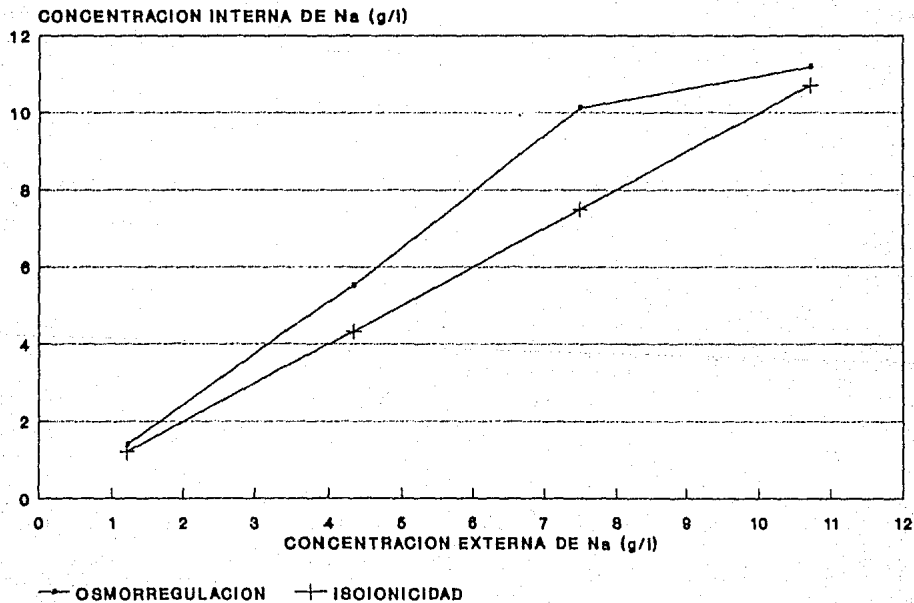


FIGURA 18  
CONCENTRACION DE K DE *P.aztecus* EN  
DISTINTAS SALINIDADES A 20 C. EPOCA FRIA

